



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

**“Determinación de Arsénico, Cadmio y Plomo en especias en polvo: Ají Paprika (*Capsicum annuum*, L.), Ají Panca (*Capsicum chinense*), Pimienta (*Piper nigrum*) y Comino (*Cuminum cyminum*), expendidos en el Mercado Caquetá-San Martín de Porres, Lima en el periodo Enero- 2018”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL**  
**DE QUÍMICO FARMACÉUTICO**

**Presentado por:**

Br.: Llallahui Murga, Fiorella Margoth

Br.: Quispe Huisa, Luisa

**Asesor:**

**Mg. Jesús Víctor Lizano Gutiérrez**

LIMA-PERÚ

2018

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE GRAFICOS</b> .....	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IV</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	<b>2</b>
1.2. OBJETIVOS.....	<b>3</b>
1.2.1. Objetivo General.....	<b>3</b>
1.2.2. Objetivos Específicos.....	<b>4</b>
1.3. HIPÓTESIS.....	<b>5</b>
1.3.1. Hipótesis General.....	<b>5</b>
1.3.2. Hipótesis Específicas.....	<b>5</b>
1.4. VARIABLES.....	<b>6</b>
1.4.1. Variable Independiente.....	<b>6</b>
1.4.2. Variable Dependiente.....	<b>6</b>
1.4.3. Indicadores.....	<b>7</b>
<b>II. MARCO TEORICO</b> .....	<b>8</b>
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	<b>8</b>
2.2. BASE TEÓRICA.....	<b>10</b>
2.2.1. Especies y Hierbas aromáticas.-.....	<b>10</b>
2.2.1.1. Ají Paprika (Capsicum annuum, l.).....	<b>11</b>
2.2.1.2. Ají Panca (Capsicum chinense),.....	<b>12</b>
2.2.1.3. Pimienta (Piper nigrum).....	<b>12</b>
2.2.1.4. Comino (Cuminum cyminum).....	<b>13</b>
2.2.2. Metales pesados.....	<b>14</b>
2.2.2.1. Arsénico(As).....	<b>15</b>
2.2.2.1.1 Generalidades.....	<b>15</b>
2.2.2.1.2. Propiedades fisicoquímicas.....	<b>15</b>
2.2.2.1.3. Toxicocinética.....	<b>16</b>
2.2.2.1.4. Efectos en la salud.....	<b>18</b>
2.2.2.2. Cadmio (Cd).....	<b>19</b>
2.2.2.2.1. Generalidades.....	<b>19</b>
2.2.2.2.2. Propiedades fisicoquímicas.....	<b>20</b>
2.2.2.2.3. Fuentes de exposición.....	<b>20</b>

2.2.2.2.4. Toxicocinética.....	21
2.2.2.2.5 Efectos de salud .....	22
2.2.2.3. Plomo (Pb).....	22
2.2.2.3.1. Generalidades.....	22
2.2.2.3.2. Propiedades fisicoquímicas.....	23
2.2.2.3.3 Fuentes de exposición.....	23
2.2.2.3.4 Toxicocinética.....	24
2.2.2.3.5 Efectos en la salud .....	25
<b>III. PARTE EXPERIMENTAL .....</b>	<b>27</b>
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.2. MÉTODO.....	27
3.2.1. Espectrometría de Absorción Atómica.....	28
3.2.2. Espectroscopia de Horno de Grafito .....	28
3.2.3. Espectrometría de absorción atómica de Generación de Hidruros .....	29
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO .....	30
3.3.1. Población .....	30
3.3.2. Materiales. ....	30
3.4. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	32
3.4.1. Técnica Operatoria .....	32
3.4.2. Instrumentos.....	32
3.4.3. Procesamiento de la muestra.....	32
3.4.3.1. Limpieza y acondicionamiento del material.....	32
3.4.3.2. Digestión por Microondas .....	33
DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO, PLOMO Y CADMIO.....	33
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>45</b>
<b>V. DISCUSIONES .....</b>	<b>58</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>64</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>66</b>
<b>XI. ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

## **DEDICATORIA**

Dedicado a Dios por haberme regalado la vida y guiar mí camino,  
A mis queridos padres por confiar siempre en mí y darme aliento  
Para nunca rendirme, a mis hermanas por estar siempre a mi lado.

**FIGRELLA LLALLAHUI M.**

La presente tesis está dedicada a Dios ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera. A mi familia que estuvo a mi lado brindándome su apoyo y cariño, A mi otra gran familia Casa Hogar Juan Pablo II por hacer de mí una mejor persona y mostrarme el camino hacia la superación.

**LUISA QUISPE HUISA**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios nuestro señor por darnos fuerza y salud para poder culminar de manera exitosa el camino trazado, a nuestra alma mater Universidad Norbert Wiener por haber sido nuestro segundo hogar.

Al Q.F. Tox. Jesús Víctor Lizano Gutiérrez por su incesable y constante apoyo por compartir sus conocimientos aportando contenido interesante siendo muy paciente, agradecer su tiempo y dedicación.

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1:</b> Niveles de arsénico, cadmio y plomo en especias en polvo: ají paprika ( <i>Capsicum annuum, l.</i> ), ají panca ( <i>Capsicum chinense</i> ), pimienta ( <i>Piper nigrum</i> ) y comino ( <i>Cuminum cyminum</i> ).....	<b>45</b>
<b>Tabla 2:</b> Porcentaje de muestras de Especias en polvo que superan el parámetro establecido de arsénico en la Organización Mundial de la Salud.....	<b>47</b>
<b>Tabla 3:</b> Porcentaje de muestras de Especias en polvo que superan el parámetro establecido de cadmio en la Organización Mundial de la Salud.....	<b>51</b>
<b>Tabla 4:</b> Porcentaje de muestras de Especias en polvo que superan el parámetro establecido de plomo en la Organización Mundial de la Salud.....	<b>54</b>

## ÍNDICE DE GRAFICOS

	<b>Pág.</b>
<b>Gráfico 1</b> : Curva de Calibración de Plomo .....	<b>37</b>
<b>Gráfico 2</b> : Curva de Calibración de Cadmio .....	<b>41</b>
<b>Gráfico 3</b> : Curva de Calibración de Arsénico .....	<b>44</b>
<b>Gráfico 4</b> : Niveles de arsénico según códigos de especias en polvo expandidas en mercado Caquetá-San Martin de Porres, período Enero 2018.....	<b>46</b>
<b>Gráfico 5</b> : Niveles de arsénico en especias en polvo expandidas en el mercado Caquetá-San Martin de Porres comparado con los parámetros establecidos de la Organización Mundial de Salud.....	<b>47</b>
<b>Gráfico 6</b> : Niveles de cadmio según códigos de especias en polvo expandidas en mercado Caquetá-San Martin de Porres, período Enero 2018.....	<b>49</b>
<b>Gráfico 7</b> : Niveles de cadmio en especias en polvo expandidas en el mercado Caquetá-San Martin de Porres comparado con los parámetros establecidos de la Organización Mundial de Salud.....	<b>50</b>
<b>Gráfico 8</b> : Niveles de plomo según códigos de especias en polvo expandidas en mercado Caquetá-San Martin de Porres, período Enero 2018.....	<b>52</b>
<b>Gráfico 9</b> : Niveles de plomo en especias en polvo expandidas en el mercado Caquetá-San Martin de Porres comparado con los parámetros establecidos de la Organización Mundial de Salud.....	<b>53</b>
<b>Gráfico 10</b> : Coeficiente de correlación Pearson entre los niveles de arsénico y cadmio de las muestras de especias en polvo expandidas en el mercado Caquetá – San Martin de Porres, período Enero 2018. ....	<b>55</b>
<b>Gráfico 11</b> : Coeficiente de correlación Pearson entre los niveles de cadmio y plomo de las muestras de especias en polvo expandidas en el mercado Caquetá – San Martin de Porres, período Enero 2018. ....	<b>56</b>
<b>Gráfico 12</b> : Coeficiente de correlación Pearson entre los niveles de arsénico y plomo de las muestras de especias en polvo expandidas en el mercado Caquetá – San Martin de Porres, período Enero 2018. ....	<b>57</b>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó para evaluar la concentración de arsénico, cadmio y plomo en especias en polvo: ají paprika (*Capsicum annuum, L.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*), expendidos en el mercado Caquetá-San Martín de Porres, Lima en el periodo enero-2018. La concentración de metales pesados fue determinada por el Método de Espectrometría de Absorción Atómica. Los valores de metales encontrados en las muestras de especias en polvo, son de Arsénico un valor promedio de 0.46 ppm, con un valor mínimo de 0.12 ppm , y un valor máximo de 1.59 ppm, de Cadmio un valor promedio de 0.19 ppm, con un valor mínimo de 0.09 ppm, y valor máximo de 0.35 ppm y de Plomo un valor promedio de 3.99 ppm, con un valor mínimo de 1.26 ppm, y valor máximo de 6.54 ppm. Los resultados indican que las muestras de especias en polvo analizadas contienen concentración de metales que superan los parámetros establecidos por la Organización Mundial de Salud, lo cual nos permite concluir que las especias en polvo están contaminadas con estos metales y pueden repercutir en la salud de las personas que las ingieran.

**Palabras clave:** Arsénico, cadmio, plomo, Organización Mundial de la Salud, absorción atómica.

(Fuente: Bireme - DeCS – Descriptores en salud).



## ABSTRACT

The present research work was conducted to evaluate the concentration of arsenic, cadmium and lead in powdered spices: ají paprika (*Capsicum annuum*, L.), ají panca (*Capsicum chinense*), pepper (*Piper nigrum*) and cumin (*Cuminum cyminum*), sold in the Caquetá-San Martín de Porres market, Lima in the period January-2018. The concentration of heavy metals was determined by the Atomic Absorption Spectrometry Method. The values of metals found in the samples of powdered spices are of Arsenic an average value of 0.46 ppm, with a minimum value of 0.12 ppm, and a maximum value of 1.59 ppm, of Cadmium an average value of 0.19 ppm, with a minimum value of 0.09 ppm, and maximum value of 0.35 ppm and Lead an average value of 3.99 ppm, with a minimum value of 1.26 ppm, and a maximum value of 6.54 ppm. The results indicate that the samples of powdered spices analyzed contain a concentration of metals that exceed the parameters established by the World Health Organization, which allows us to conclude that powdered spices are contaminated with these metals and can affect the health of people who ingest them.

**Key words:** Arsenic, cadmium, lead, World Health Organization, Spectrophotometry atomic.

(Fuente: Mesh NLM).

## I. INTRODUCCIÓN

Metal pesado termino que refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones muy bajas. Los metales pesados y algunos metaloides, incluyendo el mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), talio (Tl), y plomo (Pb), entre otros. <sup>(1)</sup> Se encuentran generalmente como parte de la composición de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos. No tiene la posibilidad de ser degradados o destruidos de forma sencilla o de forma natural o biológica y no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos. <sup>(2)</sup>

Las partes de las especies vegetales o la especie completa que se emplean para la preparación de especias pueden desecarse natural o artificialmente, mientras que se tomen medidas adecuadas para impedir que la materia prima pueda contaminarse o alterarse a lo largo de la elaboración. Por ejemplo, si es de forma natural, éstas no deben tener contacto directo con la tierra y deben permanecer protegidas. A fin de evitar el desarrollo de microorganismos, sobre todo del moho que produce micotoxinas, deberá alcanzarse un nivel de humedad que impida su crecimiento. En algunos países es una práctica común secar las especias al sol y la intemperie, por lo tanto, es probable que el producto tenga una mayor contaminación. <sup>(3)</sup>

Estos metales pesados absorbidos por las plantas son generalmente el primer paso para la entrada de éstos en la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación dependen en primera instancia del movimiento (movilidad de las especies) de los metales desde la solución en el suelo a la raíz de la planta. En plantas, el criterio de bioacumulación tiene relación a la adición de contaminantes; algunos de ellos son más susceptibles a ser fitodisponibles que otros. <sup>(4)</sup>

Es así que, esta investigación tiene como finalidad dar a conocer los valores de Arsénico, Cadmio y Plomo en especias en polvo expandidas en mercado Caquetá-San Martín de Porres, en la actualidad no existen parámetros que regulen los niveles de estos contaminantes en este tipo de alimentos, es así que dar a conocer los niveles reales de estos, serviría de base para futuras regulaciones y sobre todo alertar a la población sobre la presencia de estos metales mencionados, debido a los posibles riesgos que puedan ocasionar en la salud humana si su consumo es continuo por mucho tiempo.

## **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El uso de las plantas aromáticas y especias en la cocina, constituye un principio básico para la aplicación de una alimentación natural. Las plantas aromáticas son especialmente ricas en aceites esenciales, los cuales son mezclas de diversas sustancias químicas que poseen innumerables efectos medicinales: antimicrobianos, antiparasitarios, expectorantes, cicatrizantes, antiinflamatorios y diuréticos. <sup>(5)</sup>

En los últimos años el cultivo de estas plantas ha logrado un interés creciente en nuestro país, son fuentes de muchos compuestos bioactivos que pueden mejorar el sabor de los alimentos, el metabolismo de la digestión y tener muchos beneficios, pero también pueden contener productos químicos tóxicos derivados del medio ambiente, condiciones de producción, procesamiento y almacenamiento. <sup>(6)</sup>

Por estudios se sabe que estas plantas para su nutrición requieren una cierta cantidad de elementos traza, que responden de manera diferente a un suministro mejorado o disminuido de elementos traza, y que, en algunos casos, los productos agrícolas pueden estar contaminados con metales pesados tóxicos. Entre estos encontramos a los metales pesados como Plomo, Cadmio y Arsénico los niveles elevados de estos metales pesados tienden a acumularse en la superficie del suelo quedando accesibles al consumo para las raíces de los cultivos. Esto podría impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud debido a que éstos se mueven por medio de la cadena alimenticia tanto vía consumo de plantas como por el consumo de animales que fueron alimentados con éstos productos. <sup>(7,8)</sup>

Los metales pesados pueden llegar a ser tóxicos cuando no son metabolizados por el cuerpo y se acumulan en los tejidos blandos <sup>(9)</sup>. Esta acumulación de horas extras puede dar lugar a varias enfermedades como la reducción de la función neuropsicológica y la inhibición de la biosíntesis del grupo hemo que son causadas por el alto nivel de plomo en el sistema nervioso central y el sistema sanguíneo, respectivamente; disfunción nefritis tubular y ligera anemia

causada por el cadmio en el sistema renal y el sistema sanguíneo, respectivamente; La cirrosis y la mucosa oral o nasal causadas por el arsénico etc. <sup>(10)</sup>.

Sin embargo, la contaminación del producto alimenticio por metales pesados se está convirtiendo en un problema inevitable en estos días. Aire, la tierra y la contaminación del agua contribuyen a la presencia de elementos nocivos, como el cadmio, el plomo, y el arsénico en materia de alimento, incluyendo las especias en polvo.

En el Perú, no existe una Norma Técnica Peruana sobre el límite máximo permisible de los metales como arsénico, cadmio y plomo en especias en polvo, por lo cual se propone realizar un estudio en los mercados de Lima Metropolitana, cuyos resultados se podrá comparar con parámetros establecidos en la Organización Mundial de la Salud (OMS). Este estudio pretende despertar el interés de las autoridades competentes en la instauración de una norma técnica peruana y así mismo supervisar y controlar los distintos mercados que expenden este producto con altas concentraciones de metales, originando riesgo a la salud de la población.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General.**

- Determinar el contenido de Arsénico, Plomo, Cadmio en las especias: ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*) expandidos en los mercados Caquetá – San Martín de Porres, Lima durante el período de enero - 2018.

### 1.2.2. Objetivos Específicos.

- Determinar la concentración de cadmio en las especias: ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*) expendidos en el mercado Caquetá – San Martín de Porres, Lima durante el período de enero - 2018.
- Comparar los resultados de Cadmio en ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*) con los L.M.P (0.2 ppm) dados por la O.M.S.
- Determinar la concentración de plomo en las especias: ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*) expendidos en el mercado Caquetá – San Martín de Porres, Lima durante el período de enero - 2018.
- Comparar los resultados de Plomo en ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*) con los L.M.P (5.0 ppm) dados por la O.M.S.
- Determinar la concentración de arsénico en las especias: ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*) expendidos en el mercado Caquetá – San Martín de Porres, Lima durante el período de enero - 2018.
- Comparar los resultados de Arsénico en ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*) con los L.M.P (1.0 ppm) dados por la O.M.S.
- Establecer la correlación de arsénico y cadmio en las especias: ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper*

*nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*) expendidos en el mercado Caquetá – San Martín de Porres, Lima durante el período de enero - 2018.

- Establecer la correlación de cadmio y plomo en las especias: ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*) expendidos en el mercado Caquetá – San Martín de Porres, Lima durante el período de enero - 2018.
- Establecer la correlación de arsénico y plomo en las especias: ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*) expendidos en el mercado Caquetá – San Martín de Porres, Lima durante el período de enero - 2018.

