



**FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL  
DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

Determinación y cuantificación de plomo por espectrofotometría  
de absorción atómica en juguetes de plástico armable  
comercializados en mesa redonda

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL  
DE QUÍMICO-FARMACÉUTICA**

**Presentado por**

Br. Benito Zevallos, Lyset Lucía

**Asesor**

Q. F. Jesús Lizano Gutiérrez

**Lima-Perú**

2014

## ÍNDICE

	Pág.
<b>I. El problema</b>	<b>11</b>
1.1. Planteamiento del problema	12
1.2. Justificación	12
1.3. Objetivos	13
1.4. Variables	14
1.4. Hipótesis	14
<b>II. Marco teórico</b>	<b>15</b>
2.1. Antecedentes	15
2.2. Volumen de importación y venta	20
2.3. Importancia	21
2.3.1. Colores que tienen mayor concentración de plomo	21
2.3.2. Toxicidad del plomo en los niños	22
<b>III. Generalidades</b>	<b>24</b>
3.1. Usos	25
3.2. Propiedades químicas	25
3.3. Historia del plomo	26
3.4. Análisis toxicológico de plomo en juguetes	29
3.5. Aspecto cuantitativo	30
3.5.1. Valores aceptables de plomo en juguetes	30
3.5.2. Toxicocinética de plomo en niños: distribución y absorción	30
<b>IV. Materiales, equipos y reactivos</b>	<b>33</b>
4.1. Materiales	33
4.2. Equipos	34
4.3. Reactivos	34

<b>V. Parte experimental</b>	<b>35</b>
5.1. Tipo de investigación	35
5.2. Toma de muestra y preparación	35
5.3. Calibración del equipo para plomo	36
<b>VI. Resultados</b>	<b>41</b>
<b>VII. Discusión</b>	<b>45</b>
<b>VIII. Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>47</b>
6.1. Conclusiones	47
6.2. Recomendaciones	48
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>49</b>
<b>Anexo</b>	<b>52</b>

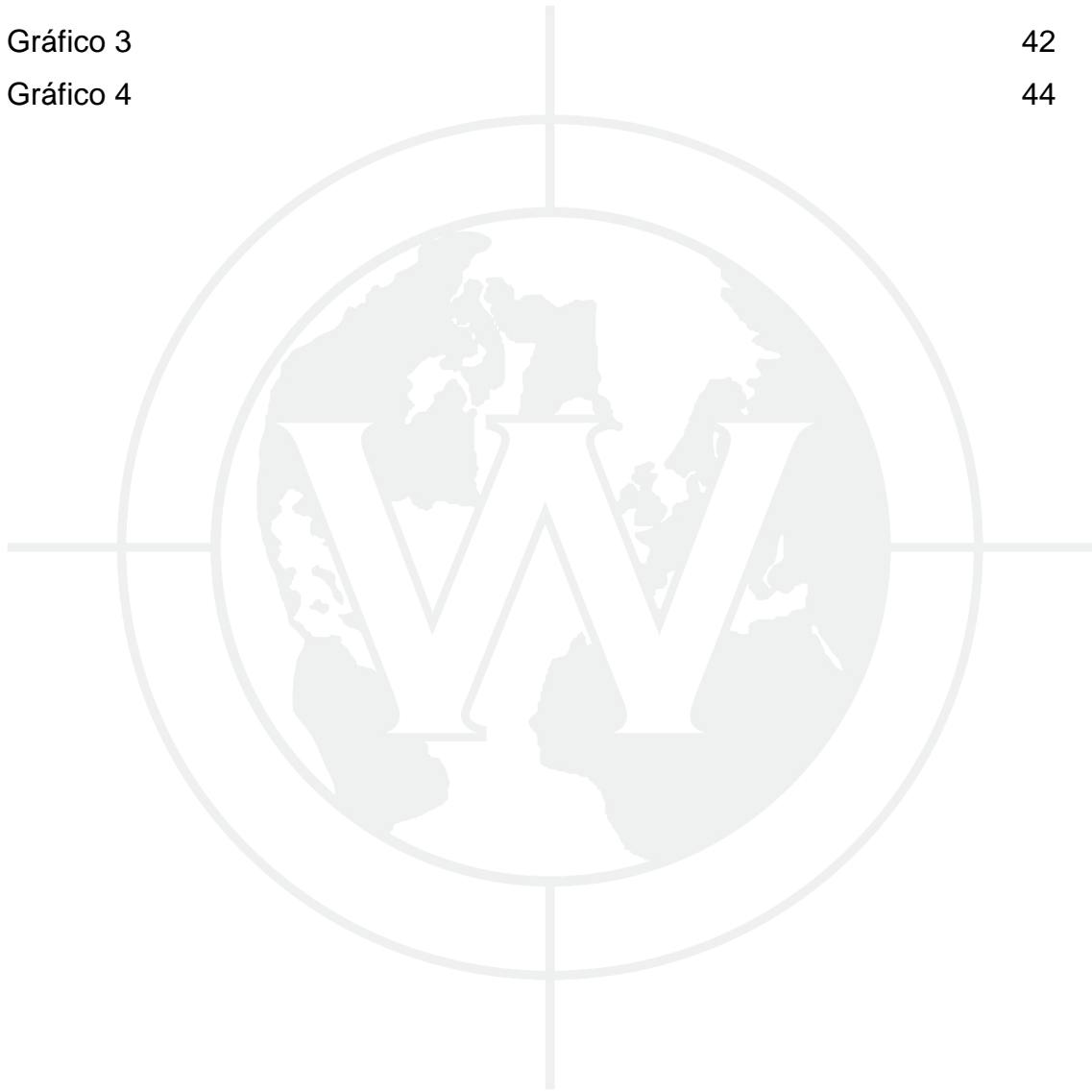
## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1	31



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
Gráfico 1	39
Gráfico 2	40
Gráfico 3	42
Gráfico 4	44



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1	41
Tabla 2	43





## Dedicatoria

Dedico esta tesis a toda mi familia:  
a mis padres y a mis hermanos.

A Miguel, por su comprensión  
y ayuda en los momentos difíciles.

A todos ellos, que me han dado  
todo lo que soy como persona:  
valores, tenacidad y empeño.  
Gracias.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mi asesor de tesis: el Q. F. Jesús Lizano Gutiérrez, por sus conocimientos, su manera de trabajar, su paciencia y su motivación, que han sido fundamentales para mi formación como investigadora.

También agradezco la asesoría recibida a lo largo de los últimos meses por parte del Q. F. Miguel Estares Gutiérrez, ya que él ha inculcado en mí un sentido de seriedad y rigor académico que ha complementado mi formación.

De igual manera, agradezco al personal de Certificadoras y Laboratorios CERTILAB AP S. A. C., por su visión crítica en muchos aspectos de mi investigación. Me gustaría nombrar a muchos más, pero destaco al doctor Javier Gómez Guerreiro, al doctor Felipe Surco y a la Q. F. Sonia Rodríguez. Siempre estaré en deuda con ellos, por todo lo recibido durante el tiempo que ha durado la ejecución del presente trabajo de investigación.

Para ellos, muchas gracias por todo.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación forma parte del campo de la toxicología social, ya que influye en la salud de los niños, por estar ellos expuestos a un metal altamente tóxico como es el plomo, mediante los juguetes, los cuales pueden causar muchas veces daños irreversibles en sistema nervioso central, coeficiente de inteligencia y desarrollo corporal. Estos síntomas pueden aparecer después de 10 o de 20 años; por ello, los juguetes deben ser seguros. Esto es lo que prescribe en la Norma Técnica Peruana 324.001-3:2008 Seguridad de los Juguetes. Parte 3: Migración de Ciertos Elementos, en la que se establecen claramente los valores límite para el plomo (90 mg/kg). La metodología que se utilizó fue la espectrofotometría de absorción atómica a la flama, en la cual se analizaron 40 muestras de juguetes de plástico armable (20 juguetes rojos y 20 juguetes azules), con los que se obtuvieron los siguientes resultados: en la cuantificación de metales en los juguetes de color rojo, se alcanzó un valor máximo de 59,42 ppm, a diferencia de con los juguetes de color azul, que alcanzaron un valor máximo de 45,60 ppm.

En conclusión, los resultados de los juguetes rojos, con relación a los juguetes azules, corroboran la información proporcionada en la alerta sanitaria N.º 001-2013-JUE DIGESA<sup>1</sup>.

**Palabras claves:** absorción atómica; plomo en juguetes.

## SUMMARY

This research work belongs to the Social Toxicology area, since it affects the children`s Health who are exposed to a highly toxic metal such as lead which can cause several irreversible damages in the Central Nervous System, IQ, physical development which appear after 10 or 20 years later. Fort this reason toys should be safe. This is what is prescribed in the Peruvian Technical Standard NTP 324.001-3:2008 TOY SAFETY. Part 3: Migration f Certain Elements in Clearly establishing the limit values for some substances such as 90mg/kg Lead. The methodology used was atomic absorption spectrophotometry to flame, which analyzed 40 samples buildable plastic toys (20 red toys y 20 blue toys) getting the results in the quantification of metals red color toys reached a maximum value of 59.42 ppm in contrast with the blue color toy which reached a maximum value of ppm.

In conclusion, the results regarding the color red toys with the blue color toys corroborate the information provided by the Health Alert N.º 001-201-JUE DIGESA<sup>1</sup>.

**Keywords:** *atomic absorption, lead in toys.*

## I. EL PROBLEMA

Al ser el plomo un elemento tóxico no esencial con capacidad de bioacumulación, afecta prácticamente a todos los órganos o sistemas del organismo. Los sistemas más sensibles al metal son el nervioso y el cardiovascular.

Su exposición crónica ocasiona alteraciones hematológicas (anemia, leucopenias), neurológicas (disfunción sensorial y motora), renales, cardiovasculares, retarda el crecimiento infantil y altera la presión sanguínea<sup>2</sup>. La revista *Department of Health* cita lo siguiente: “Todos los niños con seis años o menos de edad que han jugado con uno de estos juguetes, sobre todo si el niño con frecuencia mastica sus juguetes o se lo pone en la boca, debería hacerse una prueba de plomo en sangre [...] el Departamento de Salud cree que el mayor riesgo de exposición al plomo es cuando el niño frecuentemente mastica el juguete...”<sup>3</sup>.

