



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
PIRHUA

# DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PLOMO EN SANGRE EN POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA EN LA CIUDAD DE LIMA

Ramiro Paúcar-Villa

Piura, agosto de 2015

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales

Paúcar, R. (2015). *Determinación de niveles de plomo en sangre en población económicamente activa en la ciudad de Lima* (Tesis de Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia](#)  
[Creative Commons Atribución-](#)  
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

**UNIVERSIDAD DE PIURA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**Determinación de niveles de plomo en sangre en población económicamente activa en la ciudad de Lima**

**Tesis para optar el Grado de Máster en  
Gestión y Auditorías Ambientales**

**Ramiro Paúcar Villa**

Asesora: Ing. Fabiola Ubillús Albán

Piura, agosto de 2015

## Prólogo

Siendo el plomo un elemento ampliamente difundido en la naturaleza en forma de galena, su uso por el hombre data desde hace miles de años, desde formas artesanales hasta su uso industrial, incrementado sus concentraciones en el suelo, agua y aire de grandes urbes y zonas de extracción minera. El plomo cuando ingresa al organismo humano y llega a determinados niveles puede provocar una serie de problemas que perjudican la salud y a pesar que sus efectos tóxicos son conocidos desde el siglo II antes de Cristo, su impacto en la salud es hoy en muchos países una preocupación de salud pública. Todas las persona de manera cotidiana estamos expuestos potencialmente a diferentes fuentes de plomo, mayoritariamente de fuente antropogénica, pudiendo esta ser a menor escala como en alimentos enlatados, juguetes, cosméticos, tuberías de agua, consumo de cigarro hasta fuentes de mayor escala como fábricas de baterías, fundidoras de plomo, transporte de minerales, vidrios, cerámicos con pigmentos de plomo.

El autor de la presente tesis tuvo varias motivaciones para iniciar este estudio de investigación sobre medición de niveles de plomo en sangre en población económicamente activa, por una parte siendo el plomo un contaminante tan extensivo en el ambiente no existen programas de salud ocupacional que monitoreen los niveles de plomo en los trabajadores y colaboradores, así como la ausencia de laboratorios especializados de análisis de plomo en sangre de manera rutinaria como si existen para otros tipos de análisis, esta situación viene generando que muchas personas ante sospecha médica de plumbemia o saturnismo no encuentran acceso ni oportunidad para tener un diagnóstico confirmatorio sobre intoxicación por plomo, situación que no solo se da con el plomo sino también con otros tipos de metales y que es desconocida por las autoridades y la sociedad. La mayoría de estudios de plomo en sangre corresponden a situaciones de trabajos de investigación en poblaciones puntuales en riesgo por este elemento, pero no como parte de una política de monitoreo rutinario.

Por otra parte, no tenemos una política de estado que cumpla una fiscalización real sobre la gestión del plomo de acuerdo a los estándares internacionales de protección a la salud y el ambiente, por el contrario existe una ausencia de autoridad que aprovechan otros para lucrar sin mayor restricción. Quienes vivimos en una ciudad como Lima, con los más altos niveles de contaminación ambiental que ha generado una población con mucho estrés, comportamiento agresivo, irritabilidad, con desordenes del sueño, males estomacales, anemia, dolores de cabeza, etc., que como casuística pueden encajar sin mayor problema como consecuencia generada por el plomo. Por ello resulta importante contar con

información y estudios de investigación que revelen como son los niveles de plomo en sangre en la población laboral y contrastarlos con los estándares internacionales y así contribuir en generar conciencia en todos y afrontar un problema de salud pública que en nuestra realidad no está siendo abordada con la seriedad que el caso amerita.

El autor expresa su profundo reconocimiento y agradecimiento a todos los colaboradores que han hecho posible que este trabajo se materialice, con el desprendimiento de su tiempo en responder las encuestas, toma de muestras, por la paciencia y contribución de los maestros en su revisión y estructuración de los diferentes acápite.

## **Resumen**

El plomo como elemento no cumple ninguna función biológica en el organismo, su acumulación gradual resulta tóxico en las personas y es una preocupación de salud pública. En el presente estudio se describen los niveles de plomo sanguíneo de 91 personas que pertenecen a población económicamente activa procedentes de tres zonas de Lima metropolitana: Puente Piedra, Chorrillos y San Isidro comprendidos entre setiembre y noviembre de 2014. Los niveles obtenidos de estas tres zonas, fueron relacionados según sexo, edad, tipo de actividad, hábitos de fumar, fuentes contaminantes. El método empleado fue mediante voltamperometría de redisolución anódica.

Se obtuvieron niveles superiores de plomo en varones respecto a mujeres, en el grupo de 56 - 68 años de edad (7.92  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ), en fumadores (26.1  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) respecto a no fumadores (25.7  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ). Las dos principales fuentes potenciales de plomo fueron los talleres de mecánica (35.2 %) y fotocopiadores (16.5 %). De acuerdo a la norma Nacional y OMS el 100 % de la población presenta niveles aceptables, en tanto que según parámetro CDC un 2.2 % reportaron niveles superiores al límite biológico. Los resultados demuestran alta prevalencia del plomo en las personas, a pesar de tener niveles relativamente aceptables pueden producir efectos nocivos en la salud.

## Índice

Introducción.....	3
<b>Capítulo 1 Marco teórico .....</b>	<b>3</b>
1.1. El plomo.....	3
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Avances hacia el uso de gasolina sin plomo en el Perú.....	6
1.4. El plomo en el Perú.....	6
1.5. Aspectos ambientales de la contaminación por plomo en Lima Metropolitana. 7	
1.5.1. Plomo en el suelo.....	10
1.5.2. Plomo en el agua .....	10
1.5.3. Plomo en el aire .....	12
1.6. Caracterización de materiales que contienen plomo .....	13
1.7. El Estado frente a la problemática del plomo .....	13
1.8. Toxicología .....	19
1.8.1. Absorción .....	19
1.8.2. Distribución .....	19
1.8.3. Excreción .....	19
1.9. El plomo y su relación con la salud pública .....	20
1.10. Niveles de plomo en sangre .....	20
1.11. Fuentes de exposición al plomo.....	21
1.12. Acumulación del plomo en el hueso.....	21
1.13. Metales en la alimentación .....	22
1.14. Posibles consecuencias del plomo en el cerebro .....	22
1.15. Exposición ambiental al humo del tabaco .....	23
1.16. Efectos sobre la reproducción humana .....	23
1.17. Efecto carcinogénico .....	24
1.18. Neurotoxicología .....	25
1.19. Efectos sobre el sistema cardiovascular .....	25
1.20. Inhibición en la síntesis del Hem en los eritroblastos.....	25
1.21. Efectos en la nutrición .....	25
1.22. Efectos clínicos en adultos.....	26
1.23. Riesgos de acuerdo a la actividad ocupacional.....	26
1.24. Normativa sobre los niveles de plomo en sangre .....	27
1.25. Población Económicamente Activa (PEA).....	27

<b>Capítulo 2 Material y métodos</b> .....	29
2.1. Zonas de muestreo .....	29
2.2. Consideraciones éticas .....	32
2.3. Equipo LeadCare II .....	32
2.4. Toma de las muestras de sangre .....	33
2.5. Control de calidad y calibración del equipo analizador LeadCare II .....	34
2.6. Medición de los niveles de plomo sanguíneo .....	35
2.7. Interpretación de los niveles de plomo .....	36
<b>Capítulo 3 Resultados y discusión</b> .....	37
3.1. Contenido de plomo en sangre según sexo .....	37
3.2. Contenido de plomo en sangre según edad .....	40
3.3. Contenido de plomo en sangre según ausencia o hábito de fumar:.....	42
3.4. Contenido de plomo en sangre según el tipo de actividad .....	47
3.5. Contenido de plomo en sangre según potenciales fuentes cercanas a lugar de residencia.....	49
3.6. Comparación de los niveles de plomo sanguíneo con la norma nacional y parámetros internacionales .....	54
<b>Capítulo 4 Propuesta de adecuación de la gestión de residuos del plomo a la normativa legal vigente</b> .....	57
4.1. Marco legal .....	58
4.2. Gestión ambiental del plomo por sector económico .....	62
4.2.1 Empresas comercializadoras de minerales de plomo .....	62
4.2.2 Empresas fabricantes de baterías de plomo como acumuladores automotrices .....	62
4.2.3 Empresas fundidoras para reciclar plomo a partir de baterías y otros metales . .....	62
4.2.4 Empresas fabricantes de pinturas, plásticos y alambres con plomo.....	62
4.2.5 Empresas fabricantes de plaguicidas en base a plomo .....	62
4.2.6 Empresas fabricantes de bronce .....	62
4.2.7 Empresas fabricantes de productos para ferreterías y tiendas de metales.....	63
4.2.8 Empresas fabricantes de piezas para motores .....	63
4.3. Medidas de gestión ambiental para reducción de riesgos a la salud pública ...	63
4.3.1 Almacenamiento y transporte.....	63
4.3.2 Controles y prácticas laborales.....	63
4.3.3 Equipo de protección individual (EPI).....	64
4.3.4 Instalaciones de vestidores y comedor .....	64
4.3.5 Primeros auxilios.....	64
4.3.6 Manejo de polvos .....	64
4.3.7 Señalización .....	65
4.3.8 Monitoreo ambiental .....	65
4.3.9 Medidas sanitarias .....	65
Conclusiones .....	67
Bibliografía.....	71
Anexos .....	77

## Introducción

El plomo es un elemento químico que no cumple ninguna función biológica dentro de los procesos metabólicos de los seres vivos, por lo que su nivel ideal en sangre debería ser cero. Actualmente es prácticamente imposible encontrar alguna persona en la que no se detecte algún nivel de plomo en sangre. La **Organización Mundial de la Salud** (OMS) define como intoxicación por plomo los niveles de plumbemia de más de 15  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , en tanto que otras entidades como la Center of Disease Control de los Estados Unidos (CDC) el nivel de intoxicación es cuando los niveles de plomo son mayores o iguales a 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ .

Sin embargo el plomo está presente en la naturaleza como parte de una infinidad de materiales, cuando se concentra en el organismo en cantidades considerables pueden generar intoxicaciones de comportamiento “subclínico” generando daño neurológico permanente e irreversible. El plomo que se concentra paulatinamente durante años en los organismos vivos no se metaboliza en otras sustancias tolerables y terminan causando daño a la función biológica de las enzimas y de muchas otras proteínas, uniéndose fuertemente a los aminoácidos, hemoglobina, RNA, DNA, alterando de esta manera muchas vías metabólicas. Existe suficiente información en el campo de la biología molecular, que respalda la incompatibilidad del plomo con el diseño biológico en todos los niveles de complejidad.

### Objetivo general

Determinar los niveles de plomo en sangre en tres grupos de población económicamente activa potencialmente expuestos a plomo en la ciudad de Lima.

### Objetivos específicos:

- ▲ Determinar los niveles de plomo según el sexo.
- ▲ Determinar los niveles de plomo según edad.
- ▲ Determinar los niveles de plomo según ausencia o hábito de fumar.
- ▲ Determinar los niveles de plomo de acuerdo al tipo de actividad que realizan.
- ▲ Determinar los niveles de plomo de acuerdo a potenciales fuentes cercanas a lugar de residencia.
- ▲ Comparar los resultados obtenidos de los niveles de plomo en sangre con las normas nacionales e internacionales.

# Capítulo 1

## Marco teórico

### 1.1. El plomo

El plomo es uno de los metales pesados más difusamente distribuidos en la superficie de la tierra existiendo un alto riesgo de exposición de la población afectando al comportamiento del cuerpo humano siendo un tema de interés mundial en buscar las formas de reducir el riesgo de contaminación no ocupacional y laboral.

El plomo es un metal de color gris azulado, brillante en las superficies recientes, muy blando que se puede rayar con la uña, muy maleable y es el menos tenaz de todos metales, posee gran densidad y punto de fusión bajo. En presencia de agua de lluvia y del CO<sub>2</sub> del aire, el plomo se altera cubriéndose de una capa de carbonato hidratado, esta sal se disuelve poco en el agua comunicándoles propiedades tóxicas. Por esta razón no debe usarse en la alimentación las aguas de lluvia que caen en tejados cubiertos por superficies de plomo o envases que contengan plomo (Ubillus, 2003).

### 1.2. Antecedentes

El plomo es un metal pesado cuya presencia en niveles elevados genera una serie de efectos nocivos para la salud de las personas, cuyos niveles de concentración van en aumento día a día como consecuencia de la contaminación medioambiental. La población económicamente activa (PEA) no está exenta de exponerse a este contaminante como consecuencia de actividades industriales, extractivas, domésticas, consumo de alimentos, etc. Resulta por lo tanto necesario implementar políticas de medición periódica de los niveles de plomo en sangre en población económicamente activa expuesta a riesgo de plomo, por ser el principal indicador biológico de exposición medioambiental a este contaminante y una herramienta de apoyo a la población laboral en riesgo.

El plomo es considerado, desde hace décadas, uno de los contaminantes ambientales más importantes; es un tóxico acumulativo, por lo que se le vincula con enfermedades crónicas. Los principales mecanismos de acción tóxica del plomo se vinculan a la inhibición de

enzimas sulfhídricas cuya manifestación más importante es la alteración de los procesos hematopoyéticos y neurotóxicos (Ministerio de Salud, 2012).

Las principales fuentes de exposición al plomo en el Perú se encuentran en Lima Norte, La Oroya, Cerro de Pasco, Cajamarca, Ancash, vinculadas a la actividad minero – metalúrgica, llegando a ser el primer productor de plomo en América Latina y cuarto a nivel mundial, de metal cerámica e industrial (pinturas, baterías entre otras), formal e informal, ocasionando exposiciones en trabajadores y poblaciones aledañas (Ministerio de Salud, 2012).

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, el 95 por ciento de plomo se acumula en el hueso. En donde tiene una vida media de décadas. Siendo el esqueleto una fuente endógena de plomo (Téllez- Rojo *et al.*, 2004).

Las fuentes potenciales para la presencia de plomo en la sangre identificadas son (Gulson *et al.*, 2004):

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

Respecto a trabajos de relacionados con la determinación de nivel de plomo sanguíneo en población adulta en Lima y otras ciudades del país podemos destacar:

Ramírez *et al.* (1997) analizaron los niveles de plomo en sangre en cuatro diferentes localidades, Lima, Huancayo, La Oroya y Yaupi, para comparar los niveles de plomo sanguíneo en población adulta de cuatro ciudades peruanas con diferentes niveles de industrialización. De los resultados se desprendieron que el nivel promedio de plomo en sangre para un adulto residente en La Oroya fue de 35  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , el cual fue superior al encontrado en las otras tres ciudades: Lima (27  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ), Huancayo (22  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) y Yaupi-Cerro de Pasco (14  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) respectivamente, concluyéndose que las concentraciones de plomo sanguíneo de los habitantes de estas ciudades guardan relación con el grado de industrialización y la densidad poblacional de cada localidad.

López (2000) a raíz de tres casos de compromiso neurológico severo secundario por intoxicación por plomo, determinó los niveles de plomo sérico en 136 niños menores de seis años en el Asentamiento Humano “Puerto Nuevo” del Callao. Puerto Nuevo es uno de los barrios más afectados por la contaminación, por su cercanía a los depósitos de concentrado de plomo. Diversos estudios indican que los niveles elevados de plomo en sangre en niños están relacionados con altos niveles de plomo en el suelo y en el aire. Consecuentemente, los niños que viven cerca de las fundiciones y/o centros de depósitos tienen mayor riesgo de contaminación por plomo en sangre que los niños que viven más lejos. De la totalidad de niños comprendidos en el estudio, 127 (93.4 %) presentaron niveles de plumbemia mayores a 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , dichos niveles son superiores a los límites aceptables dados por la Organización Mundial de Salud (OMS) para niños, existiendo alta prevalencia de intoxicación por plomo en

la población estudiada relacionándose directamente con el tiempo de exposición ambiental así como a una inadecuada gestión ambiental en cuanto al almacenamiento, transporte y embarque de los concentrados de plomo por las empresas mineras.

Ordoñez, 2006. Realizó mediciones de niveles de plomo en sangre en un universo de 34 efectivos de la Policía Nacional dedicadas a las labores de control de tránsito en Lima metropolitana, con un rango de edades comprendidos entre 23 y 54 años reportando niveles promedio de plomo en sangre de 12.21  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , con niveles extremos de 6.30  $\mu\text{g}/\text{dl}$  a 18.40  $\mu\text{g}/\text{dl}$  de plomo en sangre, dichos niveles se encontraban dentro de los límites aceptables dados por la Organización Mundial de Salud (OMS) que señala como máximo límite permisible de 20  $\mu\text{g}/\text{dl}$  de plomo en sangre periférica. Este mismo estudio reveló niveles de plomo en sangre con promedios de 11.62  $\mu\text{g}/\text{dl}$  para el sexo femenino y 12.79 para el sexo masculino.

Cornejo *et al.* (2007) cuantificaron niveles de plomo sanguíneo en 40 pobladores de ambos sexos, pertenecientes al Asentamiento Humano “Cultura y Progreso” del distrito de Chaclacayo – Lima, cuyas edades fluctuaban entre 18 a 85 años, el estudio se justificó por la preocupación de que dicho asentamiento se hallaba situada cerca de una fábrica de papel y pinturas. Los resultados arrojaron niveles promedio de plomo sanguíneo de 7.65  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , los mismos que se encontraban dentro de los niveles normales para plomo según la OMS. En este estudio los niveles de plomo sanguíneo en el sexo masculino fue mayor (8.082  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) que el sexo femenino (7.615  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ).

Villón *et al.* (2010) en una muestra de mujeres policías de tránsito, con antecedentes de enfermedades respiratorias en base a sus expedientes clínicos y encuestas, cuyas edades fluctuaban entre 20 y 25 años y expuestas a contaminación ambiental en el Centro de Lima Metropolitana, mediante determinación de niveles de plomo en sangre mediante espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito, determinaron niveles de plomo sanguíneo de  $4.2 \pm 3$   $\mu\text{g}/\text{dl}$  en el grupo de mujeres que prestaban servicio de tránsito menor o igual a tres años y niveles de plomo sanguíneo de  $6.5 \pm 2.5$   $\mu\text{g}/\text{dl}$  para el grupo de mujeres que prestaban servicio de tránsito mayor a tres años. Dichos niveles se encontraban dentro de los límites aceptables dados por la Organización Mundial de Salud (OMS).

López (2011). Determinó los niveles de plomo en sangre en trabajadores de la industria de metalmecánica en la ciudad de Juliaca (Puno), del estudio transversal en 21 trabajadores encontró que en el 67 % de casos los niveles de plomo fueron mayores a 40  $\mu\text{g}/\text{dl}$ . Los factores de riesgo asociados a dichas concentraciones fueron la ocupación de pintor y soldador y el hábito de fumar. Se estableció como perfil del trabajador a personas jóvenes, con estudios secundarios. La intoxicación por plomo en trabajadores de la industria metalmecánica es un problema no resuelto en Puno, que no afecta solamente a los trabajadores de la industria metalmecánica sino también a las personas que viven cerca de estas industrias por la contaminación ambiental de metal pesado altamente tóxico para el ser humano.

A nivel mundial se consideran ocho principales fuentes de exposición las cuales son: gasolina con plomo (usado como antidetonante y en la actualidad prohibido su uso en el Perú), uso de loza de barro vidriada para cocinar, almacenar y servir alimentos, pinturas con plomo, juguetes de metal, alimentos almacenados en latas con soldadura de plomo, agua para beber,

cosméticos y medicamentos folklóricos, emisiones industriales, y el humo de los cigarros (Espinal *et al.*, 2007).

### **1.3. Avances hacia el uso de gasolina sin plomo en el Perú**

En los años 30 se descubrió que el plomo tetraetílico subía el octanaje de la gasolina y se usó para ese fin. Sin embargo, además de ser contaminante, el plomo obstruía los convertidores catalíticos que reducen la contaminación de los gases de escape. Así, a partir de los años 80, se empezó a disminuir la concentración del plomo en la producción de las gasolinas. Hoy la mayoría de las gasolinas no contienen plomo y su octanaje se obtiene por tecnologías de transformación de un compuesto no tóxico de manganeso, que eleva el octanaje sin obstruir los catalizadores. Asimismo, el fortalecimiento de la legislación en materia de control de emisiones contaminantes a la atmósfera ha obligado a mejorar la calidad de la gasolina, por lo cual es conveniente adicionarle hidrocarburos ramificados para aumentar el número de octano. Estos compuestos pueden ser obtenidos por craqueo catalítico, alquilación, isomerización y reformación; procesos que transforman la estructura molecular de los hidrocarburos aumentando su octanaje (Amanqui & Aguilar, 2011).

En el pasado el consumo del parque automotor de gasolina con alto índice de plomo, llegó a superar hasta 300 % los niveles recomendados por la OMS, siendo los vecinos del centro histórico de Lima los más expuestos, trabajadores públicos, ambulantes y policías que permanecían un promedio de ocho horas diarias en el centro histórico de Lima y zonas aledañas integran la población más expuesta a la severa contaminación atmosférica que diariamente provocaba el parque automotor en Lima metropolitana (Castillo, 2010).

En el Perú, durante muchos años, la gasolina con plomo fue la fuente de emisión más importante para la población urbana, en la década de los 90 la gasolina de 84 octanos en el Perú, contenía 1.16 gramos de plomo por litro, reduciéndose posteriormente de manera gradual hasta 0.14 gramos por litro de gasolina, hasta que a partir del 01 de enero del año 2005 según el Decreto Supremo N° 019-98-MTC quedó prohibida la comercialización de gasolina con plomo en el Perú. Esto ha tenido un importante impacto, en la disminución del plomo en el aire y en la sangre de la población. Sin embargo, todavía se encuentra en poblaciones locales niveles elevados de plomo, debido a la actividad minera, fundición de metales, almacenes de minerales o durante su transporte desde sus lugares de producción (Gonzales *et al.*, 2014).

De acuerdo al último reporte dado por el SENAMHI sobre emisión de plomo al ambiente procedente del parque automotor de Lima y Callao, se estima que en el año 2010 se emitió una cantidad de 203 toneladas de plomo (SENAMHI, 2011).

### **1.4. El plomo en el Perú**

La minería es uno de los sectores más importantes de la economía peruana y representa normalmente más del 50 % de las exportaciones peruanas con cifras alrededor de los 4 mil millones de dólares al año. Por su propia naturaleza la gran minería constituye un sector que genera grandes movimientos de capital más no de mano de obra, así el año 2003 aportó el 4.7 % del PBI, sin embargo ocupó sólo al 0.7 % de la PEA. La minería se ha vuelto tan

importante que desde el año 1993 el Perú ha duplicado su producción de minerales. Los principales minerales que exporta nuestro país son: cobre, oro, hierro, plata, zinc y plomo entre otros. Actualmente todos ellos son fuertemente demandados como insumos para procesos industriales de alto nivel tecnológico (Minera Yanacocha, 2010).

Los mineros están atravesando serios problemas en su salud, ya que muchos trabajadores adolescentes mueren o se hospitalizan todos los años, debido a lesiones sufridas en el trabajo. Muchos sufren, también, efectos de salud adversas, debido a contactos peligrosos en el lugar de trabajo. Todas las actividades mineras causan impactos en el medio ambiente y en la salud de los habitantes de las comunidades locales, generándose muchos pasivos ambientales. En el Perú hay decenas de casos que se podrían mencionar. Uno de ellos, es el de San Mateo de Huanchor (Lima), en donde cinco mil familias, que viven en cinco comunidades campesinas (San Mateo, San Antonio, Yuracmayo, Viso y Parac) han sido víctimas de intoxicación con arsénico, plomo y mercurio, del depósito de relaves “Mayoc” que se encuentra ubicado a poca distancia del poblado (Minera Yanacocha, 2010).

Sin duda, el mayor uso del plomo se da para la fabricación de baterías para autos. Actualmente, alrededor del 71 % de todo el plomo se destina a esta aplicación. Otro de sus usos más conocidos es en la medicina. El plomo, que debido a su elevada densidad, es un buen protector contra la radiación producida por las máquinas de Rayos X. No obstante, el plomo también posee propiedades como elemento protector contra la radiación generada por otros tipos de energía atómica (Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, 2013).

Al combinar el plomo con otros metales (como el estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, entre otros) se obtienen los denominados compuestos del plomo. Dentro de esta gama tenemos, por ejemplo, los arsenatos de plomo que son usados como insecticidas para la protección de cultivos, el azuro de plomo que sirve como detonador de explosivos, los silicatos de plomo que se emplean en la fabricación de cerámicas y vidrios, etc. El Perú es, el cuarto productor mundial de plomo en el mundo, siendo las regiones de mayor producción Pasco y Lima con el 71 % del total (Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, 2013).

### **1.5. Aspectos ambientales de la contaminación por plomo en Lima Metropolitana**

Los problemas de contaminación ambiental en las principales ciudades del mundo están relacionados principalmente al crecimiento no planificado de las ciudades, ocasionando que las diversas actividades del hombre en su gran mayoría generen impactos negativos ambientales en la atmósfera, en cuerpos de agua y los suelos, poniendo en riesgo la salud humana y ambiental. Con el propósito de frenar el deterioro ambiental, a nivel mundial se han tomado diversos acuerdos internacionales, entre los principales relacionadas a la gestión del aire podemos mencionar a: La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano (Estocolmo, 1972), Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono (1985), Protocolo de Montreal (1987), la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992) la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río de Janeiro - Brasil, 1992), Protocolo de Kyoto (1997; la Cumbre del Milenio (New York- EEUU, 2000), Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (2001), la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible: Johannesburgo – Sudáfrica, 2002 (II PISA 2011-2015).

En el Perú con anterioridad a la Constitución Política de 1979 se carecía de una base jurídica en relación con el medio ambiente. Después de diez años de puesta en vigencia la Constitución del 1979, se promulgaron diversas leyes que incorporan un marco legal e institucional de protección al medio ambiente. En 1990 se promulga el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (CMARN) en el cual por primera vez se sistematiza un conjunto de criterios rectores y de instituciones jurídicas al servicio del medio ambiente y del desarrollo sostenible. En el 2005 se promulga la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) la cual deroga el CMARN. Esta ley toma como base al CMARN y sistematiza adecuadamente las normativas y establece deberes, derechos y principios fundamentales de protección al medio ambiente como: 1) del derecho y deber fundamental que toda persona tiene a vivir en un ambiente saludable, 2) del derecho de acceso a la información, 3) del derecho a la participación en la gestión ambiental, 4) del derecho de acceso a la justicia ambiental, 5) del principio de sostenibilidad, 6) del principio de prevención, 7) del principio precautorio, 8) del principio de internalización de costos, 9) el principio de responsabilidad ambiental, 10) el principio de equidad y 11) el principio de gobernanza ambiental. (Juárez, 2012).

Para el año 2003, se estimó que el costo de los daños ambientales en el Perú alcanzaron poco más de 8 mil millones de nuevos soles anuales, equivalentes a casi 4 por ciento del PBI; más del 70 por ciento de este costo estimado se atribuyó a los costos causados a la salud por los problemas ambientales. Los costos por daños a la salud ambiental causadas por el plomo se estimaron en mil millones de nuevos soles. Se calcula que el Perú pierde anualmente, como consecuencia de estos factores de riesgo ambiental, 210 mil años de vida ajustados por discapacidad (AVAD), una pérdida enorme para una economía con un capital humano limitado. Hay un reconocimiento público en Lima sobre la importancia de estos problemas ambientales principalmente relacionado con la contaminación del aire como un serio problema ambiental (Sánchez & Awe, 2005).

El costo de la degradación ambiental en el Perú es mayor que el de otros países con niveles de ingresos similares. Las evaluaciones de este costo realizadas en Colombia, un país de ingresos medio-altos de América Latina, y en varios países de ingresos medio-bajos del norte del África y del Oriente Medio, muestran que el valor monetario del aumento de la morbilidad y la mortalidad está habitualmente un poco por debajo del 2 por ciento del PBI en estos países, en comparación con el cuatro por ciento del PBI en el Perú (Sánchez & Awe, 2005).

En los últimos años, somos testigo del incremento del deterioro del medio ambiente en Lima Metropolitana, la población urbana ha crecido y la calidad de vida del poblador se ha visto disminuida, motivado por el incremento de las actividades productivas y de servicios, las cuales crecieron sin tener en cuenta estudios de impacto ambiental. Según la Dirección Técnica de Salud Ambiental DITESA, (1990), la topografía de la ciudad de Lima, combinada con las condiciones meteorológicas de la zona favorecen la contaminación de su atmósfera. La dispersión horizontal de los contaminantes se ve dificultada por las estribaciones de la cordillera que prácticamente la encierran y la dispersión vertical se ve limitada por un techo ocasionado por la inversión térmica que en el verano se presenta a una altura de 300 msnm y en el invierno fluctúa entre 400 y 800 m.s.n.m., además de la escasez de lluvia que es un factor que favorece la persistencia de contaminantes en la atmósfera. Según el Ministerio de Salud, durante los años 1999 y 2000, se han reportado altas concentraciones de gases, elementos metálicos y material particulado provenientes de diversas fuentes, sobresaliendo los distritos de Ate Vitarte, San Juan de Miraflores, Villa El Salvador, Breña, entre los más contaminados. Existen otros indicadores como el incremento de residuos sólidos, la

contaminación del río Rímac y las playas del litoral limeño, el mal uso del suelo, ruido, etc., los cuales están alterando la calidad de vida de la población (Cabrera *et al.*, 2002).