### **1.3. HIPÓTESIS.**

#### **1.3.1. Hipótesis General.**

- Las especias en polvo expandidas en el mercado de Caquetá – San Martín de Porres: ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*) presentan Arsénico, Plomo y Cadmio en concentraciones que superan el LMP dados por la OMS.

#### **1.3.2. Hipótesis Específicas.**

- La concentración de Arsénico en las especias en polvo expandidas en el mercado de Caquetá – San Martín de Porres: ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*) superan el límite máximo establecido por la Organización Mundial de la Salud.
- La concentración de Plomo en las especias en polvo expandidas en el mercado de Caquetá – San Martín de Porres: ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y

comino (*Cuminum cyminum*) superan el límite máximo establecido por la Organización Mundial de la Salud.

- La concentración de Cadmio en las especias en polvo expandidas en el mercado de Caquetá – San Martín de Porres: ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*) superan el límite máximo establecido por la Organización Mundial de la Salud.
- Existe relación entre las concentraciones de Arsénico y Cadmio en las especias en polvo expandidas en el mercado de Caquetá – San Martín de Porres: ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*).
- Existe relación entre las concentraciones de Cadmio y Plomo en las especias en polvo expandidas en el mercado de Caquetá – San Martín de Porres: ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*).
- Existe relación entre las concentraciones de Arsénico y Plomo en las especias en polvo expandidas en el mercado de Caquetá – San Martín de Porres: ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*).

#### **1.4. VARIABLES.**

##### **1.4.1. Variable Independiente.**

- Especias en polvo ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*) en el mercado de Caquetá - San Martín de Porres.

##### **1.4.2. Variable Dependiente.**

- Concentración de Arsénico, cadmio y plomo.

### **1.4.3.Indicadores**

#### **Organización Mundial de la Salud**

- **Arsénico:** 1.0 ppm
- **Cadmio:** 0,2 ppm
- **Plomo:** 5,0 ppm



## II. MARCO TEORICO

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

**Guiseppe, D; Annuario, G; Albergamo, A. (2016) Italia**, se realizó un estudio cuyo objetivo fue determinar el contenido de Cd, Hg, As y Pb en las especias comunes comercializadas en el mercado italiano, empleando espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). Los resultados fueron contrastados con los límites máximos establecidos por el Decreto Legislativo nacional N° 107 que aplica el Consejo Directivo 88/388 / CEE y por organizaciones internacionales, como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). La inocuidad de los alimentos para las especias se evaluó teniendo en cuenta la tolerancia Ingesta semanal (TWI) y la ingesta semanal tolerable provisional (PTWI) respectivamente para Cd y Hg y el límite de confianza del 95% más bajo de la dosis de referencia del 1% de riesgo adicional (BMDL<sub>01</sub>) para As y Pb. Los elementos investigados se encontraban en todas las muestras dentro de los límites máximos establecidos por las autoridades nacionales e internacionales y las instituciones normativas. Sin embargo, el contenido de metales pesados de algunas especias excedió el PTWI, TWI y BMDL<sub>01</sub>, que necesita atención cuando se considera la salud del consumidor. <sup>(11)</sup>

**Dghaim, R; Al Khatib, S; Rasool, H. (2015) Emiratos Árabes Unidos**, se realizó un estudio que tuvo como objetivo determinar la concentración de metales pesados en hierbas tradicionales seleccionadas, consumidas en los Emiratos Árabes Unidos (EAU). Un total de 81 muestras de siete hierbas, perejil (*Petroselinum crispum*), albahaca (*Ocimum basilicum*), salvia (*Salvia officinalis*), orégano (*Origanum vulgare*), menta (*Mentha spicata*), tomillo (*Thymus vulgaris*) y manzanilla (*Matricaria chamomilla*), se compraron al mercado en Dubai y analizados por sus contenidos de cadmio, plomo, cobre, hierro y zinc. Se aplicó digestión asistida por microondas para la disolución de las muestras y la concentración de metales pesados se determinó mediante espectrometría de absorción atómica (AAS). Se encontró que los metales estaban presentes en concentraciones variadas en las muestras de hierbas.

Los rangos de concentración se encontraron de la siguiente manera: menos que  $0.1-1.11\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  para cadmio, menos de  $1.0-23.52\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  para plomo,  $1.44-156.24\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  para cobre,  $12.65-146.67\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  para zinc, y  $81.25 - 1101.22\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  para hierro. Los hallazgos del estudio sugieren que la mayoría de las hierbas analizadas contenían niveles inseguros de metales pesados que excedieron los límites permisibles de la Organización Mundial de la Salud (OMS).<sup>(12)</sup>

**Farhin, I.(2013) India**, se estudiaron cinco de las especias y hierbas usadas más popularmente para determinar el contenido de Pb, Cd, As, Hg, Mn, Cu, Co, Se, Ni, Cr. Esto se analizó utilizando el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (AAS). Los resultados se compararon con los estándares de seguridad (OMS). La concentración promedio de metales pesados como Pb varió de  $3.3\text{ppm}-4.59\text{ppm}$ , Cd varió de  $0.04\text{ppm}-0.4\text{ppm}$ . La concentración de As fue de  $0.7\text{ppm} - 1.5\text{ppm}$ , la concentración de Se varió de insignificante a  $2.26\text{ppm}$ , Mn osciló entre  $28.73\text{ppm} - 562.6\text{ppm}$ , el Ni se encontró entre  $2.82\text{ppm} - 5.76\text{ppm}$ , El Cu se encontró en un rango de  $2.30\text{ppm} - 19.69\text{ppm}$  en *Cinnamomum zeylanicum*, *Myristica fragrans*, *Ocimum sanctum*, *Syzygium aromaticum* y *Cinnamomum tamala* en donde la mayoría de ellos estaban dentro de los límites permisibles.<sup>(13)</sup>

**Divrikli, U; Horzum, N; Soylak, M. (2006) Turquía**, se evaluaron los niveles de metales traza en once especias diferentes y especies de plantas de hierbas del oeste de Anatolia, Turquía. Se determinaron mediante espectrometría de absorción atómica. El contenido de elementos metálicos a nivel de traza en las muestras de hierbas se encontró en los rangos:  $3.8 - 35.4\text{ppm}$  para Cobre,  $0.2 - 2.7\text{ppm}$  para Cadmio,  $0.1 - 2.8\text{ppm}$  para Plomo,  $1.4 - 11.3\text{ppm}$  para Níquel,  $0.1 - 9.7\text{ppm}$  para Cromo,  $30.0 - 945.3\text{ppm}$  para Hierro,  $7.9 - 152.5\text{ppm}$  para Manganeso y  $5.2 - 83.7\text{ppm}$  para Zinc.<sup>(14)</sup>

**Krepjpcio, Z; Krol, E; Sionkowski, S (2006) Polonia**, se realizó un estudio cuyo objetivo fue determinar los contenidos de Pb, Cd, Zn y Cu en las especias y hierbas más populares utilizadas en la cocina polaca. El contenido de estos metales se analizó mediante el método AAS. Los resultados se compararon con los estándares de seguridad establecidos por el Ministerio de Salud Nacional. Se encontraron cantidades excesivas de Pb en 40% de albahaca, 42% de canela, 25% de ajedrea y 6% de las muestras de cebolla

seca. Se detectaron niveles aumentados de Cd en 20% de albahaca, 25% de ajedrea y 42% de las muestras de canela. Los niveles de Zn y Cu en todas las hierbas y especias estuvieron dentro de los límites seguros:<sup>(15)</sup>

## **2.2. BASE TEÓRICA**

### **2.2.1. Especias y Hierbas aromáticas. -**

Las distintas especias y hierbas comestibles desecadas, tienen elementos, fragantes, aromáticos o pungentes, que se usan para mejorar aroma, o color cuando se añade a los preparados alimenticios, tanto de forma entera, quebrada o molida. Pueden incluir muchas partes de la planta (hierba), así como arilos, corteza de árboles, bayas, yemas, bulbos, hojas, rizomas, raíces, semillas, estigmas, vainas, resinas, frutas o meristemas apicales.<sup>(16)</sup>

La producción, preparación y empaquetado de las especias y hierbas aromáticas desecadas es muy complicada. Entre otras cosas, las plantas (materia prima) de las que se originan las especias y hierbas aromáticas desecadas son cultivadas en una extensa variedad de países y en varios tipos distintos de granjas. Las prácticas agrícolas para cultivar las materias primas para las especias y hierbas aromáticas desecadas además varían extensamente desde el empleo de prácticas completamente artesanales hasta aquellas altamente mecanizadas. El proceso de desecado de la materia prima vegetal puede ser llevado a cabo de forma mecánica (para un secado rápido) o naturalmente (por ej., secado prolongado bajo el sol, por numerosos días). La distribución y cadena de preparación para las especias y hierbas aromáticas desecadas es además enormemente complicada y puede conllevar extensos períodos de tiempo e incluir un mayor número de establecimientos. Por ejemplo: las especias y hierbas aromáticas secas cultivadas en pequeñas áreas agrícolas pueden pasar a través de múltiples etapas de recolección y consolidación antes de llegar a un procesador y empacador de la especia o al preparador de alimentos. El procesamiento de un producto desecado en general involucra: la limpieza (por ej. la selección, separación para eliminar elementos no

deseadas), clasificación, y algunas veces el remojado, corte, secado y en otras ocasiones la molienda o descascarado. Algunas especias y hierbas aromáticas desecadas muchas veces son sometidas a tratamientos para disminuir la contaminación microbiana, típicamente tratándolos con gas (por ej., óxido de etileno), o por medio de irradiación. La elaboración y envasado o re-ensado también pudiera llevarse a cabo en diferentes lugares a lo largo de periodos prolongados, visto que las especias y hierbas aromáticas desecadas se preparan para diversos propósitos. <sup>(16)</sup>

#### 2.2.1.1. *Ají Paprika (Capsicum annum, l.)*

El fruto es una baya semi-cartilaginosa, de la familia Solanaceae, inicialmente son verdes y conforme madura se vuelve rojo, brillante, carnosos y llegan hasta medir 25cm de largo. <sup>(17)</sup>

• **Zonas de Producción:** La pprika se produce en Arequipa (Majes), Lima (Barranca, Supe, Huaura, Cañete), Ica (Chincha, Ica, Pisco), Ancash, Piura, Lambayeque, La Libertad y Tacna principalmente. La producción nacional ha pasado de 19 mil toneladas en el año 2002 a 56 mil toneladas en el 2008, este último año con una superficie cosechada de 10 mil ha., llegando a alcanzar un rendimiento promedio de pprika de 5,44 kg/ has. La mayor productividad en pprika, se encuentran en los departamentos de Piura, Ica y Arequipa, superando los promedios nacionales. El pimentón peruano cumple con todos los parámetros de calidad internacionales, destacando especialmente en el parámetro del color, pues supera el promedio mundial (entre 180 y 200 grados ASTA), alcanzando en algunas zonas hasta 300 grados ASTA. <sup>(17)</sup>

### 2.2.1.2. *Ají Panca (Capsicum chinense)*,

El ají panca es gran ají seco del Perú, su consumo fresco es mínimo. Una vez maduro su color pasa del rojo oscuro al color chocolate oscuro, es de los menos picantes, pero más intensos en color. <sup>(18)</sup>

Perteneciente a la familia Solanaceae, tiene apariencia fruto seco entero rojizo oscuro a rojizo oscuro verdoso, aroma característico a ají panca seco- entero, sabor picante, característico a ají panca, color (visual) rojizo oscuro característico o rojizo oscuro tonalidad verdosa. <sup>(13)</sup>

**Zonas de Producción:** La mayor producción de ají panca en Perú, se da a nivel de la Costa Norte (La Libertad y Norte Chico), Costa central y sur, y la Amazonía. <sup>(19)</sup>

### 2.2.1.3. *Pimienta (Piper nigrum)*

La pimienta es una planta perenne, nativa de la India, país que en la actualidad es uno de los mayores productores de esta especia. En América Latina el principal productor es Brasil y el país que más importa es Estados Unidos. A partir de las frutas se elaboran las dos clases conocidas de pimienta; la negra en que la fruta entera es secada y la blanca en que las frutas maduras son fermentadas para quitarle la cáscara y los granos que quedan son secados. Como dato de interés, cincuenta kilogramos de frutos producen dieciséis kilogramos de pimienta negra y seis kilogramos de pimienta blanca. La planta es una liana perenne y trepadora, con un sistema radical muy superficial, localizado entre los primeros 20 a 50 cm de profundidad. La liana está compuesta por internudos, en los que se producen raíces adventicias capaces de asirse para permitir el ascenso de la liana. Esta planta presente tres tipos de crecimiento; los estolones, que crecen a ras del suelo, el tallo vertical y las ramas laterales en las que se producen los frutos en racimos <sup>(20)</sup>.

**Zonas de Producción:** La pimienta es un cultivo de la zona tropical húmeda y se adapta a altitudes inferiores a 1.000 msnm; los mejores resultados se obtienen en altitudes inferiores a 600 msnm. Requiere un clima caliente y húmedo, con precipitaciones anuales entre 1.500 a 2.500 milímetros, bien distribuido durante el año, ya que no soporta períodos prolongados de sequía. La temperatura anual media óptima varía entre 25 y 30°C y la humedad entre 60-93%. Prefiere los suelos de origen aluvial, sueltos y con buen drenaje, por lo que los suelos arcillosos pesados e impermeables no son recomendados. Se recomienda un pH de 5,5, a 6,5 con buen contenido de materia orgánica. Deben ser suelos de excelente fertilidad natural. Se prefieren terrenos ligeramente inclinados que tengan drenaje natural. También se puede sembrar en terrenos planos, pero bien drenados; en este último caso se debe sembrar en lomillos bien altos. En el caso de que se siembre en áreas con pendiente, los camellones se deben orientar según curvas de nivel, a fin de evitar la erosión del terreno <sup>(21)</sup>.

#### **2.2.1.4. Comino (*Cuminum cyminum*)**

El comino *Cuminum cyminum* (L.) pertenece a la familia de las Apiáceas, antiguamente llamadas Umbelíferas, al igual que otras especies cultivadas conocidas como la zanahoria, el perejil, apio, coriandro, anís, etc.

Originario de las zonas cálidas de Europa, China e India, planta herbácea anual con tallos de 30 a 50 cm de altura, con hojas verde oscuro finamente divididas, flores pequeñas, blancas y algunas veces rosadas o purpúreas, que crecen en umbelas. Su color es castaño, El aroma es cálido, fuerte, picante y acre. Se utiliza como condimento culinario y como medicamento, dentro de las cocinas árabes y mediterráneas. <sup>(21)</sup>

**Zonas de Producción:** Las zonas agroecológicamente aptas son las que presentan clima templado-seco, alta luminosidad y poca

precipitación, sobre todo en época de cosecha (Octubre-  
Noviembre).