El diario Perú 21, el 12 de noviembre de 2007, publicó cómo los comerciantes traen para venta e importación juguetes de procedencia china, los cuales pueden presentar alto contenido de plomo y otros elementos tóxicos. Esta norma, emitida en setiembre, fue modificada el 13 de octubre, cuando se eliminó el requisito de un análisis químico para importar juguetes. De acuerdo con la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), se actuó por presión de los comerciantes<sup>4</sup>. El mismo diario, el 24 de noviembre de 2010, publicó que cerca de 50 000 juguetes con autorizaciones sanitarias falsas y valorizados en 200 mil dólares fueron incautados en un operativo realizado en depósitos privados por la Digesa, la Aduana Marítima del Callao y la Fiscalía de Prevención del Delito<sup>3</sup>.

### 1.1. Planteamiento del problema

En la ciudad de Lima Metropolitana existe un creciente público infantil, el cual reboza de un cierto sector comercial. De los juguetes infantiles, los predilectos son los de plástico armable, por su costo, variedad, colores y suavidad al ser manejados, y, sobre todo, por la tendencia de venir en modelos pertenecientes a la moda actual.

Estos juguetes representan un peligro, porque puede contener trazas de plomo, además de otros metales pesados, que pueden ser absorbidos por los niños pequeños, durante su manipulación.

El plomo afecta a los seres humanos. Su absorción genera un riesgo para la salud, porque provoca retraso en el desarrollo mental e intelectual, especialmente en los niños que manipulan y llevan a la boca los juguetes, lo que representa el mayor el riesgo de exposición al plomo, y genera intoxicaciones de tipo aguda, como la enfermedad del plumbismo.

¿Presentarán los juguetes de plástico armable comercializados en Mesa Redonda concentraciones de plomo que excedan las especificaciones establecidas por la Norma Técnica Peruana 324.001-3?

### 1.2. Justificación

Los materiales de fabricación de los juguetes de plástico contienen metales pesados que son tóxicos para la salud, como el plomo. La mayoría de estos juguetes, fabricados en China, exportador mundial de juguetes en un 60 %, ha tenido problemas con su producción por niveles excesivos de plomo, ya que muchas veces no cumplen la Norma Técnica Peruana 324.001-3 en lo referente a sustancias tóxicas en su composición y que, por la publicidad y el bajo costo, su compra es mucho mayor.

En este estudio se analizaron los juguetes de plástico armable, por presentar piezas pequeñas y de textura suave que facilitan que los niños se los lleven a la boca.

La alta concentración de plomo en estos juguetes de plástico armable puede favorecer una bioacumulación del mismo en los niños menores de seis años, que son los que están en contacto frecuente, mediante su manipulación, deglución y/o masticación, provocando a largo plazo una alteración de su desarrollo físico y mental.

Estos juguetes de plástico armable se encuentran a la venta en mercados informales del Centro de Lima, como Mesa Redonda (considerado, el principal centro mayorista dedicado a la venta masiva de productos para niños), que no cuentan con un control de calidad de sus juguetes; por ejemplo, en el registro sanitario; por ello la inquietud de estudiarlos.

Entre los distintos modelos de juguetes armables encontrados, se eligió el alusivo al hombre araña, porque posee una mayor venta en el mercado, predominando los colores rojo y azul, los cuales han presentado cantidades altas de plomo en anteriores estudios realizados por otras instituciones.

El motivo que nos ha llevado a trabajar por medio de la técnica de absorción atómica por flama y no por horno de grafito, fue que no se trabajaría con muestras de volumen muy reducido (100  $\mu$ L), y las muestras no serían de origen biológico.

### **1.3. Objetivos**

#### **General**

Determinar la presencia y concentración de plomo en juguetes de plástico armable comercializados en Mesa Redonda.

## Específicos

- Determinar la presencia de plomo por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica a la flama en juguetes armables de color rojo y azul comercializados en Mesa Redonda.
- Verificar si las concentraciones de plomo obtenidas en los juguetes de plástico armable cumplen con las especificaciones permitidas según la Norma Técnica Peruana 324.001-3.

## 1.4. Variables

### Independiente

Juguete armable de material plástico de color rojo y azul.

### Dependiente

Concentración de plomo.

## 1.5. Hipótesis

Los juguetes de plástico armable comercializados en Mesa Redonda presentan concentraciones de plomo que exceden las especificaciones establecidas por la Norma Técnica Peruana 324.001-3.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

La revista *Department of Health de New York*, en enero de 2012, citó lo siguiente: “Todos los niños con seis años o menos de edad que han jugado con uno de estos juguetes, sobre todo si el niño con frecuencia mastica sus juguetes o se lo pone en la boca, debería hacerse una prueba de plomo en la sangre. Aunque no hay bastante estudios sobre el tema, el Departamento de Salud cree que el mayor riesgo de exposición al plomo es cuando el niño frecuentemente mastica el juguete...”<sup>3</sup>.

El diario *El Comercio de Lima*, el 25 de setiembre de 2007, publicó un artículo exigiendo el análisis de plomo, cromo y cadmio en los juguetes, para reducir los costos de pruebas mientras los laboratorios se adecuaban a la Norma Técnica Peruana 324.001-3.

Por ello, los funcionarios de la Digesa recibieron representantes de cuatro laboratorios peruanos, para discutir la implementación de las pruebas de sustancias tóxicas que exige el reglamento aprobado por el Ministerio de Salud para los juguetes y útiles de escritorio. *El Comercio* señaló que aún no había un mercado de laboratorios acreditados en las pruebas que exige la ley (los análisis de sustancias químicas referidos en las normas internacionales ASTM F963-07 de Estados Unidos y EN 71-3 del Reino Unido) para certificar la calidad de los juguetes y útiles de escritorio, lo cual permite que el costo de estas sea demasiado alto.

Precisamente, ese fue uno de los principales temas de la reunión en la que estuvieron presentes los laboratorios INASSA, SGS del Perú, Intertec y la Policía Nacional del Perú, con quienes se acordaron medidas temporales ante los obstáculos para implementar el reglamento en el corto plazo. Debido a los altos costos de las pruebas, la Digesa no exigirá el análisis de los ocho metales pesados que establece el reglamento, sino solo de plomo, cadmio y cromo presentes en juguetes y útiles de escritorio. Ello debido a que estos metales son los que más alertas han generado en el ámbito internacional<sup>6</sup>.

El diario La Nación, el 5 de noviembre de 2007, publicó un artículo citando lo siguiente: “Los trenes pequeños de color rojo y otras miniaturas pueden estar recubiertos con una pintura que contiene niveles altos de plomo, lo que plantea riesgos múltiples para el desarrollo neurológico de un niño”. Pero el escándalo sobre las sustancias prohibidas y los comercializadores chinos fabricantes de juguetes han eclipsado una cuestión aun más preocupante, “...los tóxicos en los juguetes son perfectamente legales”<sup>7</sup>.

El 1 de abril de 2008, el gobernador de Washington, Chris Gregoire, firmó el Acta, en la cual se establece que “algunas de las naciones más poderosas generarán normas para los tres productos químicos tóxicos más utilizados en los juguetes de los niños y otros productos”. Los productos químicos plomo, cadmio y ftalatos están asociados con resultados adversos para la salud, como daños neurológicos, congénitos y cáncer. Como resultado de esta nueva ley, el Estado va a prohibir cualquier producto hecho para niños que contenga más de 90 partes por millón (ppm) de plomo, 40 ppm de cadmio y 1000 ppm de ftalatos, vendidos o distribuidos en el principio de julio de 2009 en el estado de Washington. El proyecto de ley también exige a los fabricantes notificar al Departamento de Ecología de Washington si los componentes químicos considerados "de interés" por el departamento se utilizan en productos para sus hijos. Esta legislación fue impulsada, en gran parte, por los retiros extensos, en el año 2007, de los juguetes fabricados en China, ya que se encontró que contenían niveles tóxicos de plomo.



Las concentraciones informadas llegaron a superar de 180 a 600 ppm que en la actualidad lo permita la ley federal, que solo se aplica a plomo en la pintura de la superficie. El plomo se ha utilizado tradicionalmente para hacer juguetes, porque es barato y fácilmente disponible. La práctica ha continuado, aun cuando todo el mundo la investigó, informando a principios de los años setenta la asociación de esta sustancia tóxica con la reducción del coeficiente intelectual en dosis bajas<sup>8</sup>.

El Congreso del estado de Washington aprobó la Ley de Modernización de consumo de productos seguros, destinada a la reforma de la comisión (*Consumer Product Safety Commission*), para proporcionar una mayor protección a los productos para niños. De igual manera, fue aprobada una ley en Nueva Jersey en agosto de 2007, la cual consistía en bloquear la venta de juguetes que hayan sido retirados del mercado. En total, se sabe que 29 estados han seguido la legislación sobre seguridad de los juguetes, tomando medidas para prohibir las cuatro sustancias tóxicas antes mencionadas. Catorce estados han promulgado leyes que requieren la divulgación pública de las toxinas en los juguetes<sup>8</sup>.

John W. Boja, en la Comisión para la Seguridad de los Productos de Consumo en Estados Unidos, promovió una ley para la Mejora de los Productos de Consumo de 2008 (CPSIA, por sus siglas en inglés) Ley Pública 110-314, agosto 14, 2008 Sección 101: “El CPSIA disminuye la cantidad de plomo que puede estar en los productos para niños. El artículo 101 establece nuevos límites en la cantidad de plomo en productos para niños en los últimos tres años”. Desde el 10 de febrero de 2009, los productos diseñados o destinados principalmente a niños no pueden contener más de 600 ppm de plomo<sup>9</sup>.

En noviembre de 2010, Ernesto Hernández Mendiola, del Instituto Nacional de Ecología de México, realizó variados estudios para el caso del plomo y del cadmio, citando lo siguiente: “En México, las principales regiones productoras de plomo en el país durante 1998 fueron Saucillo, Chihuahua (23,3 %); Noria de los Ángeles, Zacatecas (12,3 %); Zimapán, Hidalgo (7,4 %).” Por esta problemática se publicaron las normas

NOM-R-41-92 "Juguetes y triciclos" y NOM-R-44-92 "Seguridad de juguetes y artículos escolares, límites de biodisponibilidad de metales en artículos recubiertos con pinturas o tintas". En ellas se limita el contenido de plomo a 90 mg/kg<sup>10</sup>. El periódico El Comercio, el 14 de noviembre de 2010, citó lo siguiente: "La mayoría de productos que figuran en la lista negra de la Digesa contiene entre 10 % y 13 % de exceso de plomo permitido, según el límite establecido por la Digesa (90 ppm de este metal)...", realizando fiscalización de juguetes en diversas operaciones de control: "...las galerías de Mesa Redonda, centro mayorista por excelencia y que abastece los principales mercados de la capital, El Comercio comprobó que productos similares, sin el etiquetado adecuado y sin registro de haberse realizado las pruebas químicas necesarias, continúan vendiéndose...". Para evitar un peligro de intoxicación, "una recomendación de la Asociación de Consumidores y Usuarios (Aspec), la Digesa y el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y la Propiedad Intelectual (Indecopi) es verificar la correcta rotulación de los juguetes antes de comprarlos"<sup>11</sup>.