La contaminación ambiental de plomo en la ciudad de Lima está íntimamente ligada a la contaminación en la provincia constitucional del Callao a donde llegan cientos de miles de toneladas de plomo y minerales procedentes de la Oroya a través de la carretera central, cuya problemática aun continua. El problema de contaminación por plomo, se genera en el traslado de los concentrados de minerales de los depósitos al terminal portuario del Callao, ya que aún persiste la contaminación en la salida de los concentrados desde los depósitos al terminal portuario del Callao (ciclo de contaminación), pues en esta zona no existe un sistema que garantice la manipulación de los concentrados sin dejarlos al aire libre, generando así robo de concentrado y contaminación a la población. Según los estudios realizados por DIGESA, con el apoyo de la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos - USAID, entre los años 1998 y 1999, para determinar el nivel de plomo en la sangre, los resultados obtenidos demostraron que los niños que viven en tres localidades aledañas a los depósitos de concentrados de Minerales del Callao presentaron los valores más altos, superando los límites establecidos por la OMS de 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ . (DIGESA, 2000).

A diferencia de muchos contaminantes orgánicos que se descomponen con la exposición a la luz solar o al calor, el plomo nunca se degrada, persiste y puede ser enterrado en el suelo, o incluso ser lavado de los sedimentos, pero nunca desaparecerá por completo y siempre permanecerá como un peligro latente que puede volver a movilizarse en el futuro (DIGESA, 2000).

La situación real de la contaminación por plomo en Lima es incierta y preocupante, porque a la fecha se carece de un inventario actualizado de fuentes de emisión. (Pacsi, 2002), sin embargo se puede apreciar una disminución de las concentraciones de plomo en la atmósfera conseguida en el país, por lo tanto resulta necesario abordar la contaminación por plomo procedente de fuentes todavía activas, como las industrias de fundición, o de fuentes difusas como el transporte y el almacenamiento de plomo en Lima-Callao (Sánchez & Awe, 2005).

De acuerdo al reporte 2014 de la OMS, sobre un análisis de la calidad del aire en 1600 ciudades de 91 países, se desprende que Lima es la ciudad más contaminada de América Latina en base al nivel de las partículas contaminantes PM 2.5 (partículas menores a 2.5 micras) que son las más pequeñas y más perjudiciales ya que pueden penetrar directamente en los pulmones y por tanto son el mejor indicador de los riesgos para la salud de la contaminación ambiental. En Lima se detectaron los peores índices, siendo el índice general de 38 microgramos de PM 2.5 por metro cúbico, en la subdivisión de Lima Norte se revelaron 58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , es decir casi seis veces el nivel establecido por la OMS, seguidos de Lima Este (36  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Lima Sur (29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (OMS, 2014).

El plomo puede presentarse en el ambiente a partir de fuentes naturales y antropogénicas, esta última incluye la minería y el procesamiento de plomo, metales no ferrosos (zinc y cobre que contienen trazas de plomo), motores de vehículos industriales, producción de baterías y, hasta hace poco, como antidetonante para aumentar el octanaje de la gasolina, el transporte de minerales de plomo por carretera, combustión de residuos, producción de revestimientos de cables, pinturas, barnices, esmaltes, vidrio y cristales, fundiciones de hierro y acero. La producción tecnológica de cemento y fertilizantes también tienen una participación significativa en la contaminación por plomo (Pájaro *et al.*, 2013).

Las evaluaciones ambientales realizadas por DIGESA entre los años 1998 y 2000 en el asentamiento humano Puerto Nuevo del Callao, evidenciaron que la cercanía a los depósitos de concentrado de minerales estaba en relación estrecha con el incremento de plomo en la sangre de los niños, lo cual fue confirmado con los resultados de los análisis de los isótopos en muestras de suelo, sangre y gasolina realizados por el CDC (Ramos *et al.*, 2009).

### **1.5.1. Plomo en el suelo**

El plomo se encuentra en forma natural en la corteza terrestre en un promedio de 16 mg/kg, también se encuentra en el aire, el agua y los suelos, la presencia del plomo en estos se debe a la erosión de los suelos y la actividad volcánica y son lavados por efecto de la precipitación pluvial, transportada a los arroyos y posteriormente se depositan con los sedimentos en ríos lagos y océanos (DIGESA, 2005). En zonas alejadas de la actividad humana, la concentración media de plomo en el suelo es semejante a la concentración natural de la corteza o de las rocas, de 5 a 25 mg/kg. En áreas contaminadas se pueden encontrar concentraciones de hasta 8 g/kg. El suelo es contaminado principalmente por el depósito de partículas del aire y por el agua contaminada por actividades industriales. El desgaste de las pinturas con plomo de las casas, plaguicidas con plomo son agentes contaminantes del suelo (OMS, 1980).

Según la OMS el valor límite establecido para el plomo en suelos, es de 25 mg/kg, para el caso del Perú, de acuerdo al Decreto Supremo N° 002 -2013 -MINAM, los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de plomo para el suelo son de 70 mg/kg de materia seca para suelos agrícolas, 140 mg/kg para suelo residencial/parques y de 1200 mg/kg para suelo comercial/industrial/ extractivos.

En año 2008, se determinó la concentración del plomo en suelos de Lima Metropolitana, procedente de 40 lugares representativos, elegidos en base a mayor afluencia peatonal y vehicular, según La Gerencia de Transporte Urbano de la Municipalidad de Lima Metropolitana. Los resultados obtenidos indican que la concentración promedio de plomo en suelos de Lima Metropolitana, fue de 189.39 mg/kg, dicho valor se encuentra fuera del valor límite establecido para el plomo en suelos, según la OMS. No existiendo Patronos Nacionales para ese periodo, se recomendó realizar monitoreos ambientales periódicos del contaminante plomo en suelos para controlar su emisión y toxicidad en todo el ecosistema (Castillo, 2010).

### **1.5.2. Plomo en el agua**

Los cuerpos de agua superficiales constituyen trampas de acumulación para los compuestos de plomo. Los compuestos insolubles se hunden y se adsorben en los sedimentos o se adhieren a partículas en suspensión (especialmente a partículas de arcilla). Las plantas acuáticas también acumulan plomo. La oxidación bioquímica de las sustancias orgánicas se ve inhibida por concentraciones de plomo superiores a 0.1 ml/L; a partir de los 0.2 ml/L de plomo; asimismo, se reduce la fauna. El umbral de la toxicidad para los peces es 0.3 mg/l de plomo. El agua subterránea se ve afectada por los compuestos de plomo hidrosolubles, como por ejemplo el cloruro de plomo y el nitrato de plomo. Se sabe, sin embargo, que el agua potable que es conducida por cañerías de plomo contiene altas concentraciones de plomo (según la química del agua subterránea). En las cañerías de plomo el agua rica en carbonatos

forma depósitos de carbonato de plomo en las paredes interiores de los conductos (Castillo, 2010).

De acuerdo al Decreto Supremo N° 002 -2008 -MINAM, los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del plomo en agua es de 0.05 mg/L.

En el periodo 1997-2004 SEDAPAL realizó medición de los niveles de concentración de Plomo en la cuenca del Río Rímac. El promedio anual de los niveles de concentración de plomo en la cuenca del Río Rímac fue muy severo en todo este periodo. La contaminación por plomo ha afectado gran parte de la cuenca alta y media y en algunas zonas puntuales de la cuenca baja. En todos los años la contaminación por plomo ha excedido los límites máximos permisibles (LMP) de 0.05 mg/L en la cuenca alta del río Rímac (Juárez, 2012).

La concentración media de plomo en el año 1997 fue de 0.09 mg/L. 93% de los puntos de monitoreo evaluados sobrepasaron el LMP. La contaminación por Pb ha afectado gran parte de la cuenca media, cuenca alta y en zonas puntuales de la cuenca baja. El nivel de contaminación por Pb más alto se reportó en el punto de monitoreo Relave Centro Minero Fortuna con 0.29 mg/L. (Juárez, 2012).

La concentración media de plomo en el año 1998 fue de 0.08 mg/L. 57% de los puntos de monitoreo evaluados sobrepasaron el LMP. La contaminación por plomo ha afectado gran parte de la cuenca media y alta. El nivel de contaminación por plomo más alto se reportó en el punto de monitoreo Relave Centro Minero Fortuna con 0.19 mg/L. (Juárez, 2012).

La concentración media para el año 1999 fue de 0.16 mg/L. 94% de los puntos de monitoreo evaluados sobrepasaron el LMP. El nivel de contaminación por plomo más alto se reportaron en el punto de monitoreo Río Aruri con 0.34 mg/L y en el punto de monitoreo Relave Centro Minero Fortuna con 0.28 mg/L. (Juárez, 2012).

La concentración media para el año 2000 fue de 0.26 mg/L para SEDAPAL y 0.22 mg/L para DIGESA. 88% de los puntos de monitoreo evaluados sobrepasaron el LMP. La concentración media el año 2001 fue de 0.08 mg/L para SEDAPAL y 0.07 mg/L para DIGESA. 88% de los puntos de monitoreo evaluados sobrepasaron el LMP. La concentración media para el año 2002 fue de 0.21 mg/L para SEDAPAL y 0.17 mg/L para DIGESA. 88% de los puntos de monitoreo evaluados sobrepasaron el LMP. El nivel de contaminación por plomo más alto se reportaron en el punto de monitoreo Relave Centro Minero Fortuna con 1.48 mg/L (30 veces el LMP) (Juárez, 2012).

La concentración media de Pb en el año 2003 fue de 0.09 mg/L para SEDAPAL y 0.30 mg/L para DIGESA. 60 % de los puntos de monitoreo evaluados sobrepasaron el LMP. La concentración media para el año 2004 fue de 0.09 mg/L para SEDAPAL y 0.06 mg/L para DIGESA. 80 % de los puntos de monitoreo evaluados sobrepasaron el LMP. En este análisis espacial se muestra que la zona de mayor impacto por contaminación por plomo se encuentra principalmente en la cuenca alta del Río Rímac. En general, siete de los ocho años han afectado la cuenca baja con niveles de plomo que sobrepasan el LMP, las cuales constituyeron un alto riesgo para el cultivo de hortalizas (Juárez, 2012).

SEDAPA, informó que en el mes de enero de 2014, la concentración máxima de plomo (Pb) en el río Rímac alcanzó 0.80 mg/l, cifra superior en 56.9 % respecto a similar mes del año

anterior. Luego de realizado el proceso de tratamiento del agua del río Rímac, SEDAPAL informó que la concentración promedio del plomo (Pb) en el mes de enero 2014 fue de 0.005 mg/l, cifra inferior en 16.7 % comparado con similar mes del año anterior. Asimismo disminuyó en 90.0 % comparado con el límite permisible (0,05 mg/l) (INEI, 2014).

### 1.5.3. Plomo en el aire

La presencia de plomo en el aire adquiere interés por la facilidad con la que puede penetrar por vía respiratoria y ser absorbida por el organismo. La mayor parte del plomo en el aire se presenta bajo la forma de partículas finas con presencia de haluros, óxidos, sulfatos y carbonatos de plomo. (OMS, 1980).

De acuerdo al Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del plomo en el aire mensual es de  $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y según el Decreto Supremo N° 069-2003-PCM, se adiciona el valor anual de concentración de plomo en el aire anual de  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En el año 2001, la DIGESA publico las concentraciones de plomo en la atmosfera referente a la zona Centro de Lima metropolitana comprendidos entre los años de 1996 -2000. Determinándose los siguientes valores anuales:  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (1996),  $0.69 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (1997),  $0.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (1998),  $0.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (1999) y  $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (2000), los valores de los años 1997 y 1998 fueron superiores al ECA aire para plomo que es de  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (DIGESA, 2000).

En el año 2005, la DIGESA publico las concentraciones de plomo en la atmósfera de Lima Metropolitana y Callao comprendidos entre los años 2000 - 2004. Determinándose que en este periodo las zonas de Lima Norte ( $0.244 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Lima Este ( $0.199 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Lima Centro ( $0.295 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) reportaban mayores concentraciones de plomo atmosférico con respecto a Lima Sur ( $0.134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y al Callao ( $0.134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Sánchez & Awe, 2005). Esto confirmaría que el plomo almacenado en el Callao se desplaza a grandes distancias por medio del aire mezclándose en la atmósfera viéndose reflejado este fenómeno en la composición de mezcla de isótopos que se observa en las muestras de aire de muchos distritos de Lima (DIGESA 2001).

En el periodo 1996-2002 se realizó un análisis de la variación mensual, trimestral, multianual y tendencias de la concentración del plomo atmosférico (Pb) en cinco estaciones de la red de vigilancia de calidad del aire de Lima. La medición del plomo fue realizada por la DIGESA, la concentración fue determinada por espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados mostraron que las variaciones mensual y trimestral del plomo atmosférico en Lima metropolitana presentan rangos anuales pequeños con máximos en abril-junio y mínimos en octubre-diciembre, y en ningún caso superan el estándar de calidad del aire (ECA) del Perú (Pacsi, 2002).

Durante el año 2011, se monitorearon 16 lugares distribuidos en la Región del Callao, para medir la calidad del aire en plomo. Los promedios de niveles de plomo, en todos los puntos han mostrado valores relativamente bajos, no obstante entre las zonas de Mi Perú y Ventanilla dichos valores son mayores al resto de puntos con valores promedio  $0.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $0.40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pero en el caso la zona de Mi Perú, se ha registrado hasta  $2.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sobrepasando los límites establecidos en la normativa de referencia ( $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (DIGESA, 2011).

## 1.6. Caracterización de materiales que contienen plomo

Sin duda, el mayor uso del plomo se da para la fabricación de baterías para autos, actualmente, alrededor del 71 % de todo el plomo se destina a esta aplicación. Debido a su efecto anti-corrosivo el plomo es también usado en el sector químico. Su resistencia a los ácidos (debido a que forma una capa de compuestos óxidos) lo convierte en un elemento ideal para la fabricación y manejo de compuestos como el ácido sulfúrico y el ácido nítrico. Otras aplicaciones importantes son la fabricación de forros protectores para cables (eléctricos, de televisión, internet, etc.), materiales de construcción, material de soldadura, municiones, fabricación de pigmentos sintéticos, como químico para la refinación del petróleo, cubiertas de cable eléctricos, plásticos, vajillas, cerámicas, del vidrio y del cristal, cañerías con plomo cigarrillos, juguetes para niños, loncheras de vinilo y joyería (Ramos *et al.*, 2009).

Asimismo, acorde con las nuevas tecnologías se ha venido desarrollando compuestos órgano-plúmbicos para ser usados, por ejemplo, como catalizadores en la fabricación de espuma de poliuretano, para evitar la incrustación en los cascos de los barcos a través de las pinturas navales, en la protección de la madera contra el ataque de hongos marinos, como preservador del algodón contra la descomposición y el moho, inhibidor de la corrosión del acero, etc. Finalmente, al combinar el plomo con otros metales (como el estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, entre otros) se obtienen los denominados compuestos del plomo. Dentro de esta gama tenemos, por ejemplo, los arsenatos de plomo que son usados como insecticidas para la protección de cultivos, el azuro de plomo que sirve como detonador de explosivos, los silicatos de plomo que se emplean en la fabricación de cerámicas y vidrios, etc. El plomo puede presentarse en el ambiente a partir de fuentes naturales y antropogénicas, esta última incluye la minería y el procesamiento de plomo, metales no ferrosos (zinc y cobre que contienen trazas de plomo), motores de vehículos industriales, producción de baterías y, hasta hace poco, como antidetonante para aumentar el octanaje de la gasolina (Pájaro *et al.*, 2013)

## 1.7. El Estado frente a la problemática del plomo

La Constitución Política del Perú, en concordancia con la Declaración Universal de los Derechos Humanos, en su primer artículo señala que la persona humana y el respeto de su dignidad son el fin supremo de la sociedad y del Estado. Esta afirmación que enmarca no solo los principios que rigen la vida política y jurídica de nuestro país, sino también la estructura del Estado en su conjunto, debería orientar siempre y sin excusa alguna la actuación de los órganos que lo conforman y de todos los ciudadanos. Sin embargo, ello no siempre es así, a pesar de ser evidentes los hechos que atentan contra la persona y su dignidad (Huayhua, 2013).

El derecho al ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida ha sido reconocido a través de distintos instrumentos internacionales convencionales o declarativos. Entre los primeros, dentro del sistema universal se encuentra el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales adoptado en 1966 (en vigor para el Perú desde el 28 de julio de 1978) que considera que el mejoramiento del medio ambiente es una medida necesaria que deben adoptar los Estados partes para asegurar la plena efectividad del derecho a la salud (Huayhua, 2013).

A pesar de que se ha avanzado con aprobar una amplia normativa frente al problema de la contaminación por plomo y otros contaminantes, la realidad que afrontamos es que mucha de esta normativa no se cumple por una serie de aspectos, destacando la falta de fiscalización por las autoridades, carencia de profesionales calificados y de experiencia en las entidades del Estado, falta de decisión política para hacer cumplir las leyes, el enquistamiento de la corrupción en las entidades estatales, entre otros. Las autoridades en la mayoría de los casos adoptan las medidas correctivas por lo general posteriores al daño ocasionado, por presión social de las poblaciones, la labor del periodismo o ante el abordaje por parte de entidades internacionales (apreciación personal del autor).

Así mismo cabe precisar que no existen documentos oficiales, trabajos de investigación, estadísticas que muestren la gravedad y evolución sobre la real dimensión de la contaminación no solo del plomo sino de otros metales pesados en el Perú y en particular para Lima metropolitana. Pero si se puede encontrar una amplia gama de reportes y denuncias en los medios informativos por parte de la población, en donde las autoridades reconocen la falta de fiscalización, traslape de competencias entre las entidades estatales, informalidad de empresas que funden plomo sin la respectiva autorización y supervisión de la autoridad, abuso de muchas empresas en presentar recursos de amparo ante el Poder Judicial para seguir operando. Si bien es cierto que la contaminación ambiental por plomo de acuerdo a la estadística disponible indica que hay una reducción en los últimos años, sin embargo nadie puede asegurar que el plomo en el Perú no siga representando un problema ambiental y para la salud pública, más aun cuando somos el cuarto productor mundial de plomo y de acuerdo a las proyecciones se calcula que para el año 2030 se exportará por el puerto del Callao cerca de seis millones de toneladas de este metal.

### **CASO 1:**

Uno de los ejemplos que mejor ilustra este tema, es la contaminación por plomo en sangre que sigue afectando a los pobladores, en especial a los niños, que viven en la provincia Constitucional del Callao, muy próxima a la ciudad de Lima, cuyas causas fueron detectadas entre los años 1998 y 1999 por la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud (DIGESA) con el apoyo de la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos- USAID desarrolló el “Estudio de plomo en sangre en una población seleccionada de Lima y Callao”. Respecto de los niños de Puerto Nuevo en el distrito de Callao se detectaron los valores más altos de plomo en sangre, en promedio 25.6  $\mu\text{g}/\text{dl}$  y en el caso de la escuela María Reiche (ubicada al lado de un depósito de concentrado de minerales que subsiste hasta la actualidad) el promedio fue de 40.7  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , cuando el límite establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ .

Sin embargo, a pesar del tiempo transcurrido desde que fue detectado este problema, aún se discute la eficacia de la actuación estatal en el presente caso. Esto incluso ha llevado a que la Comisión Interamericana de Derechos Humanos haya adoptado medidas cautelares para proteger la vida y la integridad de pobladores de Puerto Nuevo. Además, las autoridades locales y regionales siguen reconociendo que el problema de contaminación por plomo y su afectación a la salud aún subsiste en la región. De este modo, la Municipalidad Provincial del Callao identifica como la población infantil más afectada al año 2009 a 19 547 niños de las zonas de San Juan Bosco, Puerto Nuevo, Chacaritas, Ciudadela Chalaca, Ciudadela Chalaca 4ta etapa, Santa Marina 2da etapa, Fiscal Frigorífico y Fiscal Chacaritas. Esta situación también se puede confirmar porque las últimas mediciones de plomo en sangre, realizadas en

el año 2011, dieron como resultado que de los 192 niños evaluados la mayoría presentó algún grado de intoxicación, superior al límite establecido para plomo en sangre por la OMS (Huayhua, 2013).

Si bien la falta de precisión normativa en la regulación de las actividades de almacenamiento de concentrado de minerales es un factor que contribuyó a que se mantenga durante muchos años la situación de contaminación ambiental en el Callao, también es cierto que el derecho a la salud y el derecho al medio ambiente se encuentran involucrados en el presente caso; por lo que, las acciones de prevención de daños ambientales son obligatorias para el Estado. En ese sentido, esta falta de precisión no puede en caso alguno sustentar la falta de actuación del Estado para cumplir las obligaciones derivadas de ambos derechos. En este caso, la obligación de protección a fin de evitar que terceros afecten los componentes del ambiente y por consiguiente, la salud de la población (Huayhua, 2013).

Estas obligaciones se encuentran expresamente reguladas en la Ley N° 26842, Ley General de Salud, que señala que el Estado y los particulares son responsables en la protección del ambiente. Además, la citada norma prohíbe a toda persona natural o jurídica a efectuar descargas de sustancias contaminantes en el agua, aire o suelo sin haber adoptado las medidas de prevención señaladas en la normativa sanitaria y de protección del ambiente (artículo 104), debiendo ser la autoridad de salud la competente para dictar las medidas necesarias para minimizar y controlar los riesgos para la salud de las personas derivados de agentes ambientales. Por otro lado, otro actor relevante en el presente caso es la Municipalidad Provincial del Callao que según el inciso 1 del artículo 66° de la Ley Orgánica de Municipalidades, aprobada por Decreto Ley N° 23853 y publicada el 09 de junio de 1984 (derogada el año 2003), tenía entre sus funciones: normar y controlar las actividades relacionadas con el saneamiento ambiental. Asimismo, de acuerdo al Decreto Supremo N° 007-85-VC, Reglamento de Acondicionamiento Territorial, Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (derogado el año 2003), los municipios a fin de proteger el medio ambiente, en coordinación con los organismos competentes del Estado, debían establecer dentro de su estructura funcional una unidad orgánica encargada de investigar, normar, atender y resolver los problemas que afectan al medio ambiente como medida preventiva y correctiva. Además, debía emitir y aplicar normativa municipal para controlar y corregir los problemas de contaminación ambiental. Sin embargo, en el presente caso se advierte que a partir del conocimiento de la problemática por la DIGESA, es que el municipio del Callao inició la expedición de normas para controlar los efectos de la contaminación ambiental derivada de la actividad desarrollada por los depósitos de minerales (Huayhua, 2013).

Sin embargo, cabe resaltar que de acuerdo al estudio sobre caracterización ambiental del Plan de Desarrollo Urbano – 2011 elaborado por la Municipalidad Provincial del Callao la contaminación por plomo constituye el más grave de los problemas ambientales del Callao, el mismo que se origina por el traslado de los concentrados de minerales de los depósitos al terminal portuario del Callao debido a la falta de un sistema adecuado para la manipulación y medios de transporte de los minerales. Como podemos observar la problemática de contaminación ambiental continua y aún es considerada como grave por las autoridades de la región y provincia del Callao. Finalmente, en el año 2011 se realizó una medición a 192 niños menores de cinco años en las instituciones educativas Mi Mundo Feliz, María Reiche y Virgen María, ubicados los dos primeros en Puerto Nuevo, que tuvo como resultado que el 54.7 % se encuentra en las categorías II (43.7 %), III (9.8 %) y IV (1.2 %), sobrepasando todavía en su mayoría el límite de 10 µg/dl. Cabe precisar que este porcentaje es mayor en el

caso de los niños del Colegio María Reiche, dado que 7 de 10 niños evaluados, se encontraban en la categoría II y III para plomo en sangre (DIGESA, 2005).

### **CASO 2:**

En septiembre del 2013 las autoridades ambientales y de salud que conforman la Comisión Multisectorial (RM-200-2012-PCM) tomaron muestras de agua, suelos y sedimentos en distintos puntos de la cuenca del río Marañón, dentro del Lote 8x operado por Pluspetrol Norte S.A1, las zona de amortiguamiento y el interior de la Reserva Nacional Pacaya Samiria (región Loreto). Estas entidades, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), La Autoridad Nacional del Agua (ANA), la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, presentaron los resultados del mencionado análisis el 22 de enero del 2014 (Lu, 2014).

El **Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)** tomó 60 muestras de suelos para análisis de plomo, de los cuales 49 correspondieron a sitios no comprendidos en el Plan Ambiental Complementario (PAC) del Lote 8x y 11 muestras correspondieron a lugares comprendidos en el PAC del lote correspondiente. Los resultados indicaron que 14 de estas muestras (29 %) mostraron valores superiores al ECA de plomo para suelos (estándar 70 mg/kg), siendo los tres puntos de muestreo más preocupantes con valores equivalente a 61, 75 y **266 veces** el ECA para suelo, lo cual sugiere una contaminación por agua de producción u otros efluentes de la industria petrolera (Lu, 2014).

Según los autores, el posible origen del plomo y otros metales pesados en el suelo, se debería a dos posibles causas: Primero; los metales pesados pueden ingresar a los fluidos de perforación: muchos metales pueden estar presentes en los fluidos de perforación toda vez que se encuentran en la mayoría de formaciones y de esta manera pasan a incorporarse a los fluidos de perforación. Otra forma es cuando se añaden a los fluidos de perforación como parte de los aditivos usados para alterar las propiedades de los fluidos. El caso más frecuente es el bario que se encuentra en la barita añadida para darle más peso al fluido y el cromo usado en los defloculantes con cromo ligno-sulfonato. Si bien como se ha dicho anteriormente, el plomo puede encontrarse naturalmente en las formaciones, también pueden encontrarse metales en los compuestos usados para las tuberías para impedir la solidificación del fluido a altas presiones y para sellar las uniones y prevenir las fugas de fluido a lo largo de las líneas de transporte de fluidos. Otra fuente de metales pesados es el petróleo crudo. El petróleo crudo contiene concentraciones muy variadas de elementos entre los cuales se encuentran metales pesados. Estos metales pueden ingresar a los fluidos de perforación. Entre los elementos que pueden encontrarse se incluyen: aluminio, boro, calcio, cromo, cobalto, cobre, oro, hierro, plomo, magnesio, manganeso, níquel, fósforo, sodio, estroncio, vanadio y uranio.

La **Autoridad Nacional del Agua (ANA)**, presentó los resultados del análisis de 30 muestras de agua y sedimentos, cuyos resultados se pueden resumir de la siguiente manera: 18 de las 30 muestras (60 %) analizadas superaron significativamente la norma (0.01 mg/L) para plomo en agua superficial (Categoría 4). Estos resultados revelan una situación que merece la inmediata atención de las autoridades por el riesgo que representa el plomo para la salud pública, de las especies silvestres y ecosistema en general (Lu, 2014).

El **Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN)**, se centró en la verificación del estado de las instalaciones de producción, almacenamiento y transportes en la Batería 3, Yanayacu, y del ducto de transporte de petróleo crudo desde la Batería 3 al Terminal del río Marañón del Lote 8. Igualmente en los puntos de derrames y contaminación denunciados por las Federaciones de Loreto. Durante las inspecciones se observaron algunas irregularidades tales como deficiencias en el tendido y mantenimiento de las tuberías, falta de limpieza en el derecho de vía de ductos existentes, cilindros metálicos fuera de servicio, condiciones inseguras de ductos (algunos de ellos tendidos directamente sobre el suelo), falta de atención de medidas de seguridad para evitar accidentes, falta de una adecuada señalización, rebose de fluido y mancha de crudo en el tanque de la Poza API de la plataforma 32x. Presencia de materiales en desuso, tales como tanques y otros. OSINERGMIN concluye que:

- ▲ “...se han detectado infracciones a la normativa vigente, estipulado en los siguientes artículos del Reglamento de Transportes de Hidrocarburo por Ductos del D.S. N° 081-2007-EM: 40°, 42°, 43°, 54°, 56°, 66° y Disposición Complementaria Única.
- ▲ Con respecto a los artículos 54° y 56° del Anexo 1 del D.S. N° 081-2007-EM, relacionado con el oleoducto de 8”Ø, la empresa fiscalizada no ha cumplido con los plazos señalados en el Programa de Adecuación y Cronograma de Ejecución aprobado por OSINERGMIN y se está iniciando procesos sancionadores por los incumplimientos detectados (Lu, 2014).

### **CASO 3:**

#### **Ventanilla sufre alta contaminación por plomo monitoreo del aire confirma que vecinos de zona industrial del distrito Chalaco están expuestos a emisiones de plomo**

“...pobladores del asentamiento humano Virgen de Guadalupe y del colegio particular Arturo Padilla, ubicados en plena zona industrial de Ventanilla, denuncian contaminación por plomo esparcido en el aire en niveles tóxicos, generado por la actividad de varias empresas fundidoras de ese metal pesado que operan en el área. La presencia del agente contaminante fue confirmada por el último monitoreo del aire realizado en la zona por la Dirección Regional de Salud (DIRESA), entre el 20 de setiembre y el 6 de octubre del 2014. El estudio arrojó que los valores de plomo (1.55 microgramos por m<sup>3</sup>) y cadmio (0.32 microgramos por m<sup>3</sup>) sobrepasaban niveles máximos permitidos por la norma internacional (0.5 microgramos por m<sup>3</sup> para plomo y 0.25 microgramos por m<sup>3</sup> para cadmio).

Un acta de la Fiscalía Provincial Especializada en Prevención del Delito y en Medio Ambiente, de febrero del 2015, responsabiliza a 10 empresas por la emisión de partículas de plomo. Ese grupo estuvo integrado por las gerencias regionales de Gestión Ambiental y de Trabajo, el Ministerio de la Producción (Produce), la DIRESA, la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), del Ministerio de Salud, la comuna distrital y el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), del sector Ambiente.

En el 2012, la DIRESA Callao ya había comprobado el alto índice de plomo en la zona, y la Dirección de Asuntos Ambientales del PRODUCE había informado que varias de las empresas no cumplían su normativa de presentarle informes semestrales de manejo ambiental. En el 2013, Efraín Cruz, funcionario del PRODUCE, indicaba que su entidad no contaba con un reglamento de sanciones. Óscar Quincho, Gerente de Gestión Ambiental de la

Municipalidad de Ventanilla, señala que entonces la comuna pudo cerrar algunas de las empresas por faltas laborales y de seguridad y por falta del certificado de evaluación ambiental, que otorgaba la comuna tras el visto bueno del PRODUCE. “Luego el INDECOPI definió que el certificado era barrera burocrática”, y ató de manos la gestión del municipio de Ventanilla frente a este problema, obligándolo a informar a la fiscalía para que esta trate el tema como delito ambiental.