El comino se adapta bien a muchos tipos de suelos. Son mejores aquellos permeables, profundos, livianos, de textura franco-areno. Suelos pesados con tendencias al encharcamiento y con baja velocidad de infiltración deben desecharse ya que este cultivo no tolera el encharcamiento. <sup>(22)</sup>

### **2.2.2. Metales pesados.**

Los elementos metálicos son componentes naturales de la corteza terrestre. Tienen un papel sustancial en los organismos al ser parte primordial de sus funcionalidades bioquímicas y fisiológicas. <sup>(23)</sup> Algunos son oligoelementos indispensables para el buen funcionamiento de los sistemas bioquímicos de los seres vivos, como, entre otras cosas, el cobre, el manganeso o el zinc, que son fundamentales en el metabolismo de los mamíferos. Los metales pesados de más grande compromiso para la salud son el cadmio, mercurio, plomo, arsénico. <sup>(24)</sup>

El aire, el agua y el suelo conforman las primordiales fuentes de entrada de metales a los vegetales. La implicancia de estas fuentes de distribución de metales es dependiente del elemento mencionado, de la ubicación y tipo de suelo, de la especie vegetal y de las prácticas agrícolas aplicadas. De igual modo, la capacidad de absorber y bioacumular metales difiere claramente, sabiendo la diversidad del vegetal. La absorción de metales por los vegetales es el paso fundamental para la entrada de éstos en la cadena alimentaria. <sup>(25, 26)</sup>

La absorción y posterior acumulación de los metales en los vegetales se debe fundamentalmente al movimiento desde el suelo a las raíces de las mismas. Generalmente, la composición mineral de los suelos puede influir en la composición de estos elementos

metálicos en los tubérculos pudiéndose acumular elevadas concentraciones de estos en los mismos. <sup>(27)</sup>

Distintas líneas de investigación demostraron que variando las características del suelo (pH, materia orgánica, potencial redox y capacidad de cambio catiónico), como resultado de los procesos agrícolas, se tiene la posibilidad de producir cambios en la movilidad y disponibilidad de metales. Estos nutrientes son el principal medio de transporte de los metales para llegar a los seres vivos. <sup>(28)</sup>

### **2.2.2.1. *Arsénico (As).***

#### **2.2.2.1.1. Generalidades**

El arsénico está extensamente distribuido en un extenso número de minerales. Mayormente estas concentraciones se dan en forma de arseniuros de cobre, plomo, plata y oro o como impurezas en sulfuros. El contenido de arsénico de la corteza terrestre esta entre 1,5 y 2 mg/kg siendo el elemento número veinte en la lista de los elementos más abundantes. El As es un elemento no fundamental para las plantas. A elevadas concentraciones interviene en los procesos metabólicos de las plantas, logrando suprimir el desarrollo y muchas veces llegar a la muerte de la planta. <sup>(29)</sup>

#### **2.2.2.1.2. Propiedades fisicoquímicas**

El arsénico (As) es un elemento clasificado como metaloide y, conjuntamente con el nitrógeno y el fosforo, con los que comparte sus propiedades, forma parte al grupo V de la Tabla Periódica. En estado oxidado, el As tiene la posibilidad de tener las valencias +3 [As (III)] y +5 [As (V)]. Se presenta en tres estados alotrópicos: gris, negro y amarillo. El de mayor estabilidad es el gris, como



una masa cristalina, de aspecto metálico, brillante y frágil. El estado negro es un polvo amorfo que a 360°C se transforma al estado gris. El arsénico amarillo presenta la forma cristalina meta estable que se oxida a temperatura ambiente por la acción del aire y se convierte al estado gris por la acción de la luz. Los compuestos más empleados en la industria son el anhídrido arsénico, arseniato de calcio, tricloruro de arsénico y los arsenitos. El arsénico es insoluble agua, pero sí en los ácidos fuertes. La variedad más común de arsénico en la naturaleza son los sulfuros (rejalgar, oropimente, etc.). Existen tres grupos de compuestos de arsénico: inorgánico, orgánico y como gas arsina y arsinas sustituidas. <sup>(30)</sup>

#### **2.2.2.1.3. Toxicocinética**

Las primordiales fuentes de entrada del As al organismo son el tracto gastrointestinal (TGI) y el respiratorio. La absorción por vía dérmica es muy baja y consigue únicamente el 2%.

a) Absorción: En los humanos, y en la mayor parte de las especies animales, la absorción de compuestos arsenicales por medio del TGI es alta (95%) cuando son aplicados en solución acuosa. La absorción de As por vía respiratoria es dependiente del tamaño de las partículas inhaladas, de su solubilidad y de la forma química del compuesto. La primordial forma primaria química presente en el aire es el As (III), el cual es de origen antropogénico. Estas grandes partículas se almacenan en las vías superiores, son movidas por los cilios y llevadas al TGI, en donde son absorbidas en relación de su solubilidad. Las partículas de tamaño menor a 7 $\mu$ m se absorben en un 75% a 85%.

b) **Distribución:** Las sales de arsénico tienden a acumularse primordialmente en el hígado, riñón, pulmón y bazo. El As (III) se une predominantemente a los grupos sulfhidrilo de proteínas como la queratina, por lo cual se deposita en pelo y uñas.

c) **Biotransformación:** El metabolismo del As se da primordialmente en el hígado y, aunque su mecanismo no está bien establecido, se propone que en él intervienen dos procesos:

- Reacciones de reducción que convierten el As (V) en As (III), y

- Reacciones de metilación oxidativa que transforma el As (III) en especies metiladas

La metilación del As que propuesta requiere, en una primera fase, una reducción del As (V) a As (III); luego, la adición del primer grupo metilo para obtener ácido monometil-arsónico (MMA); luego es seguida por una segunda reducción de MMA (V) a MMA (III) previa a la segunda metilación, lo que produce el ácido dimetil-arsónico (DMA). Se ha propuesto a la S-adenosilmetionina como dador de los grupos metilo y al glutatión reducido (GSH) como fundamental agente reductor y transportador de As.

En microorganismos puede suceder una tercera metilación, que origina compuestos trimetilados, los cuales se consideran poco tóxicos. El metabolismo de los compuestos arsenicales orgánicos es pobre, solo un 13% del MMA (V) se transforma en DMA; no obstante, cuando los compuestos arsenicales han sido metilados no son desalquilados. Numerosos factores pueden influir en la capacidad de metilación del As, entre ellos, dosis y tiempo de exposición, una dieta alta en metionina y proteínas y el

probable polimorfismo genético de la enzima metilante. Se encontró un aumento importante en la proporción de MMA y una reducción en el contenido de DMA que son eliminados en la orina de personas que estuvieron expuestos crónicamente a altas concentraciones de As en el agua de bebida.

d) **Excreción:** El As es excretado primordialmente por el riñón en forma de DMA (50-70%). Una parte (20%) se elimina sin metilar, en la orina. El As tiene una vida media corta, los valores descritos en orina de hámster son de 28.6 h para arsénico inorgánico, 7,4 h para MMA y 5,6 h para DMA. Las proporciones relativas de As (III), As (V), MMA y DMA en la orina tienen la probabilidad de variar, en relación de la forma química, el tiempo de exposición, la dosis y la especie animal expuesta. En comparación con el hombre, en la mayoría de las especies animales la eliminación de MMA es muy baja (<4%) mientras que, en la rata, la retención y distribución de As difiere de las descritas en otras especies, ya que la mayor parte del DMA formado se une a los eritrocitos.<sup>(31)</sup>

#### **2.2.2.1.4. Efectos en la salud**

Los efectos propios de la exposición aguda al arsénico son:

**a) Intoxicación aguda:** La intoxicación aguda por vía digestiva se expresa en forma de un cuadro gastrointestinal de tipo coleriforme –30 a 300 ppb- (dolores abdominales, vómitos, diarreas profusas y deshidratación). Las intoxicaciones graves tienen la posibilidad de desencadenar un cuadro de shock secundario a la vasodilatación y a la depresión miocárdica. Además, pueden manifestarse alteraciones del sistema nervioso central en forma de letargia, delirio, convulsiones y coma. Una polineuropatía sensitivo-motora puede manifestarse como consecuencia de la intoxicación aguda. En los sobrevivientes,

pueden aparecer las líneas de Mees en las uñas. 60000 ppb en agua o comida pueden llegar a ocasionar la muerte.

**b) Intoxicación crónica:** Las manifestaciones clínicas ocasionadas por la exposición a grandes periodos de tiempo a compuestos arsenicales se da en diferentes sistemas. Las alteraciones a la piel van desde eritema, papulas, vesículas, úlceras, hiperqueratosis palmo-plantar, verrugas, hiperpigmentación (melanodermia arsenical) y epitelomas (espinocelulares y basocelulares). El metaloide arsénico es irritante para las vías respiratorias altas, pudiendo ocasionar perforación del tabique nasal y es cancerígeno para los pulmones.

Tiene la probabilidad de ocasionar alteraciones digestivas como las náuseas, vómitos, diarreas y dolores abdominales de tipo cólico. Pueden originar lesiones degenerativas hepáticas que pueden originar una cirrosis. También es un cancerígeno hepático. Las alteraciones neurológicas se expresan en forma de una polineuropatía sensitivo-motora que afecta a las extremidades inferiores. Pueden ocasionar lesiones cardiacas y vasculopatías periféricas (de tipo gangrenoso). El arsénico puede originar una hipoplasia de tipo medular, causando disminución de glóbulos rojos y blancos.<sup>(32)</sup>

#### **2.2.2.2. Cadmio (Cd).**

##### **2.2.2.2.1. Generalidades**

Su presencia en el hombre no se ha establecido hasta el momento presente como esencial. Se encuentra ampliamente distribuido de forma natural en el medio ambiente, aunque en concentraciones relativamente bajas. El cadmio existe como mineral en forma de sulfuro de cadmio y se encuentra casi siempre asociado a la presencia de zinc.

Utilizando grandes cantidades de zinc, el hombre ha esparcido el cadmio en el entorno, ya que el zinc comercial puede contener hasta el 1% de este metal. La relación Cd/Zn varía de 1/100 a

1/1000. Ha sido descrito como “uno de los más peligrosos elementos traza que aparece en los alimentos y en el medio humano”.

#### **2.2.2.2.2. Propiedades fisicoquímicas**

El elemento cadmio (Cd, número atómico 48, masa atómica 112,441) se encuentra en la naturaleza asociado a muchos otros compuestos minerales. El Cadmio pertenece al grupo II B de la tabla periódica y se encuentra en el subgrupo que incluye también al zinc y al mercurio. Este elemento se obtiene como subproducto del tratamiento metalúrgico del zinc y del plomo, a partir de sulfuro de cadmio; en el proceso hay formación de óxido de cadmio, compuesto muy tóxico. Su número de valencia es + 2. <sup>(33)</sup> En general, los cloruros y sulfatos de cadmio son más solubles en el agua que otras formas. En el suelo, la solubilidad del cadmio también varía con la forma, desde ligeramente soluble (sulfuros) hasta moderadamente soluble (sulfatos) y altamente soluble (carbonatos). En el aire, los compuestos de cadmio generalmente se encuentran en pequeñas partículas o unidos a ellas. Si bien la forma de cadmio presente en el ambiente puede cambiar bajo diferentes condiciones, el metal cadmio en sí mismo no desaparece del ambiente. <sup>(34)</sup>

#### **2.2.2.2.3. Fuentes de exposición**

Es un metal pesado que se encuentra como contaminante ambiental, tanto bajo la forma natural, fuentes industriales y agronómicas. La principal vía de transmisión y exposición de la población general al cadmio es por consumo directo de alimentos de origen animal y vegetal con altas concentraciones de dicho metal pesado. No obstante, en la población fumadora la principal de vía de transmisión del cadmio es la inhalación del tabaco. <sup>(35)</sup>

La organización denominada Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) evaluó el cadmio en 1988 y estableció una ingesta semanal provisional tolerable (ISPT) de 7 µg/kg por masa corporal. La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha clasificado al elemento cadmio en la categoría I (carcinógeno para los humanos, con evidencia epidemiológica suficiente).<sup>(36)</sup>

El cadmio entra en la alimentación humana con los vegetales y productos animales. Se fija a las plantas más rápidamente que el plomo. Los frutos y semillas contienen menos cadmio que las hojas. El pescado, los crustáceos, el riñón e hígado de animales acumulan cadmio en grado relativamente elevado. La Ingestión diaria normal con la dieta (IDD) se estima entre 10 y 85 µg. Algunos países, como Japón y Canadá, tienen dietas con valores de Cd más elevados.

#### **2.2.2.2.4. Toxicocinética**

El contenido corporal de cadmio se incrementa con la edad hasta los 50 años. En los adultos, la carga corporal de cadmio puede llegar a 40 miligramos, dependiendo de la situación geográfica y sobretodo del hábito de fumar, pues en un fumador la carga alcanza el doble. En condiciones “normales” de distribución, el cadmio absorbido se excreta principalmente por orina y en menor cantidad con la bilis, aunque pequeñas porciones puedan eliminarse con sudor, pelo y aún secreción gastrointestinal, pero el Cd que sale con heces en su mayor parte es el que no se absorbió. En exposición no laboral, la alimentación es la fuente más importante de ingesta de cadmio. La absorción por el tracto gastrointestinal es de aproximadamente 50%. La dieta deficiente en Ca, Fe o proteína incrementa la velocidad de su absorción. En sangre.

#### **2.2.2.2.5. Efectos de salud**

En sangre encontramos aproximadamente 0,06% del contenido corporal de Cd y más del 50% está en los hematíes unido inestablemente a una pseudoproteína, la metalotioneína. La metalotioneína es el “medio de transporte” del cadmio en el plasma sanguíneo. El aclaramiento sanguíneo del Cd es rápido, se acumula principalmente en el riñón y en adultos no expuestos llega a valores entre 7,4 y 8,8 mg, lo que representa entre 30% y 50% de su contenido corporal. La concentración en la corteza renal es 1,5 veces mayor que la del riñón total y se fija en las células del túbulo proximal. El hígado de adultos no expuestos tiene en promedio 2,7 mg de cadmio. La acumulación de Cd en riñón e hígado depende de la intensidad, del tiempo de exposición y del estado óptimo de la función de excreción renal. En ambos casos se ha encontrado incremento con la edad. Después de sobreexposición alcanza concentraciones elevadas en el hígado; pero con el tiempo el metal se localiza en el riñón. Se ha descrito también que las concentraciones renales de zinc se incrementan al aumentar las de cadmio y que la capacidad de almacenamiento de la corteza es limitada a 300 µg/g.<sup>(37)</sup>

#### **2.2.2.3. Plomo (Pb).**

##### **2.2.2.3.1. Generalidades**

El plomo es un metal pesado de color grisáceo que presenta un aspecto de color brillante al corte y que se oxida rápidamente. Es muy dúctil y maleable y sus aleaciones con el antimonio y estaño se remontan a la antigüedad, es un metal muy usado en la industria como puede ser en la fabricación de pigmentos, recubrimientos, recipientes, ungüentos, pilas eléctricas, incluso algunos licores.<sup>(38)</sup>

### **2.2.2.3.2. Propiedades fisicoquímicas**

Entre sus propiedades físicas destaca su alta densidad, bajo punto de fusión, y el ser blando y maleable, lo que permite trabajar con facilidad, tiene una magnífica resistencia a la corrosión en el aire y en presencia de humedad.

El ataque del plomo por reactivos solamente se realiza cuando las condiciones son oxidantes y la sal de plomo que se forma es soluble. Por ello los ácidos, como el clorhídrico solo le atacan a concentraciones muy elevadas. El ácido fluorhídrico no le ataca, ello se debe al alto sobre potencial de hidrogeno gas sobre el plomo. <sup>(39)</sup>

### **2.2.2.3.3. Fuentes de exposición**

El presente elemento se considera un importante contaminante gracias a su capacidad de acumulación y persistencia. Aunque en reducidas cantidades, las fuentes más destacables de plomo son las bebidas alcohólicas, los cereales, el despojo cárnico, los pescados y las frutas y verduras. <sup>(40, 41,42)</sup>

La FAO ha establecido la ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) en 25 µg/Kg referido a un individuo de 60 Kg de peso. <sup>(43, 44,45)</sup>

Se consideran fuentes de ingesta de plomo importantes las provenientes de las cerámicas con vidriados a base de sales de plomo para el envase de alimentos artesanales, que se preparan en cacerolas de barro. La FDA determinó en 1979 que aproximadamente el 20% del plomo presente en la dieta diaria de las personas de más de un año procedía de los nutrientes envasados. Por eso han tomado mucho interés los envases metálicos por embutición de las planchas metálicas, que no permiten, por lo menos, las soldaduras laterales de los botes. <sup>(38)</sup>



#### **2.2.2.3.4. Toxicocinética**

Un porcentaje elevado como el 90% del plomo absorbido es transportado como un complejo proteico dentro del eritrocito, teniendo un tiempo de vida media de 2-3 semanas. Se distribuye en el organismo a nivel hepático y renal bajo la forma de fosfatos, pudiendo migrar a bilis y huesos.

La absorción de este elemento en el cuerpo es influenciada por la ruta de exposición, la forma química y el tipo de medio al que se exponen los individuos (por ejemplo, pintura, suelo, polvo). La edad y el estado fisiológico de la persona expuesta (por ejemplo, circunstancias sobre nutrición de calcio y hierro en ayunas) además influye en la absorción de este elemento. La absorción de plomo ocurre primordialmente dentro de los tractos gastrointestinal y respiratorio. Luego de la absorción, el plomo se distribuye ampliamente en el plasma sanguíneo y tejidos blandos. Después, se redistribuye en el cuerpo por medio de intercambios de plomo entre el plasma sanguíneo y las superficies de los huesos, así como en los riñones y los intestinos. El plomo que no es retenido por el cuerpo es eliminado primordialmente en las heces y la orina. El plomo orgánico, cuando es inhalado, también es eliminado por medio del aire exhalado.