En noviembre de 2010, el doctor Edward Cruz, director general de la Digesa, explicó que la importancia de esa verificación radica en que "si el producto cuenta con todos los permisos, estos aparecen en el rótulo". Eso quiere decir que puede comprarlo sin que este represente un riesgo para la salud. El problema es que los consumidores no siempre son conscientes de los riesgos a los que se exponen". Además, explica que "el problema con los juguetes tóxicos radica en que los niños, sobre todo los más pequeños, no miden (ni conocen) los riesgos de estos productos y que, además de jugar con ellos, los pueden ingerir o chupar. Los altos índices de plomo pueden causar a la larga daños neurológicos y problemas de conducta y aprendizaje...". "Para identificar un juguete no tóxico, se debe verificar el código del lote del producto, los datos del fabricante, el número del registro y autorización sanitaria otorgado por la Digesa. Todos los datos deben estar escritos en castellano o tener la traducción respectiva"<sup>10</sup>.

La página web [www.salud.com](http://www.salud.com), en el artículo de abril del 2012, *Muestreo detecta plomo y otros químicos peligrosos en juguetes en EE.UU.*, cita lo siguiente: “El análisis reveló que sobre una muestra de más de 1200 artículos para niños, un 35 % de ellos contenía plomo, y que en un 17 % de los casos los niveles superaban los límites permitidos por el Gobierno federal”.

La organización explicó en un comunicado de prensa que las autoridades estadounidenses establecen un límite de 600 partículas por millón (ppm) para el contenido de plomo admitido en las pinturas, aunque no hay estándares en cuanto al vinilo, a los juguetes de plástico o a la bisutería infantil. También se comprobó que un 47 % de los juguetes testados estaban fabricados con policloruro de vinilo (PVC), un tipo de plástico que contiene aditivos que pueden ser peligrosos para la salud. La organización señaló, no obstante, que un 28 % de los productos infantiles analizados no contenían plomo, cadmio, arsénico, mercurio o policloruro de vinilo (PVC), incluidos muchos fabricados en China. Esos resultados demostraron que los fabricantes pueden hacer juguetes libres de químicos nocivos innecesarios, según esta organización con sede en el estado de Michigan<sup>12</sup>.

En Estados Unidos, la fábrica de juguetes Mattel retiró del mercado más de 18 millones de juguetes fabricados con pintura de plomo tóxico provenientes de China. Eso significa que entre los juguetes que ofrecen, Batman, Elmo, Polly Pocket y otros personajes tuvieron que ser quitados de las estanterías y cajas de juguetes para niños y devuelto al lugar de fábrica. Esos juguetes y muchos otros se hicieron con pintura de plomo o con pequeños imanes que podrían ser ingeridas por niños pequeños.

En China han estado trabajando para cerrar las fábricas en las que fueron hechos los juguetes defectuosos. Las empresas de juguetes en Estados Unidos se comprometieron a inspeccionar mejor los juguetes importados. Los productos introducidos en los Estados Unidos están obligados por ley a cumplir con los estándares estadounidenses de seguridad. Alrededor del 80 por ciento de todos los juguetes vendidos en allí se hacen en China<sup>13</sup>.

En agosto de 2006, en Indiana, se recaudaron cerca de 340 000 juguetes para niños en 41 estados, por presentar cantidades tóxicas de plomo. La pintura presente en juguetes de animales de material flexible contenía cuatro veces la cantidad legal de plomo. Se dio a los niños de todo el país, en un programa de lectura llamado Patas, garras y colas. En junio, en la biblioteca Ellettsville, la enfermera Sheila Evans dijo a los niños que reconoció los juguetes articulados a partir de un sorteo años antes en el hospital donde ella trabajaba. Los juguetes tenían niveles elevados de plomo. Una prueba de hisopo en uno de los juguetes de la biblioteca confirmó también lo mismo. Holman alertó al departamento de salud estatal, que colocó una advertencia oficial. La comisión de productos seguros al consumidor no tenía informes de niños que presenten problemas por parte de los juguetes<sup>14</sup>.

## 2.2. Volumen de importación y venta

El volumen de importación de los productos chinos que son comercializados en Perú ha ido variando en los últimos años.

El diario La República de Lima, publicó el 31 octubre de 2007, en un extenso artículo, que la Policía Fiscal del Perú decomisó 197 mil juguetes chinos que ingresaron de contrabando al país, hallados en el almacén general del Terminal Marítimo del Callao, listos para ser distribuidos en los centros comerciales Mesa Redonda, Polvos Azules, Polvos Rosados y El Hueco. El coronel PNP Alfredo Miranda Benavides precisó que la mercancía estaba valorizada en US\$ 98 000<sup>15</sup>.

El diario Perú 21 de Lima, publicó el 12 de noviembre del 2007 cómo los comerciantes traen artículos chinos para venta e importación de juguetes, muchos de ellos con alto contenido de plomo y otros elementos tóxicos.

Estos artículos se estarían vendiendo en las calles de Lima gracias a las facilidades que otorga el nuevo reglamento para la importación de juguetes y útiles de escritorio, el cual permite desaduanar esta mercadería con tan solo una declaración jurada.

Según Jaime Delgado, presidente de la Asociación Peruana de Consumidores y Usuarios (Aspec), la población está desprotegida y el ingreso al país de artículos que no dan garantías continuará hasta que no cambie el Reglamento. Esta norma, emitida en setiembre, fue modificada el 13 de octubre, cuando se eliminó el requisito de un análisis químico para importar juguetes. De acuerdo con Delgado, la Digesa actuó por presión de los comerciantes. “Tienen que presentar documentación de que es un producto importado legalmente, ¿pero qué garantiza que no sea tóxico? No hay ningún análisis”, señaló<sup>4</sup>.

El diario Perú 21 publicó también, el 24 de noviembre de 2010, que cerca de 50 000 juguetes con autorizaciones sanitarias falsas y valorizados en 200 mil dólares fueron incautados en un operativo realizado en depósitos privados por la Digesa, la Aduana Marítima del Callao y la Fiscalía de Prevención del Delito.

Estos productos potencialmente peligrosos para los niños estaban distribuidos en cuatro contenedores provenientes de China, que la empresa Dupree Venta Directa S. A. adquirió para la campaña navideña en el Mercado Central, informó conjuntamente con el noticiero *A primera hora*.

Los juguetes fueron internados en los almacenes de aduana, tras comprobarse su ingreso ilegal, pues nueve resoluciones de autorización sanitaria otorgadas por la Digesa, que presentó la mencionada empresa, eran falsas, detalló la Intendencia de Aduana del Callao.

El intendente de Aduana Marítima, Cosío Jara, señaló que este decomiso es el más grande del año 2010<sup>5</sup>.

## **2.3. Importancia**

### **2.3.1. Colores que tienen mayor concentración de plomo**

El periódico Perú21 citó lo siguiente el 16 de noviembre de 2009: “Según sugiere a la Asociación Peruana de Consumidores y Usuarios, se necesita descartar aquellos juguetes que tengan colores muy intensos [...] estos podrían

contener plomo y generar daños en el sistema nervioso de los menores. Asimismo, recuerda que es importante revisar que estos tengan la etiqueta con los datos legalmente exigidos, tales como nombre del fabricante y la autorización sanitaria”<sup>16</sup>. La Digesa inició la campaña Juguetes Saludables: Navidad 2010, para que el consumidor sepa identificar productos con alto contenido de plomo. Durante una entrevista, el director general de la Digesa, Edward Cruz, advirtió que cuando este metal entra al organismo ocasiona intoxicación aguda, afecciones neurológicas y hepáticas, e incluso la muerte. Por eso, refirió, es necesario que el consumidor revise que el juguete cuente con un rótulo de identificación en el que se especifique que fue sometido a análisis químico por el Ministerio de Salud (Minsa).

Manifestó, además, que usualmente los juguetes de colores amarillos y rojos contienen mayor cantidad de este tóxico. A esta conclusión llegaron tras un análisis que indica que el 57 % de juguetes tiene alto niveles de plomo y cromo, entre los que abundan los de colores amarillo y rojo, según se manifiesta en la Alerta Sanitaria N.º 001-2013-JUE-DIGESA<sup>1</sup>.

### **2.3.2. Toxicidad del plomo en los niños**

En enero de 2012, el artículo del Department of Health cita lo siguiente: “El envenenamiento de plomo ocurre cuando una persona se traga un pedazo de plomo o aspira polvo de plomo. A menudo el polvo de plomo o los pedazos son demasiado pequeños para ver. Cuando el plomo entra al cuerpo, los niveles del plomo en la sangre de la persona se elevan. Estos niveles pueden ser medidos con un análisis de sangre. El plomo también entra a otros órganos del cuerpo, incluso en huesos y cerebro. El envenenamiento de plomo puede causar problemas con el crecimiento y el comportamiento de un niño, y con su capacidad de aprender. Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades federales (CDC, por sus siglas en inglés) han definido un nivel de plomo en la sangre elevado a 10 microgramos o más por decilitro. El nivel de plomo en la sangre de 10 microgramos o más por decilitro requiere un tratamiento continuo por su

proveedor de asistencia médica”. “Un niño con un nivel de plomo en la sangre muy alto, con síntomas de toxicidad por plomo, tendrá fatiga severa, coordinación de músculos disminuida, asimientos y coma. Los niños con estos síntomas requieren la hospitalización y un tratamiento inmediato. Sin embargo, los niveles de plomo en la sangre de esta variedad son muy poco comunes. La gran mayoría de niños con envenenamiento de plomo no tienen ningún signo o síntoma obvio”<sup>3</sup>.