El Ministerio de la Producción (PRODUCE) comunicó a El Comercio que ahora no puede sancionar por el tema ambiental a empresas de la zona industrial de Ventanilla. Informó que durante los próximos tres meses podrá por fin regular las sanciones de las empresas que funden plomo. Así lo dice el Reglamento de Gestión Ambiental para la Industria Manufacturera y Comercio Interno, emitido por el sector el 6 de junio de 2015.

“Cuando estén las directivas, el PRODUCE sancionará. El OEFA, del sector Ambiente, solo ha podido recibir el 10 % de las funciones ambientales del PRODUCE, en el que no está incluido el rubro de fundición de plomo. Cuando se transfiera todo, Ambiente podrá sancionar”, indicó una fuente del PRODUCE. Otra fuente del OEFA refirió que por ahora esa entidad solo puede controlar que las entidades estatales encargadas fiscalicen el tema ambiental, “y denunciarlas ante la contraloría si no cumplen” (El Comercio, 2015).

#### **CASO 4:**

En septiembre del 2004, el Municipio Distrital de Carabayllo, clausuró de manera temporal más una multa a un establecimiento dedicado a la fundición de plomo (empresa Industrial PB Nacionales S.A.C.), la cual no contaba con la respectiva licencia de funcionamiento y carecer de carné de salud conforme al artículo 84 del Decreto Legislativo N° 613 Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, que no permite en zonas ocupadas por asentamientos humanos y sus correspondiente áreas de influencia inmediata la localización de industrias u otras actividades que produzcan contaminantes en el suelo, subsuelo, aire o agua, o que signifiquen algún grado de peligrosidad para la población. Así mismo en setiembre del 2004, la Asociación Pecuaria Valle Sagrado interpuso denuncia ante la fiscalía de Prevención del delito del Cono Norte contra esta empresa por la acción erosiva de los humos metálicos, vapores que desprende de sus actividades clandestinas de fundición de plomo de baterías usadas. Esta empresa demandó al municipio de Carabayllo ante el Juzgado Mixto del Módulo Básico de Carabayllo, aduciendo que esta medida del municipio de Ventanilla es violatoria de sus derechos constitucionales a la propiedad, a la libertad de trabajo y a la libertad de empresa, más aun cuando la Dirección de Medio Ambiente de Industria del Ministerio de la Producción había comunicado al alcalde municipal que esta empresa fundidora de plomo viene cumpliendo con las disposiciones en materia ambiental. Este juzgado declaró infundada la demanda puesto que el municipio había actuado en ejercicio regular de sus funciones, por lo tanto no se había violado ningún derecho constitucional. Esta empresa fundidora de plomo, posteriormente interpuso Recurso de agravio constitucional ante el Tribunal Constitucional contra la sentencia dada por el Poder Judicial. El Tribunal Constitucional después de valorar todo lo actuado, que esta empresa no contaba con la licencia definitiva de funcionamiento cuando se le notificó la multa y tampoco contaba con los requisitos exigidos por la ley. Por lo cual declaró infundada la DEMANDA de la empresa Industrial PB Nacionales S.A.C (Tribunal Constitucional, 2006).

## **1.8. Toxicología**

### **1.8.1. 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 más 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 Hierro y Calcio, 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).

### **1.8.2. 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 está unida al hueso (Stauding, 1998).

### **1.8.3. Excreción**

Aunque el plomo es excretado por diferentes rutas (incluyendo sudor y uñas), solo la vía gastrointestinal y renal son de importancia práctica. 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).

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 y la leche (Arrate *et al.*, 1999).

### **1.9. El plomo y su relación con la salud pública**

En países desarrollados es considerado como un problema de salud pública, no así en países en vías de desarrollo donde pocas son las investigaciones que se tienen (Ochoa *et al.*, 1998)

En la perspectiva de la salud pública, el plomo es una de las principales causas de intoxicación pediátrica prevenible. En general este metal no tiene participación alguna en la función del organismo humano y los efectos tóxicos reportados incluyen, dependiendo de la edad, daños en diversos sistemas: nervioso, hematopoyético, renal, endocrino y músculo esquelético (Leal *et al.*, 2007).

En algunos países aún se reportan como principales fuente de exposición el plomo contenido en los humos de gasolina, pinturas, cosméticos o juguetes. En México, la exposición a este metal se ha modificado sustancialmente, y en poblaciones pediátricas e infantiles se ha identificado como principal factor el uso de loza de barro vidriado cocido a baja temperatura y utilizado para cocinar o guardar alimentos y bebidas. Si el horneado de las vasijas no supera los 1000 °C, el plomo no se fija y se libera lentamente con el uso. Especialmente cuando se almacenan alimentos que contienen sustancias ácidas (como jugo de naranja o limón, vinagre o tomate, entre otros), se produce una reacción con el vidriado extrayéndose ciertas cantidades de este metal, en consecuencia los alimentos y bebidas se contaminan (Leal *et al.*, 2007).

### **1.10. Niveles de plomo en sangre**

En los últimos años, estudios a nivel mundial han encontrado daños en el organismo a niveles bajos de plomo por lo que se han redefinido los niveles tóxicos de plomo en sangre de 25 µg/dl a 10 µg/dl. Así, se ha demostrado que niveles séricos entre 5 y 9 µg/dl dan como resultado reducción del coeficiente intelectual, disminución de la agudeza auditiva, retraso del desarrollo psicomotor y disminución del crecimiento; 10 µg/dl hasta 70 µg/dl producen anemia, disminución del metabolismo de la vitamina D y disminución de la velocidad de conducción nerviosa periférica; niveles superiores a 70 µg/dl producen nefropatía, encefalopatía, coma y la muerte (Ochoa *et al.*, 1998).

La Norma Oficial Mexicana-EM-004-SSA1-1999 (NOM) establece como límite máximo permisible (LMP) una concentración de plomo en sangre de 10 µg/dl. Sin embargo, algunos estudios han reportado que el nivel de plomo en sangre (PbS) a concentraciones menores de este valor puede ocasionar daño neuronal en la población infantil. Diversos estudios han documentado la relación entre la exposición a plomo, expresada por la concentración de este metal en diferentes modelos biológicos (dentina o sangre), con problemas de conducta escolar que son reportados por los profesores y disminución en la puntuación del coeficiente intelectual, de tal manera que se ha propuesto que los niveles de plomo en sangre por debajo de la norma establecida en poblaciones infantiles deberán considerarse como potencial riesgo

de daño neuroconductual. Una variable de efecto poco explorada es la exposición a niveles de plomo y su efecto en la reprobación escolar. (Leal *et al.*, 2007).

### **1.11. 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 está 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).

### **1.12. 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, tirototoxicosis, embarazo u osteoporosis en general, como se ha observado en mujeres después de la menopausia. También se evidencia que el plomo es movilizado 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 blandos, 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 perimenopáusico 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 regeneración 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).

### **1.13. 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 cobalto, cadmio, plomo, manganeso y cobre en la fruta y vegetales en regiones agrícolas que guardan relación 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 cobalto, cadmio, plomo, manganeso, níquel (Liu *et al.*, 2005).

### **1.14. Posibles consecuencias del plomo en el cerebro**

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 *et al.*, 2005).

### **1.15. 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 % al 90 % de todos los pacientes de cáncer de pulmón fumaron en algún período de la vida. 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, > 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 nanogramos (ng) de plomo. Un estudio recientemente terminado de la prueba patrón de Massachusetts 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 encontrado que la ingestión de suplementos de ácido ascórbico (1000 mg/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 e inducir su excreción (Lee *et al.*, 2005).

### **1.16. Efectos sobre la reproducción humana**

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 del 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 más altas, tales como los encontrados en contextos ocupacionales (Farías *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 (Farías *et al.*, 2005).

Niveles relativamente altos de plomo sanguíneo ( $> 40 \mu\text{g}/\text{dl}$  de plomo) se ha asociado a la reducida calidad 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, es útil para estudios toxicológicos, pero se ha sugerido que esta no necesariamente refleja la acumulación de plomo en los genitales masculinos, y así 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 plomo, 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 (Farías *et al.*, 2005).

### **1.17. Efecto carcinogénico**

El plomo es un establecido tóxico y metal carcinogénico. (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 carcinogénesis 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.

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

Se ha demostrado repetidamente que la exposición al plomo produce cáncer en animales de laboratorio. 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).

### **1.18. 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 adenilciclasa del SNC es inhibida por el plomo. Con niveles de Pb-B inferiores a 60 mg/ 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).

### **1.19. 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).

### **1.20. 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 ácido aminolevulónico dehidratasa (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 toxicocinética del plomo, distribución, y por lo tanto su toxicidad (Kamel *et al.*, 2003).

### **1.21. Efectos en la 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).

### **1.22. Efectos clínicos en adultos**

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).

### **1.23. Riesgos de acuerdo a la actividad ocupacional**

De acuerdo al trabajo desarrollado, por el "Centro Panamericano de Ecología Humano y Salud- OPS-OMS, del año de 1989- Serie Vigilancia N° 8, los tipos de riesgo a nivel internacional son (Ubillus, 2003):

#### **Alto riesgo**

- ▲ Fabricantes de acumuladores (baterías), pigmentos para pinturas, sales de plomo, tuberías.
- ▲ Trabajadores de alfarería en vidriado, planchas de metal de plomo, fundidores de metales no ferrosos, soldadores, plásticos de PVC, moldeadores de plomo.
- ▲ Reparadores de automóviles.
- ▲ Desmanteladores de barcos.
- ▲ Fabricantes de cerámica, insecticidas a base de plomo, masillas,
- ▲ Combustibles para motores
- ▲ Equipos químicos que contienen plomo.
- ▲ Recicladores de baterías de Plomo.

#### **Mediano riesgo**

- ▲ Fabricantes de alambres, baldosas, cartuchos, colorantes, equipos electrónicos.
- ▲ Bronceadores.
- ▲ Empalmadores de cables.
- ▲ Electrogalvanizadores.
- ▲ Esmaltes para alfarería.
- ▲ Usuarios de insecticida a base de plomo.
- ▲ Cortadores de metales.
- ▲ Trabajadores en refinería de petróleo crudo.
- ▲ Plomeros
- ▲ Reparadores de radiadores de automóviles.
- ▲ Soldadores a soplete.
- ▲ Techadores.
- ▲ Pulidores de vidrio.

**Bajo riesgo**

- ▲ Fabricantes de barnices, estaño.
- ▲ Trabajadores de grifos de combustibles, hojalateros, galvanizadores.
- ▲ Conductores de vehículos con gasolinas con plomo.
- ▲ Fundidores de latón.
- ▲ Pintores
- ▲ Policías de tránsito.
- ▲ Conductores de transporte público urbano.

**Exposiciones muy limitadas**

- ▲ Grabadores de acero.
- ▲ Fabricantes de caucho, cuchillos, escobillas, flores artificiales, instrumentos musicales, ladrillos, ruedas de esmeriles, lámparas incandescentes.
- ▲ Trabajadores de curtiembre, demolidores de construcciones, impresores, técnicos dentales,
- ▲ Fábricas de textiles.

**1.24. Normativa sobre los niveles de plomo en sangre**

En el Perú, de acuerdo a la Resolución Ministerial N° 511-2007/MINSA, “Guía de Práctica Clínica para el Manejo de Pacientes con intoxicación por Plomo” establece que el ingreso de plomo en el organismo humano, puede generar alteraciones bioquímicas, subclínica y clínicas. Esta norma establece que los límites biológicos aceptados de plomo en sangre son:

- ✓ Menor de 10 µg/dl en niños y gestantes.
- ✓ Hasta 20 µg/dl en adultos no expuestos ocupacionalmente.
- ✓ Hasta 40 µg/dl en adultos expuestos ocupacionalmente.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) desde el punto vista sanitario recomienda que para la población adulta el nivel de plomo en sangre como límite biológico sea de 40 µg/dl para los varones y las mujeres que ya no puedan tener hijos. En tanto que para mujeres en edad fértil (15 – 44 años) no debe exceder de 30 µg/dl, este límite se basa en los efectos adversos del plomo sobre la hematopoyesis y el sistema nervioso periférico (OMS, 1980). Para el Centro de Prevención y Control de Enfermedades de Estados Unidos (CDC) recomienda intervención médica con niveles mayores de 10 µg/dl y 25 µg/dl en niños y adultos respectivamente. (Castro *et al.*, 2010).

**1.25. Población Económicamente Activa (PEA)**

El conocimiento adecuado de la magnitud, características y desarrollo de los recursos humanos de un país, reviste interés y utilidad, por cuanto permite efectuar estudios específicos respecto de los distintos factores de tipo social, demográfico u otros, que influyen en el crecimiento de la población (INEI, 2010).

Según la Organización Internacional del Trabajo - OIT, la Población Económicamente Activa son todos los ocupados más los que están buscando empleo. La población activa puede

medirse en relación con la población total o más rigurosamente, tomando como base aquella parte de la población que está en edad de trabajar (Arrieta, 2004).

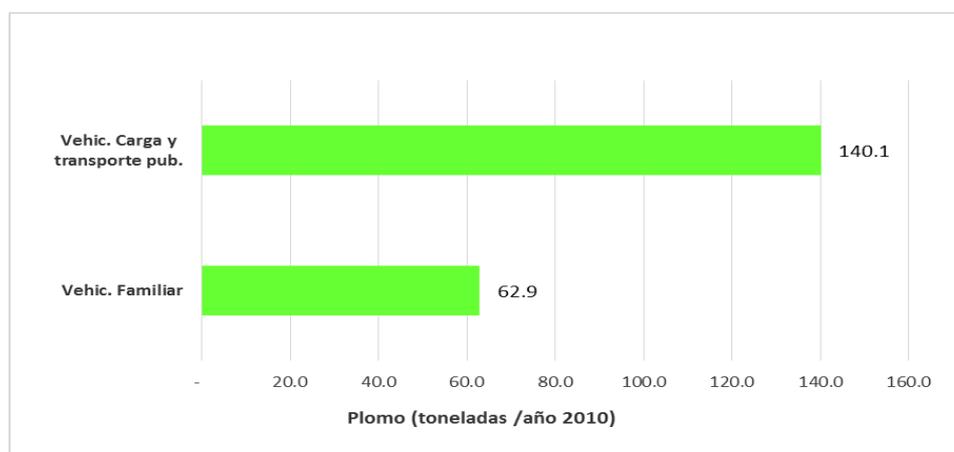
La edad de inicio de la participación en la actividad económica considerada es de 14 años, coincidiendo con la edad mínima de admisión al empleo en el Perú, no habiendo un límite máximo de edad, como política el Perú busca que la participación laboral de la población menor de 20 años descienda, lo mismo debería ocurrir con las de la población mayor de 65 años, pues en este caso se estima un mayor acceso a los beneficios de los sistemas de jubilación y mayor participación de la población en edades en las que se espera una actividad plena (20 a 65 años) (INEI, 2010).

## Capítulo 2

### Material y métodos

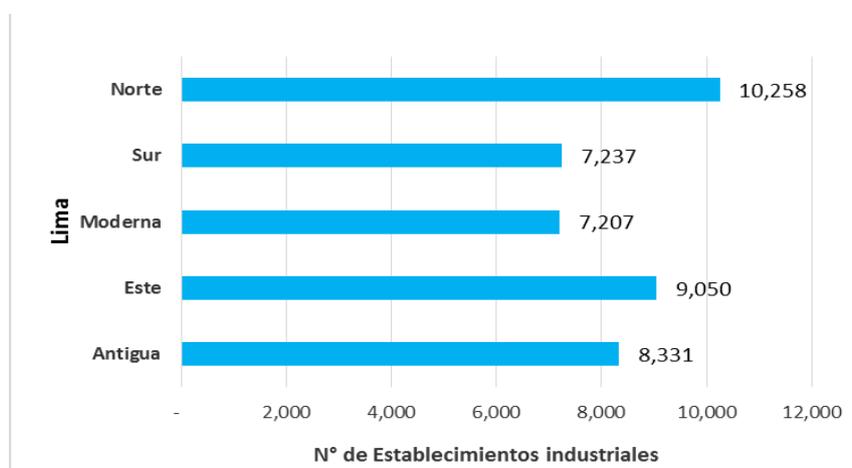
#### 2.1. Zonas de muestreo

El presente estudio fue llevado a cabo entre **septiembre y noviembre del 2014**, es de tipo descriptivo transversal, se consideraron tres zonas de muestreo, correspondientes a los distritos de Chorrillos, San Isidro y Puente Piedra. Se consideró trabajar con tres grupos de poblaciones que desarrollen diferentes actividades económicas, que puedan estar potencialmente expuestas a fuentes de contaminación por plomo. No se consideró ningún antecedente previo ante plomo de los participantes para el presente estudio, precisamente por tratarse de una investigación de tipo descriptivo transversal. En la zona de Chorrillos (Lima Sur) el grupo seleccionado correspondió a personas que trabajan en vehículos que ofrecen el servicio de transporte público urbano, este tipo de actividad conlleva a exponerse a variadas fuentes de plomo procedentes principalmente de las baterías de los vehículos, aceite y lubricantes del motor, pintura industrial de los vehículos, alto tráfico vehicular, contaminación ambiental, gases que se desprenden de los escapes tanto al exterior como al interior del propio vehículo y que puede evaporarse por las altas temperaturas. A pesar que en el país ya no se comercializa gasolina con plomo de acuerdo al Decreto Supremo N° 019-98-MTC, de acuerdo a reportes del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú SENAMHI (2011), aún se generan emisiones de plomo por el parque automotor en Lima y Callao, (Figura 1).

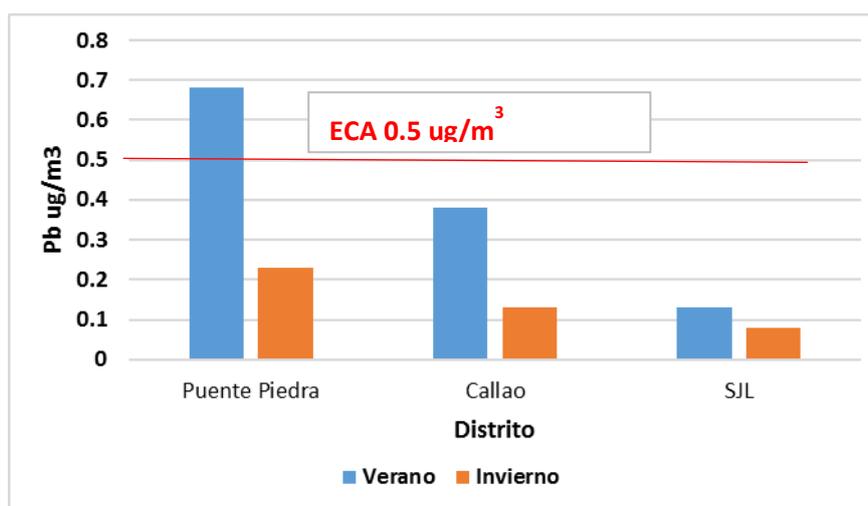


**Figura 1.** Emisión de plomo por parque automotor Lima - Callao (2010)  
Fuente: Adaptado de SENAMHI (2011).

El segundo grupo elegido fueron personas que trabajan en la zona económica de San Isidro (Lima Moderna) en actividades administrativas y de oficina, que aparentemente no tienen un alto riesgo laboral hacia el plomo pero sí a fuentes ambientales dadas por el tráfico vehicular, viento, suelo, etc. El último grupo fueron personas que trabajan en la zona industrial de Puente Piedra (Lima Norte), caracterizada por la presencia de un gran número de empresas industriales, desprendiéndose posteriormente de la encuesta realizada, personas que laboraban en empresas dedicadas comercialmente a la fabricación de plaguicidas, plásticos, cables y alambres. De acuerdo a las estadísticas que presenta el “Plan integral de saneamiento atmosférico para Lima – Callao 2011-2015” indica que la zona de Lima Norte concentra a la mayor cantidad de establecimiento industriales en Lima Metropolitana (Figura 2). Adicionalmente el distrito de Puente Piedra de acuerdo a las mediciones de plomo atmosférico realizados por la DIGESA el año 2011, fue el que reportó niveles más altos respecto a otros distritos tanto en verano como en invierno, siendo en verano las concentraciones de plomo superiores al estándar de  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Figura 3).



**Figura 2.** Número de establecimientos industriales en Lima Metropolitana (2007)  
Fuente: Adaptado de II PISA 2011-2015



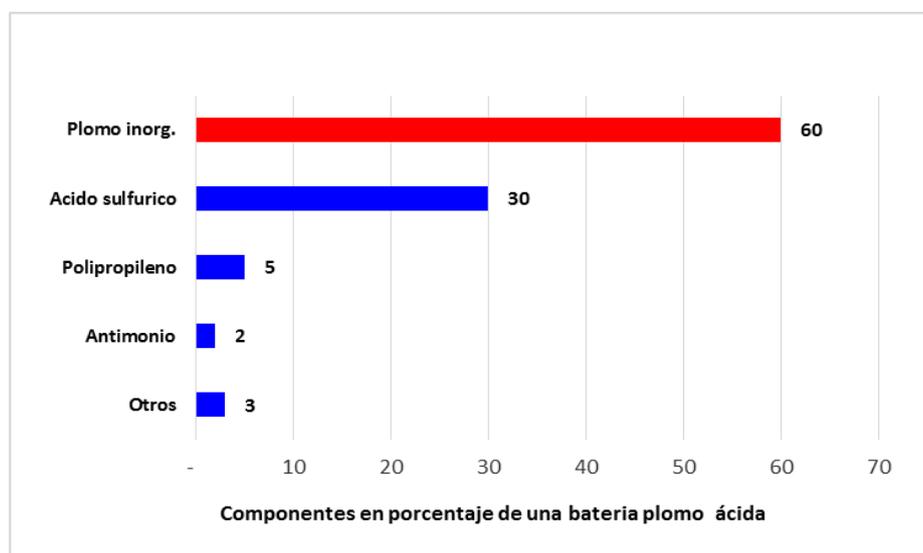
**Figura 3.** Concentración de plomo distrito Puente Piedra, Verano - invierno 2011

Fuente: Adaptado de DIGESA (2011)

El propósito de evaluar los niveles de plomo en sangre en estos tres grupos de actividades distintas fue para ver las posibles variaciones de niveles de plomo en función de sexo, edad, hábitos de fumar, tipo de actividad laboral, fuentes potenciales cercanas a las viviendas de los grupos de estudio y el contraste de estos niveles con la norma nacional del Ministerio de Salud, OMS y CDC y ver si están dentro de los límites biológicos de plomo en sangre.

De igual manera, es importante resaltar que no existen estadísticas actuales sobre la real dimensión de la problemática de plomo sea como contaminante ambiental o laboral para la ciudad Lima y menos aún como un factor de riesgo ocupacional.

Los trabajadores dedicados al transporte público, están expuestos potencialmente al plomo procedente de las baterías de plomo ácido que suministran energía a los vehículos. Las baterías de plomo-ácido ofrecen el costo más bajo de energía por kilovatio hora, emplean tecnología sencilla y requieren materiales relativamente abundantes, el plomo puede constituir el 60 % de todos los componentes de este tipo de baterías (Figura 4).



**Figura 4.** Plomo como componente principal de baterías para vehículos.

Fuente: Adaptado de Enersys – Hoja de seguridad MSDS 853020 SP

Los trabajadores de oficinas, también pueden estar expuestos a plomo de forma mínima, por la presencia de metales pesados, sobretodo plomo, cadmio y mercurio. El plomo se utiliza para soldar los chips a las placas electrónicas, cables de teléfono, internet o de electricidad y en las pantallas de rayos catódicos para absorber una parte de las radiaciones electromagnéticas que generan las pantallas (Gutiérrez, 2015).

Los trabajadores en fábricas de plaguicidas, potencialmente pueden exponerse al plomo, cuando este forma parte de aleación presente en el acero, estaño, cobre, arsénico, antimonio que forma parte de la infraestructura (Gutiérrez, 2015), también puede estar presente en los recipientes resistentes a reactivos ácidos, usados para las pruebas de análisis cuantitativo de plaguicidas terminados. Otras potenciales fuentes son las pinturas anticorrosivas que se emplean para proteger infraestructura, el plomo presente en los circuitos de los equipos electrónicos como computadoras, laptops, espectrofotómetros. De acuerdo a la empresa de

Infogestión (empresa que provee información de comercio exterior con alto valor agregado a partir de la data de ADUANAS), se puede apreciar en el periodo enero 2013 a junio de 2015 la importación de 468 toneladas de nitrato de potasio que contiene plomo, con la siguiente composición cuantitativa:

- ▲ Cloruro 60 %
- ▲ Cromo máximo 200 ppm
- ▲ Cadmio máximo 200 ppm
- ▲ Mercurio máximo 0.20 ppm
- ▲ Nitrógeno 13.50 %
- ▲ Potasio 20 %
- ▲ Plomo máximo 100 ppm
- ▲ Arsénico máximo 10 ppm.

Los trabajadores dedicados al rubro de plástico, alambres y cables, están expuestos potencialmente al plomo, debido al uso de amarillo de cromo A-803, que es un pigmento inorgánico a base de cromato de plomo  $PbCrO_4$  al 42.12 %, utilizado en la fabricación de pinturas, tintas y plásticos (Infogestión). De acuerdo a la data de Infogestión, se importó al país en el periodo noviembre 2013 a julio de 2014, 16 toneladas de amarillo de cromo a base de cromato y sulfato de plomo como pigmento para pinturas procedente de Colombia (Fuente Infogestión). El plomo suaviza y estabiliza el plástico; sin embargo, cuando el plástico es expuesto a sustancias como la luz solar, el aire y los detergentes, puede romperse y crear polvo de plomo (CDC, 2013).

Así mismo, precisar que de las indagaciones, tomamos conocimiento que estas empresas dedicadas a actividades industriales, tienen Estudios de Impacto Ambiental (EIA) que no contemplaron al plomo, debido que no es un agente contaminante de sus procesos de producción y tampoco como parámetro de seguimiento en sus planes de manejo ambiental.

## **2.2. Consideraciones éticas**

Previo a la encuesta y toma de muestra para participar, a cada colaborador se le dio una breve explicación de las razones del estudio de investigación y de la importancia del plomo en la salud de las personas, al igual que su participación voluntaria. Si la persona aceptaba participar firmaba el consentimiento informado, se procedía al llenado de la respectiva encuesta sobre exposición a plomo y luego se procedía a la toma de la muestra de sangre.

Una de las principales limitaciones de este estudio fue la falta de concientización en las personas con la problemática del plomo, muchos aceptaron en una primera instancia con la firma de consentimiento y encuesta pero para la toma de sangre mostraron su renuencia y negativa, situación muy marcada sobre todo en personas jóvenes. Los resultados de las determinaciones de plomo en sangre fueron entregados posteriormente a sus titulares de manera confidencial.

## **2.3. Equipo LeadCare II**

El analizador de plomo en sangre LeadCare II es un instrumento portátil que emplea la voltamperometría de redisolución anódica (ASV) para medir el plomo en la sangre. Es un

instrumento, desarrollado por las firmas ESA, Inc. y Care, Inc. conjuntamente con los Centros para el Control de Enfermedad y la Prevención de Enfermedades (CDC), está diseñado para proporcionar una determinación rápida y rentable para monitorear las exposiciones al plomo (Taylor *et al.*, 2004).

El analizador LeadCare II usa un proceso electroquímico que detecta y mide el nivel de plomo en una muestra de sangre. La mezcla de la sangre con el reactivo de tratamiento del analizador libera el plomo de la sangre. Cuando el análisis ha finalizado en tres minutos, el resultado del nivel de plomo en sangre aparece en la pantalla. Este resultado permanece en la pantalla hasta que se ejecute otro análisis o hasta que el analizador quede inactivo. El rango de medición de plomo sanguíneo del equipo LeadCare II es de 3.3 a 65 µg/dl.

Los materiales que requiere el analizador para poder medir los niveles de plomo sanguíneo están constituidos por:

- ▲ 48 sensores de plomo en sangre
- ▲ 48 tubos con reactivo de tratamiento para LeadCare II
- ▲ 50 tubos capilares heparinizados y émbolos para LeadCare II
- ▲ 50 goteros para LeadCare II
- ▲ Controles de plomo de LeadCare II, niveles 1 y 2
- ▲ 1 botón de calibración
- ▲ Material informativo de LeadCare II
- ▲ Etiquetas y hojas de trabajo para LeadCare

#### **2.4. Toma de las muestras de sangre**

El análisis de plomo a partir de sangre capilar se considera actualmente el método primario para supervisar los niveles ocupacionales del plomo, debido a los problemas de contaminación potencial (Taylor *et al.*, 2004).

Para tal efecto, se siguió el procedimiento que sugiere el fabricante del equipo analizador de plomo LeadCare II. Tener todos los elementos listos para coleccionar la sangre. Lavarse las manos con jabón. No usar papel toalla reciclado. Dejar secar las manos al aire. No permitir que los dedos del paciente toquen ninguna superficie. Colocarse los guantes sin talco. Masajear la palma de las manos del paciente para incrementar el flujo de sangre. Llevar la mano del paciente hacia abajo. Limpiar con alcohol empapado el dedo medio o anular del paciente. Mantenga el dedo en una posición hacia abajo y pinche con la lanceta la superficie lateral de la yema del dedo. Aplicar una ligera presión para iniciar la fluidez de la sangre. La primera gota de sangre descartarla sobre la gasa y eliminarlo apropiadamente en un contenedor. Mantener el dedo en posición hacia abajo, para mantener la fluidez de la sangre. Mantener el tubo capilar heparinado en ángulo de 10° hacia abajo y tomar el extremo cónico del tubo en la gotita de sangre. No tocar la piel con el tubo capilar. El tubo capilar debe llenarse hasta la línea de llenado (50 µl) para obtener resultados precisos. Verificar que el tubo no contenga espacios libres ni burbujas Después de la extracción, limpiar los lados del tubo capilar con un apósito de gasa (limpiando hacia abajo). La exactitud del análisis depende de una muestra medida con precisión.