Este elemento metálico, plomo acumulado en los huesos representa un importante reservorio potencial de plomo dentro del cuerpo. El plomo depositado en los huesos a lo largo del crecimiento y remodelamiento de los huesos puede ser liberado de las reservas de estos huesos y aumentar a las concentraciones de plomo en sangre durante la reabsorción de los huesos. En ciclos de la vida como el embarazo, la menopausia y la edad avanzada, de esta forma como en enfermedades como la osteoporosis o durante períodos de inmovilización, puede aumentar la liberación de plomo de los huesos, elevándose la concentración de plomo en la sangre. El intercambio de plomo

entre el plasma sanguíneo y la superficie de los huesos se ve afectada también por la manera como el plomo es absorbido por el sistema gastrointestinal y en qué medida es eliminado del cuerpo.<sup>(43)</sup>

#### **2.2.2.3.5. Efectos en la salud**

El efecto tóxico fue descrito hace más de 2000 años por Nicander, un poeta griego quien escribió sobre una patología popular como plumbismo, ocasionada por una intoxicación aguda por plomo.<sup>(40,41)</sup>

Los síntomas sistémicos son inespecíficos, incluyen adinamia, trastornos del sueño, cefalea, dolores en huesos y músculos, síntomas digestivos (estreñimiento), dolor en abdominales, náuseas, vómito y disminución del apetito.<sup>(40, 41,42)</sup>

Los síntomas de toxicidad aguda se presentan luego de una exposición respiratoria a altas concentraciones, con encefalopatía, insuficiencia renal y síntomas gastrointestinales. La toxicidad crónica es la más recurrente y se manifiesta con un efecto multisistémico: hematopoyético, del sistema nervioso, gastrointestinal, riñón y sistema reproductor. Los individuos enfermos acuden a los servicios de salud por dolor abdominal, astenia, cefalea irritabilidad, dificultad en la concentración y constipación, entre otros.<sup>(45)</sup>

Los cólicos abdominales o «cólico saturnínico» se caracteriza por ataques de dolor con compromiso abdominal, de hecho, algunos pacientes han sido operados con diagnóstico de abdomen agudo, el dolor puede ceder con la presión del abdomen. Algunos pacientes con mala higiene oral tienen la posibilidad de presentar el Ribete de Burton o línea de sulfuro que consiste en una línea oscura entre la base del diente y la encía, ya que el sulfuro

liberado por las bacterias se une al plomo originando el sulfuro de plomo.<sup>(45)</sup>

La exposición crónica de los trabajadores expuestos por un largo tiempo y sin medidas de protección personal pueden presentarse con una polineuropatía periférica<sup>(46)</sup>, que perjudica principalmente a los miembros superiores, los músculos extensores que los flexores y más el lado dominante, lo que se ha dado en llamar la «mano del pintor» porque se presentaba en estos trabajadores por la utilización de pinturas con elevado contenido de plomo. La encefalopatía plúmbica caracterizada por trastorno del sensorio y convulsiones se muestra en pacientes con plomo en sangre superior de 100 mg/dL. El diagnóstico de la intoxicación por plomo suele ser complicado, dado que el cuadro clínico es sutil y los síntomas inespecíficos.<sup>(47)</sup>

## II. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- Descriptiva: Se fundamenta en la descripción de la realidad de las situaciones, actitudes predominantes a través de la descripción de las actividades, objetos y procesos conocidos que se pretenda analizar.
- Transversal: Estudio que analiza los datos de las variables en un momento y un periodo de tiempo definido sobre una población muestra.

### 2.2. MÉTODO

La evaluación de los valores de arsénico, plomo y cadmio en muestras especias en polvo se hizo mediante la Espectroscopía de Absorción Atómica en Horno de grafito y Generación de Hidruros, lo que nos permite una evaluación cuantitativa de los metales mencionados. Es así que los datos obtenidos serán analizados y comparados con el límite máximo establecido, en la Organización Mundial de la Salud.

Se realizó la evaluación de la correlación de Pearson teniendo como intervalos  $[-1,1]$ .

- Si  $r = 1$ , existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
- Si  $0 < r < 1$ , existe una correlación positiva.
- Si  $r = 0$ , no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.
- Si  $-1 < r < 0$ , existe una correlación negativa.
- Si  $r = -1$ , existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

### **2.2.1. Espectrometría de Absorción Atómica**

Este método se basa en hacer pasar a través de la llama la radiación de una fuente externa de luz, que emite la línea espectral que corresponde a la energía necesaria para un cambio de transición electrónica del estado normal a un estado energético. Los gases generados en la llama se consideran como un medio que contiene átomos libres y no energéticos, los que van a absorber radiación de una fuente externa, esta radiación se corresponde exactamente a la energía requerida para una transición del elemento sujeto de investigación de un estado electrónico normal a un estado superior de energía.

Esta radiación no absorbida atraviesa el monocromador, que separa la línea espectral energética de la fuente de luz y es derivada hacia el detector. Esta absorción de radiación de la fuente de luz se encuentra en proporción directa a la población de átomos al estado normal, la que es directamente proporcional a la concentración de la solución dispersada muy finamente en la llama. Esta absorción es medida como consecuencia de la diferencia entre las señales transmitidas en presencia y ausencia del elemento analizado.<sup>(48)</sup>

### **2.2.2. Espectroscopia de Horno de Grafito**

El fundamento del Horno de Grafito se basa en la producción de una nube de átomos de un elemento específico y medir su concentración en relación directa a la cantidad de radiación que es absorbida por la especie. Esta técnica de Horno de Grafito (HG) utiliza un tubo de grafito como medio de atomización. La muestra es adicionada en este tubo y por calentamiento por medio del paso de una corriente eléctrica por el sistema de horno de grafito, la temperatura del tubo va aumentando gradualmente, de tal forma que los procesos de: evaporación del solvente, calcinación, formación de compuestos volátiles y atomización, se dan en un tiempo mayor, y es posible disminuir o alargar estos periodos como mejor parezca.

A causa de esto se pueden eliminar antes de la atomización las substancias que se encuentran en la matriz de la muestra. Un gas de arrastre inerte (generalmente argón) se utiliza, para desalojar continuamente del tubo de grafito: el solvente evaporado, los gases formados en la calcinación de la muestra, etc. En el momento de atomizar la muestra se detiene el paso de gas inerte, si se desea que los átomos formados tengan un mayor tiempo de permanencia en el tubo de grafito.

Como resultado final de la técnica de horno de grafito es de mayor sensibilidad, de tal forma que se pueden detectar elementos en concentración muy bajas en el orden de partes por billón. Esto es posible porque en el horno ocurren los siguientes procesos:

-Luego del secado y la calcinación de la muestra la cantidad de elementos atomizables quedan concentrados. Cuando se llega al paso de atomización se forma un número variado de elementos atómicos, en mayor cantidad y en forma eficiente.

- En la presente técnica de Horno de Grafito se puede eliminar el paso de gas de arrastre, por lo que los átomos formados permanecerán por tiempo prolongado en el trayecto del haz de la lámpara y como consecuencia se tiene una mayor señal en la lectura de absorbancia.

- Se dispone de mayor y de una manera más eficiente de transferir energía térmica a la muestra. Así también el proceso de formación de átomos a partir de la muestra es completo.

### **3.2.3. Espectrometría de absorción atómica de Generación de Hidruros**

Además de las técnicas convencionales de flama y horno de grafito hay una tercera que es denominada técnica de generación de hidruros. Esta técnica tiene grandes ventajas sobre las dos primeras, pero, sin embargo, esta técnica de generación de hidruros solo puede aplicarse a elementos que forman hidruros

volátiles en condiciones normales (arsénico, bismuto, selenio, telurio y estaño).

Solo es aplicable para algunos de los elementos de la tabla periódica de los grupos V y VI tienden a formar hidruros volátiles a temperatura ambiente en condiciones reductoras. Esta volatilidad de los hidruros permite que éstos sean separados de la solución o matriz donde se encuentran y pueden ser captados en forma concentrada en algún medio apropiado<sup>(49)</sup>

## **2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO**

### **2.3.1. Población**

La población en estudio estuvo compuesta por 16 especies en polvo expandidas en el mercado Caquetá-San Martín de Porres-Enero 2018 de un total de 6 puestos, ya que estos contaban con las muestras, La toma se realizó como comúnmente se transportan, en bolsas de plástico.

Los análisis de las muestras se realizaron por triplicado en el Centro Toxicológico S.A.C CETOX, con el objetivo de obtener un mejor resultado y más confiabilidad en los análisis.

### **2.3.2. Materiales.**

#### **Materiales:**

- Pipetas de vidrio de 5 y 10 mL
- Beaker clase A de 1000mL y 500 mL
- Fiolas de vidrio clase A de 25mL y 100 mL
- Papel de filtro Whatman 0,45u
- Matraz de vidrio clase A de 100 mL
- Pipetas automáticas resistente a ácidos de 100uL – 1000uL
- Pipetas automáticas resistentes a ácidos de 500uL–5000uL
- Tips de policarbonato de 100uL – 1000uL

- Tips de policarbonato 500uL – 5000uL

### **Equipos**

- Espectrofotómetro de absorción atómica con sistema de doble Haz – modelo ANALYST 600 PERKIN ELMER.
- Generador de Hidruros - FIAS
- Campana extractora Labconco
- Balanza eléctrica Satoruis de 0,0001g de sensibilidad
- Destilador de agua
- Equipo para obtener agua tipo I - Nanopure
- Lámpara de Cátodo hueco para Plomo
- Lámpara de Cátodo hueco para Cadmio
- Lámpara de Cátodo hueco para Arsénico
- Bolsas plásticas

### **Reactivos:**

- Agua ultra pura Tipo I.
- Ácido nítrico Ultrapuro 69%-70%
- Ácido clorhídrico Ultrapuro 35%
- Ácido Fosfórico Ultrapuro 89%
- Peróxido de hidrogeno al 30%. Ultra puro.
- Solución estándar de Plomo 1000ug/mL en HNO<sub>3</sub> 1%
- Solución estándar de Cadmio 1000ug/mL en HNO<sub>3</sub> 1%
- Solución estándar de Arsénico 1000ug/mL en HNO<sub>3</sub> 1%
- NaBH<sub>4</sub> - Borohidruro de Sodio Q.P.
- IK - Ioduro de Potasio Q.P.
- Octanol Q.P.



## **2.4. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

### **2.4.1. Técnica Operatoria**

La determinación de los niveles de concentración de Arsénico, Plomo y Cadmio en muestras de especias en polvo ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*) se realizó mediante el método Espectrofotometría de Absorción Atómica en Horno de grafito para Plomo y Cadmio y generador de hidruros para Arsénico, lo que nos permite una cuantificación de los metales mencionados.

Los presentes datos fueron comparados con el límite máximo permisible establecidos por la OMS (Organización Mundial de la Salud).<sup>(50)</sup>

### **2.4.2. Instrumentos.**

Los instrumentos utilizados Fueron: El protocolo brindado por el Centro Toxicológico S.A.C CETOX en donde se mandaron a analizar las muestras, así como los programas usados en la investigación: Excel y correlación de Pearson. Finalmente se procedió a la interpretación de los datos para plasmarlos en el Informe de la Tesis como resultado de la investigación.

### **2.4.3. Procesamiento de la muestra**

#### **2.4.3.1. Limpieza y acondicionamiento del material**

El material de vidrio empleado en este análisis, luego de su lavado, será enjuagado con ácido nítrico al 5% y con agua tipo I y finalmente secado en estufa.

#### 2.4.3.2. Digestión Asistida por Microondas

Esta etapa consistirá en la digestión de las muestras, es decir, la destrucción de la materia orgánica (DMO) por oxidación con el apoyo del digestor de microondas, con el fin de romper la unión entre los elementos metálicos y la materia orgánica, por lo cual no se pierde analito en el proceso.

Se tomó 0,5g y se pesó en un tubo de teflón al que se le adicionó 6mL ácido nítrico ultra puro 69%-70% más 2mL ácido clorhídrico ultra puro al 35% y 0,5mL de agua oxigenada ultra pura al 30% se selló y fue llevado a Digestión Asistida por Microondas.

El digestor empleado es de la marca SEM, modelo MARS 6 a una potencia de 1600w, a un tiempo de digestión de 15 minutos a una temperatura de 180°C, 40 bar de presión y 45 minutos de enfriamiento.

Fueron transvasados a fioas de 25mL y enrasados con agua ultra pura tipo I quedando listos para su correspondiente lectura.

El instrumento analítico previamente estandarizado de acuerdo a los parámetros correspondientes para la determinación de cada uno de los diferentes metales, motivo de estudio, se verificaron en cada corrida de los análisis realizados.

#### **DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO, PLOMO Y CADMIO.**

- **Arsénico:** se empleará una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 193,70 nm.
- **Plomo:** Se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 283,3 nm
- **Cadmio:** Se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 228,8 nm

## PARÁMETROS DE LECTURA PARA PLOMO

**Método: Determinación de Plomo con Horno de grafito.**

PARÁMETROS DE INSTRUMENTO	
<b>Tipo de Sistema</b>	Horno
<b>Elemento</b>	Pb
<b>Matriz</b>	Ácido Fosfórico 0,1%.
<b>Corriente de Lámpara</b>	5.00mA
<b>Longitud de Onda</b>	283.30nm
<b>Ancho de corte</b>	0.50nm
<b>Tamaño de Apertura</b>	Reducido
<b>Modo de Instrumento</b>	Encender Abs. BC

PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN	
<b>Modo de Calibración</b>	LS Lineal a través de Cero
<b>Muestra fuera de rango de acción</b>	No
<b>Unidades de Concentración</b>	Ppb
<b>Punto decimal de Concentración</b>	2
<b>Falla de Calibración</b>	No
<b>Acción de fallo de cal.</b>	Continuar
<b>Medir muestra en Blanco después de Cal.</b>	No
<b>Auto-guardar método después de cal.</b>	No

<b>PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE MUESTRA</b>	
<b>Modo de Medición</b>	Área máxima.
<b>Introducción de Muestras</b>	Automático
<b>Constante de Tiempo</b>	0.00
<b>Replicas</b>	3

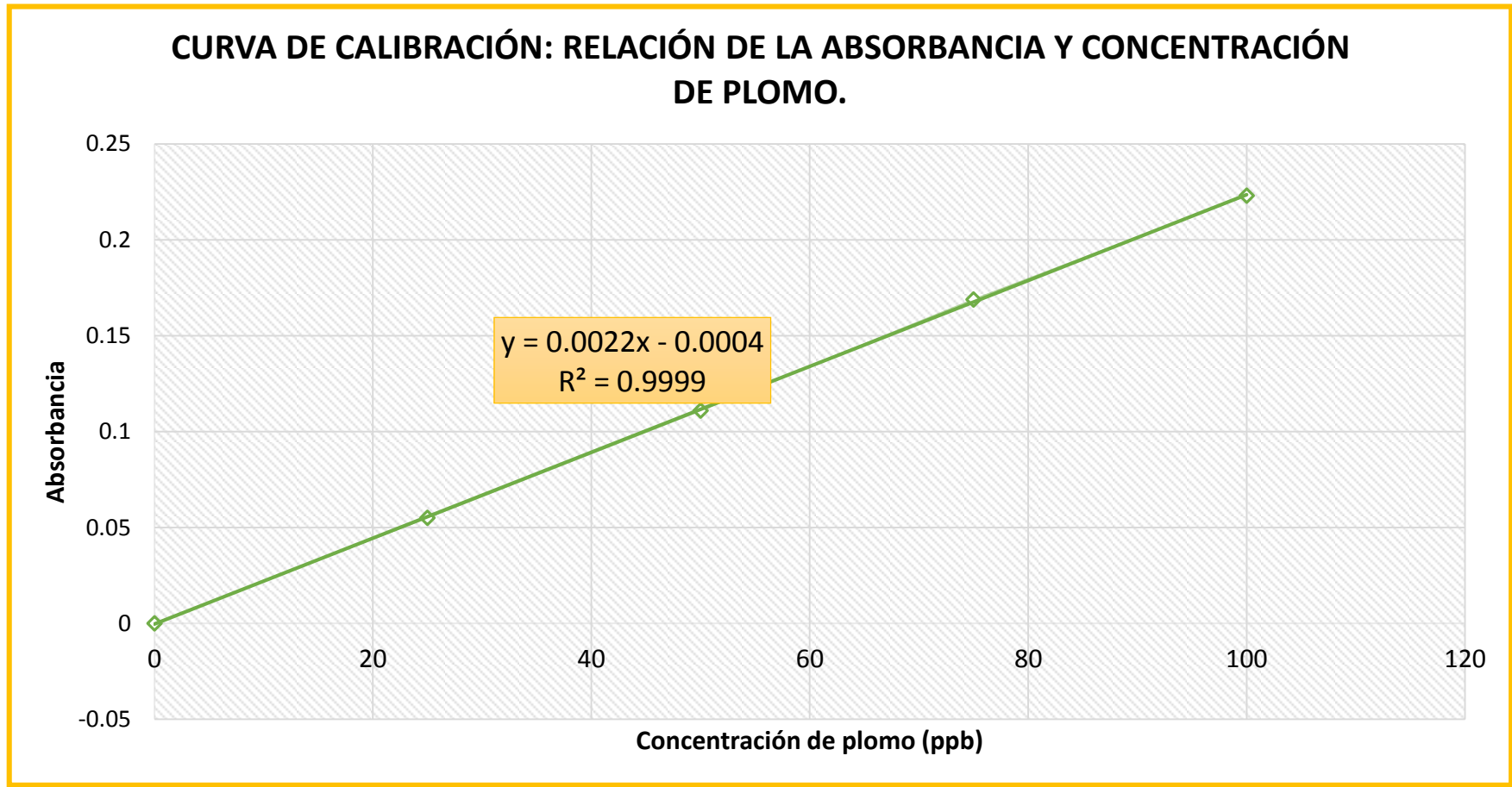
➤ **CALIBRACIÓN COMPLETA:**

**Modo de calibración:** LS Lineal A través de Cero, **Error máx.:** 0.6331, **R<sup>2</sup>:** 0.9998, **R:** 0.9999, **Concentración = 439.6764\*Absorbancia**