El plomo, en sus diferentes formas, entra al organismo por inhalación e ingestión, por lo que se absorbe al sistema circulatorio a través de los pulmones y el tracto digestivo y se excreta por las vías urinarias y las heces. Generalmente, se elimina completamente; sin embargo, una exposición excesiva permite que parte de ese plomo no logre hacerlo, provocando una intoxicación. Los síntomas de una intoxicación con plomo incluyen anemia, fatiga, dolor de cabeza, insomnio, hipotensión y pérdida de peso. Pueden presentarse también disturbios gastrointestinales y manifestaciones más graves, como daño al sistema nervioso y a los riñones. Físicamente, se observa palidez, malnutrición, inflamación estomacal y una línea azul oscura en las encías, pero solo en el caso de una higiene dental pobre. También se presentan problemas neuromusculares, acompañados de fatiga motriz, la cual va progresando hasta convertirse en parálisis<sup>17</sup>.

### III. GENERALIDADES

El plomo es un metal pesado de color gris azulado brillante al corte, de número atómico 82, masa atómica 207, 20 y símbolo químico Pb; se oxida rápidamente tomando un aspecto mate. Es muy dúctil y maleable.

Funde a 327 °C. Al fundir, emite vapores tóxicos. Se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, pero sin ninguna función biológica en el ser humano<sup>18,19</sup>.

Existen diferentes isótopos de este elemento, con los siguientes números de masa: 204 (1,5 %), 206 (23,6%), 207 (22,6 %) y 208 (52,3 %).

Por decaimiento de tres elementos radiactivos se obtiene 206 Pb, de la serie de uranio; 208 Pb de la serie de torio y 207 Pb de la serie de actinio. La estructura del metal es cúbica centrada en la cara, la longitud de la celda es de 4,9389 nm y el número de átomos por celda unitaria es de 4.

Hoy en día, el plomo es un producto muy importante en la industria moderna. Esta importancia se debe a sus múltiples propiedades:

- Bajo punto de fusión.
- Alta densidad.
- Baja dureza.
- Resistencia a ácidos.
- Estabilidad química en aire, agua y tierra.



El plomo se encuentra en la naturaleza formando una gran variedad de minerales, entre los que se encuentran principalmente, los siguientes:

La galena ( $PbS$ ), la anglesita ( $PbSO_4$ ), la cerusita ( $PbCO_3$ ); se obtiene de ellos por métodos pirometalúrgicos o electroquímicos<sup>17</sup>.

### 3.1. Usos

Los principales usos de este metal y sus compuestos son los siguientes:

Baterías, pigmentos, aleaciones, cerámica, plásticos, municiones, soldaduras, cubiertas de cables, plomadas y armamento. También se usa en la elaboración de equipo usado en la fabricación de ácido sulfúrico, en el refinamiento de petróleo, reacciones de halogenación y sulfonación. Además, su uso para atenuar ondas de sonido, radiación atómica y vibraciones mecánicas va en aumento.

En estas últimas aplicaciones, se aprovecha la suavidad y la densidad alta del plomo para formar aleaciones que son las que realmente se emplean. Además, a partir de él se sintetizan otros productos, como el tetraetilo de plomo y otros derivados, y en la protección para radiaciones y rayos X<sup>17</sup>.

### 3.2. Propiedades fisicoquímicas

El plomo forma compuestos en los que su estado de oxidación es de  $2^+$  y  $4^+$ , el más común de ellos es de  $2^+$ . Los compuestos de  $Pb^{4+}$  son covalentes, mientras que los de  $Pb^{2+}$  son iónicos principalmente.

Este metal es anfotérico, y forma sales plúmbicas y plumbosas. Tiene una excelente resistencia a la corrosión el aire, agua y suelo. Se llevan a cabo reacciones entre el metal y el medioambiente; sin embargo, se forma una capa protectora de sales insolubles de plomo.

Por ejemplo, en presencia de oxígeno, el agua lo ataca, pero si contiene carbonatos y silicatos, se forma una capa protectora de sus derivados y la corrosión se hace muy lenta. Reacciona con ácido nítrico, formando el nitrato soluble en agua. Lo mismo sucede con el ácido acético y otros ácidos orgánicos débiles, formando las sales correspondientes<sup>17</sup>.

### 3.3. Historia del plomo

Este metal, junto con el cobre, el oro y la plata, fueron los primeros que utilizó el hombre. Se tienen pruebas del uso del plomo por parte de egipcios, griegos y romanos, tanto para una utilidad práctica como para uso estético. Se ha encontrado plomo en estructuras de edificios griegos y en cañerías usadas en el imperio romano, algunas de las cuales aún son usadas en Gran Bretaña<sup>17</sup>.

Los primeros en conocer el plomo fueron los egipcios, que lo obtuvieron simultáneamente con el hierro y la plata. Dos milenios antes de Cristo, en la China y en la India, ya sabían fundir el plomo. El metal se empezó a utilizar cuatro siglos antes de Cristo.

La plata y el plomo aparecieron juntos, ya que ambos se encuentran por lo general en la galena más o menos argentífera, tanto la galena como la argentita se conocieron por primera vez en Asia Menor, con precisión, en el distrito de Ititi, según Forbes, en su texto de historia de la tecnología. El Asia Menor tenía en el año 3000 a.C. el monopolio casi absoluto de la producción de plomo y plata; ellos obtenían el metal del mineral, por medio de un proceso de tostación, al cual se añadía carbón de leña como combustible. Pero este actuaba también como reductor, la lejía obtenida se sometía a copelación para recuperar la plata y, del sobrante, se recuperaba en forma secundaria el plomo, con reducción de carbón. El método de la copelación (3000-2500 a.C.) no solo permitía la extracción de plata de gran pureza, sino que gracias a él se difundió el uso del plomo.

La copelación constituye uno de los primeros ejemplos de los procesos metalúrgicos en los que la producción de plata, producto primario, presenta un deshecho utilizable, a manera de subproducto. De esta manera, la difusión del plomo se debió a la explotación de la plata; pero el plomo, como tenía fácil manejo y alta resistencia a la corrosión, contribuyó a su utilización. La plata desempeñó un papel principal en las potencias económicas en la civilización antigua mediterránea; por tanto, su asociado, el plomo, se difundió rápidamente en la civilización griega a través de las minas de Laurion, que contribuyeron grandemente al progreso de Atenas. La proyección minera de Roma en los territorios de su imperio aumentó el uso del plomo en todos los sectores tecnológicos; por esa época debieron aparecer las primeras perturbaciones ambientales debidas al plomo.

En Europa, la fabricación de productos con plomo empezó más tarde. Documentos que datan del siglo VI a.C. señalan que el plomo era traído a la feria de Tire. Durante el reinado del rey Hammurabi, en Babilonia, el plomo se obtenía en grandes cantidades, y durante muchos años se confundió con el estaño, y se le llamaba estaño *plumbum*. Solo en la Edad Media fueron diferenciados ambos elementos.

Los griegos con sus colonias y los fenicios con sus factorías, abrieron minas de plomo en España. Posteriormente, durante la dominación por Roma, el material fue explotado por ellos, ya que lo utilizaban ampliamente en la elaboración de vajillas, varitas para escribir y, principalmente, tubos para desplazar agua por los acueductos de plomo, ruinas romanas que se descubren cada cierto tiempo, y demuestran el buen estado de conservación de las tuberías de desagüe de los sistemas de eliminación del agua, con lo que ha quedado demostrado que los romanos no solo usaban el plomo como conductora de agua, sino también en su línea de desagües. Los romanos también utilizaban el mineral de plomo para elaborar blanco de plomo. Una curiosidad histórica es que los griegos denominaban al plomo como *molibdos*, pero su símbolo químico se debe a los romanos, ya que la palabra plomo proviene de la voz latina *plumbum*.

Uno de los principales abastecedores de plomo era la isla de Rodas. El proceso empleado para su fabricación aún no ha perdido vigencia y comprende los siguientes pasos: se sumergen pedazos de plomo en vinagre, se hierve largo tiempo la mezcla y, de ahí, se obtiene el acetato de plomo, que es un polvo blanco que era utilizado para recubrir las viviendas y edificaciones<sup>20</sup>.

El minio se obtuvo por primera vez de una manera muy original, durante un incendio en Puerto del Pireo. Entre los objetos que abrasó el fuego se hallaban barriles con blanco de plomo, al abrir los barriles que contenían el producto blanco, hallaron un cuerpo de color rojo, que era precisamente el minio.

En la Edad Media, los pueblos germanos extrajeron el metal, al principio lentamente, pero aceleraron su producción gracias a la especialización de los instrumentos técnicos basados en la utilización de la energía hidráulica de las regiones mineras y de los bosques abundantes de madera, de donde se obtenía el carbón. En la siguiente vista histórica de la Edad Media se observa el tratamiento metalúrgico de la plata:

A = Horno de ensayo  
B = bandeja de hierro  
C = Protector facial  
D = Matraz  
E = Operador metalurgista.

Observar que, desde esa época, el tratamiento de la plata relacionado con el plomo inducía a los operarios a usar protectores del rostro, para mitigar las emanaciones. En Rusia la producción de plomo se ha conocido desde hace muchos siglos, pero hasta el siglo XVIII su producción tenía un

carácter artesano. Después de la invención de las armas de fuego es que el plomo empieza a utilizarse en producción de proyectiles y tiene, hasta estos días, una significación singular, ya que el 90 % de los proyectiles contienen plomo en forma directa o indirecta. La llegada de la revolución industrial y la disponibilidad de energía a bajo costo determinaron la expansión de la producción de plomo y sus compuestos, debido a la demanda creciente. Se ampliaron sus aplicaciones, mientras que antes de la revolución industrial solo se aplicaba como material de construcción. Luego del movimiento industrial, la industria química adquirió una notable importancia como producto químico. En el Perú, desde la época de la colonia hasta el siglo XIX, la explotación minera se enfocaba en los metales preciosos. Los procesos metalúrgicos tenían como prioridad la obtención de plata metálica, y al plomo casi no se le daba mayor importancia. Existen yacimientos de plomo en el país, en especial en la zona central. Pasco, Junín y Huancavelica son departamentos con yacimientos de plomo. Los minerales se exportan como tal o son procesados en la refinera de la Oroya, principalmente. La galena (sulfuro de plomo), al ser tostada, deja residuos de azufre y plomo, ambos enérgicos contaminantes que por décadas envenenaron la atmósfera y han provocado miles de víctimas de enfermedades ocupacionales<sup>20</sup>.