Una vez colectada la suficiente cantidad de sangre, aplicar una ligera presión sobre el dedo para parar el sangrado. Aplicar una banda adhesiva estéril sobre el sitio de pinchazo. Con la ayuda del émbolo aplicado sobre tubo capilar, transferir los 50 µl de sangre al tubo con reactivo, que permite la digestión de la sangre y la liberación del plomo contenido en ésta. Sellar el recipiente de la muestra e inmediatamente invertir y girar el contenedor entre 7 - 10 veces para prevenir la formación de coágulos. Colocar los datos del paciente sobre la etiqueta del vial, para su posterior análisis.

## 2.5. Control de calidad y calibración del equipo analizador LeadCare II

Un control es un estándar contra el cual se pueden evaluar los resultados de un análisis. Los controles del analizador LeadCare II son soluciones estables a temperatura ambiente diseñadas para imitar a la sangre a las que se le agregaron pequeñas cantidades de plomo para lograr valores objetivos específicos. El producto se suministra en un formato de dos niveles. Cada uno está asignado a un valor objetivo de plomo con un rango aceptable asociado.



**Figura 5.** Botón magnético para encendido y calibración de equipo LeadCare II  
Fuente: Elaboración propia

Se requiere de calibración si es la primera vez que usa el analizador, cada vez que comience un lote nuevo de kits para análisis o cada vez que el analizador muestre un mensaje de recalibración. Utilice el botón de calibración del kit para análisis, asegurándose que los números de lote del envase de los sensores y del botón de calibración concuerden con el número de LOTE DE SENSOR que se ve en el visor del analizador.

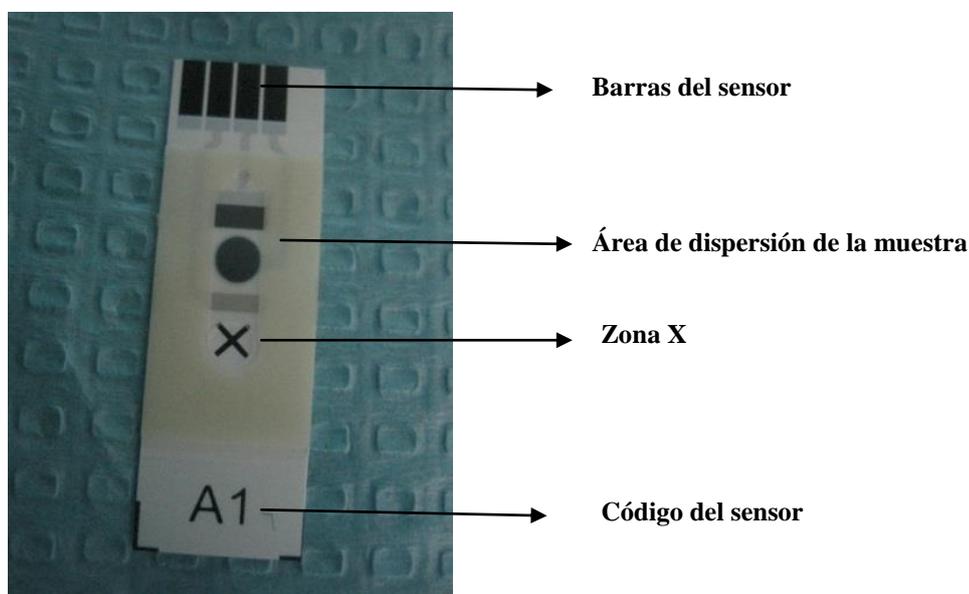
El análisis de los controles asegurará que el analizador de plomo en sangre LeadCare II esté informando resultados precisos. Para ello se usan dos controles de nivel 1 y nivel 2 para verificar el rendimiento del sistema. Utilizando el gotero suministrado, transfiera una gota de la mezcla a la zona "X" del chip sensor, cuando haya finalizado la cuenta de tres minutos, registre su resultado de plomo en µg/dl y se repite este proceso para el control de nivel 2. Concluido este punto, el equipo queda expedito para medir los niveles de plomo sanguíneo de las muestras.

## 2.6. Medición de los niveles de plomo sanguíneo

Retirar un sensor del envase de sensores e insertar (con las barras negras hacia arriba) completamente en el analizador. Cuando el sensor haya sido insertado correctamente, el analizador emitirá un sonido y mostrará el mensaje a la derecha. El número de lote del sensor coincidirá con el número de lote que aparece en la pantalla del analizador. Si el número no coincide, vuelva a calibrar el analizador y los controles del análisis que se encuentran en el kit para análisis.

Asegurarse que la mezcla de la muestra en el tubo con reactivo se encuentre a temperatura ambiente y que esté uniformemente mezclada antes de realizar el análisis. Retire el tapón del tubo. Retire un gotero de transferencia e inserte la punta en la muestra y tomar un volumen de muestras y comprima sobre la zona "X" del sensor y que la muestra se disperse. El analizador emitirá un sonido cuando haya suficiente muestra. A continuación, mostrará el mensaje a la derecha. Después de 3 minutos (180 segundos), el analizador emitirá un sonido nuevamente para indicar que el análisis ha finalizado dando el valor de lectura de plomo en sangre. Los resultados se muestran en microgramos ( $\mu\text{g}$ ) de plomo (Pb) por decilitro (dl) de sangre, cuando el análisis ha finalizado, el nivel de plomo en sangre aparece en el visor. El resultado del análisis permanece en la pantalla hasta que se inserte un nuevo sensor o durante 15 minutos como mínimo.

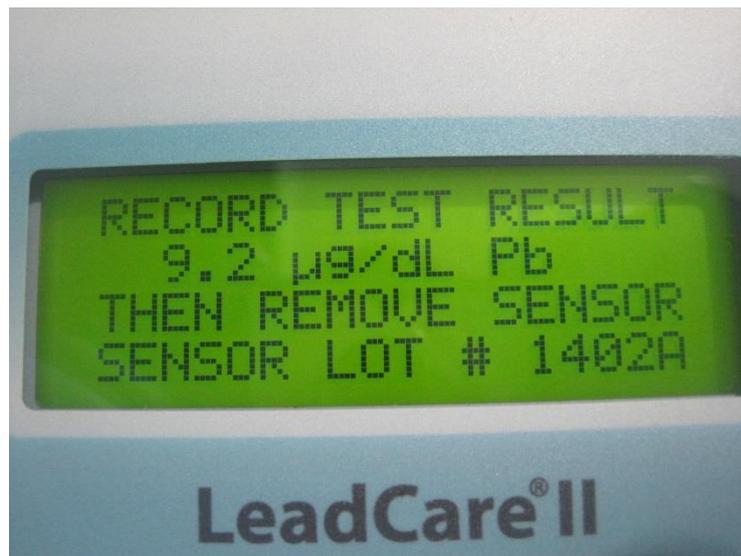
Registrar los resultados del análisis en la hoja de trabajo de LeadCare II provista, retirar el sensor usado, deseche los materiales en un envase adecuado para materiales biológicos peligrosos. El analizador está listo para la siguiente muestra cuando aparece el mensaje LAST TEST RESULT (resultado del último análisis) en la pantalla.



**Figura 6.** Sensor analizador para plomo en sangre del equipo LeadCare II  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 7.** Análisis de la muestra para determinar plomo en sangre  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 8.** Lectura de análisis finalizado de plomo en sangre ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ )  
Fuente: Elaboración propia

## 2.7. Interpretación de los niveles de plomo

Para la interpretación del nivel de plomo en sangre se adoptarán los límites indicados por la Resolución Ministerial N° 511-2007/MINSA, Organización Mundial de la Salud (OMS) y del Centro de Prevención y Control de Enfermedades de Estados Unidos (CDC).

## Capítulo 3

### Resultados y discusión

#### 3.1. Contenido de plomo en sangre según sexo

Se analizaron un total de 91 muestras de población económicamente activa correspondientes a tres zonas de la ciudad de Lima, para la medición de los niveles de plomo en sangre mediante el método de voltimetría anódica, de los cuales el 74.7 % correspondieron al sexo masculino y el 25.3 % al sexo femenino. El nivel promedio de plomo en sangre de la totalidad de muestras analizadas fue de 4.62  $\mu\text{g/dl}$ , el nivel mínimo encontrado fue de 3.3  $\mu\text{g/dl}$ , el nivel máximo fue de 26.1  $\mu\text{g/dl}$ , ver Tabla 1.

El nivel promedio de plomo en sangre en el sexo masculino (4.79  $\mu\text{g/dl}$ ) fue mayor respecto al femenina (4.13  $\mu\text{g/dl}$ ). De acuerdo a la desviación estándar (D.E.) de la Tabla 1, se puede apreciar que existe una mayor variabilidad de niveles de plomo en el sexo masculino respecto al femenino. Para el sexo masculino el nivel mínimo determinado fue de 3.3  $\mu\text{g/dl}$ , en tanto que el nivel máximo fue 26.1  $\mu\text{g/dl}$  (correspondiente a un varón de 41 años). Para las mujeres el nivel mínimo determinado fue de 3.3  $\mu\text{g/dl}$  y el nivel máximo fue de 9.2  $\mu\text{g/dl}$  (correspondiente a una mujer de 24 años) (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de los niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g/dl}$  en población económicamente activa (PEA) según sexo, Lima.

Sexo	n	%	$\bar{x}$ Pb $\mu\text{g/dl}$	D.E.	Min. $\mu\text{g/dl}$	Max. $\mu\text{g/dl}$
Masculino	68	74.7	4.79	4.31	3.3	26.1
Femenino	23	25.3	4.13	1.40	3.3	9.2
Total	91	100.0	4.62	3.80	3.3	26.1

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

Para la zona de muestreo de San Isidro, se analizaron un total de 31 muestras para la medición de los niveles de plomo en sangre, de los cuales el 41.9 % correspondieron al sexo masculino y el 58.1 % al sexo femenino. El nivel promedio de plomo en sangre fue de 3.95  $\mu\text{g/dl}$ , los niveles mínimo y máximo determinados fueron de 3.3  $\mu\text{g/dl}$  y de 9.2  $\mu\text{g/dl}$  respectivamente, ver Tabla 2.

El nivel promedio de plomo en sangre en el sexo masculino fue de 3.80  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , el mismo que fue menor respecto al promedio del sexo femenino que fue del 4.07  $\mu\text{g}/\text{dl}$ . Así mismo se puede apreciar una mayor variabilidad de niveles de plomo en el sexo masculino (D.E. = 1.49) respecto al femenino (D.E. = 1.46).

**Tabla 2.** Distribución de los niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en población económicamente activa (PEA) según sexo, zona de San Isidro - Lima.

<b>Sexo</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b><math>\bar{x}</math> Pb <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>	<b>D.E.</b>	<b>Min. <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>	<b>Max. <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>
Masculino	13	41.9	3.80	1.49	3.3	8.7
Femenino	18	58.1	4.07	1.46	3.3	9.2
Total	31	100.0	3.95	1.46	3.3	9.20

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

En lo referente a la zona de muestreo de Puente Piedra, se analizaron un total de 30 muestras para la medición de los niveles de plomo en sangre de los cuales el 90.0% correspondieron al sexo masculino y el 10.0% al sexo femenino. El nivel promedio de plomo en sangre de esta zona fue de 3.98  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , el nivel mínimo encontrado fue de 3.3  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , el nivel máximo fue de 6.3  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , ver Tabla 3.

El nivel promedio de plomo en sangre en el sexo masculino fue de 3.94  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , con una variabilidad de niveles del 0.78 (Tabla 3).

La cantidad de muestras recopiladas de mujeres de esta zona fue únicamente del 10 %, esto debido a que el muestreo se realizó en la zona industrial de este distrito, donde encontramos que mayoritariamente trabajaban personas del sexo masculino, por lo que los resultados obtenidos de medición de niveles de plomo sanguíneo para mujeres son poco significativos para inferir una comparación con los datos obtenidos para el sexo masculino, sin embargo estos se reportan en la respectiva tabla de resultados, como cumplimiento al tamaño de muestra considerada inicialmente para esta zona.

**Tabla 3.** Distribución de los niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en población económicamente activa (PEA) según sexo, zona de Puente Piedra - Lima.

<b>Sexo</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b><math>\bar{x}</math> Pb <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>	<b>D.E.</b>	<b>Min. <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>	<b>Max. <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>
Masculino	27	90.0	3.94	0.78	3.3	6.0
Femenino	3	10.0	4.30	1.73	3.3	6.3
Total	30	100.0	3.98	0.87	3.3	6.3

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

En lo referente a la zona de muestreo de Chorrillos, se analizaron un total de 30 muestras para la medición de los niveles de plomo en sangre de los cuales el 93.3 % correspondieron al sexo masculino y el 6.7 % al sexo femenino. El nivel promedio de plomo en sangre de esta zona fue de 5.94  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , el nivel mínimo encontrado fue de 3.3  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , el nivel máximo fue de 26.1  $\mu\text{g}/\text{dl}$  ver Tabla 4.

El nivel promedio de plomo en sangre en el sexo masculino fue de 6.10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , con una variabilidad de niveles del 6.46 ver Tabla 4.

De igual manera para esta zona de muestreo, la cantidad de muestras recopiladas de mujeres de esta zona fue únicamente del 6.7 %, esto debido a que el muestreo se realizó en personas dedicadas al servicio de transporte urbano de pasajeros del distrito de Chorrillos hacia el centro de Lima y otros distritos, donde encontramos que mayoritariamente trabajaban personas del sexo masculino, además de una alta renuencia de las mujeres entrevistadas hacia la toma de muestra, por lo que los resultados obtenidos de medición de plomo para mujeres son poco significativos para inferir una comparación con los datos obtenidos para el sexo masculino, sin embargo estos se reportan en la respectiva tabla de resultados, como cumplimiento al tamaño de muestra considerada para esta zona.

**Tabla 4.** Distribución de los niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en población económicamente activa (PEA) según sexo, zona de Chorrillos – Lima.

<b>Sexo</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b><math>\bar{x}</math> Pb <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>	<b>D.E.</b>	<b>Min. <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>	<b>Max. <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>
Masculino	28	93.3	6.10	6.46	3.3	26.1
Femenino	2	6.7	4.40	0.71	3.9	4.9
Total	30	100.0	5.94	6.25	3.3	26.1

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que los mayores niveles promedio de plomo en sangre para el sexo masculino correspondieron a las muestras procedentes de Chorrillos, seguidas de Puente Piedra y San Isidro respectivamente. De igual manera para el sexo masculino en cuanto a la desviación estándar (D.E), se puede apreciar mayor variabilidad de niveles de plomo en sangre en la zona de Chorrillos (6.46), seguida de San Isidro (1.49), en tanto que las muestras de la zona de Puente Piedra mostraron una menor variabilidad de niveles de plomo en sangre (0.78). El máximo nivel de plomo en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en sangre para el sexo masculino se determinó para la zona de Chorrillos (26.1  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) y para el sexo femenino para la zona de San Isidro (9.2  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) ver Tabla 5.

**Tabla 5.** Comparación de los niveles promedio de plomo en sangre en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en población económicamente activa (PEA) según sexo en tres zonas de Lima.

<b>Zona</b>	<b>n</b>	$\bar{x}$	$\bar{x}$	<b>D.E</b>	<b>Max.</b>	<b>Max.</b>
		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>			
San Isidro	31	3.80	4.07	1.49	8.7	9.2
Puente Piedra	30	3.94	4.30	0.78	6.0	6.3
Chorrillos	30	6.10	4.40	6.46	26.1	4.9
Total	91					

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

Los niveles promedio de plomo en sangre obtenidos en el presente estudio tanto para el sexo masculino (4.79  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) como femenino (4.13  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ), son menores a los reportados por

Ramirez *et.al.* (1997) quienes reportaron niveles promedios de plomo en varones de 27.7  $\mu\text{g/dl}$  y en mujeres de 26.1  $\mu\text{g/dl}$  de personas captadas en el Instituto Nacional de Ciencias Neurológicas de Lima. De igual manera son menores a lo reportado por Ordoñez (2006), quien reportó niveles de plomo sanguíneo con promedios de 11.62  $\mu\text{g/dl}$  para el sexo femenino y 12.79 para el sexo masculino respectivamente en efectivos de la Policía Nacional (PNP) que laboraban en la zona de Lima metropolitana (Lima Cercado, Breña, San Miguel, La Victoria, San Juan de Miraflores, Chorrillos, San Borja y Surquillo). Así mismo el nivel máximo de plomo sanguíneo del presente estudio para el sexo masculino (26.1  $\mu\text{g/dl}$ ) fue mayor para el reportado por Ordoñez 17.80  $\mu\text{g/dl}$  (2006) pero menor en el sexo femenino (9.2  $\mu\text{g/dl}$ ) frente a lo reportado por Ordoñez (18.40  $\mu\text{g/dl}$ ).

### 3.2. Contenido de plomo en sangre según edad

Para la determinación de los grupos de edades, se determinó la edad mínima y la edad máxima de los participantes, a partir del cual se estructuraron cuatro grupos con rangos similares.

De acuerdo a la Tabla 6, el mayor promedio de plomo en sangre por grupos de edades correspondió a personas entre 56-68 años con 7.92  $\mu\text{g/dl}$ , seguidos de los grupos de 32-43 años, 32-43 años y 20-31 años con niveles de 4.48  $\mu\text{g/dl}$ , 4.02  $\mu\text{g/dl}$  y 3.8  $\mu\text{g/dl}$  respectivamente. El nivel máximo hallado fue de 26.1  $\mu\text{g/dl}$  que correspondió al grupo de 32-43 años de edad (individuo masculino de 41 años), seguido del grupo de 56-68 años con un nivel máximo de 25.7  $\mu\text{g/dl}$  (individuo masculino de 56 años).

El grupo de 56-68 años, reportó una mayor variabilidad de niveles de plomo (D.E. = 7.55) y el de menor variabilidad el grupo de 44-55 años (D.E. = 1.13). El grupo mayoritario correspondió al de 32-43 años con un 39.5 %, el grupo menos numeroso correspondió al de 55-68 años con un 12.1 %.

**Tabla 6.** Distribución de los niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g/dl}$  en población económicamente activa (PEA) según edad, Lima.

Edad (años)	n	%	$\bar{X}$ Pb $\mu\text{g/dl}$	D.E.	Min.	Max.
20-31	25	27.5	3.8	1.55	3.3	9.2
32-43	36	39.5	4.48	3.79	3.3	26.1
44-55	19	20.9	4.02	1.13	3.3	6.6
56-68	11	12.1	7.92	7.55	3.3	25.7
<b>Total</b>	91	100.0				

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

En la zona de San Isidro, los promedios de plomo en sangre por grupos de edades demostraron que los niveles más altos correspondieron a los grupos de edades de 20-31 años y 56-68 años con 4.35  $\mu\text{g/dl}$  y 4.20  $\mu\text{g/dl}$  respectivamente, en tanto que los niveles más bajos correspondieron al grupo de 44-55 años con 3.46  $\mu\text{g/dl}$ . El nivel máximo de 9.2  $\mu\text{g/dl}$  correspondió al grupo de 20-31 años de edad (mujer de 24 años de edad, que reside en el distrito de Carabayllo, de acuerdo a su encuesta reportó que cerca de su vivienda hay una fábrica de pintura, tiene un garaje donde guardan un vehículo, refiere tener el hábito de

llevarse lápices de colores a la boca y en el trabajo hace uso frecuente de impresora), seguido del grupo de 32-43 años con un nivel máximo de 5.60  $\mu\text{g}/\text{dl}$  (mujer de 37 años, reside en el distrito de El Agustino, cerca de su vivienda existen talleres de mecánica, alto tránsito vehicular y uso frecuente de impresora en el trabajo) ver Tabla 7.

El grupo de 20-31 años, reportó una mayor variabilidad de niveles de plomo (D.E. = 2.28) y el de menor variabilidad el grupo de 44-55 años (D.E. = 0.36). El 38.7% correspondió al grupo de 32-43 años, seguido del grupo de 20-31 con un 35.5%. El grupo menos numeroso correspondió al de 56-68 años con un 9.7% (Tabla 7).

**Tabla 7.** Distribución de los niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en población económicamente activa (PEA) según edad, zona de San Isidro - Lima.

<b>Edad (años)</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b><math>\bar{x}</math> Pb <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>	<b>D.E.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
<b>20-31</b>	11	35.5	4.35	2.28	3.3	9.2
<b>32-43</b>	12	38.7	3.74	0.73	3.3	5.60
<b>44-55</b>	5	16.1	3.46	0.36	3.3	4.10
<b>56-68</b>	3	9.7	4.20	0.90	3.3	5.10
<b>Total</b>	31	100.0	3.95	1.46	3.3	9.20

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

En la zona de Puente Piedra, los promedios de plomo en sangre por grupos de edades con los niveles más altos correspondieron a los grupos de 32-43 años y 56-68 años con 4.15  $\mu\text{g}/\text{dl}$  respectivamente, en tanto que los niveles más bajos correspondieron al grupo de 20 – 31 años con 3.60  $\mu\text{g}/\text{dl}$ . El nivel máximo de 6.30  $\mu\text{g}/\text{dl}$  correspondió al grupo de 44-55 años de edad (mujer de 49 años, reside en el distrito en el distrito de San Borja, labora en una empresa de fabricación de productos químicos, usa con frecuencia solventes químicos y cada cierto tiempo experimenta vómitos), seguido del grupo de 32-43 años con un nivel máximo de 6.0  $\mu\text{g}/\text{dl}$  (varón de 33 años, reporta que cerca de su residencia hay talleres de mecánica, tiene el hábito de fumar desde hace 15 años y trabaja en una fábrica de plástico), ver Tabla 8.

El grupo de 44-55 años, reportó una mayor variabilidad de niveles de plomo (D.E. = 1.12) y el de menor variabilidad el grupo de 56-68 años (D.E. = 0.07). El 43.3 % del total de grupos correspondió al de 32-43 años, seguido del grupo de 20-31 años con un 26.7 %. El grupo menos numeroso correspondió al de 56-68 años con un 6.7 % (Tabla 8).

**Tabla 8.** Distribución de los niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en población económicamente activa (PEA) según edad, zona de Puente Piedra - Lima.

<b>Edad (años)</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b><math>\bar{x}</math> Pb <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>	<b>D.E.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
<b>20-31</b>	8	26.7	3.6	0.30	3.3	4.0
<b>32-43</b>	13	43.3	4.15	1.00	3.3	6.0
<b>44-55</b>	7	23.3	4.09	1.12	3.3	6.3
<b>56-68</b>	2	6.7	4.15	0.07	4.1	4.2
<b>Total</b>	30	100.0	3.98	0.87	3.3	6.3

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

Según la Tabla 9, en la zona de Chorrillos, los promedios de plomo en sangre por grupos de edades demostraron que los niveles más altos correspondieron a personas entre 56-68 años con 11.03  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , en tanto que los niveles más bajos correspondieron al grupo de 20 – 31 años con 3.3  $\mu\text{g}/\text{dl}$ . El nivel máximo de 26.1  $\mu\text{g}/\text{dl}$  correspondió al grupo de 32-43 años de edad (varón de 41 años de edad, residente del distrito de Ate, con un taller de recarga de batería cerca de su vivienda, tiene hábitos de fumar desde hace seis años, conduce durante el día y hasta siete veces por semana y padece constantemente de insomnio), seguido del grupo de 56-68 años con un nivel máximo de 25.7  $\mu\text{g}/\text{dl}$  (varón de 56 años, residente en el distrito de San Martín de Porras, con presencia de taller de mecánica cercana a su vivienda, conduce seis días por semana durante todo el día por zonas de alto tráfico vehicular y permanentemente sufre de dolores de cabeza).

El grupo de 56-68 años, reportó una mayor variabilidad de niveles de plomo (D.E. = 9.38) y el de menor variabilidad el grupo de 20-31 años (D.E. = 0.0). El 36.7 % del total de grupos correspondió al de 32-43 años, seguido del grupo de 44-55 años con un 23.3 %. (Tabla 9).

**Tabla 9.** Distribución de los niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en población económicamente activa (PEA) según edad, zona de Chorrillos – Lima.

<b>Edad (años)</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b><math>\bar{x}</math> Pb <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>	<b>D.E.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
<b>20-31</b>	6	20.0	3.30	0.0	3.3	3.3
<b>32-43</b>	11	36.7	5.65	6.80	3.3	26.1
<b>44-55</b>	7	23.3	4.36	1.45	3.3	6.6
<b>56-68</b>	6	20.0	11.03	9.38	3.3	25.7
<b>Total</b>	30	100.0	5.94	6.25	3.3	26.1

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

De los resultados obtenidos, el mayor promedio de plomo en sangre por grupos de edades correspondió a personas entre 56-68 años con 7.92  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , en contraste con lo reportado por Cornejo *et al.* (2007), en donde el grupo etario con mayor promedio de niveles de plomo sanguíneo correspondió al rango de 66-75 años con niveles del 11.4  $\mu\text{g}/\text{dl}$ . En tanto que el menor promedio obtenido correspondió a grupo de 20-31 años con un 3.8  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , respecto al promedio de 5.72  $\mu\text{g}/\text{dl}$  reportado por Cornejo en el grupo de 25-35 años en 40 pobladores de ambos sexos, pertenecientes al Asentamiento Humano “Cultura y Progreso” del distrito de Chaclacayo – Lima.

### 3.3. Contenido de plomo en sangre según ausencia o hábito de fumar:

Del total de 91 muestras para la medición de los niveles de plomo en sangre y su relación con los hábitos de fumar, encontramos que un 24.2 % correspondió a personas con hábitos de fumar y un 75.8 % sin hábitos de fumar. El nivel promedio de plomo sanguíneo de los fumadores fue de 5.74  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , el mismo que es superior respecto a los no fumadores, que arrojaron un nivel promedio de 4.27  $\mu\text{g}/\text{dl}$  ver Tabla 10).

De igual manera se pudo observar una mayor variabilidad de niveles de plomo en el grupo de fumadores (D.E. = 5.76) respecto al grupo de no fumadores (D.E. = 2.88). Los niveles

mínimos para ambos grupos son iguales, en tanto que los niveles máximos de plomo en sangre fueron mayores en el grupo de fumadores (26.1  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) con respecto al grupo de los no fumadores (25.7  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) (Tabla 10).

**Tabla 10.** Determinación de los niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en población económicamente activa (PEA) según ausencia o hábito de fumar, Lima

<b>Hábito Fumar</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b><math>\bar{x}</math> Pb <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>	<b>D.E.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
<b>SI</b>	22	24.2	5.74	5.76	3.3	26.1
<b>NO</b>	69	75.8	4.27	2.88	3.3	25.7
<b>Total</b>	91	100.0	4.62	3.80	3.3	26.1

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

El nivel máximo de plomo sanguíneo de 26.1  $\mu\text{g}/\text{dl}$  del grupo de fumadores, correspondió a una varón de 41 años de edad, que reside cerca de un taller de recarga de batería, conduce durante el día, siete veces por semana y padece constantemente de insomnio, en tanto que el nivel máximo de plomo sanguíneo de 25.7  $\mu\text{g}/\text{dl}$  del grupo de no fumadores, fue un varón de 56 años, que cerca de vivienda existe un taller de mecánica, conduce durante todo el día seis días a la semana y permanentemente padece dolores de cabeza. De este análisis podemos inferir que los niveles altos de plomo en sangre, no necesariamente responden a un solo factor de exposición, al contrario sus causas son multifactoriales asociados a condiciones de contaminación ambiental, enfermedades, sexo (las mujeres más sensibles que los varones), capacidad inmunológica, hábitos alimenticios, metabolismo, carga genética, niveles de estrés, etc., de cada individuo, de ahí que resulta muchas veces la dificultad de asociarla con un solo factor causante de plumbemia.

Otra explicación de resultados de plomo sanguíneo atípicos que se podrían encontrar en personas que aparentemente no están expuesta a factores de contaminación por plomo corresponden aquellas que han sufrido exposiciones pasadas a este metal, y que luego de años dan como resultado la remoción del plomo de los huesos hacia la sangre.

De las muestras correspondientes a la zona de San Isidro, para la medición de los niveles de plomo en sangre y su relación con los hábitos de fumar, encontramos que un 16.1% correspondió a personas con hábitos de fumar y un 83.9 % sin hábitos de fumar. El nivel promedio de plomo en sangre de las personas con hábito de fumar fue de 3.3  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , el mismo que es inferior a los que no tienen hábito de fumar, que arrojaron un nivel promedio de 4.08  $\mu\text{g}/\text{dl}$  (Tabla 11).

De igual manera se pudo observar una mayor variabilidad de niveles de plomo en el grupo de no fumadores (D.E. = 1.56) respecto al grupo de fumadores (D.E. = 0.0). Los niveles máximos de plomo en sangre fueron mayores en el grupo de no fumadores (9.2  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) con respecto al grupo de los fumadores (3.3  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) (Tabla 11).

**Tabla 11.** Determinación de los niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en población económicamente activa (PEA) según ausencia o hábito de fumar, zona San Isidro-Lima.

Hábito			$\bar{x}$ Pb			
Fumar	n	%	$\mu\text{g}/\text{dl}$	D.E.	Min.	Max.
SI	5	16.1	3.30	0.0	3.3	3.3
NO	26	83.9	4.08	1.56	3.3	9.2
<b>Total</b>	31	100.0	3.95	1.46	3.3	9.2

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de la Tabla 11, se puede indicar que las personas con hábito de fumar no necesariamente pueden arrojar niveles mayores de plomo en sangre respecto a las personas sin hábitos de fumar, esto puede darse por muchos factores, tales como el número de cigarrillos que fuman por día, los años que vienen arrastrando este hábito, nivel de contaminantes ambientales de plomo en el entorno de trabajo y/o vivienda, entre otros. En tanto que personas sin hábitos de fumar pueden tener mayores niveles de plomo respecto a los no fumadores básicamente por la presencia de mayores fuentes de plomo en su entorno.