<b>Muestra Etiquetada</b>	<b>Concentración Pb (ppb)</b>	<b>Media Absorbancia</b>
<b>Cal Blanco</b>	-----	0.0000
<b>Estándar 1</b>	25.00	0.0551
<b>Estándar 2</b>	50.00	0.1110
<b>Estándar 3</b>	75.00	0.1689
<b>Estándar 4</b>	100.00	0.2230

PASOS	TEMPERATURA FINAL	TIEMPO DE RAMPA	TIEMPO DE TOMAS DE MUESTRAS	TIPO DE GAS
1	50 °C	1.0 seg.	2.0 seg.	INERTE
<b>2 INYECCION DE MUESTRA</b>				
3	90 °C	10.0 seg.	15.0 seg.	INERTE
4	200 °C	5.0 seg.	15.0 seg.	INERTE
5	800 °C	10.0 seg.	10.0 seg.	INERTE
6	800 °C	0.0 seg.	1.0 seg.	NO
7 LECTURA	2600 °C	0.9 seg.	1.0 seg.	NO
8	2400 °C	1.0 seg.	4.0 seg.	INERTE
9	30 °C	13.8 seg.	0.0 seg.	INERTE

Gráfico 1



## PARÁMETROS DE LECTURA PARA CADMIO

**Método: Determinación de Cadmio con Horno Grafito.**

PARÁMETROS DE INSTRUMENTO	
<b>Tipo de Sistema</b>	Horno
<b>Elemento</b>	Cd
<b>Matriz</b>	Ácido Fosfórico 0,1%.
<b>Corriente de Lámpara</b>	3.00Ma
<b>Longitud de Onda</b>	228.80nm
<b>Ancho de corte</b>	2.00 nm
<b>Tamaño de Apertura</b>	Reducido
<b>Modo de Instrumento</b>	Encender Abs. BC

PARAMETROS DE CALIBRACIÓN	
<b>Modo de Calibración</b>	LS Lineal a través de Cero
<b>Muestra fuera de rango de acción</b>	No
<b>Unidades de Concentración</b>	Ppb
<b>Punto decimal de Concentración</b>	2
<b>Falla de Calibración</b>	No
<b>Acción de fallo de cal.</b>	Continuar.
<b>Medir muestra en Blanco después de Cal.</b>	No
<b>Auto-guardar método después de cal.</b>	Si

<b>PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE MUESTRA</b>	
<b>Modo de Medición</b>	Área máxima.
<b>Introducción de Muestras</b>	Automático
<b>Constante de Tiempo</b>	0.00
<b>Replicas</b>	3

➤ **CALIBRACIÓN COMPLETA:**

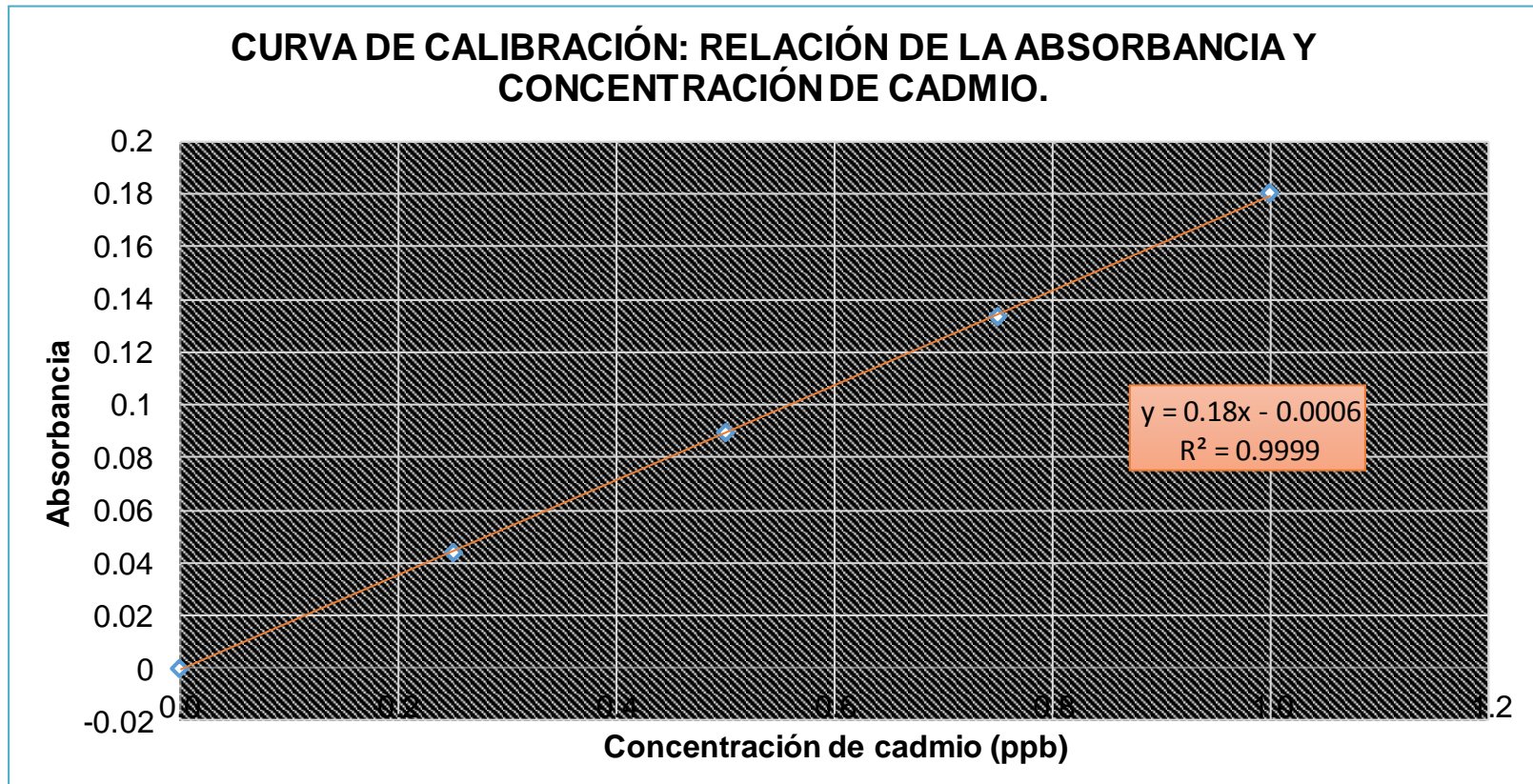
**Modo de calibración:** LS Lineal A través de Cero, **Error máx.:** 0.0087, **R<sup>2</sup>:** 0.9997, **R:** 0.9999, **Concentración = 5.4585 \*Absorbancia**

<b>Muestra Etiquetada</b>	<b>Concentración Cd (ppb)</b>	<b>Media Absorbancia</b>
<b>Cal. Blanco</b>	-----	0.0000
<b>Estándar 1</b>	0.25	0.0438
<b>Estándar 2</b>	0.50	0.0897
<b>Estándar 3</b>	0.75	0.1333
<b>Estándar 4</b>	1.00	0.1802



PASOS	TEMPERATURA FINAL	TIEMPO DE RAMPA	TIEMPO DE TOMAS DE MUESTRAS	TIPO DE GAS
1	50 °C	2.0 seg.	0.0 seg.	INERTE
<b>2 INYECCION DE MUESTRA</b>				
3	90 °C	10.0 seg.	10.0 seg.	INERTE
4	120 °C	10.0 seg.	10.0 seg.	INERTE
5	600 °C	5.0 seg.	10.0 seg.	INERTE
6	600 °C	0.0 seg.	1.0 seg.	NO
7 <b>LECTURA</b>	2200 °C	0.8 seg.	1.8 seg.	NO
8	2400 °C	1.1 seg.	2.0 seg.	INERTE
9	50 °C	11.8 seg.	1.0 seg.	INERTE

Gráfico 2



## PARÁMETROS DE LECTURA PARA ARSÉNICO

**Método: Determinación de Arsénico con Espectrometría de Absorción Atómica por Generación de Hidruros (FIAS).**

PARÁMETROS DE INSTRUMENTO	
<b>Tipo de Sistema</b>	Generación de Hidruros (FIAS).
<b>Elemento</b>	As
<b>Matriz</b>	HCl 30%
<b>Corriente de Lámpara</b>	8.00mA
<b>Longitud de Onda</b>	193.70nm
<b>Ancho de corte</b>	2.00 nm
<b>Tamaño de Apertura</b>	Reducido
<b>Modo de Instrumento</b>	Encender Abs. BC

PARAMETROS DE CALIBRACIÓN	
<b>Modo de Calibración</b>	LS Lineal a través de Cero
<b>Muestra fuera de rango de acción</b>	No
<b>Unidades de Concentración</b>	Ppb
<b>Punto decimal de Concentración</b>	2
<b>Falla de Calibración</b>	No
<b>Acción de fallo de cal.</b>	Parar
<b>Medir muestra en Blanco después de Cal.</b>	No
<b>Auto-guardar método después de cal.</b>	Si

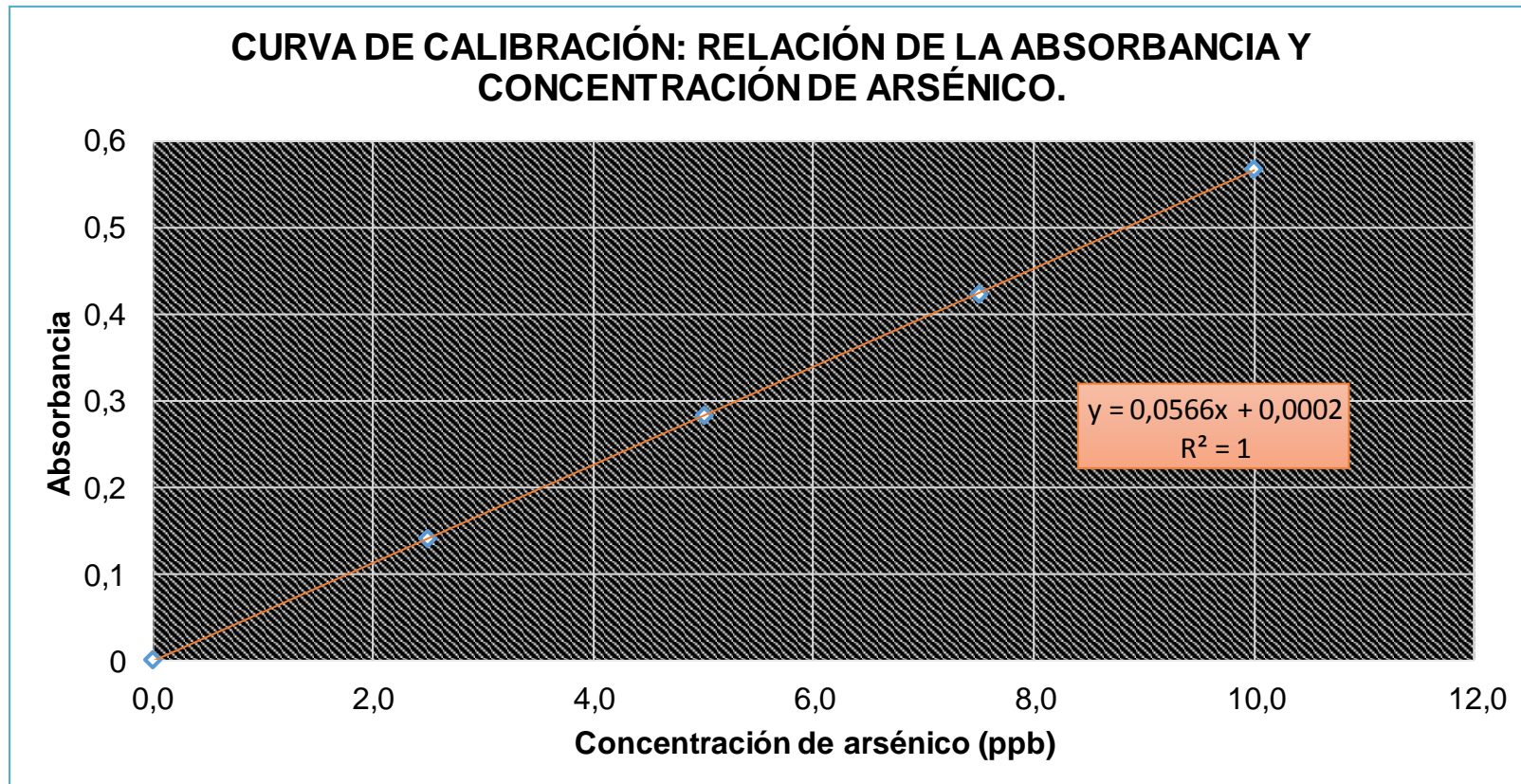
<b>PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE MUESTRA</b>	
<b>Modo de Medición</b>	Integración
<b>Introducción de Muestras</b>	Manual.
<b>Constante de Tiempo</b>	0.00 s
<b>Replicas</b>	3

<b>PARAMETROS CONTROL DE FLAMA</b>	
<b>Tipo de Flama</b>	Aire- Acetileno
<b>Combustible</b>	1.100 l/min
<b>Flujo de Aire</b>	11.10
<b>Angulo de Quemador</b>	0.00 °

➤ **CALIBRACIÓN COMPLETA:**

<b>Muestra Etiquetada</b>	<b>Concentración As (ppb)</b>	<b>Media Absorbancia</b>
<b>Cal. Blanco</b>	-----	0.0000
<b>Estándar 1</b>	2.50	0.142
<b>Estándar 2</b>	5.00	0.284
<b>Estándar 3</b>	7.50	0.424
<b>Estándar 4</b>	10.00	0.567

Gráfico 3



### III. RESULTADOS

#### Análisis de los datos obtenidos

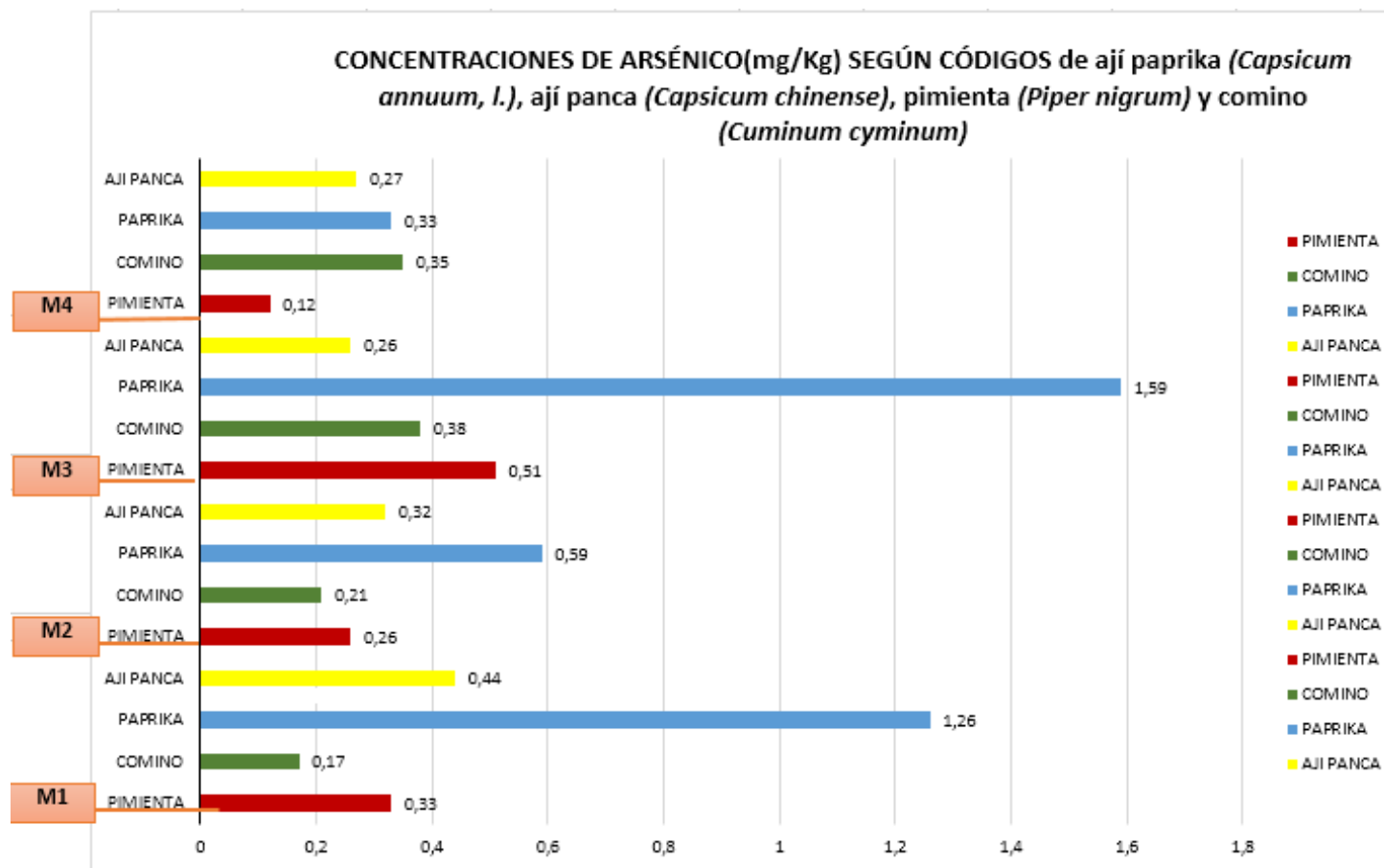
- **Tabla 1:** Niveles de arsénico, cadmio y plomo en especias en polvo: Especias en polvo ají paprika (*Capsicum annuum, l.*), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*).