### **3.4. Análisis toxicológico de plomo en juguetes**

La metodología empleada es, de acuerdo con los métodos oficiales de análisis, según Norma Técnica Peruana 324.001-3, primera edición, del 4 de junio de 2008, Seguridad de los Juguetes. Parte 3: Migración de ciertos elementos. Fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Seguridad de Juguetes y Útiles de Escritorio para Niños<sup>21</sup>.

### 3.5. Aspecto cuantitativo

#### 3.5.1. Valores aceptables de plomo en juguetes

Los límites de migración de plomo, a partir de materiales de plástico armable (juguetes), fueron realizados según la tabla 1-Límites de migración de elementos a partir de materiales del juguete, de acuerdo con la Norma Técnica Peruana 324.001-3, hallándose en la sección de cualquier material del juguete previsto en apartado 1; Si los resultados analíticos corregidos son inferiores o iguales a 90 mg/Kg, se considerarán satisfactorios<sup>21</sup>.

#### 3.5.2. Toxicocinética de plomo en niños: distribución y absorción

El plomo ingresa a un organismo básicamente por las vías digestivas y respiratorias, aunque, eventualmente y bajo ciertas condiciones, también puede ser absorbido por la piel. Una vez en el organismo, se distribuye por medio de la sangre al resto de los tejidos, preferencialmente hacia el hueso, que es muy resistente al plomo.

El tejido óseo en realidad constituye un órgano, ya que retiene una buena parte y, por lo tanto, la cantidad de plomo disponible es mucho menor. El resto del plomo se distribuye a otros órganos, tales como el cerebro, el riñón, la médula ósea y el hígado, algunos de los cuales se dañan aun con bajos niveles de plomo, lo que los convierte en órganos blanco<sup>22</sup>.

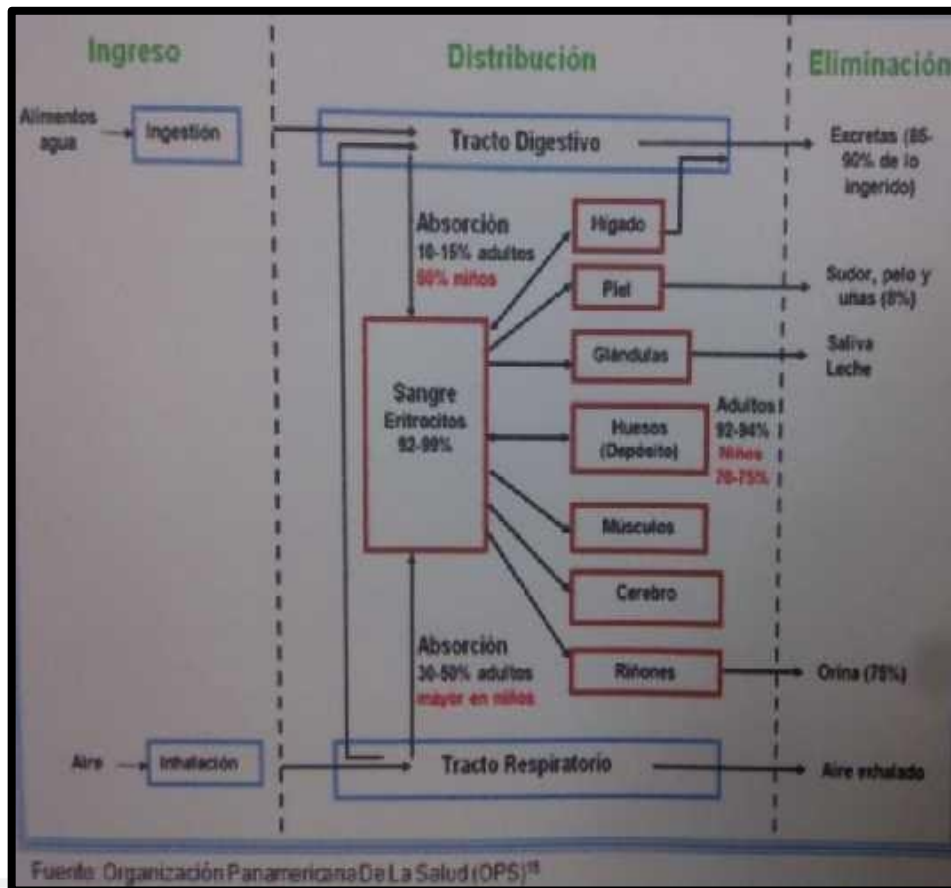


Figura 1. Metabolismo del plomo.

En el cuerpo humano puede haber ciertos niveles de plomo sin causar efectos adversos. Sin embargo, un incremento en estos niveles genera problemas graves a la salud, los cuales, en conjunto, se conocen con el nombre de *plumbismo* o *saturnismo*. En experimentos con animales se ha observado que el plomo es un elemento esencial<sup>17</sup>.

La absorción de plomo se produce principalmente por dos vías: una de ellas es la vía gastrointestinal, y depende de la edad, de la dieta y de deficiencias nutricionales. En el adulto, se estima que de 5 a 10 % se absorbe gastrointestinalmente. En cambio, en el niño la absorción es de 40 a 50 %, por la actitud de los niños de llevar todo a la boca. Con respecto a las deficiencias nutricionales, las dietas pobres en hierro y calcio y ricas en lípidos favorecen la absorción.

En cuanto a la vía respiratoria, es la principal en el ambiente laboral.

El plomo del aire se absorbe aproximadamente en 90 %. Esta vía tiene gran importancia en las ciudades con gran concentración de automóviles y en la proximidad de fábricas de fundición de metales. La distribución se produce en dos compartimientos: el primero es el sistema esquelético, que contiene de 80 a 95 % de la carga corporal de plomo. La vida media en el hueso es de 20 a 30 años. En los niños se deposita en la metáfisis de los huesos largos, formando depósitos radioopacos.

El segundo compartimiento está en los tejidos blandos como riñón, cerebro e hígado; en estos la vida media es de 20 a 30 días. En la sangre se encuentra en los eritrocitos: este es el principal compartimiento responsable de la toxicidad por plomo. Un dato destacable es que el plomo atraviesa la placenta, que contiene la sangre fetal de 80 a 100 % de la plombemia materna. La eliminación de las principales vías de eliminación son la biliar y la urinaria. De menor importancia son el sudor, la saliva y las faneras<sup>23</sup>.



## IV. MATERIAL, EQUIPOS Y REACTIVOS

### 4.1. Materiales

#### Materiales de escritorio

- 01 lapicero azul punta 060.
- 01 lapicero negro punta 060.
- 01 lapicero rojo punta 060.
- 01 lápiz técnico 2B.
- 01 borrador goma blanco.
- Hojas de papel bond para impresión.
- 01 marcador de tinta indeleble negro.

#### Materiales de laboratorio

- Papel de filtro rápido.
- Agitador magnético.
- Probeta de vidrio de 100 mL
- Fiola de vidrio de 1000 mL.
- Pipeta de vidrio de 5 mL.
- Pipeta de vidrio de 10 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 0.5 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 1 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 3 mL.

- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 5 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 25 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 50 mL.

#### Otros

- 42 frascos de vidrio color ámbar.
- 01 rayador de acero inoxidable.
- Frasco de vidrio de material estable, de color ámbar.

#### 4.2. Equipos

- Agitador magnético marca Hanna Instruments HI190. Voltaje 220v/240v. N.º de serie MO60747.
- Campana extractora marca HNG. Voltaje 220v. N.º de serie EQ-ADI-07.
- Balanza analítica OHAUS-Adventurer AR2140, sensibilidad 0,0001. N.º de serie K2221227230404P.
- Espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer 3100, Voltaje 220v/240v. N.º de serie 2337798.
- Lámparas de cátodo hueco marca Porton para plomo. N.º de serie HECO 463.

#### 4.3. Reactivos

- Agua destilada.
- Ácido clorhídrico al 37 %
- Solución estándar plomo de 1000 ppm (Marca Merck).

## V. PARTE EXPERIMENTAL

### 5.1. Tipo de investigación

#### Diseño utilizado

La tesis es de tipo observacional, descriptiva y transversal.

#### Universo y muestra

Se realizó un muestreo aleatorio simple en cinco *stands* del mercado mayorista Mesa Redonda, de donde se recogieron 40 muestras.

### 5.2. Toma de muestra y preparación

#### Recuento y clasificación de los juguetes

- Se realizó una selección de manera aleatoria dentro de los stands pertenecientes al centro comercial Mesa Redonda, y se adquirieron cuatro ejemplares por *stand* (rojo y azul); de esta manera, se obtuvieron 40 muestras de los 10 *stand* que venden dichos juguetes.
- Se procedió con el recuento de las muestras, abriendo el empaque y separándolas por color: 20 rojas y 20 azules.
- Se clasificaron los 40 juguetes de plástico armable en 20 de color rojo y 20 de color azul.

### Preparación de la muestra y proceso de extracción

- Con un rayador, se procedió a triturar las muestras de plástico del mismo color hasta haber obtenido limaduras homogéneas, no menores de 0,5 mm.
- Con ayuda de la balanza analítica, en un papel de filtro rápido, se pesó un gramo de muestra y se vertió a un frasco ámbar con tapa, hasta obtener 20 frascos de un gramo de color rojo y 20 frascos de color azul.
- A cada uno de los frascos se les agregaron 50mL de ácido clorhídrico (HCl) 0,07 mol/L a una temperatura de  $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Se agregó además un frasco conteniendo solamente 50 mL de ácido clorhídrico (HCl) 0,07 mol/L a una temperatura de  $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (blanco).
- Los 41 frascos fueron agitados por un minuto y se procedieron a la medida del pH. El equipo se aseguró de que sea menor de 1,5, todo esto protegido de la luz. Luego, se continuó agitando la mezcla por una hora, y se la dejó reposar por una hora más.
- Se separaron las partes solidas de la mezcla, con la ayuda de un embudo y papel de filtro rápido a una fiola de 50ml; cuando necesario, se enrasó con ácido clorhídrico (HCl) 0,07 mol/L a 50 mL.

### 5.3. Calibración del equipo para plomo

#### Método de determinación de plomo por espectrofotometría de llama

##### Preparación de la curva de calibración de estándares

- Estándares de plomo solución concentrada de 1000 mg/L.
- Estándar de 3 mg/L: se agregó 0,3 mL del estándar concentrado de 1000 mg/L + 5 mL de HCl concentrado y se enrasó a 100 mL con agua desionizada.