De las muestras correspondientes a la zona de Puente Piedra, para la medición de los niveles de plomo en sangre y su relación con los hábitos de fumar, encontramos que un 36.7% correspondió a personas con hábitos de fumar y un 63.3% sin hábitos de fumar. El nivel promedio de plomo sanguíneo en fumadores de  $4.02 \mu\text{g}/\text{dl}$ , el mismo que es ligeramente superior a los no fumadores, que arrojaron un nivel promedio de  $3.95 \mu\text{g}/\text{dl}$  ver Tabla 12.

En ambos grupos, se pudo observar una similitud en cuanto a variabilidad de niveles de plomo (D.E. = 0.89). El nivel máximo de plomo reportado en no fumadores ( $6.3 \mu\text{g}/\text{dl}$ ) fue mayor con respecto al grupo de los fumadores ( $6.0 \mu\text{g}/\text{dl}$ ) (Tabla 12).

**Tabla 12.** Determinación de los niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en población económicamente activa (PEA) según ausencia o hábito de fumar, zona Puente Piedra-Lima.

Hábito			$\bar{x}$ Pb			
Fumar	n	%	$\mu\text{g}/\text{dl}$	D.E.	Min.	Max.
SI	11	36.7	4.02	0.89	3.3	6.0
NO	19	63.3	3.95	0.89	3.3	6.3
<b>Total</b>	30	100.0	3.98	0.87	3.3	6.3

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

De las muestras correspondientes a la zona de Chorrillos, para la medición de los niveles de plomo en sangre y su relación con la ausencia o hábitos de fumar, encontramos que un 20.0% correspondió a personas con hábitos de fumar y un 80.0% sin hábitos de fumar. El nivel promedio de plomo en sangre de los fumadores fue de  $10.87 \mu\text{g}/\text{dl}$ , el mismo que es superior a los no fumadores, que dieron un nivel promedio de  $4.5 \mu\text{g}/\text{dl}$  ver Tabla 13.

De igual manera se pudo observar una mayor variabilidad de niveles de plomo en el grupo de fumadores (D.E. = 9.69) respecto al grupo de no fumadores (D.E. = 4.65). Los niveles

máximos de plomo en sangre fue ligeramente mayor en el grupo de fumadores (26.1  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) con respecto al grupo de los no fumadores (25.7  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) (Tabla 13).

**Tabla 13.** Determinación de los niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en población económicamente activa (PEA) en función del hábito de fumar, zona Chorrillos-Lima.

Hábito Fumar	n	%	$\bar{x}$ Pb $\mu\text{g}/\text{dl}$	D.E.	Min.	Max.
SI	6	20.0	10.92	9.64	3.3	26.1
NO	24	80.0	4.72	4.58	3.3	25.7
<b>Total</b>	30	100.0	5.94	6.25	3.3	26.1

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

Tomando en cuenta los criterios de clasificación de los fumadores de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud – OMS del año 2003 (Londoño *et al.*, 2011), un 91 % reportó que fumaban menos de cinco cigarrillos por día, el mismo que correspondió a la condición de fumadores leves. Un 4.5 % reportó que fumaban entre seis y quince cigarrillos por día, estando en la condición de fumadores moderados. Un 4.5 % reportó que fumaban más de 16 cigarrillos por día, correspondiendo a la condición de fumador severo (Tabla 14). Los mayores niveles de plomo en sangre en las tres categorías o condiciones correspondieron a personas del sexo masculino. Para la condición de fumador leve, el mayor nivel de plomo en sangre fue de 26.1  $\mu\text{g}/\text{dl}$  que correspondió a una persona masculina de 41 años de edad y con un hábito de fumar de seis años. Para la condición de fumador moderado, el mayor nivel de plomo en sangre fue de 20.0  $\mu\text{g}/\text{dl}$  que correspondió a una persona masculina de 59 años de edad y con un hábito de fumar de diez años. Para la condición de fumador severo, el mayor nivel de plomo en sangre fue de 5.4  $\mu\text{g}/\text{dl}$  que correspondió a una persona masculina de 56 años de edad y con un hábito de fumar de hace treinta años (Tabla 14). De estos resultados podemos indicar que no necesariamente habría una relación directa entre la condición de fumador severo y niveles altos de plomo sanguíneo respecto a fumadores leves y moderados, debido a que el número de muestras analizadas fueron escasas.

**Tabla 14.** Condición de los fumadores y su relación con los niveles de plomo en sangre ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) en población económicamente activa (PEA) –Lima.

Cigarros (Día)	n	%	Nivel Max. Pb ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ )	Sexo	Edad (años)	Condición (OMS)
< 5	20	91.0	26.10	Masculino	41	Leve
6.0 - 15.0	1	4.5	20.00	Masculino	59	Moderado
>= 16	1	4.5	5.40	Masculino	56	Severo
<b>Total</b>	22	100.0				

Fuente: Elaboración propia.

De la relación de fumadores con niveles de plomo en sangre, el grupo etario de 32 – 43 años reportó el mayor consumo de cigarrillos con un 40.9 % seguido de los grupos de 20 - 31 años con un 27.3 %; 44-55 años con 18.2 % y de 56-68 años con 13.6 % respectivamente (Tabla 15). El grupo etario de 56-68 años reportó un promedio mayor de nivel de plomo en sangre

(9.83 µg/dl) seguido de los grupos de 32-43 años (6.46 µg/dl); 44-55 años (4.33 µg/dl) y de 20-31 años (3.55 µg/dl); lo que indicaría una proporcionalidad entre la edad de una persona con los niveles de plomo en sangre (acumulativo en el tiempo).

Así mismo, se puede apreciar una mayor variabilidad de niveles de plomo en el grupo etario de 56-68 años de edad (D.E. = 8.83), y una menor variabilidad en el grupo etario de 20-31 años (D.E. = 0.3).

**Tabla 15.** Niveles de plomo en sangre (µg/dl) en fumadores por grupos de edades en población económicamente activa (PEA) – Lima.

<b>Edad (años)</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b><math>\bar{x}</math> Pb µg/dl</b>	<b>D.E.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
<b>20-31</b>	6	27.3	3.55	0.3	3.3	4.0
<b>32-43</b>	9	40.9	6.46	7.44	3.3	26.1
<b>44-55</b>	4	18.2	4.33	1.33	3.3	6.10
<b>56-68</b>	3	13.6	9.83	8.83	4.1	20.0
<b>Total</b>	22	100.0	5.74	5.76	3.3	26.1

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los fumadores y el tiempo en años que llevan fumando, encontramos un rango de hábito entre 1-30 años, de los cuales un 68.2 % tienen hábitos entre 1-10 años, con un nivel promedio de plomo de 6.31 µg/dl, un 22.7 % entre 11 - 20 años con un nivel promedio de plomo de 4.42 µg /dl y un 9.1 % entre 21 - 30 años con un nivel promedio plomo de 4.8 µg/dl (Tabla 16). Las personas con hábitos de fumar entre 1-10 años fuman en promedio 1.16 cigarrillos por día y con una edad promedio de 37.7 años en tanto que los fumadores con hábitos de 11 – 20 años fuman en promedio 0.4 cigarrillos por día y una edad promedio de 38.2 años, finalmente las personas con hábitos de fumar entre 21 – 30 años fuman en promedio 10.2 cigarrillos por día con una edad promedio de 56 años (Tabla 16).

**Tabla 16.** Hábito de fumar en años y su relación con los niveles de plomo en sangre (µg/dl), edad y condición en población económicamente activa (PEA) – Lima.

<b>Habito fumar (Años)</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b><math>\bar{x}</math> Pb µg/dl</b>	<b><math>\bar{x}</math> edad (Años)</b>	<b><math>\bar{x}</math> consumo (Día)</b>	<b>Condición (OMS)</b>
<b>1 - 10</b>	15	68.2	6.31	37.7	1.16	Leve
<b>11 - 20</b>	5	22.7	4.42	38.2	0.4	Leve
<b>21 - 30</b>	2	9.1	4.8	56	10.2	Moderado
<b>Total</b>	22	100.0	5.74	37.9	1.8	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados expresados, indican que la condición de fumador o no fumador no influyó en los niveles de plomo sanguíneo, los mismos que son similares a los resultados obtenidos por Hernández *et al.* (2004) en madres gestantes fumadoras y no fumadoras. Los estudios llevados a cabo por Ordoñez – Iriarte (2010) refieren una mayor concentración de plomo en sangre en las personas fumadoras, pero también en los fumadores pasivos; por ello, los niveles de plomo en sangre serían mayores en aquellos que viven en ambientes donde se fuma.

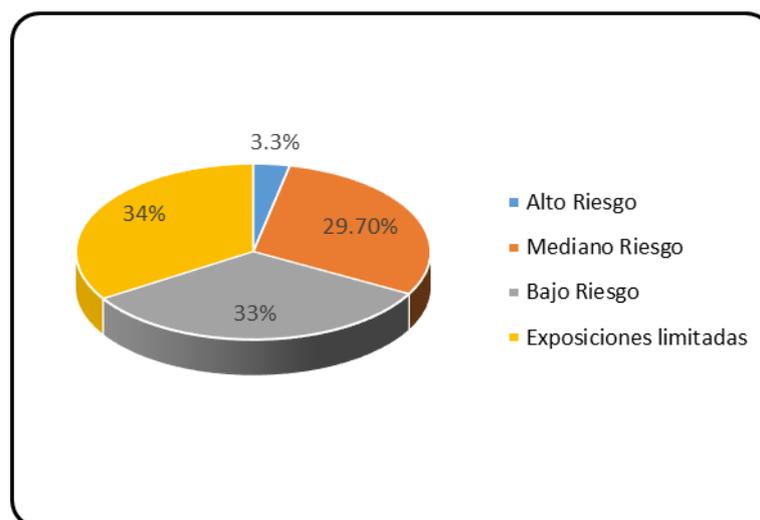
### 3.4. Contenido de plomo en sangre según el tipo de actividad

De acuerdo al análisis del total de encuestas y muestras procesadas, se logró determinar cinco formas de actividad laboral, y relacionadas de acuerdo al “riesgo de actividad ocupacional” dado por la OPS/OMS se agruparon en alto, mediano, bajo y exposiciones limitadas (ver Tabla 17). Se pudo apreciar que el 3.3 % de las muestras analizadas proceden de personas que desempeñan actividades laborales de alto riesgo a intoxicación por plomo, un 29.7 % a actividades de mediano riesgo, un 33 % a bajo riesgo y un 34 % a exposiciones limitadas.

**Tabla 17.** Tipo de actividad ocupacional y riesgo a plomo en población económicamente activa (PEA), Lima.

Tipo de actividad	Tipo de Riesgo	n	%
✓ Fábrica de plásticos	Alto	3	3.3
✓ Planta de plaguicidas sin Pb	Mediano	24	26.4
✓ Planta de alambres y cables	Mediano	3	3.3
✓ Servicio de transporte Urbano	Bajo	30	33.0
✓ Labores de oficina	Exposiciones limitadas	31	34.0
<b>Total</b>		<b>91</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 9.** Niveles de plomo sanguíneo de acuerdo a actividad laboral – PEA Lima.

Fuente: Elaboración propia.

El 34.1 % del universo analizado correspondió a actividades de trabajo de oficina y administrativos con un nivel promedio de plomo en sangre de 3.95  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , un 33 % a trabajadores de transporte público con un nivel promedio de plomo en sangre de 5.94  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , un 26.4 % a trabajadores de planta de plaguicidas con un nivel promedio de plomo en sangre de 3.90  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , un 3.3 % trabajadores de plásticos con un nivel promedio de 4.57  $\mu\text{g}/\text{dl}$  de plomo en sangre, un 3.3 % a trabajadores en cables y alambres con un nivel promedio de plomo en sangre de 4.03  $\mu\text{g}/\text{dl}$  (Tabla 18).

Los trabajadores de servicio de transporte urbano y de plástico han reportado promedios mayores de niveles de plomo respecto a las otras actividades. Los máximos niveles individuales de plomo fueron detectados en trabajadores de transporte urbano con 26.1  $\mu\text{g}/\text{dl}$  y oficinistas con 9.2  $\mu\text{g}/\text{dl}$  respectivamente (Tabla 18).

**Tabla 18.** Niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en población económicamente activa (PEA) de acuerdo al tipo de actividad laboral, Lima.

<b>Tipo de actividad</b>	<b>Zona</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b><math>\bar{X}</math> Pb <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>	<b>D.E.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
<b>Oficina</b>	San Isidro	31	34.1	3.95	1.46	3.3	9.2
<b>Planta plaguicidas</b>	Puente Piedra	24	26.4	3.90	0.85	3.3	6.3
<b>Fab. Plásticos</b>	Puente Piedra	3	3.3	4.57	1.29	3.5	6.0
<b>Fab. Cables y alambres</b>	Puente Piedra	3	3.3	4.03	0.75	3.3	4.8
<b>Transporte urbano</b>	Chorrillos	30	33.0	5.94	6.25	3.3	26.1
<b>Total</b>		91	100.0	4.62	3.80	3.3	26.1

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la población masculina, las actividad laboral de transporte urbano abarca un 41.2 %, seguido de labores en planta de plaguicidas (30.9 %), oficinistas (19.1 %), plásticos (4.4 %) y cables-alambres (4.4 %) respectivamente (ver Tabla 19). Los trabajadores de transporte urbano presentaron los niveles promedio de plomo en sangre mayores (6.07  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) respecto a las otras actividades laborales, en tanto que los oficinistas reportaron el menor nivel promedio de plomo en sangre (3.80  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ). De los datos obtenidos por la desviación estándar (D.E.), se pudo determinar una mayor variabilidad de niveles de plomo en sangre en trabajadores de transporte urbano y una menor variabilidad en los trabajadores de plaguicidas (Tabla 19).

**Tabla 19.** Niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en población masculina económicamente activa (PEA) de acuerdo al tipo de actividad laboral, Lima.

<b>Sexo</b>	<b>Oficina</b>	<b>Planta plaguicidas</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Cables - alambres</b>	<b>Trans. Urb.</b>	<b>n</b>
<b>Masculino</b>	13	21	3	3	28	68
<b>%</b>	19.1	30.9	4.4	4.4	41.2	100.0
<b><math>\bar{X}</math> Pb (<math>\mu\text{g}/\text{dl}</math>)</b>	3.80	3.84	4.57	4.03	6.07	
<b>D.E.</b>	1.49	0.71	1.29	0.75	6.46	

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de las cinco actividades laborales identificadas en la población masculina, en la población femenina, se determinaron tres actividades laborales, siendo las actividad laboral de oficina que emplea un 78.3 %, seguido de labores en planta de plaguicidas (13.0 %) y transporte urbano (8.7 %) respectivamente, (ver Tabla 20). Las trabajadoras de transporte urbano presentaron niveles promedio de plomo en sangre mayores (4.40  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) respecto a las otras actividades laborales, en tanto que las oficinistas reportaron el menor nivel promedio de plomo en sangre (3.89  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ). De acuerdo a la desviación estándar (D.E.), se pudo determinar una mayor variabilidad de niveles de plomo en sangre en trabajadoras de planta de químicos y una menor variabilidad en las trabajadoras de transporte urbano (Tabla 20).

**Tabla 20.** Niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en población femenina económicamente activa (PEA) de acuerdo al tipo de actividad laboral, Lima.

	<b>Femenino</b>	<b>Oficina</b>	<b>Planta plaguicidas</b>	<b>Trans. Urb.</b>	<b>Total</b>
<b>n</b>	18	3	2	23	
<b>%</b>	78.3	13.0	8.7	100.0	
<b><math>\bar{x}</math> Pb (<math>\mu\text{g}/\text{dl}</math>)</b>	3.89	4.09	4.40		
<b>D.E.</b>	1.56	1.91	0.71		

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que los niveles promedio de plomo en sangre tanto en mujeres como en varones en los trabajadores de transporte urbano es mayor respecto a las otras actividades, en este mismo grupo el nivel de plomo en varones es mayor a las mujeres, situación contraria encontrada en las actividades de oficina y planta de plaguicidas donde los niveles de plomo son mayores en las mujeres respecto a los varones (Tabla 19 y 20). El mayor porcentaje de trabajo para los varones se centró en el transporte urbano (41.2 %) y para las mujeres en actividades de oficina (78.3 %).

Los resultados expresados, indican promedios mayores de plomo sanguíneo en personas que se laboran en unidades vehiculares destinadas al transporte urbano (5.94  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ), respecto a otras actividades como trabajos en fábrica de plásticos, plaguicidas, alambres u oficinas. Estos resultados son similares a los reportados por Villón *et.al.* (2010), en mujeres policías de tránsito que laboraban en el centro de Lima metropolitana con promedios de 6.5  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , pero inferiores a los resultados reportados por Ordoñez (2006), en efectivos de la Policía que controla el tránsito público en Lima metropolitana con promedios de 12.21  $\mu\text{g}/\text{dl}$  y de López (2011) que reportó niveles mayores a 40  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en trabajadores dedicados a las actividades de metalmecánica en la ciudad de Juliaca.

### **3.5. Contenido de plomo en sangre según potenciales fuentes cercanas a lugar de residencia**

Del análisis de las encuestas, se identificaron ocho fuentes de contaminación cercana a las viviendas de las personas en estudio, siendo el de mayor porcentaje los talleres de mecánica con un 35.2 %, seguidas de las fotocopiadoras (16.5 %), talleres de soldadura (11.0 %), imprenta (7.7 %), pintado de vehículos (6.6 %), vidrios y cerámicos (3.3 %), venta de pinturas y recarga de baterías con un 2.2% cada uno; un 15.4 % no llegó a identificar ninguna fuente de contaminación cercana a su vivienda, ver Tabla 21.

Las personas que viven cercanos a servicios de recarga de baterías tuvieron los mayores niveles de plomo en sangre, con un nivel promedio de 14.75  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , seguidos de venta de pinturas (6.25  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ), talleres de mecánica (5.30  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ), vidrios y cerámicos (4.27  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ). Los tres niveles más altos de plomo en sangre se dieron en personas que viven cerca de servicios de recarga de baterías (26.1  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ), taller de mecánica (25.7  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) y venta de pinturas con 9.2  $\mu\text{g}/\text{dl}$  (Tabla 21).

**Tabla 21.** Niveles de plomo en sangre en  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en población económicamente activa (PEA) de acuerdo a fuentes de contaminación de plomo cercanas a la vivienda, Lima.

Puntos de contaminación cercana a las viviendas	n	%	□ Pb $\mu\text{g}/\text{dl}$	D.E.	Min.	Max.
Venta de Pinturas	2	2.2	6.25	4.2	3.3	9.2
Fotocopiadora	15	16.5	3.96	1.11	3.3	6.6
Imprenta	7	7.7	3.37	0.19	3.3	3.8
Pintado vehículos	6	6.6	3.43	0.33	3.3	4.1
Recarga baterías	2	2.2	14.75	16.05	3.4	26.1
Soldadura	10	11.0	3.87	0.94	3.3	6.1
Taller mecánica	32	35.2	5.30	4.80	3.3	25.7
Vidrios y cerámicos	3	3.3	4.27	1.50	3.3	6.0
Ninguno	14	15.4	3.86	0.94	3.3	6.3
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>100.0</b>	<b>4.62</b>	<b>3.80</b>	<b>3.3</b>	<b>26.1</b>

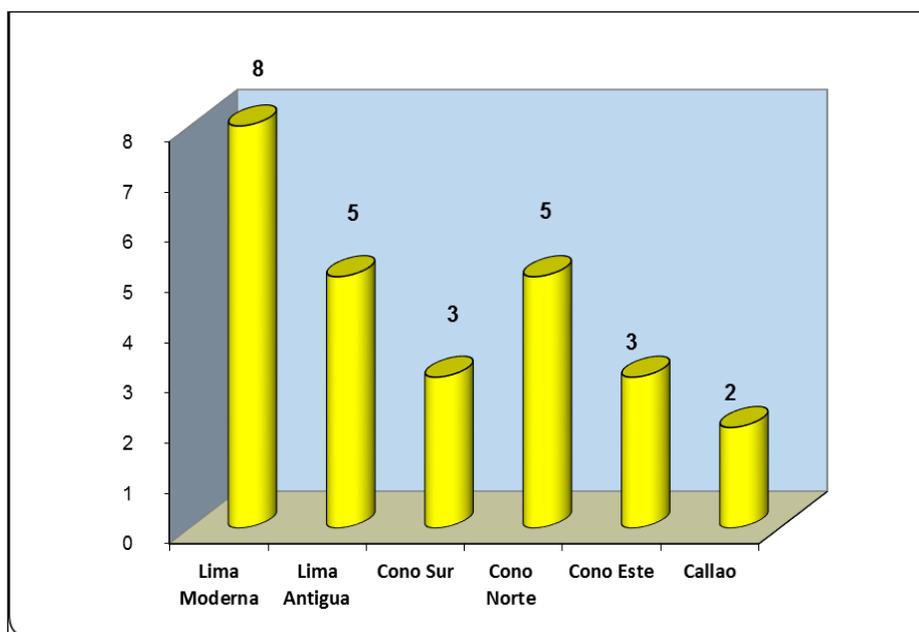
D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

Las 91 muestras analizadas procedieron de personas domiciliadas en 26 distritos (24 de Lima y 2 de la Provincia Constitucional del Callao), razón por la cual para identificar geográficamente las potenciales fuentes contaminantes de plomo cercanas a sus viviendas, se procedió a agrupar dichas viviendas en conos de acuerdo a la división de Lima metropolitana ver Tabla 22. El mayor número de fuentes de contaminación reconocidas por los colaboradores del estudio correspondió a Lima moderna con el 36.4%, seguidas del Callao (18.2 %), Cono Norte (14.3 %), Cono Sur (13 %), Cono Este (10.4 %) y Lima Antigua (7.8 %) respectivamente.

**Tabla 22.** Agrupación de los distritos domiciliarios de acuerdo a división de Lima metropolitana en Población económicamente activa (PEA), Lima.

	Lima Moderna	Lima Antigua	Cono Sur	Cono Norte	Cono Este	Callao
Jesús María	Breña	Chorrillos	Carabaylo	Ate	Ventanilla	
La Molina	Cercado	SJM	Comas	El Agustino	La Perla	
Miraflores	La Victoria	VES	Independencia	SJL		
Pueblo Libre	Rímac		Los Olivos			
San Borja	San Luis		Puente Piedra			
San Isidro			SMP			
San Miguel						
Surco						
<b>N° Fuentes</b>	28	6	10	11	8	14
<b>%</b>	36.4	7.8	13.0	14.3	10.4	18.2

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 10.** Agrupación de distritos de acuerdo a división de Lima metropolitana en PEA, Lima.

Fuente: Elaboración propia.

En el Cono Norte, las tres principales fuentes de contaminación plúmbica identificadas fueron los talleres de mecánica con un 53.6 %, fotocopiadoras con 17.9 %, talleres de soldadura con 14.3 % (Tabla 23). Las personas domiciliadas en este Cono, reportaron un promedio de nivel de plomo en sangre de 5.41  $\mu\text{g}/\text{dl}$ .

**Tabla 23.** Determinación de fuentes de contaminación cercana a las viviendas – Cono Norte en Población económicamente activa (PEA), Lima.

Punto de contaminación más cercana a la vivienda	n	%	$\bar{X}$ Pb $\mu\text{g}/\text{dl}$	D.E.	Min.	Max.
Fotocopiadora	5	17.9	5.41	5.16	3.3	25.7
Imprenta	2	7.1				
Pintado vehículos	1	3.6				
Soldadura	4	14.3				
Taller mecánica	15	53.6				
Venta pintura	1	3.6				
<b>Total</b>	28	100.0				

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

En el Cono Sur, las principales fuentes de contaminación reportada por los encuestados fueron los talleres de mecánica y pintado de vehículos con 28.6 % respectivamente, seguidos de la fotocopiadoras y recarga de baterías con 14.3 % cada una. Un 14.3 % no llegó a identificar fuente alguna de contaminación por plomo cercana a su vivienda, ver Tabla 24. El promedio de nivel de plomo en sangre para este Cono fue de 4.10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ .

**Tabla 24.** Determinación de fuentes de contaminación cercana a las viviendas – Cono Sur en Población económicamente activa (PEA), Lima.

<b>Punto de contaminación cercana a la vivienda</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b><math>\bar{x}</math> Pb <math>\mu\text{g/dl}</math></b>	<b>D.E.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
<b>Fotocopiadora</b>	1	14.3	4.10	1.08	3.3	6.1
<b>Pintado vehículos</b>	2	28.6				
<b>Recarga de baterías</b>	1	14.3				
<b>Taller mecánica</b>	2	28.6				
<b>Ninguno</b>	1	14.3				
<b>Total</b>	7	100.0				

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

En el Cono Este, las principales fuentes de contaminación reportada por los encuestados fueron los talleres de mecánica con 33.3 %, seguidos de talleres de soldadura con 16.7 %. Un 16.7 % no llegó a identificar fuente alguna de contaminación por plomo cercana a su vivienda, ver Tabla 25. El promedio de nivel de plomo en sangre para este Cono fue de 5.63  $\mu\text{g/dl}$ .

**Tabla 25.** Determinación de fuentes de contaminación cercana a las viviendas – Cono Este en Población económicamente activa (PEA), Lima.

<b>Punto de contaminación cercana a la vivienda</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b><math>\bar{x}</math> Pb <math>\mu\text{g/dl}</math></b>	<b>D.E.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
<b>Pintado vehículos</b>	1	8.3	5.63	6.49	3.3	26.1
<b>Recarga de baterías</b>	1	8.3				
<b>Soldadura</b>	2	16.7				
<b>Taller mecánica</b>	4	33.3				
<b>Venta de pintura</b>	1	8.3				
<b>Vidrios y cerámicos</b>	1	8.3				
<b>Ninguno</b>	2	16.7				
<b>Total</b>	12	100.0				

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

En la Lima Moderna, las principales fuentes de contaminación reportada fueron las fotocopiadoras con 33.3 %, en menor porcentaje las imprentas, talleres de mecánica, vidrios y cerámicos. Un 38.9 % no llegó a identificar fuente alguna de contaminación por plomo cercana a su vivienda, ver Tabla 26. El promedio de nivel de plomo en sangre para este Cono fue de 3.82  $\mu\text{g/dl}$ .

**Tabla 26.** Determinación de fuentes de contaminación cercana a las viviendas – Lima Moderna en Población económicamente activa (PEA), Lima.

<b>Punto de contaminación cercana a la vivienda</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b><math>\bar{x}</math> Pb <math>\mu\text{g/dl}</math></b>	<b>D.E.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
<b>Fotocopiadora</b>	6	33.3	3.82	0.89	3.3	6.3
<b>Imprenta</b>	2	11.1				
<b>Taller mecánica</b>	2	11.1				
<b>Vidrios y cerámicos</b>	1	5.6				
<b>Ninguno</b>	7	38.9				
<b>Total</b>	18	100.0				

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

En la Lima Antigua, las principales fuentes de contaminación reportada fueron las imprentas y talleres de mecánica con 30 % cada una, seguidas de fotocopiadoras y talleres de soldadura con 10 % cada una. Un 20 % no llegó a identificar fuente alguna de contaminación por plomo cercana a su vivienda, ver Tabla 27. El promedio de nivel de plomo en sangre para este Cono fue de 3.49  $\mu\text{g/dl}$ .

**Tabla 27.** Determinación de fuentes de contaminación cercana a las viviendas – Lima Antigua en Población económicamente activa (PEA), Lima.

<b>Punto de contaminación cercana a la vivienda</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b><math>\bar{x}</math> Pb <math>\mu\text{g/dl}</math></b>	<b>D.E.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
<b>Fotocopiadora</b>	1	10.0	3.49	0.40	3.3	4.3
<b>Imprenta</b>	3	30.0				
<b>Soldadura</b>	1	10.0				
<b>Taller mecánica</b>	3	30.0				
<b>Ninguno</b>	2	20.0				
<b>Total</b>	10	100.0				

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

En el Callao, las principales fuentes de contaminación reportada fueron los talleres de mecánica con un 37.5 %, seguidas de talleres de soldadura con un 18.8 %, fotocopiadoras y pintado de vehículos con 12.5%, vidrios y cerámicos con 6.3 %. Un 12.5 % no llegó a identificar fuente alguna de contaminación por plomo cercana a su vivienda, ver Tabla 28. El promedio de nivel de plomo en sangre para este Cono fue de 4.32  $\mu\text{g/dl}$ .

**Tabla 28.** Determinación de fuentes de contaminación cercana a las viviendas – Callao en Población económicamente activa (PEA), Lima.

Punto de contaminación cercana a la vivienda	n	%	$\bar{x}$ Pb $\mu\text{g/dl}$	D.E.	Min.	Max.
Fotocopiadora	2	12.5	4.32	1.50	3.3	8.7
Pintado vehículos	2	12.5				
Soldadura	3	18.8				
Taller mecánica	6	37.5				
Vidrios y cerámicos	1	6.3				
Ninguno	2	12.5				
<b>Total</b>	16	100.0				

D.E. = Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

### 3.6. Comparación de los niveles de plomo sanguíneo con la norma nacional y parámetros internacionales

Tomando en cuenta la Resolución Ministerial N° 511-2007/MINSA, del total de 91 muestras analizadas, 31 muestras de la zona de San Isidro correspondieron a adultos “no expuestos ocupacionalmente” y 60 muestras de las zonas de Puente Piedra y Chorrillos correspondieron a “adultos expuestos ocupacionalmente”.

Las 31 muestras analizadas procedentes de la zona de San Isidro, pertenecientes a personas que realizan labores de oficina y administrativos y potencialmente expuestos a contaminación por plomo, el 100% reportaron niveles de plomo en sangre inferior a 20  $\mu\text{g/dl}$  ( $\bar{x}$  = 3.95), obteniéndose como nivel máximo de plomo sanguíneo una muestra con 9.2  $\mu\text{g/dl}$ , estando considerado todo este grupo laboral como aceptable, al cumplir con los límites biológicos de la RM N° 511-2007/MINSA (Tabla 29).