N° de Muestras=16

Año= 2018

<b>MUESTRA</b>	<b>CODIGO</b>	<b>ARSENICO(ppm)</b>	<b>CADMIO(ppm)</b>	<b>PLOMO(ppm)</b>
<b>M1</b>	<b>PIMIENTA</b>	<b>0.33</b>	<b>0.29</b>	<b>6.32</b>
	<b>COMINO</b>	<b>0.17</b>	<b>0.11</b>	<b>3.25</b>
	<b>PAPRIKA</b>	<b>1.26</b>	<b>0.33</b>	<b>2.59</b>
	<b>AJI PANCA</b>	<b>0.44</b>	<b>0.09</b>	<b>3.47</b>
<b>M2</b>	<b>PIMIENTA</b>	<b>0.26</b>	<b>0.11</b>	<b>3.65</b>
	<b>COMINO</b>	<b>0.21</b>	<b>0.16</b>	<b>2.98</b>
	<b>PAPRIKA</b>	<b>0.59</b>	<b>0.21</b>	<b>6.35</b>
	<b>AJI PANCA</b>	<b>0.32</b>	<b>0.12</b>	<b>5.47</b>
<b>M3</b>	<b>PIMIENTA</b>	<b>0.51</b>	<b>0.31</b>	<b>3.58</b>
	<b>COMINO</b>	<b>0.38</b>	<b>0.26</b>	<b>2.65</b>
	<b>PAPRIKA</b>	<b>1.59</b>	<b>0.15</b>	<b>4.87</b>
	<b>AJI PANCA</b>	<b>0.26</b>	<b>0.19</b>	<b>3.69</b>
<b>M4</b>	<b>PIMIENTA</b>	<b>0.12</b>	<b>0.35</b>	<b>2.58</b>
	<b>COMINO</b>	<b>0.35</b>	<b>0.22</b>	<b>1.26</b>
	<b>PAPRIKA</b>	<b>0.33</b>	<b>0.09</b>	<b>4.59</b>
	<b>AJI PANCA</b>	<b>0.27</b>	<b>0.14</b>	<b>6.54</b>

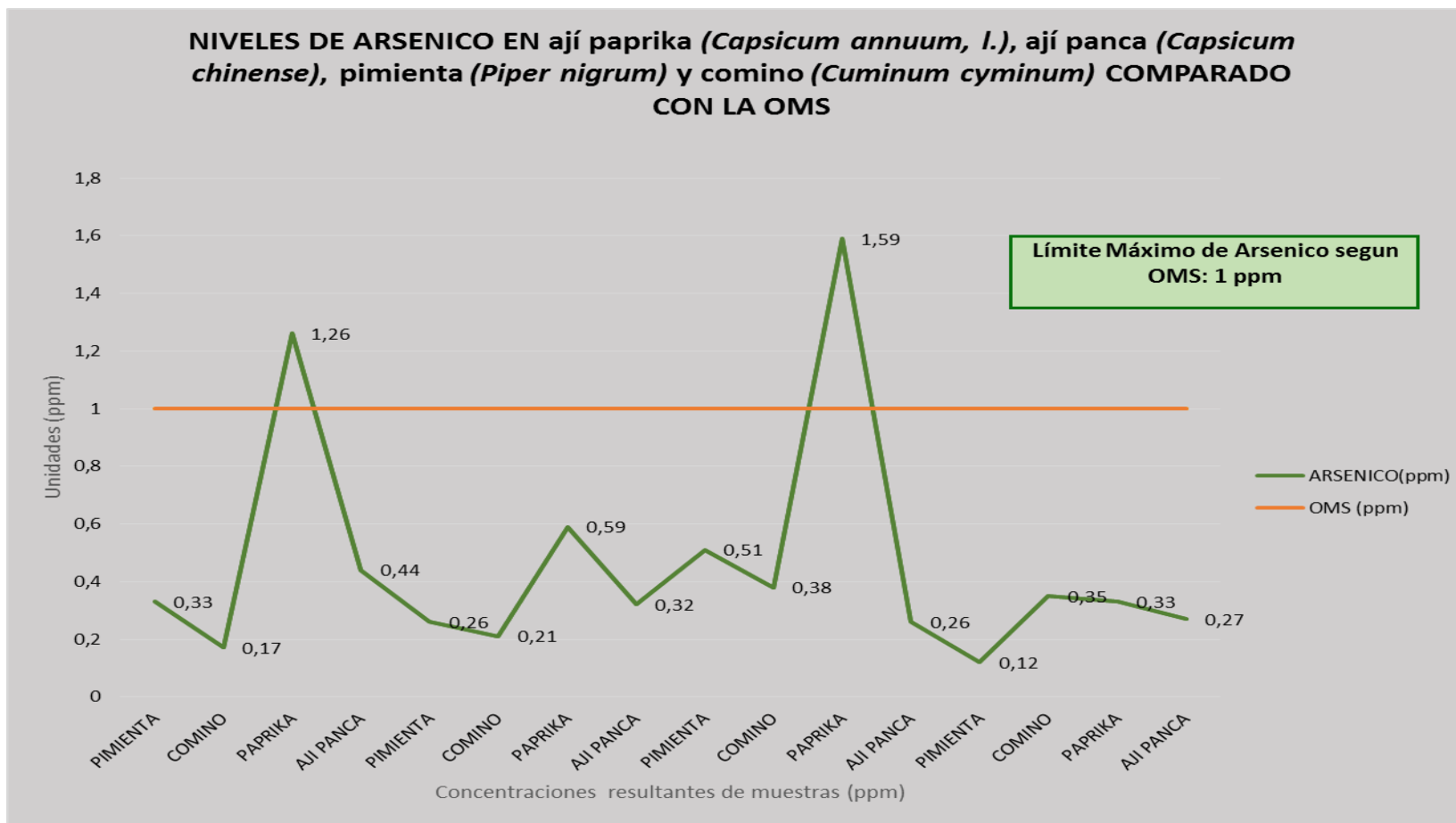
<b>MIN</b>	<b>0,12</b>	<b>0,09</b>	<b>1,26</b>
<b>MAX</b>	<b>1,59</b>	<b>0,35</b>	<b>6,54</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,461875</b>	<b>0,195625</b>	<b>3,99</b>



**Gráfico 4 : Límites de arsénico según códigos de especias en polvo expandidas en mercado Caquetá-San Martín de Porres, período Enero 2018.**

Fuente Elaboración propia. Perú, Lima. 2018.

Los niveles de arsénico encontrados en las muestras de especias en polvo son: **M1:** (PIMIENTA 0.33 ppm), (COMINO 0.17 ppm), (PAPRIKA 1.26 ppm), (AJI PANCA 0.44 ppm), **M2:** (PIMIENTA 0.26 ppm), (COMINO 0.21 ppm), (PAPRIKA 0.59 ppm), (AJI PANCA 0.32 ppm), **M3:** (PIMIENTA 0.51 ppm), (COMINO 0.38 ppm), (PAPRIKA 1.59 ppm), (AJI PANCA 0.26 ppm), **M4:** (PIMIENTA 0.12 ppm), (COMINO 0.35 ppm), (PAPRIKA 0.33 ppm), (AJI PANCA 0.27 ppm).



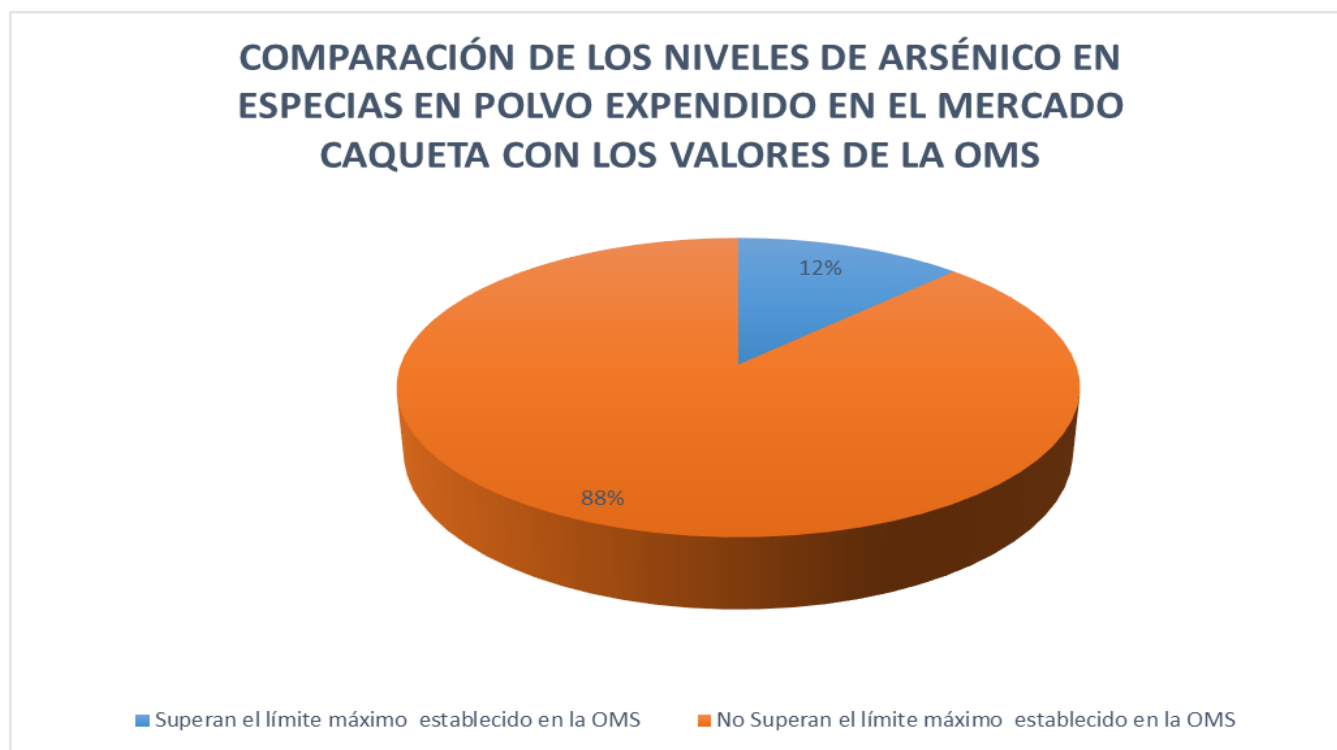
**Gráfico 6 : Niveles de arsénico en especias en polvo expendidas en el mercado Caquetá-San Martín de Porres comparado con los parámetros establecidos de la Organización Mundial de Salud.**

Fuente Elaboración propia. Perú, Lima. 2018

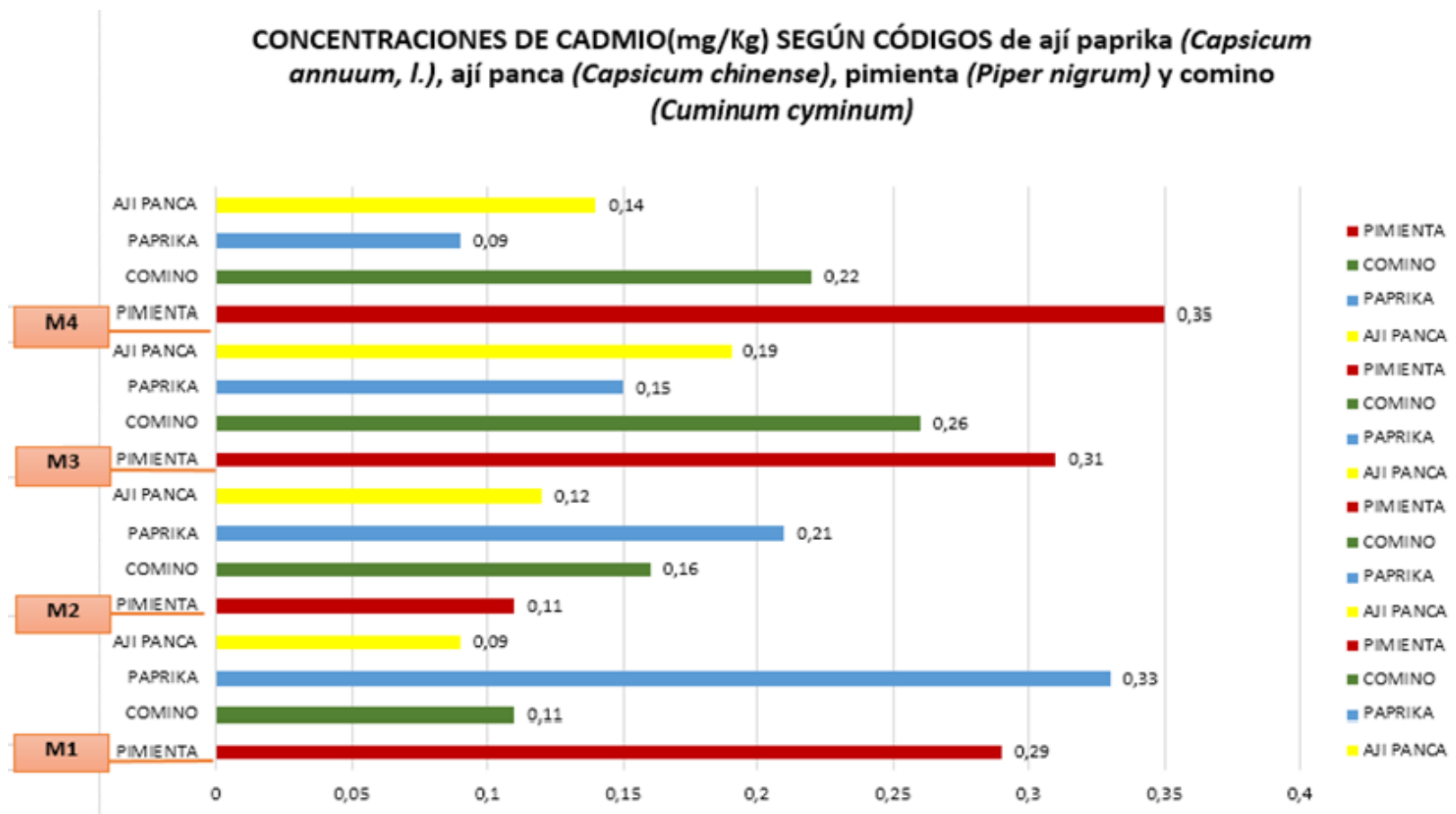


**Tabla 2: Porcentaje de muestras de Especias en polvo que exceden el límite de arsénico establecido por la Organización Mundial de la Salud.**

Concentración de As (ppm) en la OMS	Muestras	Porcentaje
Superan el límite máximo establecido en la OMS	2	12%
No Superan el límite máximo establecido en la OMS	14	88%
	16	100%