- Estándar de 1 mg/L: se tomó 0,1 mL del estándar concentrado de 1000 mg/L + 5 mL de HCl concentrado y se enrasó a 100 mL con agua desionizada.
- Estándar de 0,5 mg/L: se tomó 0,05 mL del estándar concentrado de 1000 mg/L + 5 mL de HCl concentrado y se enrasó a 100 mL con agua desionizada.
- Estándar de 0,25 mg/L: se tomó 0,025 mL del estándar concentrado de 1000 mg/L + 5 mL de HCl concentrado y se enrasó a 100 mL con agua desionizada.

### **Determinación por espectrofotómetro de absorción atómica en llama**

#### **Condiciones espectrofotométricas para plomo**

- Tipo de llama aire/acetileno.
- Longitud de onda 217 nm.
- Ancho de *slite* 0.7 nm.

#### **Cuantificación de metales en muestras**

- Se calibró el equipo de absorción atómica para la lectura de plomo. Para ello, se preparó una curva de calibración obtenida de concentración (C) en ug/mL; se calculó el coeficiente de correlación lineal e intercepto; se interpoló la muestra para cuantificar el resultado de la absorbancia versus concentración. Valor "C" (ug/mL).
- La lectura se realizó por triplicado para cada muestra y estándar.
- Finalmente, se promedió las lecturas.

### Cálculo e informe de resultados

$$\text{Metales (mg/Kg)} = \frac{C \times V}{a}$$

Donde:

**C:** concentración en ug/mL obtenidos por la interpolación en la curva de calibración de la muestra.

**V:** volumen de la muestra final.

**a:** masa de la muestra en gramos.

### Cuantificación de plomo

#### Curva de calibración resultados en juguetes rojos

PLOMO	
Concentración (X)	Absorbancia (Y)
0.25ppm	0.016
0.50ppm	0.028
1ppm	0.048
3ppm	0.119

A	0.0089197
B	0.0369097
r	0.9992048

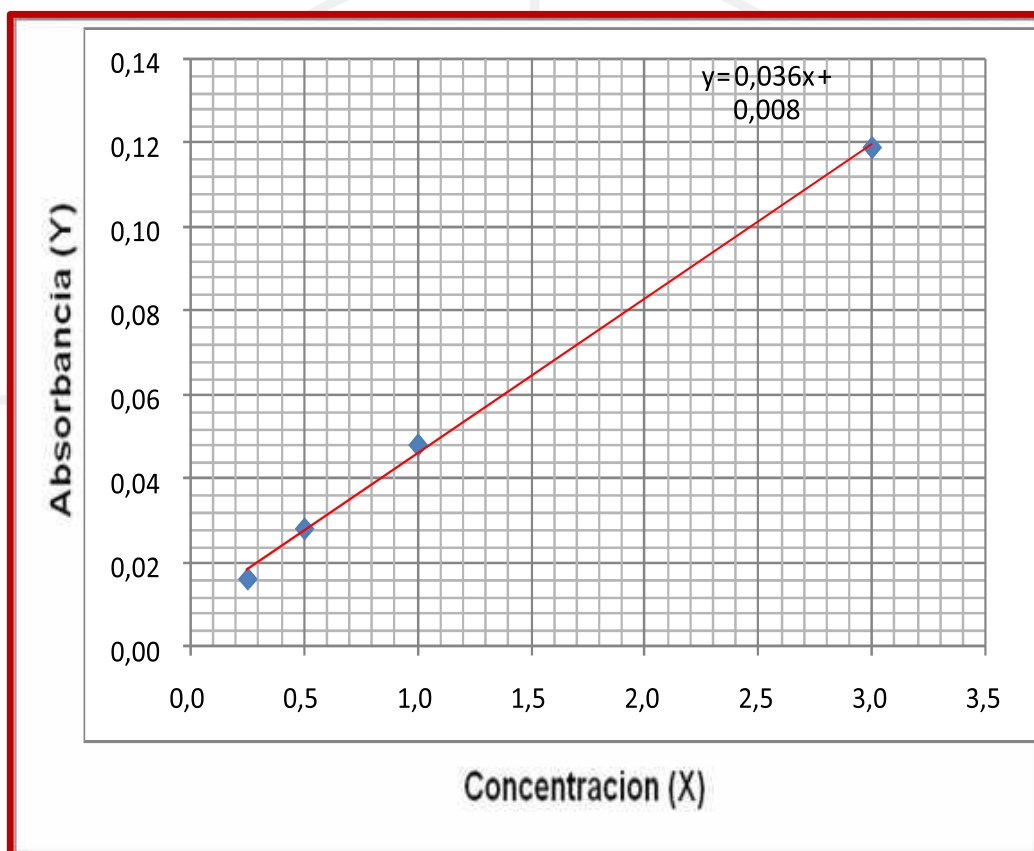
Donde:

A: Intercepto

B: Pendiente

r: Coeficiente de correlación

**Gráfico 1. Curva de calibración de estándares de plomo en juguetes de color rojo**



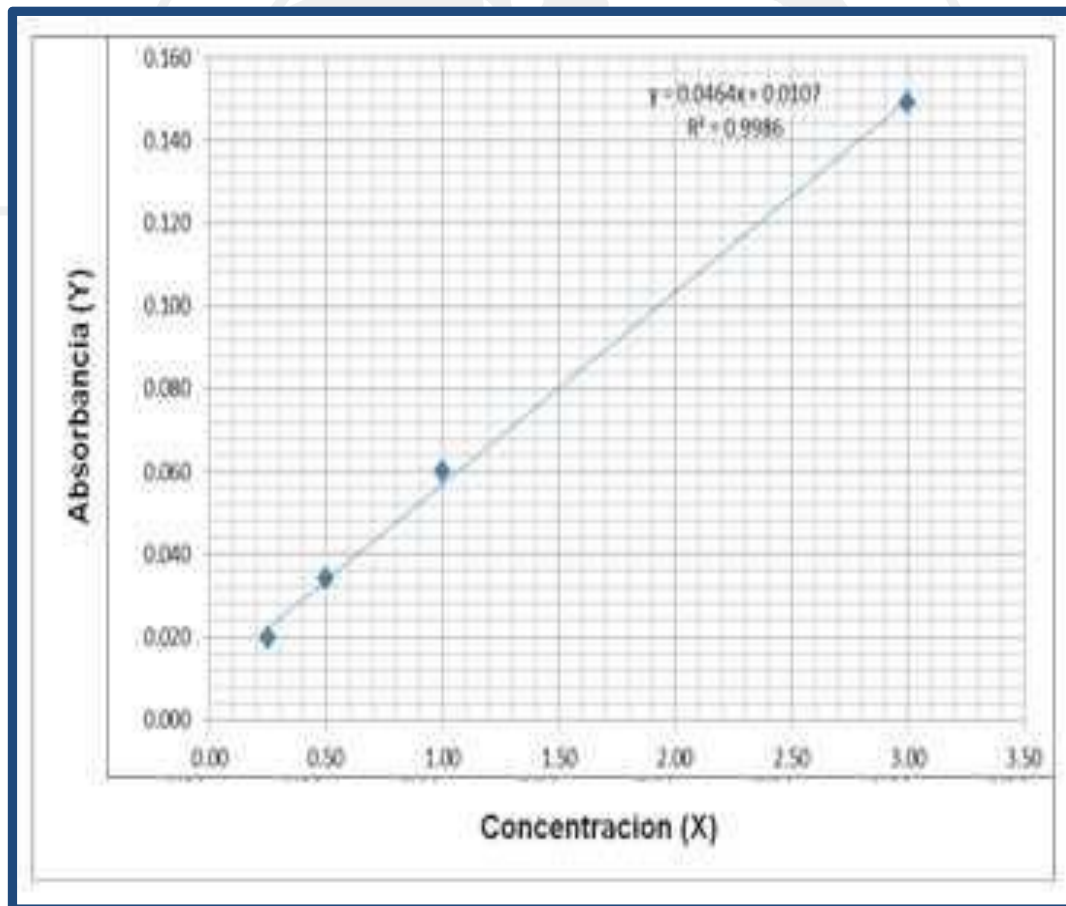
Curva de calibración resultados en juguetes azules

PLOMO	
Concentración (X)	Absorbancia (Y)
0.25ppm	0.020
0.50ppm	0.034
1ppm	0.060
3ppm	0.149