De igual manera, las 30 muestras analizadas procedentes de la zona de Puente Piedra, pertenecientes a personas que realizan trabajos en planta de plaguicidas, fábrica de plásticos, cables, alambres, el 100% reportaron niveles de plomo en sangre inferior a 20  $\mu\text{g/dl}$  ( $\bar{x}$  = 3.98), obteniéndose como nivel máximo de plomo sanguíneo una muestra con 6.3  $\mu\text{g/dl}$ , estando considerado todo este grupo laboral como aceptable, al cumplir con los límites biológicos de la RM N° 511-2007/MINSA (ver Tabla 29). Finalmente, las 30 muestras analizadas procedentes de la zona de Chorrillos, pertenecientes a personas que laboran en vehículos dedicados al transporte urbano, el 100% reportaron niveles de plomo en sangre inferior a 20  $\mu\text{g/dl}$  ( $\bar{x}$  = 5.94), obteniéndose como nivel máximo de plomo sanguíneo una muestra con 26.1  $\mu\text{g/dl}$ , estando considerado todo este grupo laboral como aceptable, al cumplir con los límites biológicos de la RM N° 511-2007/MINSA (Tabla 29).

**Tabla 29.** Niveles de plomo en población económicamente activa (PEA), comparada según normativa MINSA, correspondiente a tres zonas de Lima.

Zona	n	Tipo de exposición laboral	Limite Norma MINSA (Pb $\mu\text{g}/\text{dl}$ )	Resultado $\bar{x}$ Pb $\mu\text{g}/\text{dl}$	Nivel máx. $\mu\text{g}/\text{dl}$
San Isidro	31	No expuesto ocupacionalmente	Hasta 20	3.95	9.2
Puente Piedra	30	Expuesto ocupacionalmente	Hasta 40	3.98	6.3
Chorrillos	30	Expuesto ocupacionalmente	Hasta 40	5.94	26.1
<b>Total</b>	<b>91</b>				

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al parámetro OMS, para población laboralmente expuesta, sin considerar a mujeres en edad fértil, el 100 % reportaron niveles de plomo en sangre menores a 40  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , de los cuales 96.5 % correspondieron al sexo masculino ( $\bar{x} = 5.02$ ) y un 3.5 % al sexo femenino ( $\bar{x} = 4.80$ ), los mismos que se consideran aceptable (Tabla 30).

**Tabla 30.** Niveles de plomo en población “Expuesta ocupacionalmente” según criterio OMS, zonas Puente Piedra y Chorrillos en Población económicamente activa (PEA), Lima.

PbS $\mu\text{g}/\text{dl}$	Masculino (20-63 años)	Femenino (> 44 años)	Total Casos	%
hasta 40	55	2	57	100
$\bar{x}$ Pb $\mu\text{g}/\text{dl}$	5.02	4.80		
> 40	0	0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al parámetro OMS, para mujeres en edad fértil (MEF) y que están dentro población laboralmente expuesta, el 100% reportaron nivel de plomo en sangre menores a 30  $\mu\text{g}/\text{dl}$  ( $\bar{x} = 4.80$ ), el cual es considerado como aceptable (Tabla 31).

**Tabla 31.** Niveles de plomo en MEF “Expuesta ocupacionalmente” según criterio OMS, zonas Puente Piedra y Chorrillos en Población económicamente activa (PEA), Lima.

Sexo	PbS $\mu\text{g}/\text{dl}$	N° Casos	%	$\bar{x}$ Pb $\mu\text{g}/\text{dl}$
Femenino (15-44 años)	hasta 30	3	100	4.03
	> 30	0	0.0	

MEF: mujeres en edad fértil. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al parámetro CDC, para Población Económicamente Activa, 89 personas (97.8 %) reportaron niveles de plomo en sangre menores a 25  $\mu\text{g/dl}$  ( $\bar{x} = 4.14$ ), los cuales se consideran como aceptable, en tanto que dos personas (2.2 %) reportaron niveles superiores a 25  $\mu\text{g/dl}$  ( $\bar{x} = 25.9$ ), lo que se considera como no aceptable. (Tabla 32).

**Tabla 32.** Determinación de los niveles de plomo según parámetro CDC en Población Económicamente Activa (PEA).

<b>PbS <math>\mu\text{g/dl}</math></b>	<b>N° Casos</b>	<b>%</b>	<b><math>\bar{x}</math> Pb <math>\mu\text{g/dl}</math></b>	<b>D.E</b>
<b>hasta 25</b>	89	97.8	4.14	2.05
<b>&gt; 25</b>	2	2.2	25.9	0.28

Fuente: Elaboración propia.

## **Capítulo 4**

### **Propuesta de adecuación de la gestión de residuos del plomo a la normativa legal vigente**

El derecho a la salud comprende obligaciones inmediatas como son: el adoptar medidas para su plena realización y garantizar su ejercicio sin discriminación alguna. Si bien se admite que su realización sea progresiva, ello implica que se observen plazos razonables y, acciones concretas y constantes del Estado para su realización. Esto último adquiere mayor relevancia en un caso de contaminación ambiental, en el que se manifiesta la inescindible relación que existe entre el derecho a un ambiente adecuado y equilibrado, y el derecho a la salud ya que el primero se configura como un factor determinante del segundo. Por lo que, esta progresividad abre paso a acciones inmediatas que debe adoptar el Estado frente a un caso de emergencia ambiental (Huayhua, 2013).

De acuerdo a los artículos 2 numeral 22, 7 y 58 de la Constitución Política del Perú, toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, a la protección de su salud. El artículo I del Título Preliminar de la Ley General del Ambiente - Ley N° 28611, señala que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida; y, el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país. Que, el artículo 104 de la Ley General de Salud - Ley N° 26842, prevé que toda persona natural o jurídica está impedida de efectuar descargas de desechos o contaminantes en el agua, el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente.

Los efectos que ocasiona la contaminación ambiental por plomo tanto a los componentes del ambiente como a la salud de los pobladores de las zonas adyacentes a las fuentes de plomo (depósitos de concentrados de minerales, fundiciones de baterías, etc.), requieren para su atención no solo de suficientes recursos económicos por el Estado sino también de su eficiente fiscalización y aplicación del principio de autoridad.

La gestión ambiental es un proceso permanente y continuo, constituido por el conjunto estructurado de principios, normas técnicas, procesos y actividades, orientado a administrar

los intereses, expectativas y recursos relacionados con los objetivos de la política ambiental y alcanzar así, una mejor calidad de vida y el desarrollo integral de la población, el desarrollo de las actividades económicas y la conservación del patrimonio ambiental y natural del país (Ley N° 28611).

La Política Nacional del Ambiente se sustenta en los principios contenidos en la Ley General del Ambiente y adicionalmente en los siguientes principios:

**Transectorialidad.** El carácter transectorial de la gestión ambiental implica que la actuación de las autoridades públicas con competencias ambientales debe ser coordinada y articulada a nivel nacional, sectorial, regional y local, con el objetivo de asegurar el desarrollo de acciones integradas, armónicas y sinérgicas para optimizar sus resultados.

**Análisis costo – beneficio.** Las acciones públicas deben considerar el análisis entre los recursos a invertir y los retornos sociales, ambientales y económicos esperados.

**Competitividad.** Las acciones públicas en materia ambiental deben contribuir a mejorar la competitividad del país en el marco del desarrollo socioeconómico y la protección del interés público.

**Gestión por resultados.** Las acciones públicas deben orientarse a una gestión por resultados e incluir mecanismos de incentivo y sanción para asegurar el adecuado cumplimiento de los resultados esperados.

**Seguridad jurídica.** Las acciones públicas deben sustentarse en normas y criterios claros, coherentes y consistentes en el tiempo, a fin de asegurar la predictibilidad, confianza y gradualismo de la gestión pública en materia ambiental.

**Mejora continua.** La sostenibilidad ambiental es un objetivo de largo plazo que debe alcanzarse a través de esfuerzos progresivos, dinámicos y permanentes, que generen mejoras incrementales.

**Cooperación público-privada.** Debe propiciarse la conjunción de esfuerzos entre las acciones públicas y las del sector privado, incluyendo a la sociedad civil, a fin de consolidar objetivos comunes y compartir responsabilidades en la gestión ambiental.

#### 4.1. Marco legal

- ▲ D.S. 002-2013-MINAM - Aprueban Estándares de calidad Ambiental para Suelo.
- ▲ Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, que aprueba la Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales y Marinocosteros.
- ▲ Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM (2009). Reglamento de la Ley N° 27447 del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.
- ▲ Decreto Legislativo N° 1048, (2008), que Precisa la Regulación Minera Ambiental de los Depósitos de Almacenamiento de Concentrado de Minerales, entre ellos el Concentrado de Plomo, señalándose que las mismas son una actividad del sector minero y OSINERGMIN es la autoridad competente para supervisar, fiscalizar y sancionar.

- ▲ D.S. N° 002-2008-MINAM - Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
- ▲ D.S. 003-2008-MINAM - Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Aire.
- ▲ Decreto Supremo N° 021-2008-MTC, que aprueba el Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, en donde se incluye al Concentrado de Minerales como residuo peligroso, entre ellos el Concentrado de Plomo.
- ▲ Decreto Supremo N° 015- 2008 - MTC, que aprueba los Lineamientos Técnicos para el uso de Fajas Transportadoras Herméticas para el desembarque y embarque de Gránulos Sólidos de manera que el proceso en su conjunto no genere daños ambientales.
- ▲ Resolución Ministerial N° 511-2007/MINSA, que aprueba la Guía Técnica: “Guía de Práctica Clínica para el Manejo de Pacientes con Intoxicación por plomo”.
- ▲ Resolución Ministerial N° 535-2005/MINSA, que aprueba el Plan Nacional de Participación Social y Compromiso Multisectorial para Fortalecer la Gestión Ambiental y reducir la Morbi-Mortalidad relacionada a la Contaminación por Plomo y Otros Metales Pesados.
- ▲ Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 (2005).
- ▲ Ley que Establece la Obligación de Elaborar y Presentar Planes de Contingencia, Ley N° 28551 (2005).
- ▲ Ley que Regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, Ley N° 28256 (2004).
- ▲ Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, D.S. N° 057-2004/PCM (2004).
- ▲ Norma Técnica N° 008-MINSA/DGSP-V.01, "Manejo de Residuos Sólidos Hospitalarios" aprobado por R.M. N° 217-2004/MINSA.
- ▲ Resolución Directoral N° 009-2001-EM/DGAA, que Aprueba la publicación de la Guía de Fiscalización Ambiental y Guía de Manejo y Transporte de Concentrado de Minerales. En donde menciona las practicas limpias, en el transporte terrestre, almacenamiento en depósitos del litoral, operaciones en puertos y estudios ambientales.
- ▲ D.S. 074-2001-PCM — Reglamento de Estándares Nacionales para la Calidad del Aire.
- ▲ Ley N° 27446. Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (2001).
- ▲ Ley General de Residuos Sólidos, Ley N° 27314 (2000).
- ▲ Ley General de Salud, Ley N° 26842 (1997).

### **Normas Regionales de la Provincia Constitucional del Callao sobre el plomo:**

- ▲ Acuerdo Regional N° 0016-2003-Región Callao-CR, Declarando Emergencia Ambiental por Contaminación e Intoxicación por plomo a diversos Asentamientos Humanos, urbanizaciones y zonas aledañas de la Provincia Constitucional del Callao.
- ▲ Decreto de Alcaldía N° 021-2001-MPC, donde se establecen vías autorizadas para la circulación de las unidades de transporte pesado de carga de concentrados de minerales en la Provincia Constitucional del Callao.
- ▲ Vías autorizadas para el traslado de concentrado de mineral desde los diversos puntos del país, hacia los depósitos ubicados en la Provincia Constitucional del Callao: Carretera Ventanilla, Av. Néstor Gambetta y Av. Morales Duárez.

- ▲ Vías Autorizadas para el traslado de concentrado de mineral desde los depósitos ubicados en la jurisdicción del Callao hasta el terminal portuario: Av. Rímac, calle Juan Millar, calle Guillermo Ronald, Calle Manuel Arispe, Av. Néstor Gambetta, Av. Huáscar, Av. Atalaya, Av. Contralmirante Mora, Av. Guadalupe y Av. Mariátegui.
- ▲ Resolución Directoral N° 126-2001 SA-DS/Callao, que declara Estado de Emergencia Sanitaria de la Zona del Cercado del Distrito del Callao, en donde se conforma la Comisión Técnica presidida por la Dirección de la oficina de Epidemiología de la DISA I Callao el 31 de Agosto del 2001, encargándose de elaborar el Plan de contingencia del Plomo.
- ▲ Decreto de Alcaldía N° 00016-2001, Establecen disposiciones relativas al almacenamiento, manipulación y transporte de concentrado de mineral de plomo en el Callao, el mismo que en su Art.1 prohíbe el almacenaje y manipuleo del concentrado de mineral de plomo en los depósitos ubicados en la jurisdicción de la Provincia Constitucional del Callao. exceptuándose de lo dispuesto a aquellos depósitos autorizados que cuenten con un sistema de encapsulado, hermético e impermeable, para realizar, entre otros, las operaciones de almacenamiento y control de la humedad, debiendo los vehículos que trasladan los concentrados ingresar a la zona encapsulada para efectuar la carga, descarga y toldado de sus unidades.
- ▲ Decreto de Alcaldía No 000010-MPC (2000), Directiva que aprueba ampliar las medidas de mitigación de contaminación ambiental que deben observar empresas que efectúen traslado de minerales, la misma que deberá de ser observada por ENAFER S.A., ENAPU, CENTROMIN (los vagones del ferrocarril también deben de tomar las medidas de protección dispuestas para los camiones).
- ▲ Decreto de Alcaldía N° 000025-MPC (1999), Directiva Sobre Medidas de Mitigación de Contaminación Ambiental que regula a los depósitos de Concentrados de Minerales y el Terminal Marítimo de ENAPU en la Provincia Constitucional del Callao. Dentro de las medidas de mitigación están: El almacén de las rumas de minerales, pavimentación, control de la humedad de las rumas, enmallado perimetral, uso del sistema de barrido mecanizado, los volquetes que ingresen y salgan de los depósitos deben de estar cubiertos por lonas de polipropileno precintado, que cubran completamente el mineral, para evitar que el material particulado se esparza, instalación de mangueras con agua a presión para lavar las llantas de los volquetes, no permitir que las plumas y palas de los volquetes y cargadores frontales salgan fuera de los depósitos si no están completamente limpios, establecer programa de atención a camiones y forestar los alrededores de los depósitos.

La Política Nacional del Ambiente es de cumplimiento obligatorio en los niveles del gobierno central, regional y local y de carácter orientador para el sector privado y la sociedad civil. Se estructura en base a cuatro ejes temáticos esenciales de la gestión ambiental, respecto de los cuales se establecen lineamientos de política orientados a alcanzar el desarrollo sostenible del país.

El Perú, como lineamientos de política para las diferentes actividades económicas, respecto a contaminante ambientales en sus fuentes o como residuos, promueve:

Mejorar los estándares ambientales y sociales de las actividades minero – energéticas, con códigos y normas de conductas concertadas y transparentes, y verificar su cumplimiento.

Impulsar la formalización de la minería informal como medio para mejorar su gestión ambiental y facilitar su control efectivo.

Promover la responsabilidad social empresarial de las actividades minero – energéticas, con el fin de mejorar sus relaciones con las comunidades locales y reducir los conflictos socio ambientales.

Fomentar el uso de tecnologías limpias en la actividad minero – energética para minimizar los riesgos e impactos ambientales.

Asegurar los procesos de consulta pública, de manera oportuna y transparente, antes del otorgamiento de derechos para la exploración y explotación.

Control integral de la contaminación mediante mecanismos e instrumentos para el control de la contaminación, bajo criterios intersectoriales, de simplificación administrativa y mejora continua.

Contar con parámetros de contaminación para el control y mantenimiento de la calidad de agua, aire y suelo, considerando el aporte de las fuentes fijas y móviles.

Establecer indicadores, parámetros y procedimientos para evaluar la eficacia de los instrumentos de control de la calidad ambiental e introducir las correcciones necesarias.

Fortalecer la gestión de los gobiernos regionales y locales en materia de residuos sólidos de ámbito municipal, priorizando su aprovechamiento.

Establecer y/o fortalecer mecanismos de autorización, vigilancia y control en el ciclo de vida de las sustancias químicas y materiales peligrosos, y contar con información sistematizada y actualizada sobre las actividades que se realizan con ellas.

Gestionar los riesgos para la salud y el ambiente del uso de sustancias químicas y materiales peligrosos, especialmente entre las personas potencialmente expuestas.

Fomentar la participación activa y pluricultural de la población en la gestión ambiental, y en particular, la intervención directa de grupos minoritarios o vulnerables, sin discriminación alguna.

De acuerdo a la Ley General del Ambiente, los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) son instrumentos de gestión que contienen una descripción de la actividad propuesta y de los efectos directos o indirectos previsibles de una actividad en el medio ambiente físico y social, a corto y largo plazo, así como la evaluación técnica de los mismos. Deben indicar las medidas necesarias para evitar o reducir el daño a niveles tolerables.

Las principales fuentes de plomo en Lima metropolitana lo constituyen las actividades de fundiciones de plomo, transporte de minerales y la propuesta va dirigida a esas actividades. Las entidades estatales que tienen que ver con fiscalizar y preservar la salud pública de la población son el Ministerio de Salud, DIGESA, Ministerio de Medio Ambiente, OEFA, OSINERGMIN, Ministerio de Energía y Minas, Gobiernos Locales y Regionales y todas aquellas que fácula la Ley.

## **4.2. Gestión ambiental del plomo por sector económico**

### **4.2.1 Empresas comercializadoras de minerales de plomo**

El almacenamiento de minerales en depósitos adyacentes a puertos o centros poblados, es una actividad que se ha venido realizando desde hace varias décadas, desde diez años atrás se procura que esta actividad se desarrolle sin generar impactos en el ambiente. El transporte por carreteras o ferrocarril desde los centros de producción hacia los puertos o lugares de recepción de concentrados de minerales de plomo puede constituirse en un riesgo importante para la salud de las personas y el medio ambiente, el transporte en contenedores abiertos, recubiertos con lona u otro elemento, ha demostrado no ser suficientemente adecuado ni seguro como método para controlar las emisiones al aire, al suelo y al agua.

### **4.2.2 Empresas fabricantes de baterías de plomo como acumuladores automotrices**

Un acumulador ácido-plomo consiste de un número de celdas en un contenedor, las cuales contienen placas o electrodos positivos ( $PbO_2$ ) o negativos (Pb), separados para almacenar el “apartado de placas”, y electrolito de ácido sulfúrico.

### **4.2.3 Empresas fundidoras para reciclar plomo a partir de baterías y otros metales**

Las plantas de fundición procesan cantidades importantes de baterías usadas y obtienen exclusivamente lingotes de plomo como producto final. Otros talleres se dedican a la reconstrucción de baterías y cuentan con una estufa de gas GLP, como fuente de calor para la fundición del plomo, así como un crisol y moldes fabricados por ellos mismos haciendo esta actividad en forma artesanal. Para coleccionar las baterías usadas las empresas recicladoras, van a los servicentros, talleres reconstructores pequeños y depósitos de chatarras.

### **4.2.4 Empresas fabricantes de pinturas, plásticos y alambres con plomo**

Utilizado como pigmento para la fabricación de pinturas anticorrosivas, destacando el amarillo de cromo y sulfato de plomo.

### **4.2.5 Empresas fabricantes de plaguicidas en base a plomo**

En la formulación de insecticidas para la protección de cultivos en base a arseniato de plomo.

### **4.2.6 Empresas fabricantes de bronce**

Para la elaboración de lingotes de bronce, en este proceso se utilizan como materia prima lingotes de plomo y chatarra.

#### **4.2.7 Empresas fabricantes de productos para ferreterías y tiendas de metales**

Este tipo de empresas generan productos como soldaduras, alambres, polvos y diferentes aleaciones de estaño, antimonio y plomo, conocidas comercialmente como babbitt.

#### **4.2.8 Empresas fabricantes de piezas para motores**

Este tipo de industrias tienen mayor variación en sus procesos debido a la cantidad de productos que elaboran, entre los que se encuentran cojinetes, bujes y arandelas. Estas piezas son empacadas posteriormente en cajas encapsuladas y aceitadas. La materia prima que se utiliza son babbitt (base plomo) y plomo en lingotes. La industria generalmente cuenta con su horno de fundición. Como parte de la composición de un motor, las arandelas, cojinetes y bujes tienen una gran demanda tanto en empresas nacionales como internacionales y su producción está supeditada a la situación del mercado automotriz.

### **4.3. Medidas de gestión ambiental para reducción de riesgos a la salud pública**

#### **4.3.1 Almacenamiento y transporte**

- ▲ Implementar pavimentos y muros de concreto.
- ▲ Almacenar las rumas separadas por tipo de concentrados, por su procedencia y tipo.
- ▲ Controlar la humedad de la ruma de concentrados con coberturas de polipropileno.
- ▲ Proteger contra los efectos del viento a través de enmallado perimetral.
- ▲ Usar un sistema de barrido mecanizado para mantener limpios los pisos de los depósitos.
- ▲ Exigir a los vehículos que usen cubiertas de polipropileno precintadas.
- ▲ Establecer un programa para evitar la congestión y tránsito.
- ▲ Forestar alrededor de los depósitos.
- ▲ Los depósitos de minerales deben contar con un sistema de encapsulado hermético e impermeable.
- ▲ Los vehículos deben ingresar a la zona de encapsulado para efectuar la carga, descarga y toldado de sus unidades.
- ▲ El personal del área de carga y descarga debe de contar con la indumentaria y equipos de seguridad, necesarios para su protección.
- ▲ Desde los almacenes hacia los puertos para su embarque, se deben emplear fajas transportadoras de concentrado de minerales, para mitigar la contaminación ambiental derivada del transporte de concentrados. Esta iniciativa busca la erradicación de contaminación ambiental producida por la falta de infraestructura, equipos, tecnología y el manejo inadecuado en el transporte, almacenaje, manipulación, embarque y desembarque de concentrados de minerales y sustancias químicas en los terminales portuarios del país.

#### **4.3.2 Controles y prácticas laborales**

Al evaluar los controles existentes en un lugar de trabajo, se debe considerar: La peligrosidad de la sustancia. La cantidad de sustancia emitida en el lugar de trabajo. La posibilidad de que haya contacto perjudicial para la piel u ojos.

### 4.3.3 Equipo de protección individual (EPI)

- ▲ Donde exista un potencial de exposición, se debe usar un respirador purificador de aire forzado de media máscara equipado con filtros de alta eficiencia o un respirador de media máscara con suministro de aire, operado en una modalidad de presión positiva
- ▲ Evitar el contacto de la piel con el plomo. Use guantes y ropa de protección.
- ▲ Toda la ropa de protección (trajes, guantes, calzado, protección para la cabeza) debe estar limpia, disponible todos los días y debe ponerse antes de comenzar a trabajar.

### 4.3.4 Instalaciones de vestidores y comedor

Se recomienda que el área en la cual los trabajadores dejan su ropa y accesorios personales, se encuentre independiente del área de trabajo. De igual manera, deben existir controles adecuados para el horario de comida.

### 4.3.5 Primeros auxilios

Cuando los empleados o personas tienen contacto con el plomo, considere las siguientes recomendaciones:

- ▲ Contacto con los ojos: Enjuague inmediatamente los ojos con grandes cantidades de agua por un mínimo de 15 minutos, levantando ocasionalmente los párpados superiores e inferiores.
- ▲ Contacto con la piel: Quítese la ropa contaminada. Lávese la piel contaminada con jabón y agua.
- ▲ Respiración: Retire a la persona del lugar de la exposición. Proporcione respiración artificial si la respiración se ha detenido, y la reanimación cardiopulmonar si la acción del corazón se ha detenido. Traslade sin demora a la víctima a un centro de atención médica.

### 4.3.6 Manejo de polvos

- ▲ Para el almacenamiento de materia prima o producto con posibilidad de liberar polvo, se deberán utilizar espacios cerrados bajo presión negativa para prevenir la contaminación de áreas de trabajo adyacentes.
- ▲ Si se requiere usar montacargas u otros vehículos para el transporte de materias primas o residuos que contengan polvo con plomo, es recomendable que la cabina del mismo sea cerrada y que el operador permanezca dentro de la misma, con los vidrios cerrados mientras realiza las actividades de transportación.
- ▲ Mantener el suelo de las instalaciones en buenas condiciones, así como las vías de acceso de vehículos pavimentadas para facilitar su limpieza.
- ▲ Nunca utilizar barrido en seco de los polvos. Utilizar un sistema de humidificación antes de su barrido, o bien un sistema de vacío.
- ▲ Mantener las áreas de almacenamiento de materia prima o de polvos, bajo condiciones de humedad para evitar su dispersión.

- ▲ Reducir el tráfico de vehículos en áreas de almacenamiento o con alto contenido de polvos.
- ▲ Lavar los vehículos y equipos de transportación si estos salen de las áreas en las cuales se realiza el trabajo, para evitar la dispersión de los polvos al exterior de ellas.
- ▲ Cuando se requiera descargar material, utilizar un ducto cerrado flexible, el cual deberá ascender conforme la pila de material se incrementa.

#### 4.3.7 Señalización

Los carteles de seguridad alertan a la gente sobre las prácticas inseguras o el manejo de actividades riesgosas, que en nuestro caso son aquellas que tienen relación con el Plomo y sus compuestos. La ubicación de los carteles debe ser seleccionada cuidadosamente. Deben colocarse en lugares visibles y no deben obstruir o dificultar el tráfico. Deben colgarse a la altura de la vista, aproximadamente 1.60 m del suelo, en lugares bien iluminados (de ser posible, con iluminación propia). Nunca debe usarse una luz intermitente en una zona de producción.

#### 4.3.8 Monitoreo ambiental

Las empresas que comercializan minerales con plomo, deben asumir el compromiso de vigilar y evaluar en sus depósitos de concentrados de minerales la calidad ambiental de su entorno a través de la ejecución de programas de monitoreo. Este programa debe incluir los componentes de calidad de aire, suelo y agua, entre otros. Asimismo, para cumplir este compromiso se debe establecer una Red de Monitoreo Ambiental que evalúe mensualmente la calidad de aire y de manera semestral los otros componentes.

La Dirección Regional de Salud del Callao cuenta con una estación de monitoreo ubicada en el Jr. Colina N° 879, en el distrito de Bellavista- Callao. Desde el año 2001 viene realizando el monitoreo de contaminantes atmosféricos. Por otro lado, también se vienen realizando monitoreos de material particulado y metales en zonas puntuales del Callao para identificar zonas de riesgo. Esta mismo monitoreo ambiental debe seguir la DIGESA en los diferentes conos de la ciudad donde se identifican zonas de riesgo a plomo.

Cumplir con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de plomo para suelo, aire y agua. ECA suelo: 70 mg/kg de materia seca para suelos agrícolas, 140 mg/kg para suelo residencial/parques y de 1200 mg/kg para suelo comercial/industrial/ extractivos. ECA agua: 0.05 mg/L. ECA aire: mensual es de 1.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , anual de 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 4.3.9 Medidas sanitarias

**Vigilancia epidemiológica de plomo en sangre:** Para evidenciar el riesgo de existencia de grupos con riesgo de intoxicación por plomo, pertenecientes a población cerca de las fuentes de generación de plomo, cumpliendo con los estándares nacionales e internacionales. Considerar bioindicadores de medición de plomo en sangre y protoporfirina de zinc (prueba para determinar los efectos del plomo sobre los glóbulos rojos).

La vigilancia epidemiológica, también comprende tres componentes: Componente clínico: se precisa que como tratamiento con suplemento de calcio durante cuatro meses a población con nivel de intoxicación por plomo. Componente nutricional: Sobre todo evaluar desarrollo de la talla y peso en niños y escolares. Componente psicológico: Permite evidenciar los problemas de los niños (alumnos) con problemas de aprendizaje, mediante terapias individuales y grupales a niños.

**Promoción de hábitos saludables:** a cargo de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), con la finalidad de diseñar un programa de cambios de comportamientos para mejorar la higiene de las madres de familias y así, contribuir a la disminución de los niveles de plomo en sangre, principalmente de los niños menores de cinco años. Promover la participación de **promotoras de salud** a través de visitas mensuales a los responsables del cuidado de los menores.

## Conclusiones

De los resultados del estudio sobre determinación de niveles de plomo sanguíneo en población económicamente activa (PEA) de la ciudad de Lima, mediante el método de voltamperometría de redisolución anódica (ASV) en tres zonas, que se dedican a diferentes actividades laborales y contrastados en función del sexo, edad, hábito de fumar, tipo de ocupación laboral, fuentes potenciales y su relación con las normas nacionales y parámetros internacionales podemos concluir que:

1. En cuanto al sexo, del total de 91 muestras analizadas, los niveles promedio de plomo en sangre fueron mayor en el sexo masculino (4.79  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) respecto al sexo femenino (4.13  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ), con niveles máximo de 26.1  $\mu\text{g}/\text{dl}$  y de 9.2  $\mu\text{g}/\text{dl}$  para el sexo masculino y femenino respectivamente. Del comparativo entre las tres zonas, los niveles promedio de plomo sanguíneo en las zonas de San Isidro y Puente Piedra fueron mayores en el sexo femenino (4.07  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ; 4.30  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) respecto al masculino (3.80  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ; 3.94  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ), situación opuesta que se dio para la zona de Chorrillos, donde los niveles de plomo fueron mayores en el sexo masculino (6.10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) respecto al femenino (4.40  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ). En términos generales en la zona de Chorrillos se obtuvo el mayor nivel promedio de plomo sanguíneo (5.94  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) así como mayor variabilidad (D.E. = 6.25) respecto a las zonas de San Isidro y Puente Piedra.
2. Según la edad, del total de muestras analizadas, el mayor nivel promedio de plomo en sangre fue en el grupo de 56-68 años (7.92  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) respecto a los otros grupos etarios. Del comparativo entre las tres zonas, en la zona de San Isidro, el grupo entre 21 – 31 años reportaron mayores niveles de plomo sanguíneo (4.35  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) respecto a los otros grupos etarios, con un nivel máximo fue de 9.2  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ; en la zona de Puente Piedra correspondió a los grupos etarios de 32-43 años y 56-68 años con 4.15  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , con un nivel máximo de 6.0  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ; para la zona de Chorrillos el mayor nivel promedio de plomo sanguíneo correspondió al grupo de 56-68 años con 11.03  $\mu\text{g}/\text{dl}$  con un nivel máximo de 25.7  $\mu\text{g}/\text{dl}$ . En general, el grupo etario de 56-68 años presento los niveles de mayor variabilidad de plomo sanguíneo (D.E. = 7.55) y el de menor variabilidad el grupo de 44-55 años (D.E. = 1.13).