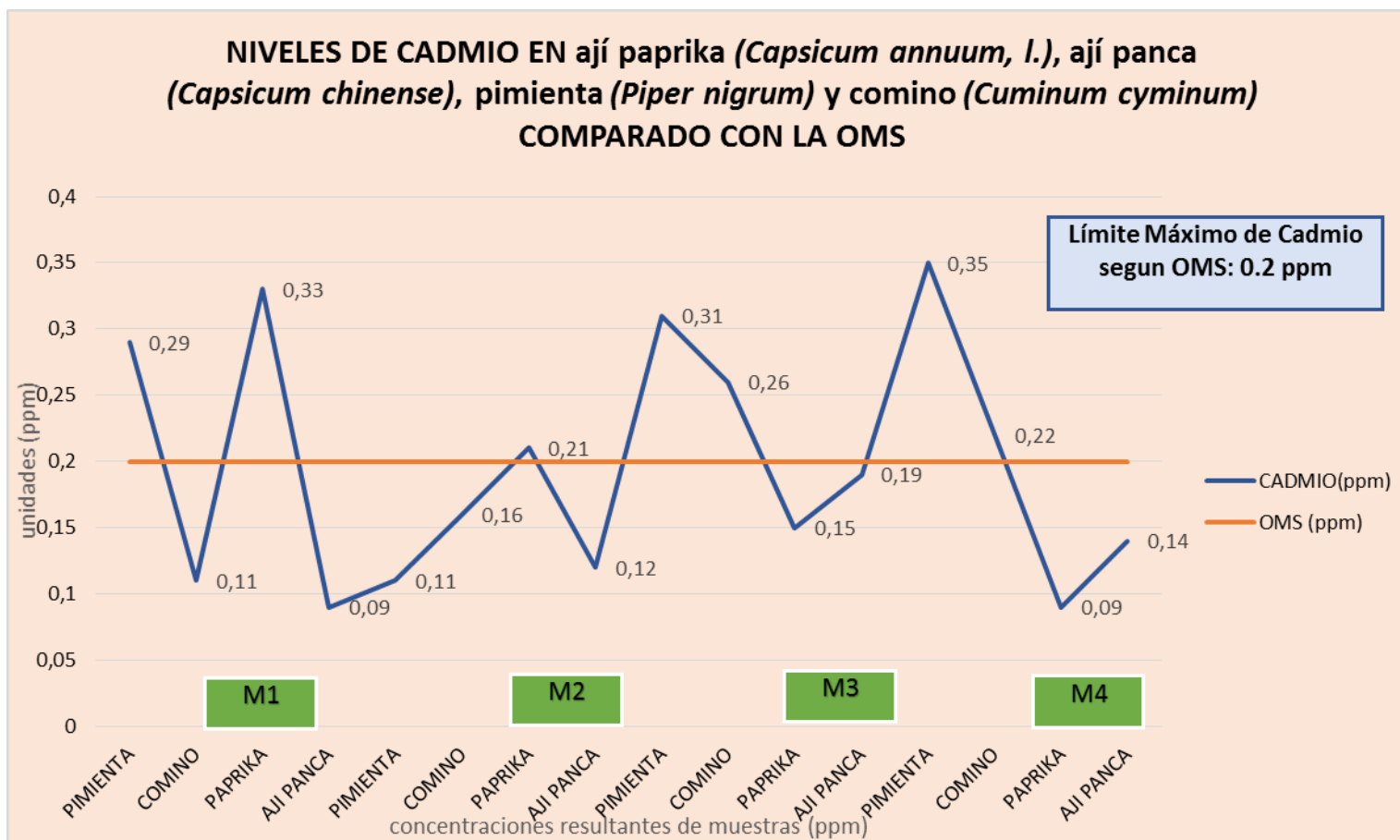
Fuente Elaboración propia. Perú, Lima. 2018



**Gráfico 7 : Limite de cadmio según códigos de especias en polvo expendidas en mercado Caquetá-San Martín de Porres, período Enero 2018.**

Fuente Elaboración propia. Perú, Lima. 2018

Los niveles/valores de cadmio encontrados en las muestras de especias en polvo son: **M1:** (PIMIENTA 0.29 ppm), (COMINO 0.11 ppm), (PAPRIKA 0.33 ppm), (AJI PANCA 0.09 ppm), **M2:** (PIMIENTA 0.11 ppm), (COMINO 0.16 ppm), (PAPRIKA 0.21 ppm), (AJI PANCA 0.12 ppm), **M3:** (PIMIENTA 0.31 ppm), (COMINO 0.26 ppm), (PAPRIKA 0.15 ppm), (AJI PANCA 0.19 ppm), **M4:** (PIMIENTA 0.35 ppm), (COMINO 0.22 ppm), (PAPRIKA 0.09 ppm), (AJI PANCA 0.14 ppm).

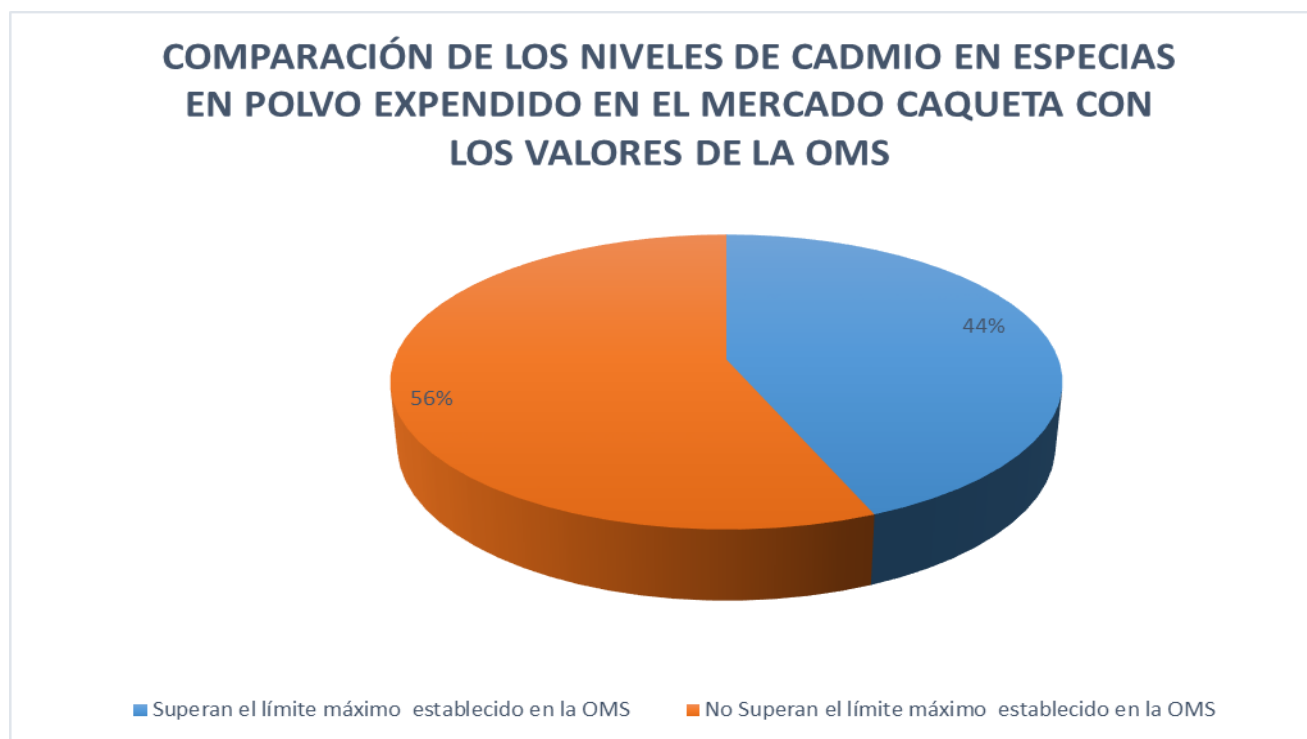


**Gráfico 8 : Niveles de cadmio en especias en polvo expandidas en el mercado Caquetá-San Martin de Porres comparado con los parámetros establecidos de la Organización Mundial de Salud.**

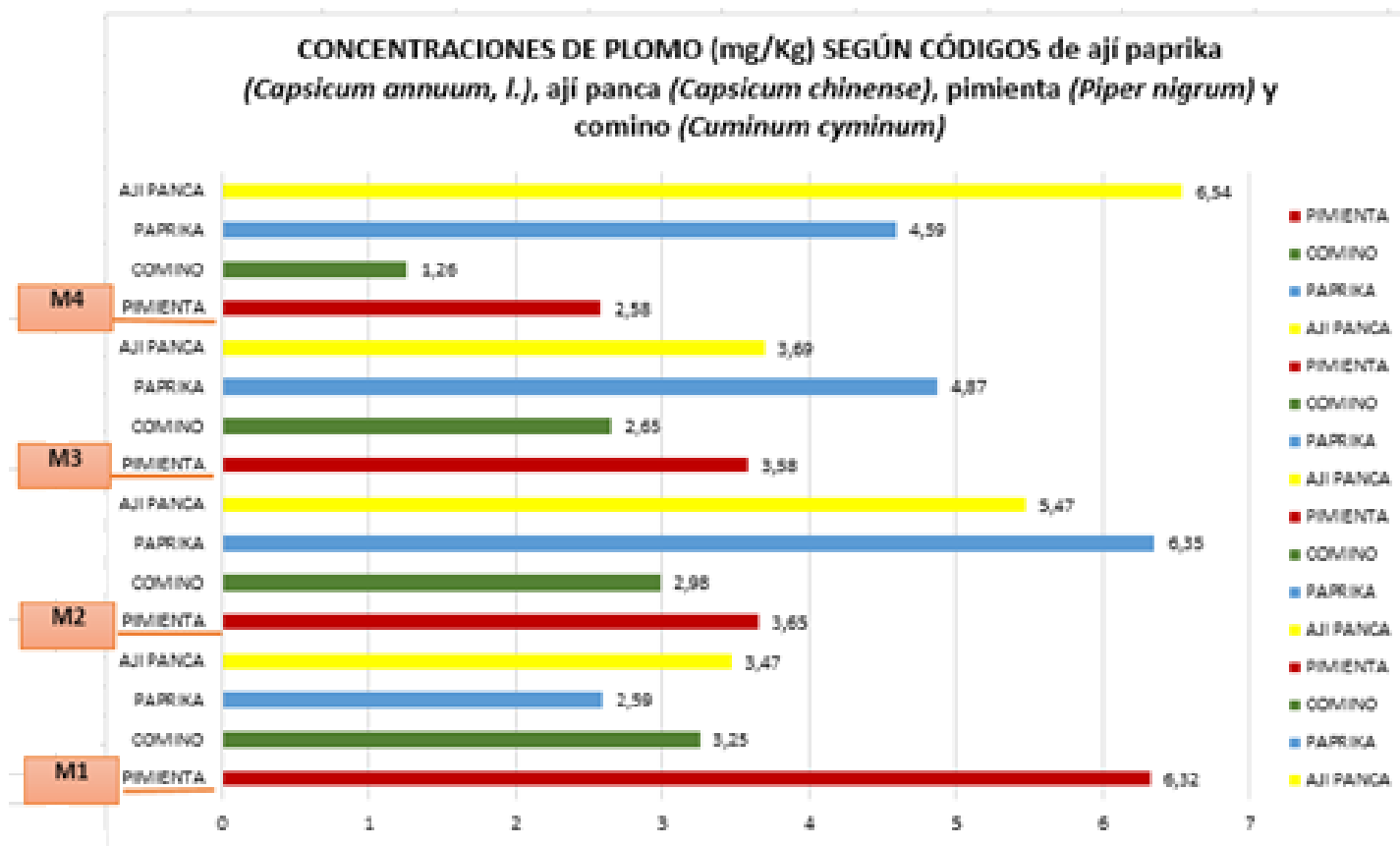
Fuente Elaboración propia. Perú, Lima. 2018

**Tabla 3: Porcentaje de muestras de Especias en polvo que exceden el límite de cadmio establecido por la Organización Mundial de la Salud.**

Concentración de Cd (ppm) en la OMS	Muestras	Porcentaje
Superan el límite máximo establecido en la OMS	7	44%
No Superan el límite máximo establecido en la OMS	9	56%
	16	100%



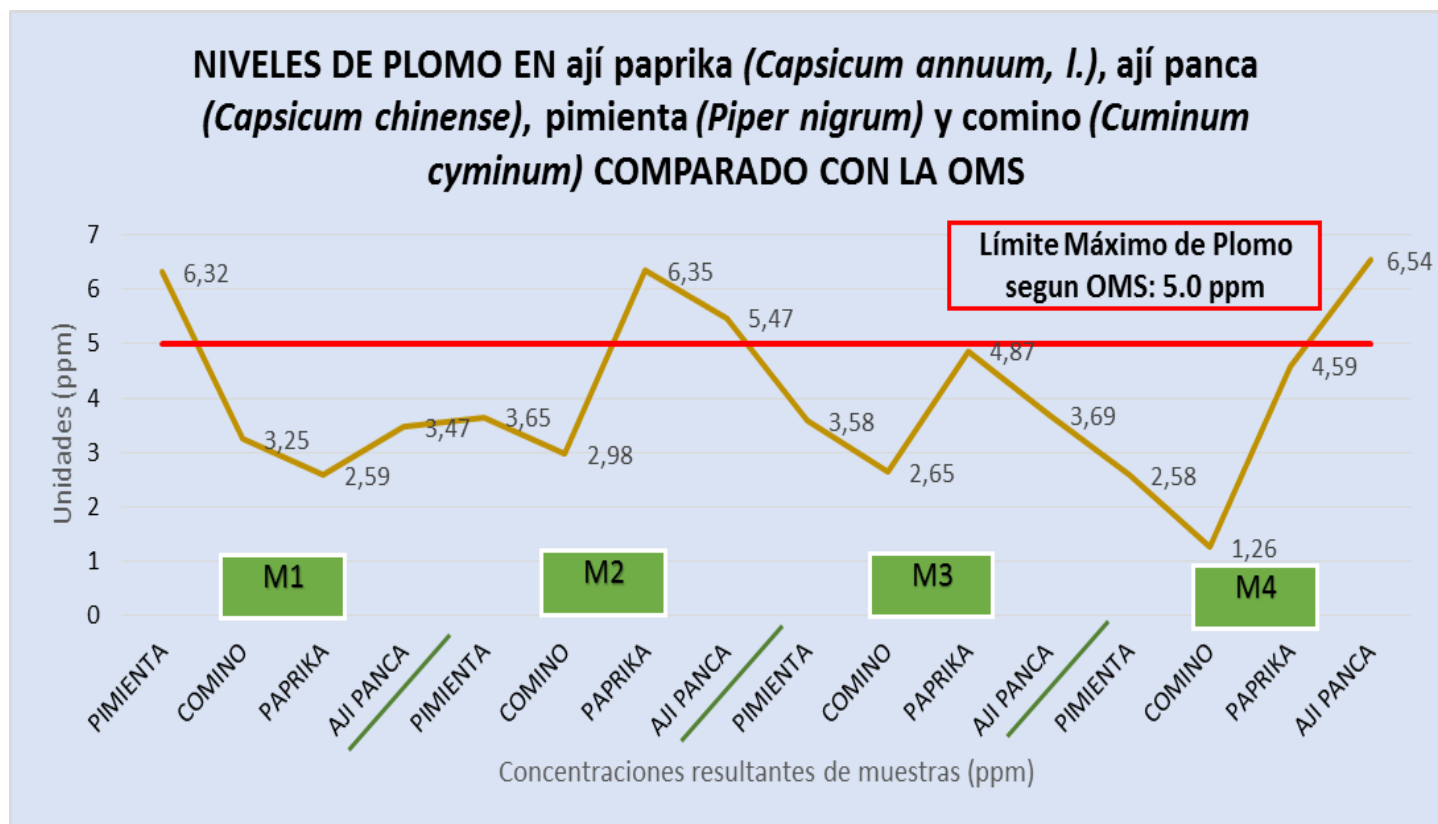
Fuente Elaboración propia. Perú, Lima. 2018



**Gráfico 9 : Limite de plomo según códigos de especias en polvo expandidas en mercado Caquetá-San Martín de Porres, período Enero 2018.**

Fuente Elaboración propia. Perú, Lima. 2018

Los límites de arsénico encontrados en las muestras de especias en polvo son: **M1:** (**PIMIENTA** 6.32 ppm), (**COMINO** 3.25ppm), (**PAPRIKA** 2.59ppm), (**AJI PANCA** 3.47 ppm), **M2:** (**PIMIENTA** 3.65ppm), (**COMINO** 2.98ppm), (**PAPRIKA** 6.35ppm), (**AJI PANCA** 5.47ppm), **M3:** (**PIMIENTA** 3.58ppm), (**COMINO** 2.65ppm), (**PAPRIKA** 4.87ppm), (**AJI PANCA** 3.69ppm), **M4:** (**PIMIENTA** 2.58 ppm), (**COMINO** 1.26ppm), (**PAPRIKA** 04.59ppm), (**AJI PANCA** 6.54ppm).