A	0.01067224
B	0.04638127
r	0.99927899

Gráfico 2. Curva de calibración de estándares de plomo en juguetes de color azul





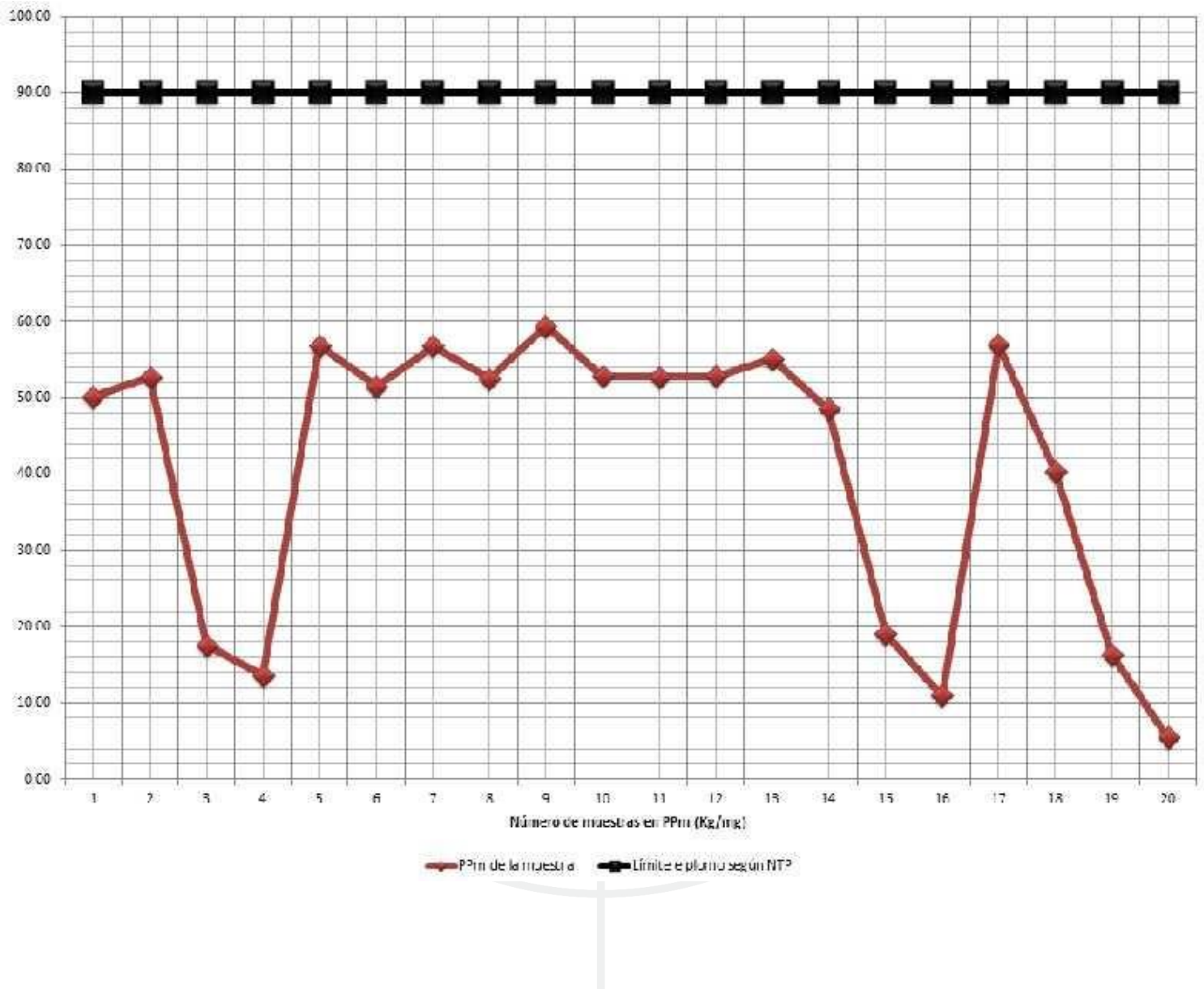
## VI. RESULTADOS

Tabla 1. Valor de plomo en ppm obtenido de los juguetes de color rojo

Muestra	Peso	Absorbancia	Concentración inicial	volumen	mg/Kg
Nº 01	1.0020	0.046	1,0046212	50	50.13
Nº 02	1.0048	0.048	1,0588075	50	52.69
Nº 03	1.0081	0.022	0,3543856	50	17.58
Nº 04	1.0050	0.019	0.2731062	50	13.59
Nº 05	1.0036	0.051	1.140087	50	56.80
Nº 06	1.0010	0.047	1.0317144	50	51.53
Nº 07	1.0040	0.051	1.140087	50	56.78
Nº 08	1.0080	0.048	1.0588075	50	52.52
Nº 09	1.0050	0.053	1.1942733	50	59.42
Nº 10	1.0031	0.048	1.0588075	50	52.78
Nº 11	1.0044	0.048	1.0588075	50	52.71
Nº 12	1.0032	0.048	1.0588075	50	52.77
Nº 13	1.0093	0.05	1.1129938	50	55.14
Nº 14	1.0069	0.045	0.9775281	50	48.54
Nº 15	1.0027	0.023	0.3814788	50	19.02
Nº 16	1.0008	0.017	0.2189199	50	10.94
Nº 17	1.0021	0.051	1.140087	50	56.88
Nº 18	1.0098	0.039	0.8149692	50	40.35
Nº 19	1.0019	0.021	0.3272925	50	16.33
Nº 20	1.0091	0.013	0.1105473	50	5.48

De acuerdo con los resultados mostrados, se pueden observar valores de ppm que van desde 5,48 ppm hasta 59,42 ppm en los juguetes de plástico armable de color rojo.

**Gráfico 3. Valores de plomo hallado en comparación con el límite de migración en plástico armable rojo**



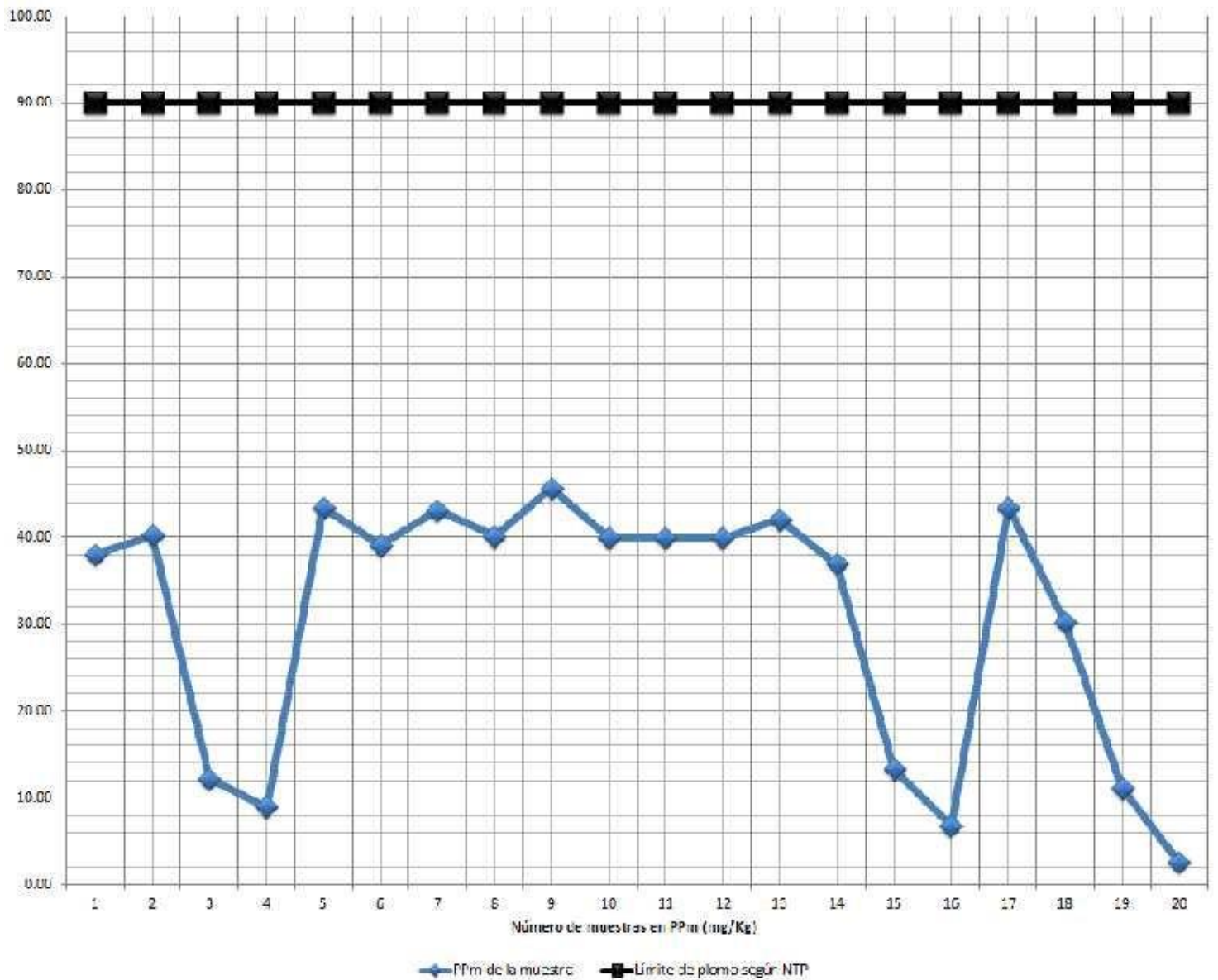
Se puede observar que los valores de plomo hallado en los juguetes de plástico armable rojo no llegan al valor límite establecido por la Norma Técnica.

**Tabla 2. Valor de plomo en ppm obtenido de los juguetes de color azul**

Muestra	Peso	Absorbancia	Concentración inicial	volumen	mg/Kg
Nº 01	1.0019	0.046	0,7616816	50	38.01
Nº 02	1.0010	0.048	0,8048024	50	40.20
Nº 03	1.0072	0.022	0,2442313	50	12.12
Nº 04	1.0033	0.019	0.17955	50	8.95
Nº 05	1.0023	0.051	0.8694837	50	43.37
Nº 06	1.0024	0.047	0.783242	50	39.07
Nº 07	1.0094	0.051	0.8694837	50	43.07
Nº 08	1.0043	0.048	0.8048024	50	40.07
Nº 09	1.0006	0.053	0.9126046	50	45.60
Nº 10	1.0081	0.048	0.8048024	50	39.92
Nº 11	1.0084	0.048	0.8048024	50	39.90
Nº 12	1.0089	0.048	0.8048024	50	39.89
Nº 13	1.0086	0.05	0.8479233	50	42.03
Nº 14	1.0030	0.045	0.7401211	50	36.90
Nº 15	1.0017	0.023	0.2657918	50	13.27
Nº 16	1.0035	0.017	0.1364292	50	6.80
Nº 17	1.0027	0.051	0.8694837	50	43.36
Nº 18	1.0090	0.039	0.6107586	50	30.27
Nº 19	1.0038	0.021	0.2226709	50	11.09
Nº 20	1.0013	0.013	0.0501875	50	2.51

Según los resultados mostrados, se pueden observar valores de ppm que van desde 2,51 ppm hasta 45,60 ppm en los juguetes de plástico armable de color azul.

**Gráfico 4. Valores de plomo hallado en comparación con el límite de migración en plástico armable azul**



Se puede observar que los valores de plomo hallado en los juguetes de plástico armable azul no llegan al valor límite establecido por la Norma Técnica.

## VII. DISCUSIÓN

El motivo del uso de estos juguetes como objeto de análisis se debe a su uso creciente por el público infantil, porque hay una compra masiva de cierto sector comercial por su bajo costo, variedad de colores (azul y rojo) y por la facilidad con que los niños puedan usar y absorber cantidades de plomo durante la manipulación de los mismos.

La Digesa ha exigido en múltiples ocasiones que a los juguetes se les realicen análisis de plomo, cromo y cadmio; por ello, muchas instituciones que lo ejecutan, como Inassa, SGS del Perú, Inertec y la Policía Nacional del Perú, acordaron medidas para realizar estas pruebas<sup>6</sup>.