3. Según la ausencia o hábito de fumar, los niveles promedio de plomo sanguíneo del total de muestras, fue mayor en fumadores (5.74  $\mu\text{g/dl}$ ) respecto a los no fumadores (4.27  $\mu\text{g/dl}$ ); un 16.1 % de toda la población de estudio tiene hábitos de fumar y un 83.9 % no tiene hábitos de fumar. Del comparativo, en la zona de San Isidro el promedio de plomo en los no fumadores (4.08  $\mu\text{g/dl}$ ) fue mayor a los fumadores (3.3  $\mu\text{g/dl}$ ); en tanto que en las zonas de Puente Piedra y Chorrillos los niveles de plomo en fumadores (4.02  $\mu\text{g/dl}$  y 10.87  $\mu\text{g/dl}$  respectivamente) fueron mayores a los no fumadores (3.95  $\mu\text{g/dl}$  y 4.5  $\mu\text{g/dl}$  respectivamente).

Se evidencio un mayor nivel de plomo sanguíneo en fumadores leves (26.1  $\mu\text{g/dl}$ ) respecto a fumadores moderados (20  $\mu\text{g/dl}$ ) y fumadores severos (5.4  $\mu\text{g/dl}$ ), de igual manera el grupo etario de 56-68 años reportó un promedio mayor de nivel de plomo en sangre (9.83  $\mu\text{g/dl}$ ) respecto a los demás grupos etarios. Los fumadores con hábitos de 1-10 años reportaron los mayores niveles promedio de plomo sanguíneo (6.31  $\mu\text{g/dl}$ ) respecto a los otros grupos. Por lo tanto no se puede evidenciar una relación proporcional entre el tiempo de hábito de fumar, edad del fumador y mayores niveles de plomo sanguíneo.

4. Según el tipo de actividad laboral, los mayores niveles de plomo sanguíneo correspondieron a las actividades de transporte urbano (5.94  $\mu\text{g/dl}$ ), seguidos por las actividades en fábrica de plástico (4.57  $\mu\text{g/dl}$ ), fábricas de cables y alambres (4.03  $\mu\text{g/dl}$ ), actividades de oficina (3.95  $\mu\text{g/dl}$ ) y planta de plaguicidas (3.90  $\mu\text{g/dl}$ ) respectivamente. Los máximos niveles de plomo correspondieron a trabajadores de transporte urbano con 26.1  $\mu\text{g/dl}$  y oficinistas con 9.2  $\mu\text{g/dl}$ .

La población masculina y femenina en labores de transporte urbano presentaron los mayores niveles promedio de plomo sanguíneo (6.07  $\mu\text{g/dl}$  y 4.40  $\mu\text{g/dl}$ ) respecto a las otras actividades, en tanto que los oficinistas de ambos sexos reportaron los menores niveles promedio de plomo sanguíneo (3.80  $\mu\text{g/dl}$  y 3.89  $\mu\text{g/dl}$ ).

5. Según las fuentes potenciales de plomo cercanas a lugar de residencia, las dos mayores fuentes potenciales fueron los talleres de mecánica (35.2 %) y fotocopiadores (16.5%). Las personas que viven cercanos a servicios de recarga de baterías tuvieron los mayores niveles de plomo en sangre, con un nivel promedio de 14.75  $\mu\text{g/dl}$ , seguidos de venta de pinturas (6.25  $\mu\text{g/dl}$ ), talleres de mecánica (5.30  $\mu\text{g/dl}$ ), vidrios y cerámicos (4.27  $\mu\text{g/dl}$ ). Los tres niveles más altos de plomo en sangre se dieron en personas que viven cerca de servicios de recarga de baterías (26.1  $\mu\text{g/dl}$ ), taller de mecánica (25.7  $\mu\text{g/dl}$ ) y venta de pinturas con 9.2  $\mu\text{g/dl}$ .

Las personas procedente de viviendas ubicadas en el Cono Este presentaron los mayores promedios de plomo sanguíneo con 5.63  $\mu\text{g/dl}$ , seguida del Cono Norte (5.41  $\mu\text{g/dl}$ ), el Callao (4.32  $\mu\text{g/dl}$ ), Cono Sur (4.10  $\mu\text{g/dl}$ ), Lima Moderna (3.82  $\mu\text{g/dl}$ ) y Lima Antigua (3.49  $\mu\text{g/dl}$ ) respectivamente.

6. Según la comparación de los niveles de plomo sanguíneo obtenidos con lo dispuesto por la norma MINSAs-2007, el 100 % de población “No expuesta ocupacionalmente” correspondiente a la zona de San Isidro presentaron niveles de plomo sanguíneo inferior a 20  $\mu\text{g/dl}$  ( $\bar{x}$  = 3.95), considerada por lo tanto como aceptable. El 100% de

población “Expuesta ocupacionalmente” de la zona de Puente Piedra y Chorrillos presentaron niveles de plomo sanguíneo inferior a 40  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , los mismos que se consideran como aceptables.

Según al criterio OMS, el 100 % de la población laboralmente expuesta, reportaron niveles de plomo en sangre menor a 40  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , las que se consideran como aceptables. Del mismo modo el 100 % de la población femenina laboralmente expuesta y considerada como mujeres en edad fértil (MEF) presentaron niveles de plomo sanguíneo menores a 30  $\mu\text{g}/\text{dl}$  ( $\bar{x} = 4.80$ ), considerada también como aceptable. Según al criterio del CDC, el 97.8 % de la población laboralmente expuesta, reportaron niveles de plomo en sangre menores a 25  $\mu\text{g}/\text{dl}$  ( $\bar{x} = 4.14 \mu\text{g}/\text{dl}$ ), considerándose estos resultados como aceptables, en tanto que el 2.2 % reportaron niveles superiores a 25  $\mu\text{g}/\text{dl}$  ( $\bar{x} = 25.9$ ), los que se consideran mayores al límite biológico aceptable de plomo en sangre.

Los resultados obtenidos en el presente estudio sobre el análisis de plomo en sangre en un universo de 91 muestras, correspondiente a tres zonas de la ciudad de Lima en población económicamente activa (PEA), demuestra la alta prevalencia del plomo en las personas, que a pesar de tener niveles relativamente aceptables de acuerdo a los parámetros de límites biológicos, estos niveles de plomo pueden producir efectos nocivos en la salud de las personas, por lo que debemos seguir fomentando investigaciones sobre la presencia de este metal en ciudades y/o localidades donde viven poblaciones expuestas, sobre todo niños que vienen a ser más sensibles y vulnerables y de esta manera crear conciencia en la colectividad, entidades públicas y privadas, empresarios, autoridades para abordar un problema que está asociado con la salud pública y que hoy en día falta ser abordada como una política de salud.



## Bibliografía

1. 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.
2. Amanqui, R.M.E., y Aguilar, A.J.L. (2011). Estudio técnico – económico de prefactibilidad de un proceso de transformación para el incremento de octanaje de gasolinas en refinerías de la selva del Perú.
3. Arrate, P.M., Nieves, R.S.H., AND Amaia, M.C. (1999). PLOMO. Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales).
4. Arrieta, M.L. Análisis de la PEA de la provincia de Arequipa. (2004). Centro de investigaciones de la facultad de economía de la U.N.S.A.
5. Bellinger, D. C. (2005) .Teratogen Update: Lead and Pregnancy. *Clinical and Molecular Teratology* 73,409 – 420.
6. Cabrera, C.C., Maldonado, D.M., Arévalo, G.W., Pacheco, A.R., Giraldo, V.A., y Loayza. (2002). Relaciones entre calidad ambiental y calidad de vida en Lima Metropolitana.
7. Castillo, A.Y.G. (2010). Evaluación química toxicológica de plomo en suelo de Lima Metropolitana. Tesis profesional Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
8. Castro, P.C. Sobrado, S.F. (2010). Detección y cuantificación de plomo en muestras de sangre venosa de escolares de 12 a 17 años de la urbanización La Primavera del distrito del Agustino mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica. TESIS para optar al título profesional de Químico Farmacéutico, UNMSM.
9. Centro para el control y prevención de enfermedades – CDC (2013). Peligro de plomo en algunos juguetes para las fiestas. Recuperado 20 de julio, 2015. <http://www.cdc.gov/spanish/especialescdc/peligrosplomo/>

10. Cornejo.F.C.; Zuzunaga.F.L.A. (2007). Determinación de plomo en sangre de varones y mujeres adultos del asentamiento humano “Cultura y Progreso” del Distrito de Chaclacayo. Tesis UNMSM.
11. Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA. (2000). Fuentes de plomo en Lima y Callao, Perú (1998-2000).
12. Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA. (2001). II Taller de Aire Limpio para Lima Callao y III Encuentro Latinoamericano sobre Calidad del Aire y Salud Lima, 10-12 de julio de 2001.
13. Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA. (2005). Information on Air Quality in Lima-Callao for PISA-2005-2010. Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima y Callao.
14. Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA. (2011). Estudio de saturación Lima Metropolitana y Callao año 2011.
15. El Comercio. (2015). Ventanilla sufre alta contaminación por plomo Monitoreos del aire confirman que vecinos de zona industrial del distrito chalaco están expuestos a emisiones de plomo. Recuperado 16 de julio, 2015. <http://elcomercio.pe/lima/ciudad/ventanilla-sufre-alta-contaminacion-plomo-noticia-1822121>
16. Espinal, G., Martínez, C., Melo A., Cordero Y., De Jesús, E. (2007). Niveles de plomo en sangre y rendimiento académico en escolares de 11- 14 años de la escuela primaria República de Uruguay. Ciencia y Sociedad, Vol. XXXII, No. 1- enero-marzo, INTEC.
17. Farias, P., Echavarría, 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.
18. Gonzales G.F., Zevallos, A., Gonzales-Castañeda, C., Nuñez, D., Gastañaga, C., Cabezas C. (2014). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. Rev Peru Med Exp Salud Pública.
19. 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.
20. 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.
21. Gutiérrez, M.S.M. (2015). Estudio de la Bioadsorción de Cadmio y Plomo con Biomasa de *Serratia marcescens* M8a-2T, a Nivel de Laboratorio. Tesis doctoral Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

22. Hernández, G. F., Aular De G. Y., Nobrega, D., Domínguez, A. (2004). Niveles de plomo en sangre materna y de cordón umbilical en embarazadas fumadoras y su relación con prematuridad y peso de los recién nacidos atendidos en la maternidad José Luis Fachín de Boni de la Ciudad de Valencia, Venezuela.
23. Huayhua, P.L.I. (2013). La respuesta estatal para solucionar el problema de contaminación ambiental por plomo en el Callao y sus efectos en la protección del derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida y a la salud de la población afectada.
24. Infogestión. Recuperado 25 de junio, 2015. <http://dataimex.com/>
25. Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI. (2010). Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población Económicamente Activa, Urbana y Rural por Sexo y Grupos de Edad, según Departamento, 2000 – 2015, Boletín Especial N° 20.
26. Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI. (2014). Estadísticas Ambientales, Febrero 2014.
27. Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*. 68: 167–182.
28. Juárez, H. (2012). Contaminación del Río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el Cono Este de Lima Metropolitana.
29. Kamel, F., Umbach, D.M., Lehman, T.A., Park, L.P., Munsant, T.L., Shefner, J.M., Sandler, D.P., Hu, H., Taylor, J.A. (2003). Amyotrophic Lateral Sclerosis, Lead, and Genetic Susceptibility: Polymorphisms in the  $\delta$ -Aminolevulinic Acid Dehydratase and Vitamin D Receptor Genes. *Environmental Health Perspectives*. 111(10), 1335-1339.
30. 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.
31. Leal, E. C., Baltazar R.M.C., Meneses, G.F. (2007). Concentraciones de plomo en sangre y reprobación de escolares en la ciudad de México.
32. 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.
33. 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.
34. Londoño, P.C., Rodríguez, R.I., Gantiva, D.C. (2011). Cuestionario para la clasificación de consumidores de cigarrillo (C4) para jóvenes. Grupo de Investigación ENLACE, Facultad de Psicología. Universidad Católica de Colombia.

35. López. S. J. (2000). Intoxicación por Plomo en Niños Menores de Seis Años en un Asentamiento Humano del Callao. Departamento de Pediatría, Hospital Nacional Daniel A. Carrión – Callao.
36. López. V.E. (2011). Intoxicación por plomo en trabajadores de metalmecánica Región Puno, Perú.
37. Lu, M. (2014). Interpretación de los Resultados del Monitoreo Ambiental Participativo en la Cuenca del Río Marañón presentado por OEFA, OSINERGMIN, DIGESA, ANA Y SERNANP.
38. Ordóñez-Iriarte, J.M., Gonzalez – Estecha, M., Guillén-Pérez, J.J., Martínez, G.J. (2010). Factores de riesgo asociados a los niveles de plomo en sangre de niños de la Comunidad de Madrid.
39. 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.
40. Markowitz, M.E. (2003). Manejo de la intoxicación por plomo en la niñez. *Salud Pública México*. 45 (2), 225-231.
41. 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.
42. 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.
43. Minera Yanacocha S.R.L. (2010). La minería y el control del medio ambiente <http://www.monografias.com>.
44. Ministerio de Salud. (2012). Plan de trabajo de vigilancia y control de riesgos por exposición ocupacional a metales pesados.
45. Moore, L.E., Wilson, R.T. (2005). Lifestyle Factors, Exposures, Genetic Susceptibility, and Renal Cell Cancer Risk: A Review. *Cancer Investigation*. 23, 240–255.
46. Ochoa, C.M., Felix. R.M., Hesse.H., (1998). Efectos de la Intoxicación por Plomo en Niños Escolares. *Revista médica Hondureña* - vol. 66 - No. 4.
47. Ordoñez, V.M. (2006). Determinación de la concentración de plomo en sangre de la policía de tránsito de Lima centro. Tesis Universidad Wiener.
48. Organización Mundial de la Salud - OMS. (1980). Límites de exposición profesional a los metales pesados que se recomiendan por razones de salud. Serie de informes técnicos 647.
49. Organización Mundial de la Salud – OMS (2014). Base de datos sobre polución ambiental 2014. Recuperado 10 de noviembre, 2014. <http://www.who.int>

50. Pabello, N. G., Bolivar, V.J. (2005). Young Brains on Lead: Adult Neurological Consequences? *Toxicological Sciences*. 86(2), 211–213.
51. Pacsi, V.S. (2002). Análisis temporal y tendencias de la concentración del plomo atmosférico en Lima metropolitana.
52. Pájaro, C.N., Maldonado.R.W., Pérez, G.N., y Díaz, C.J.A. (2013). Revisión de las implicaciones ocupacionales por exposición al plomo.
53. Ramirez, A.V.; Paucar, J.C.; Medina.J.M. Plomo sanguíneo en los habitantes de cuatro localidades Peruanas. *Revista Panamericana de Salud Pública/Pan Am J Public Health* 1(5), (1997).
54. Ramos, W., Munives, L., Alfaro, M., Calderón, M., Gonzáles, I., y Núñez, Y. (2009). Intoxicación plúmbica crónica: una revisión de la problemática ambiental en el Perú.
55. Sanchez, T. E., y Awe.Y. (2005). Política de salud ambiental. Recuperado 22 de junio, 2015.[http://siteresources.worldbank.org/INTPERUINSPANISH/Resources/Cap.22.\\_Politica\\_de\\_salud\\_ambiental.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTPERUINSPANISH/Resources/Cap.22._Politica_de_salud_ambiental.pdf)
56. Segundo Plan integral de saneamiento atmosférico para Lima - Callao (PISA) 2011-2015. Recuperado 20 de junio, 2015, de [http://eudora.vivienda.gob.pe/OBSERVATORIO/PISA\\_MUNICIPALIDADES/LimaCallao/II\\_Plan\\_Integral\\_de\\_Saneamiento\\_Atmosferico\\_Lima\\_Callao\\_PISA\\_2011\\_2015.pdf](http://eudora.vivienda.gob.pe/OBSERVATORIO/PISA_MUNICIPALIDADES/LimaCallao/II_Plan_Integral_de_Saneamiento_Atmosferico_Lima_Callao_PISA_2011_2015.pdf)
57. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología –SENAMHI. (2011). Evaluación de la calidad del aire en Lima Metropolitana.
58. Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía-Perú. “El Plomo”, Informe quincenal N° 53 (2013).
59. Stauding, K. C. Occupational lead poisoning includes patients handouts on lead and health. *American Family Physician* (1998).
60. 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.
61. 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.
62. Tribunal Constitucional. Expediente N° 03778-2006-PA/TC. Recuperado 12 de julio, 2015. <http://www.tc.gob.pe/jurisprudencia/2008/03778-2006-AA.pdf>
63. Ubillus, L.J. (2003). Estudio sobre la presencia del plomo en el medio ambiente de Talara en el año 2003. Tesis UNMSM.

64. Villón, L.M.A.; Lozano. C.K. (2010). Impacto bioquímico toxicológico del plomo como contaminante ambiental relacionado a enfermedades respiratorias en policías de tránsito en Lima Metropolitana. Tesis UNMSM.
65. 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.
66. 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.

## **Anexos**



### Anexo A

**Tabla A-1:** Niveles de plomo sanguíneo en población económicamente activa (PEA) zona de San Isidro, Lima (2,014)

Código	Sexo	Edad	Nivel Plomo sanguíneo $\mu\text{g/dl}$	Zona	Actividad ocupacional
PSI01	F	52	3.3	San Isidro	Oficina
PSI02	F	40	3.3	San Isidro	Oficina
PSI03	F	47	4.1	San Isidro	Oficina
PSI04	M	32	3.3	San Isidro	Oficina
PSI05	F	38	4.0	San Isidro	Oficina
PSI06	M	25	8.7	San Isidro	Oficina
PSI07	F	24	9.2	San Isidro	Oficina
PSI08	F	26	3.3	San Isidro	Oficina
PSI09	M	24	3.3	San Isidro	Oficina
PSI10	F	57	5.1	San Isidro	Oficina
PSI11	F	38	3.3	San Isidro	Oficina
PSI12	F	37	5.6	San Isidro	Oficina
PSI13	F	34	3.3	San Isidro	Oficina
PSI14	F	48	3.3	San Isidro	Oficina
PSI15	M	22	3.5	San Isidro	Oficina
PSI16	M	27	3.3	San Isidro	Oficina
PSI17	M	59	3.3	San Isidro	Oficina
PSI18	F	34	4.5	San Isidro	Oficina
PSI19	F	38	3.3	San Isidro	Oficina
PSI20	M	68	4.2	San Isidro	Oficina
PSI21	M	49	3.3	San Isidro	Oficina
PSI22	M	31	3.3	San Isidro	Oficina
PSI23	F	33	3.3	San Isidro	Oficina
PSI24	M	28	3.3	San Isidro	Oficina
PSI25	M	42	3.3	San Isidro	Oficina
PSI26	F	51	3.3	San Isidro	Oficina
PSI27	M	29	3.3	San Isidro	Oficina
PSI28	M	31	3.3	San Isidro	Oficina
PSI29	F	25	3.3	San Isidro	Oficina
PSI30	F	42	4.3	San Isidro	Oficina
PSI31	F	36	3.4	San Isidro	Oficina

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A-2:** Niveles de plomo sanguíneo en población económicamente activa (PEA) zona de Puente Piedra, Lima (2,014)

Código	Sexo	Edad	Nivel Plomo sanguíneo $\mu\text{g}/\text{dl}$	Zona	Actividad ocupacional
PPP01	M	51	3.6	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP02	M	27	3.3	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP03	M	37	3.9	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP04	M	31	3.5	Puente Piedra	Fabrica plásticos
PPP05	F	50	3.3	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP06	M	36	4.0	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP07	M	29	3.9	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP08	M	45	4.8	Puente Piedra	Alambres y cables
PPP09	M	37	3.3	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP10	M	26	3.3	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP11	M	41	3.3	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP12	M	54	3.3	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP13	M	28	4.0	Puente Piedra	Alambres y cables
PPP14	M	32	3.3	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP15	M	31	3.8	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP16	M	56	4.1	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP17	M	40	4.3	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP18	M	57	4.2	Puente Piedra	Fabrica plásticos
PPP19	M	26	3.3	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP20	M	42	3.8	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP21	M	36	5.3	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP22	M	35	3.3	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP23	M	47	4.0	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP24	M	33	6.0	Puente Piedra	Fabrica plásticos
PPP25	F	37	3.3	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP26	M	22	3.3	Puente Piedra	Alambres y cables
PPP27	M	43	6.0	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP28	M	49	3.3	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP29	M	39	4.2	Puente Piedra	Planta plaguicidas
PPP30	F	49	6.3	Puente Piedra	Planta plaguicidas

Fuente: Elaboración propia

**Tabla A-3:** Niveles de plomo sanguíneo en población económicamente activa (PEA) zona de Chorrillos, Lima (2,014)

Código	Sexo	Edad	Nivel Plomo sanguíneo µg/dl	Zona	Actividad ocupacional
PTU01	M	48	6.1	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU02	M	29	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU03	M	32	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU04	M	59	5.7	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU05	M	56	5.4	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU06	M	41	26.1	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU07	M	47	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU08	F	42	4.9	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU09	M	20	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU10	M	38	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU11	M	61	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU12	M	38	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU13	F	39	3.9	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU14	M	49	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU15	M	40	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU16	M	59	20	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU17	M	36	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU18	M	29	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU19	M	52	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU20	M	35	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU21	M	26	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU22	M	25	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU23	M	27	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU24	M	48	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU25	M	43	3.3	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU26	M	41	4.2	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU27	M	55	6.6	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU28	M	56	25.7	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU29	M	49	4.6	Chorrillos	Transporte público urbano
PTU30	M	63	6.1	Chorrillos	Transporte público urbano

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A-4:** Hábitos de fumar en población económicamente activa (PEA), Lima (2,014)

Código	Zona	Hábito de fumar (Años)	Código	Zona	Hábito de fumar (Años)	Código	Zona	Hábito de fumar (Años)
PSI01	San Isidro	NO	PPP01	Puente Piedra	NO	PTU01	Chorrillos	4
PSI02	San Isidro	4	PPP02	Puente Piedra	NO	PTU02	Chorrillos	NO
PSI03	San Isidro	NO	PPP03	Puente Piedra	NO	PTU03	Chorrillos	NO
PSI04	San Isidro	10	PPP04	Puente Piedra	10	PTU04	Chorrillos	NO
PSI05	San Isidro	NO	PPP05	Puente Piedra	10	PTU05	Chorrillos	30
PSI06	San Isidro	NO	PPP06	Puente Piedra	NO	PTU06	Chorrillos	6
PSI07	San Isidro	NO	PPP07	Puente Piedra	2	PTU07	Chorrillos	NO
PSI08	San Isidro	NO	PPP08	Puente Piedra	NO	PTU08	Chorrillos	NO
PSI09	San Isidro	NO	PPP09	Puente Piedra	10	PTU09	Chorrillos	NO
PSI10	San Isidro	NO	PPP10	Puente Piedra	7	PTU10	Chorrillos	NO
PSI11	San Isidro	NO	PPP11	Puente Piedra	NO	PTU11	Chorrillos	NO
PSI12	San Isidro	NO	PPP12	Puente Piedra	NO	PTU12	Chorrillos	NO
PSI13	San Isidro	NO	PPP13	Puente Piedra	10	PTU13	Chorrillos	NO
PSI14	San Isidro	20	PPP14	Puente Piedra	NO	PTU14	Chorrillos	NO
PSI15	San Isidro	NO	PPP15	Puente Piedra	NO	PTU15	Chorrillos	10
PSI16	San Isidro	NO	PPP16	Puente Piedra	22	PTU16	Chorrillos	10
PSI17	San Isidro	NO	PPP17	Puente Piedra	NO	PTU17	Chorrillos	NO
PSI18	San Isidro	NO	PPP18	Puente Piedra	NO	PTU18	Chorrillos	NO
PSI19	San Isidro	NO	PPP19	Puente Piedra	NO	PTU19	Chorrillos	NO
PSI20	San Isidro	NO	PPP20	Puente Piedra	NO	PTU20	Chorrillos	NO
PSI21	San Isidro	NO	PPP21	Puente Piedra	20	PTU21	Chorrillos	NO
PSI22	San Isidro	NO	PPP22	Puente Piedra	20	PTU22	Chorrillos	NO
PSI23	San Isidro	NO	PPP23	Puente Piedra	NO	PTU23	Chorrillos	NO
PSI24	San Isidro	NO	PPP24	Puente Piedra	15	PTU24	Chorrillos	NO
PSI25	San Isidro	NO	PPP25	Puente Piedra	NO	PTU25	Chorrillos	NO
PSI26	San Isidro	NO	PPP26	Puente Piedra	NO	PTU26	Chorrillos	NO
PSI27	San Isidro	NO	PPP27	Puente Piedra	NO	PTU27	Chorrillos	NO
PSI28	San Isidro	10	PPP28	Puente Piedra	NO	PTU28	Chorrillos	NO
PSI29	San Isidro	5	PPP29	Puente Piedra	12	PTU29	Chorrillos	2
PSI30	San Isidro	NO	PPP30	Puente Piedra	NO	PTU30	Chorrillos	NO
PSI31	San Isidro	NO						

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A-5:** Niveles de plomo sanguíneo de acuerdo a riesgo laboral en población económicamente activa (PEA) zona de San Isidro, Lima (2,014)

Código	Nivel Plomo sanguíneo $\mu\text{g/dl}$	Actividad ocupacional	Riesgo laboral criterio OPS/OMS
PSI01	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI02	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI03	4.1	Oficina	Exposición limitada
PSI04	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI05	4.0	Oficina	Exposición limitada
PSI06	8.7	Oficina	Exposición limitada
PSI07	9.2	Oficina	Exposición limitada
PSI08	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI09	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI10	5.1	Oficina	Exposición limitada
PSI11	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI12	5.6	Oficina	Exposición limitada
PSI13	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI14	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI15	3.5	Oficina	Exposición limitada
PSI16	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI17	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI18	4.5	Oficina	Exposición limitada
PSI19	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI20	4.2	Oficina	Exposición limitada
PSI21	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI22	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI23	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI24	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI25	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI26	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI27	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI28	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI29	3.3	Oficina	Exposición limitada
PSI30	4.3	Oficina	Exposición limitada
PSI31	3.4	Oficina	Exposición limitada

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A-6:** Niveles de plomo sanguíneo de acuerdo a riesgo laboral en población económicamente activa (PEA) zona de Puente piedra, Lima (2,014)

Código	Nivel Plomo sanguíneo $\mu\text{g/dl}$	Actividad ocupacional	Riesgo laboral criterio OPS/OMS
PPP01	3.6	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP02	3.3	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP03	3.9	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP04	3.5	Fabrica plásticos	Alto riesgo
PPP05	3.3	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP06	4.0	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP07	3.9	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP08	4.8	Alambres y cables	Mediano Riesgo
PPP09	3.3	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP10	3.3	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP11	3.3	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP12	3.3	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP13	4.0	Alambres y cables	Mediano Riesgo
PPP14	3.3	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP15	3.8	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP16	4.1	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP17	4.3	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP18	4.2	Fabrica plásticos	Alto riesgo
PPP19	3.3	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP20	3.8	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP21	5.3	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP22	3.3	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP23	4.0	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP24	6.0	Fabrica plásticos	Alto riesgo
PPP25	3.3	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP26	3.3	Alambres y cables	Mediano Riesgo
PPP27	6.0	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP28	3.3	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP29	4.2	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo
PPP30	6.3	Planta plaguicidas	Mediano Riesgo

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A-7:** Niveles de plomo sanguíneo de acuerdo a riesgo laboral en población económicamente activa (PEA) zona de Chorrillos, Lima (2,014)

Código	Nivel Plomo sanguíneo $\mu\text{g/dl}$	Actividad ocupacional	Riesgo laboral criterio OPS/OMS
PTU01	6.1	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU02	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU03	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU04	5.7	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU05	5.4	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU06	26.1	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU07	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU08	4.9	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU09	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU10	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU11	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU12	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU13	3.9	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU14	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU15	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU16	20	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU17	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU18	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU19	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU20	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU21	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU22	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU23	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU24	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU25	3.3	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU26	4.2	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU27	6.6	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU28	25.7	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU29	4.6	Transporte público urbano	Bajo riesgo
PTU30	6.1	Transporte público urbano	Bajo riesgo

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A-8:** Niveles de plomo sanguíneo de acuerdo a fuentes potenciales de plomo más cercana a las viviendas en población económicamente activa (PEA) zona de Chorrillos, Lima (2,014)

Código	Nivel Plomo sanguíneo µg/dl	Fuente potencial de plomo	Código	Nivel Plomo sanguíneo µg/dl	Fuente potencial de plomo	Código	Nivel Plomo sanguíneo µg/dl	Fuente potencial de plomo
PSI01	3.3	Vidrios y cerámicos	PPP01	3.6	Taller de mecánica	PTU01	6.1	Soldadura
PSI02	3.3	Imprenta	PPP02	3.3	Taller de mecánica	PTU02	3.3	Fotocopiadora
PSI03	4.1	Fotocopiadora	PPP03	3.9	Soldadura	PTU03	3.3	Taller de mecánica
PSI04	3.3	Taller de mecánica	PPP04	3.5	Fotocopiadora	PTU04	5.7	Taller de mecánica
PSI05	4.0	Taller de mecánica	PPP05	3.3	Fotocopiadora	PTU05	5.4	Taller de mecánica
PSI06	8.7	Taller de mecánica	PPP06	4.0	Ninguno	PTU06	26.1	Recarga de baterías
PSI07	9.2	Venta pintura	PPP07	3.9	Taller de mecánica	PTU07	3.3	Taller de mecánica
PSI08	3.3	Imprenta	PPP08	4.8	Taller de mecánica	PTU08	4.9	Soldadura
PSI09	3.3	Fotocopiadora	PPP09	3.3	Venta pintura	PTU09	3.3	Fotocopiadora
PSI10	5.1	Fotocopiadora	PPP10	3.3	Pintado de vehículos	PTU10	3.3	Soldadura
PSI11	3.3	Fotocopiadora	PPP11	3.3	Ninguno	PTU11	3.3	Imprenta
PSI12	5.6	Taller de mecánica	PPP12	3.3	Pintado de vehículos	PTU12	3.3	Taller de mecánica
PSI13	3.3	Fotocopiadora	PPP13	4.0	Soldadura	PTU13	3.9	Taller de mecánica
PSI14	3.3	Pintado de vehículos	PPP14	3.3	Taller de mecánica	PTU14	3.3	Imprenta
PSI15	3.5	Vidrios y cerámicos	PPP15	3.8	Taller de mecánica	PTU15	3.3	Fotocopiadora
PSI16	3.3	Soldadura	PPP16	4.1	Pintado de vehículos	PTU16	20	Taller de mecánica
PSI17	3.3	Ninguno	PPP17	4.3	Fotocopiadora	PTU17	3.3	Pintado de vehículos
PSI18	4.5	Ninguno	PPP18	4.2	Taller de mecánica	PTU18	3.3	Fotocopiadora
PSI19	3.3	Ninguno	PPP19	3.3	Soldadura	PTU19	3.3	Soldadura
PSI20	4.2	Ninguno	PPP20	3.8	Imprenta	PTU20	3.3	Taller de mecánica
PSI21	3.3	Ninguno	PPP21	5.3	Ninguno	PTU21	3.3	Taller de mecánica
PSI22	3.3	Imprenta	PPP22	3.3	Imprenta	PTU22	3.3	Taller de mecánica
PSI23	3.3	Ninguno	PPP23	4.0	Taller de mecánica	PTU23	3.3	Soldadura
PSI24	3.3	Taller de mecánica	PPP24	6.0	Taller de mecánica	PTU24	3.3	Taller de mecánica
PSI25	3.3	Ninguno	PPP25	3.3	Pintado de vehículos	PTU25	3.3	Soldadura
PSI26	3.3	Ninguno	PPP26	3.3	Taller de mecánica	PTU26	4.2	Taller de mecánica
PSI27	3.3	Taller de mecánica	PPP27	6.0	Vidrios y cerámicos	PTU27	6.6	Fotocopiadora
PSI28	3.3	Ninguno	PPP28	3.3	Fotocopiadora	PTU28	25.7	Taller de mecánica
PSI29	3.3	Ninguno	PPP29	4.2	Taller de mecánica	PTU29	4.6	Taller de mecánica
PSI30	4.3	Taller de mecánica	PPP30	6.3	Ninguno	PTU30	6.1	Fotocopiadora
PSI31	3.4	Recarga de baterías						

Fuente: Elaboración propia.