Durante los últimos años, exactamente hasta el 14 de noviembre de 2010, la mayoría de juguetes que se vendían se encontraban altamente contaminados, con alrededor de un 13 % de exceso de plomo que las concentraciones máximas permitidas aprobadas. Por ello, se creyó conveniente evaluar las concentraciones de plomo, tomando muestras de dichos juguetes en las galerías de Mesa Redonda, centro mayorista por excelencia y que abastece los principales mercados de la capital.

Durante el proceso de clasificación de la muestra, se observó que los juguetes de plástico armable venían de dos colores, rojo y azul, motivo por el cual se sospechó la presencia de plomo, porque la alerta sanitaria N.º 001-2013-JUE-DIGESA reportó que usualmente los colores rojo y amarillo contenían mayor cantidad de plomo, ya que un análisis anterior indicó que el 57 % de juguetes poseen altos niveles de plomo, y los colores rojo y amarillo eran los más contaminados. Por ese motivo se decidió tomar ambos colores como referencia directa a esta alerta sanitaria<sup>1</sup>.

De los juguetes de plástico armable rojo y azul, se tomaron 20 muestras de cada color (20 rojos y 20 azules), con lo que se tuvo un total de 40. Ellos dieron como resultado en cantidad de plomo un valor mínimo de 2,51 ppm, y máximo, de 59,42 ppm; además, presentaron una disminución bastante notoria, en comparación de los valores de plomo presentados en investigaciones anteriores, ya que, durante 2007, muchos juguetes de manufactura china presentaron valores altos de plomo, llegando a superar los 180 a 600 ppm<sup>6</sup>. El 14 de noviembre de 2010, la Digesa reportó que algunos juguetes contaminados presentaron entre 10 % y 13 % de exceso de plomo, teniendo en cuenta que el límite permitido es de 90 ppm. En la presente investigación cuantificación se observó que ningún valor llegó o superó los 90 ppm, según muestran los gráficos 3 y 4.

Las concentraciones aceptables halladas en estos juguetes se deben a que durante las últimas navidades, la Digesa realizó campañas para disminuir la presencia de plomo en juguetes contaminados, dando como indicadores la forma del envase, la ausencia del número de lote, la ausencia de registro sanitario y la presencia de colores brillantes como el rojo y el amarillo, porque en la mayoría de los análisis realizados por Digesa se indicó que dichos colores daban los valores más altos de plomo<sup>1</sup>.

Estos resultados son confirmatorios, porque, de las 20 muestras de plástico de color rojo y de las 20 muestras de color azul analizadas, se encontró que el color rojo alcanzó un valor máximo de 59,42 ppm y uno mínimo de 5,48 ppm, a diferencia del color azul, que alcanzó un valor máximo de 45,60 ppm y uno mínimo de 2,51 ppm, lo que corrobora la información proporcionada en la alerta sanitaria N.º 001-2013-JUE-DIGESA<sup>1</sup>.

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1. Conclusiones

1. Las 40 muestras analizadas contienen plomo en concentraciones menores al valor permitido establecido por la metodología de análisis correspondiente a 90 ppm, según la Norma Técnica Peruana 324.001-3. Edición 2008<sup>20</sup>.
2. Se determinó que la concentración de plomo en juguetes de plástico armable de color rojo obtuvo un máximo de 59,42 y un mínimo de 5,48 ppm, con una desviación estándar de 41,10. Asimismo, en el caso de los juguetes de color azul se obtuvo un máximo de 45,60 y un mínimo de 2,51 ppm, con una desviación estándar de 30,82, por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica a la flama.
3. Las concentraciones de plomo obtenidas en los juguetes de plástico armable cumplen con las especificaciones permitidas según la Norma Técnica Peruana 324.001-3.

## 8.2. Recomendaciones

1. Evitar la compra de juguetes de plástico armable a niños menores de 6 años, ya que, cuánto más pequeño es el material del juguete, es mayor el riesgo de ingestión de plomo.
2. Verificar el rótulo de los juguetes antes de comprarlos, observando el sello, el número de lote y, sobre todo, el registro sanitario, el cual debe estar impreso en la caja, no etiquetado o pegado.
3. Tener mucho cuidado cuando el juguete posea colores muy fuertes, como amarillo o rojo, ya que existe una alta probabilidad de que existan trazas de plomo, lo que aumenta el riesgo de una mayor contaminación.
4. Es importante comprar juguetes en lugares autorizados, como jugueterías o supermercados, ya que estas empresas presentan análisis realizados en los diversos laboratorios de calidad, como la Digesa, asegurando la inocuidad de los mismos, a diferencia de los que se venden en mercados populares, que traen dicho juguetes de contrabando, con lo que evaden tanto los impuestos como los análisis requeridos.
5. Durante las fiestas navideñas, es importante prestar atención a las campañas dirigidas por la Digesa, como la llamada Juguetes Saludables, las cuales ofrecen orientación y consejos a la hora de comprar juguetes durante esas fechas.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. RPP Noticias. Identifique los juguetes con alto contenido de plomo. [Referido en noviembre de 2010]. Disponible en [http://www.rpp.com.pe/2010-11-03-identifique-los-juguetes-con-alto-contenido-de-plomo-noticia\\_307881.html](http://www.rpp.com.pe/2010-11-03-identifique-los-juguetes-con-alto-contenido-de-plomo-noticia_307881.html)
2. Gisbert Calabuig J. & Villanueva Canadas E. (2005). *Medicina legal y toxicología*. (6.<sup>a</sup> ed.). España: Masson.
3. New York State Department of Health. Questions and Answers. [Referido en enero de 2012]. Disponible en [http://www.health.ny.gov/es/environmental/lead/recalls/questions\\_and\\_answers.htm](http://www.health.ny.gov/es/environmental/lead/recalls/questions_and_answers.htm)
4. *Falta control en venta e importación de juguetes*. (2007). [Referido en enero de 2012]. Disponible en <http://peru21.pe/noticia/37788/falta-control-venta-importacion-juguetes>
5. Incautan juguetes chinos por US\$ 200 mil. (24 de noviembre de 2010). [Referido en marzo de 2012]. Disponible en <http://peru21.pe/noticia/673861/decomisan-juguetes-chinos-us200-mil>
6. Digesa toma medidas temporales mientras laboratorios se adecuan a la Norma. [Referido en febrero de 2012]. Disponible en <http://elcomercio.pe/edicionimpresa/html/2007-09-25/imeclima0789482.html>
7. Toxic Toys: Why Europe's Children Are Safer Than Ours. (11 de mayo de 2007). [Referido en diciembre de 2011]. Disponible en <http://web.ebscohost.com/ehost/detail?vid=4&hid=19&sid=38160127-7a56-467f834aadab9cd639a40sessionmgr11&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=aph&AN=27096545>

8. States take the lead for safer toys. (Junio de 2008). [Referido en noviembre de 2011]. Disponible en [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Haebler%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor\\_uid=18592874](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Haebler%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18592874)
9. Normativa para el control del plomo en los productos para niños. (Diciembre de 2009). [Referido en diciembre de 2011]. Disponible en [http://www.cpsc.gov/webcast/lead\\_sp.pdf](http://www.cpsc.gov/webcast/lead_sp.pdf)
10. Instituto nacional de ecología. (2010). *Estudios de caso Pb, Cd y proyecciones para Hg*. [Referido en diciembre de 2011]. Disponible en [http://www.chem.unep.ch/Pb\\_and\\_Cd/Documents/LAC\\_Study/07\\_Presentacion.pdf](http://www.chem.unep.ch/Pb_and_Cd/Documents/LAC_Study/07_Presentacion.pdf)
11. El Comercio. (Noviembre de 2010). Infografía: sepa qué juguetes no son aptos para menores por su alto nivel de plomo. [Referido en diciembre de 2011]. Disponible en <http://elcomercio.pe/lima/668878/noticia-infografia-sepa-que-juguetes-no-son-aptos-menores-su-alto-nivel-plomo>
12. Muestreo detecta plomo y otros químicos peligrosos en juguetes en EE. UU. [Referido en enero de 2012]. Disponible en <http://www.salud.com/salud-infantil/muestreo-detecta-plomo-y-otros-quimicos-peligrosos-juguetes-eeuu.asp>
13. Juguetes tóxicos. (21 de setiembre de 2007). [Referido en febrero de 2012]. Disponible en <http://connection.ebscohost.Com/c/articles/27134075/toxic-toys>
14. School Library Journal. (15 de setiembre de 2012). *Revisiones sobre juguetes tóxicos*. [Referido en marzo de 2012]. Disponible en [http://www.Schoollibraryjournal.com/slj/printissue/currentissue/864948-427/toxic\\_toys\\_recalled.html.csp](http://www.Schoollibraryjournal.com/slj/printissue/currentissue/864948-427/toxic_toys_recalled.html.csp)
15. Incautan 197 mil juguetes chinos. (31 de octubre de 2007). [Referido en marzo de 2012]. Disponible en <http://www.larepublica.pe/31-10-2007/incautan-197-mil-juguetes-chinos>

16. Cuidado con los juguetes que compre por Navidad. (16 de noviembre de 2009). [Referido en marzo de 2012]. Disponible en <http://peru21.pe/noticia/369821/cuidado-juguetes-que-compre-navidad>
17. *Hoja de seguridad XXIII. Plomo y sales de plomo*. [Referido el 23 de enero de 2013]. Disponible en <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/23plomo.pdf>
18. Bataller R. (2004). *Toxicología clínica*. España: Universidad de Valencia.
19. Córdova D. (2001). *Toxicología*. (5.ª ed.). Barcelona: Masson.
20. Ubillus Limo J. (2003). *Estudio sobre la presencia del plomo en el medio ambiente de Talara en el año 2003*; 2:1.
21. Norma Técnica Peruana N.º 324.001-3. (2008). Seguridad de los juguetes. Parte 3: Migración de ciertos elementos; 10-34. [Citado el 22 de enero de 2013]. Disponible en [http://www.indecopi.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE\\_DetallarProducto.aspx?PRO=5080](http://www.indecopi.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=5080)
22. Calderon J. (1997). *Efectos del plomo sobre la salud: el plomo y lactancia. Avance y perspectiva*. México: Biblat.
23. Ignacio Ascione A. *Intoxicación por plomo en pediatría*. [Referido en enero de 2013]. Disponible en [http://www.sup.org.uy/Archivos/Pediatria72\\_2/pdf/nacho.pdf](http://www.sup.org.uy/Archivos/Pediatria72_2/pdf/nacho.pdf)

ANEXO

Preparación y análisis de las muestras de ensayo