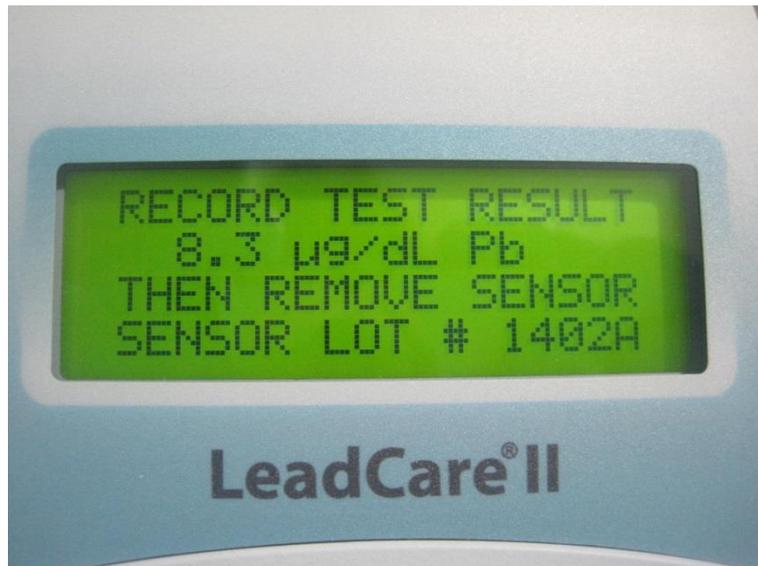
## Anexo B



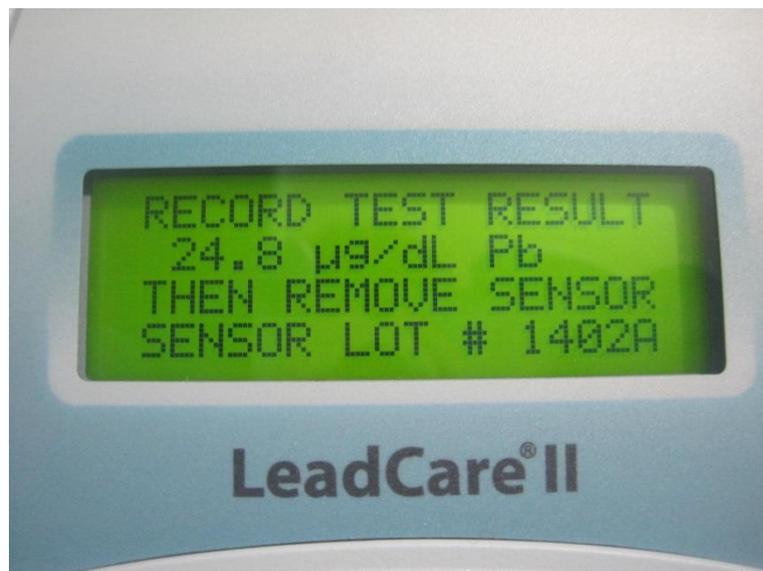
**Figura B-1.** Equipo Analizador de plomo LeadCare II  
Fuente: Elaboración propia.



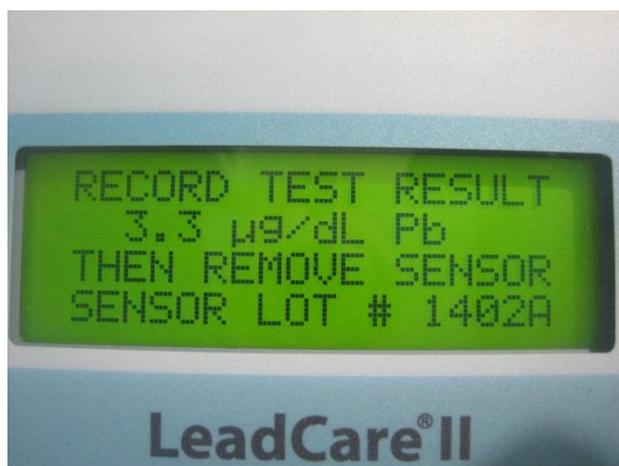
**Figura B-2.** Botón magnético para prendido y calibración de equipo LeadCare II  
Fuente: Elaboración propia.



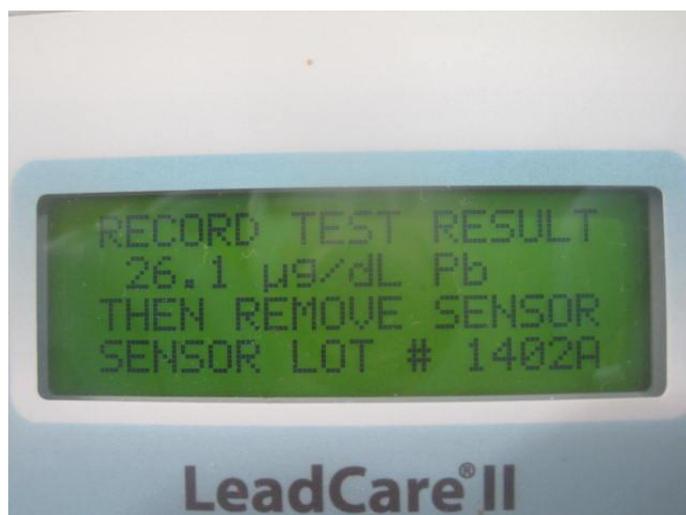
**Figura B-3.** Resultado calibración control de plomo Nivel 1 del equipo LeadCare II  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura B-4.** Resultado calibración control de plomo Nivel 2 del equipo LeadCare II  
Fuente: Elaboración propia.

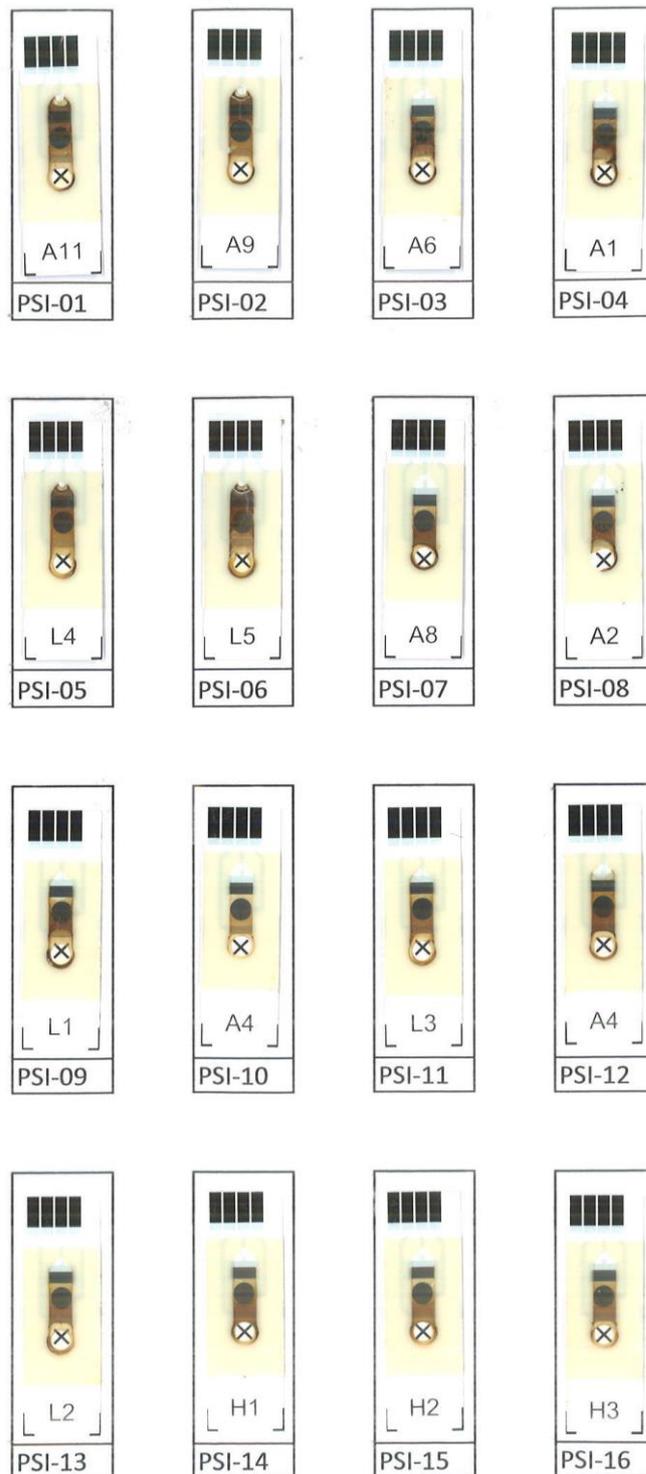


**Figura B-5.** Lectura de plomo sanguíneo de muestra mediante equipo LeadCare II  
Fuente: Elaboración propia.

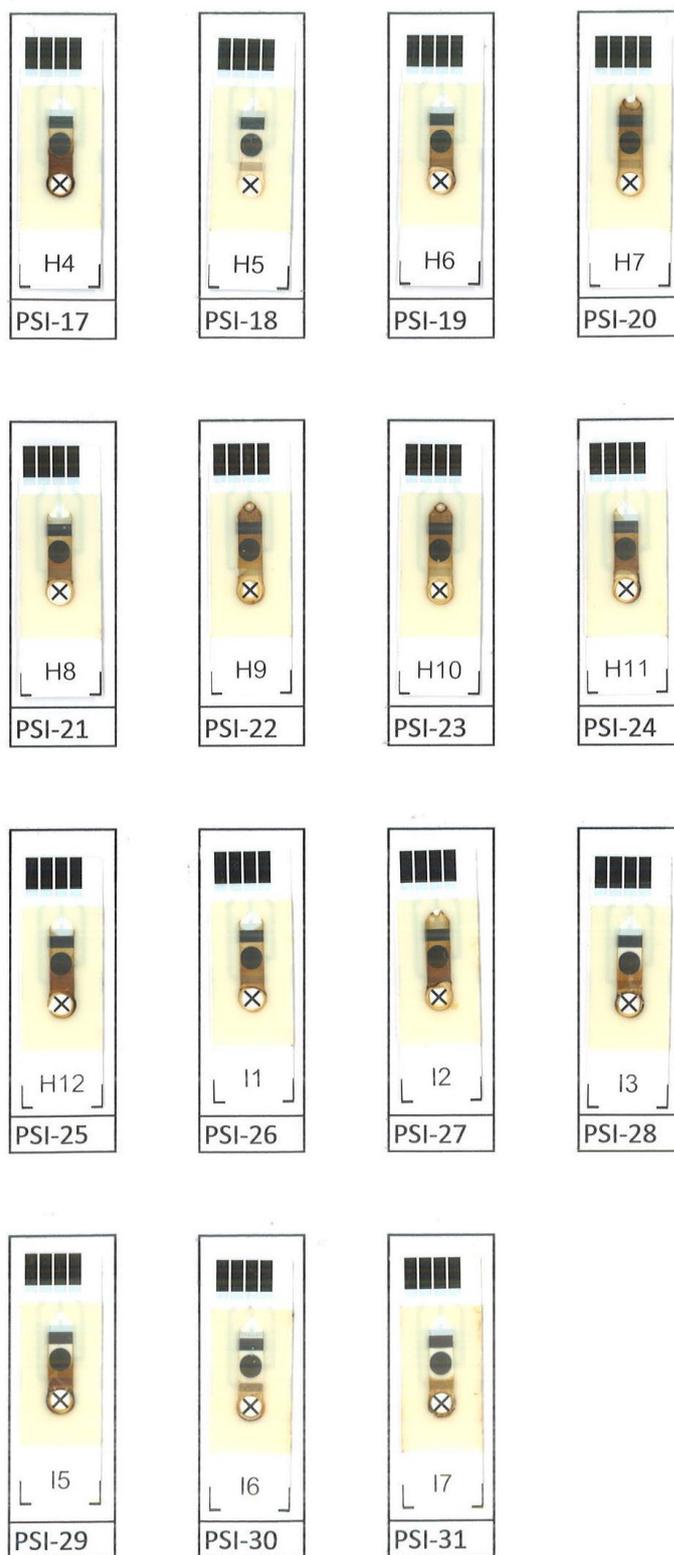


**Figura B-6.** Lectura de plomo sanguíneo de muestra mediante equipo LeadCare II  
Fuente: Elaboración propia.

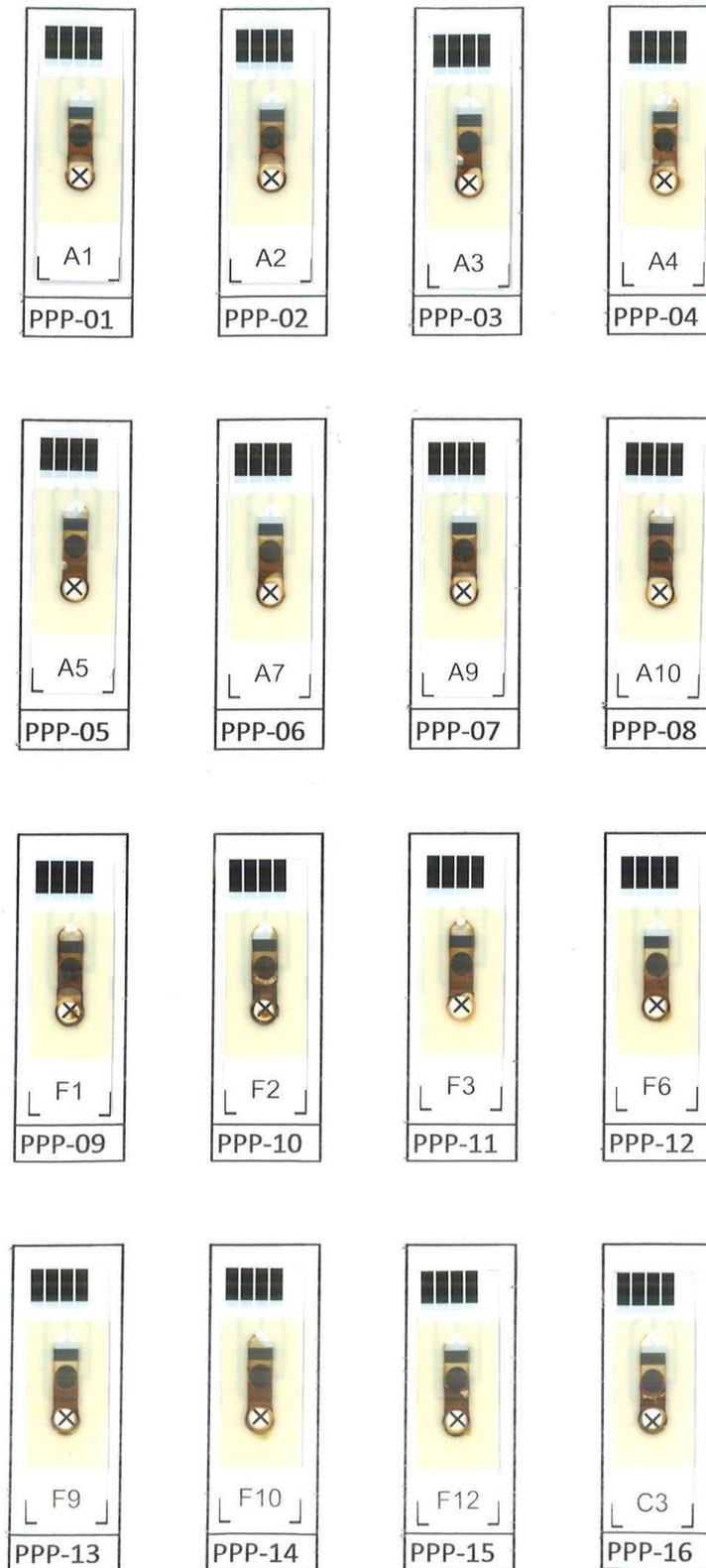
## Anexo C



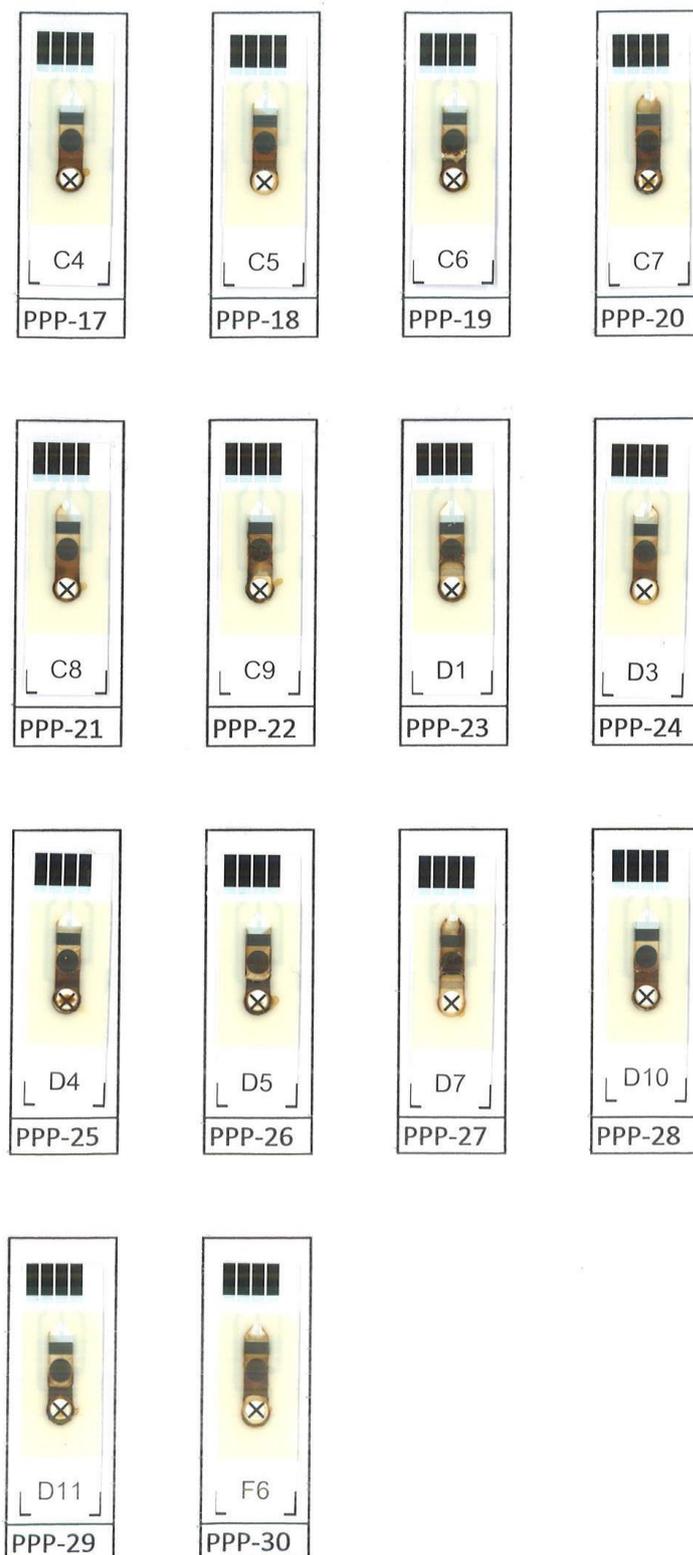
**Figura C-1.** Sensores de plomo sanguíneo empleados para la zona de San Isidro  
Fuente: Elaboración propia.



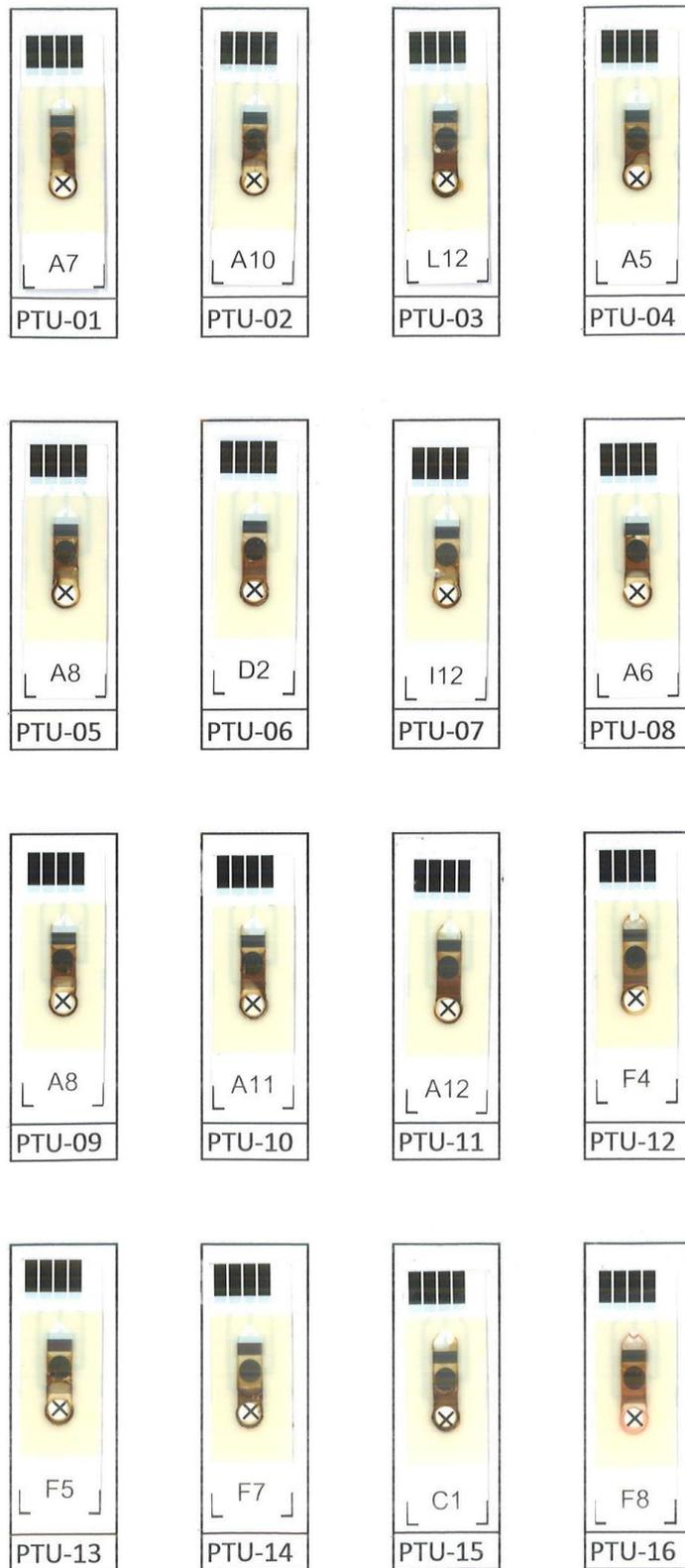
**Figura C-2.** Sensores de plomo sanguíneo empleados para la zona de San Isidro  
Fuente: Elaboración propia.



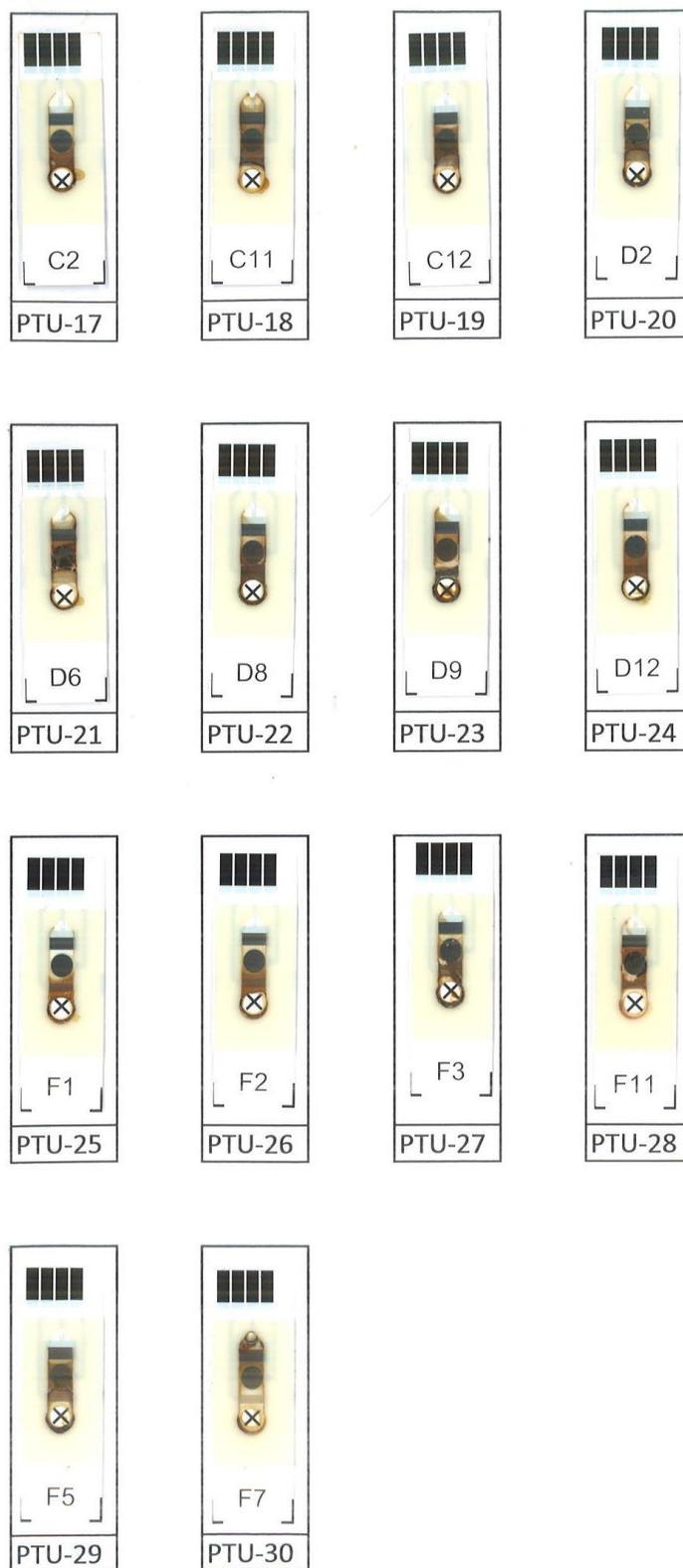
**Figura C-3.** Sensores de plomo sanguíneo empleados para la zona de Puente Piedra  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura C-4.** Sensores de plomo sanguíneo empleados para la zona de Puente Piedra  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura C-5.** Sensores de plomo sanguíneo empleados para la zona de Chorrillos  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura C-6.** Sensores de plomo sanguíneo empleados para la zona de Chorrillos  
Fuente: Elaboración propia.