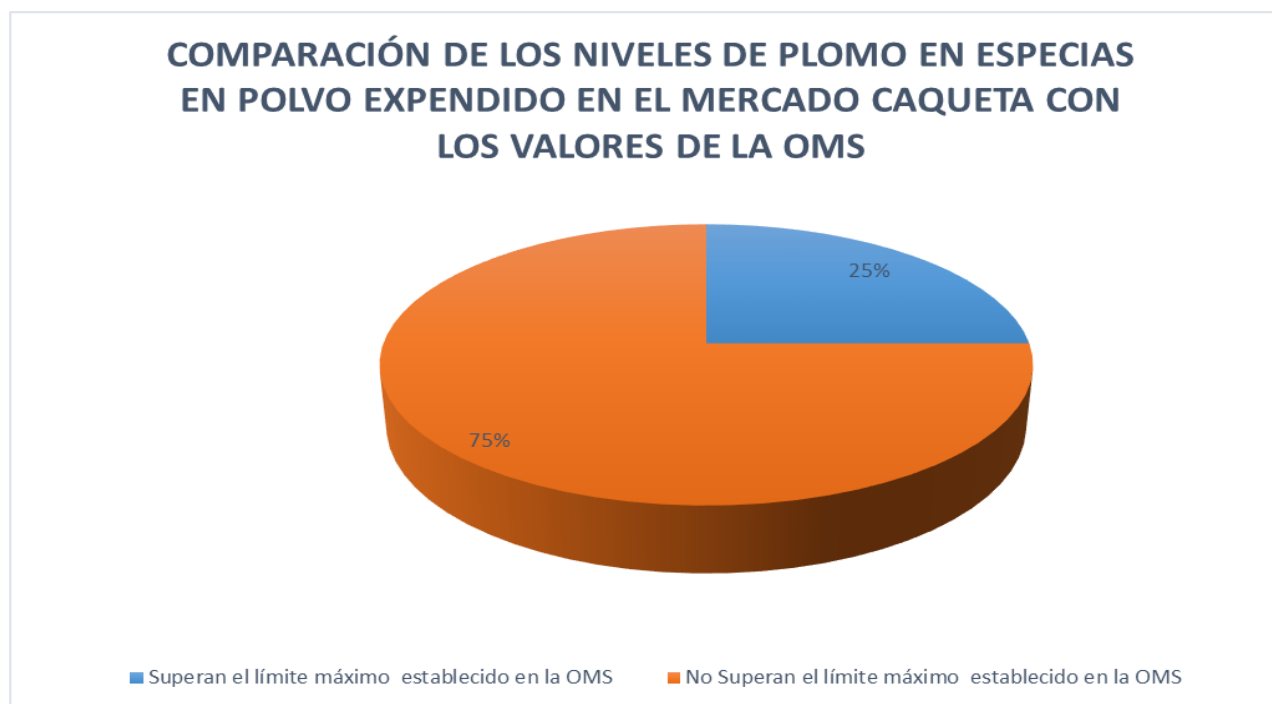


**Gráfico 10 : Niveles de plomo en especias en polvo expandidas en el mercado Caquetá-San Martín de Porres comparado con los parámetros establecidos de la Organización Mundial de Salud.**

Fuente Elaboración propia. Perú, Lima. 2018

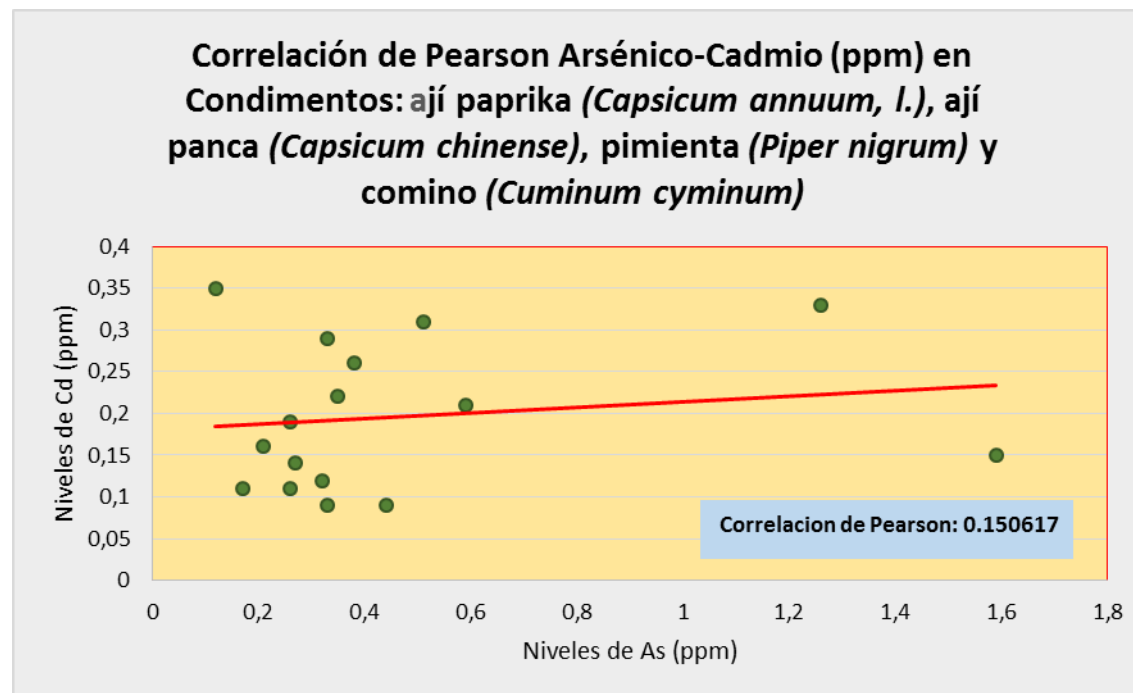
Tabla 4: **Porcentaje de muestras de Especias en polvo que exceden el límite de plomo establecido por la Organización Mundial de la Salud.**

Concentración de Pb (ppm) en la OMS	Muestras	Porcentaje
Superan el límite máximo establecido en la OMS	4	25%
No Superan el límite máximo establecido en la OMS	12	75%
	16	100%



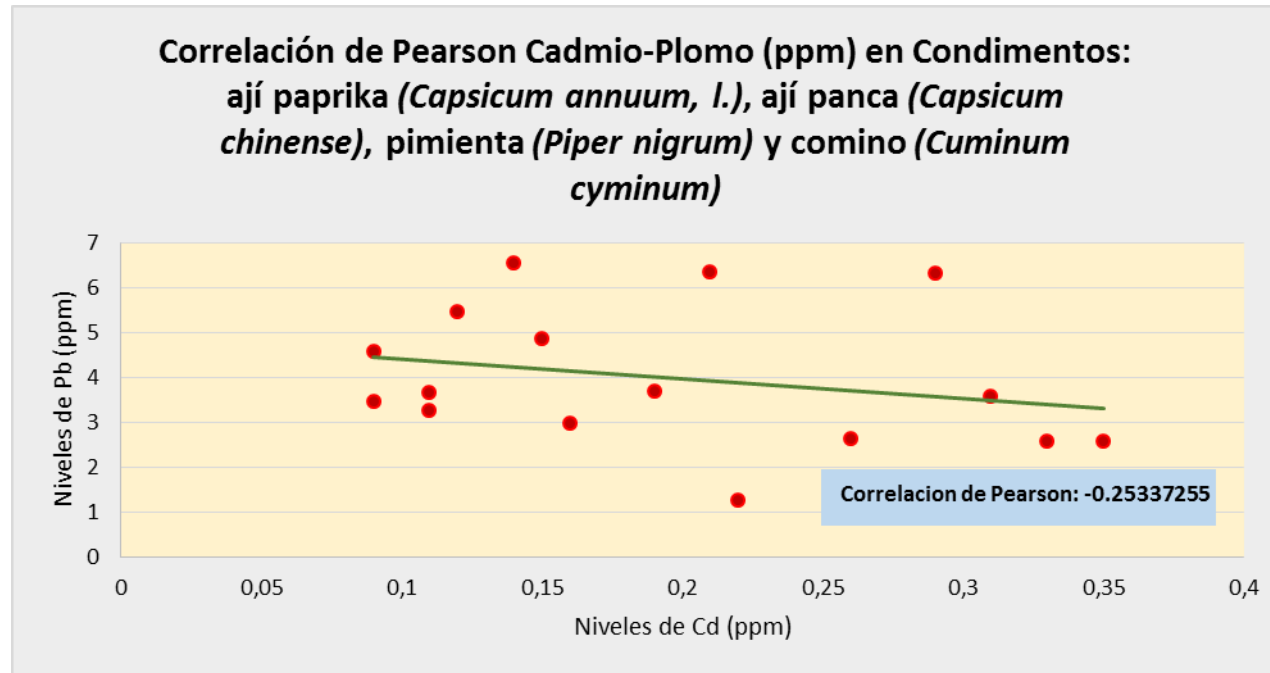
Fuente Elaboración propia. Perú, Lima. 2018

**Gráfico 11 : Correlación Pearson entre los niveles de arsénico y cadmio de las muestras de especias en polvo expandidas en el mercado Caquetá – San Martín de Porres, período Enero 2018.**



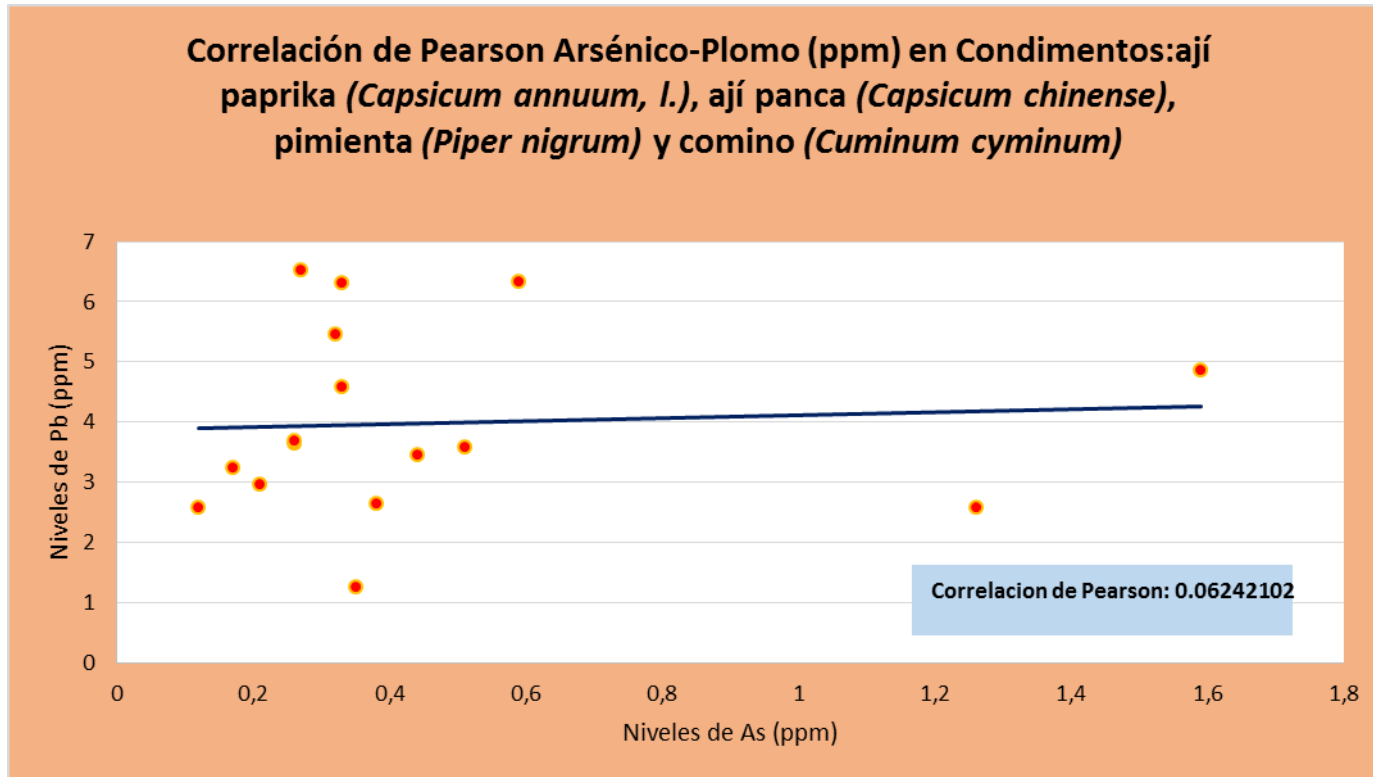
En la investigación la gráfica de Pearson indica que existe una correlación positiva del nivel de arsénico con los niveles de cadmio hallado en especias en polvo que son expandidas en el mercado Caquetá – San Martín de Porres.





**Gráfico N° 12 : Correlación Pearson entre los niveles de Cd y Pb de las muestras de especias en polvo expendidas en el mercado Caquetá – San Martín de Porres, período Enero 2018.**

En la investigación la gráfica de Pearson indica que existe una correlación negativa del nivel de cadmio con los niveles de plomo hallado en especias en polvo que son expendidas en el mercado Caquetá – San Martín de Porres.



**Gráfico N° 13 : Correlación Pearson entre los niveles de As y Pb de las muestras de especias en polvo expandidas en el mercado**

**Caquetá – San Martin de Porres, período Enero 2018.**

En la investigación la gráfica de Pearson indica que existe una correlación positiva del nivel de arsénico con los niveles de plomo hallado en especias en polvo que son expandidas en el mercado Caquetá – San Martin de Porres.

#### IV. DISCUSIONES

En el presente estudio descriptivo tuvo como objetivo determinar los niveles de arsénico, cadmio y plomo en especias en polvo expandidas en el mercado Caquetá- San Martín de Porres, Lima en el periodo Enero 2018, comparándose con parámetros establecidos por la Organización Mundial de la Salud, los cuales son indicadores de referencia en los resultados hallados.

Se evaluaron 16 muestras de especias en polvo por cada metal (arsénico, cadmio y plomo) teniendo como resultados:

Arsénico: 2 de las muestras analizadas que representan el 12 % superan el límite máximo establecido por la OMS, mientras que 14 de las muestras que representa al 88 % no superan el límite establecido por la OMS. (Tabla 2)

Cadmio: 7 de las muestras analizadas que representan el 44 % superan el límite máximo establecido por la OMS, mientras que 9 de las muestras que representa al 56 % no superan el límite establecido por la OMS. (Tabla 3)

Plomo: 4 de las muestras analizadas que representan el 25 % superan el límite máximo establecido por la OMS, mientras que 12 de las muestras que representa al 75 % no superan el límite establecido por la OMS. (Tabla 4)

Estos resultados difieren a los descritos por **Guiseppe, D; Annuario, G; Albergamo, A. (2016) Italia** "Heavy metals in aromatic spices by inductively coupled plasma-mass spectrometry, *Food additives & Contaminants*"<sup>(11)</sup>, se observó que sus muestras se encuentran dentro de los límites permitidos por la FAO Y OMS. Para este estudio ellos emplearon el método de espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente, los resultados pudieron variar por el uso de diferentes equipos para análisis de las muestras.

En nuestra investigación, el mayor porcentaje de muestras (81%) arroja niveles inseguros por presencia de metales pesados, estos resultados son similares a los hallados por los autores **Dghaim, R; Al Khatib, S; Rasool, H. (2015) Emiratos Árabes Unidos** "Determination of Heavy Metals Concentration in Traditional Herbs Commonly Consumed in the United Arab

Emirates. *Journal of Environmental and Public Health*. Article<sup>(12)</sup> donde se determinó el contenido de Cd, Hg, As, Pb en un total de siete hierbas comercializadas en el Mercado Italiano, no están dentro de los límites máximos permitidos, el resultado de ambas investigaciones se determinó mediante espectrometría de absorción atómica.

De acuerdo a nuestro estudio las especias utilizadas son básicas de la comida clásica peruana, en la investigación realizada por **Farhin, I. (2013) India** Analysis of minerals and heavy metals in some spices collected from local market. *Journal of Pharmacy and Biological Sciences*.<sup>(13)</sup> Se utilizaron las hierbas más usadas en la India para determinar contenidos de metales mediante espectrofotometría de absorción atómica, estos resultados fueron comparados con los límites máximos permitidos se observó que los niveles de plomo se encuentran dentro del límite establecido (3.3 - 4.59 ppm) incluso el resultado es menor al hallado en nuestras muestras (6.54 ppm); sin embargo los niveles de cadmio (0.04 - 0.4 ppm) y arsénico (0.7 - 1.5 ppm) superan los límites establecidos.

De acuerdo a los datos la mayor concentración de cadmio hallada en nuestra muestra (0.35 ppm) es menor a la hallada en la investigación de **Divrikli, U; Horzum, N; Soylak, M. (2006) Turquía** "Trace heavy metal contents of some spices and herbal plants from western Anatolia, Turkey, *International Journal of Food Science and Technology*"<sup>(14)</sup> se evaluaron los niveles de metales donde se determinó altas concentraciones de cadmio (0.1-2.8 ppm), en ambas investigaciones se superaron los límites máximos permisibles de Cadmio, esto puede traer consecuencias en la salud del consumidor.

En la cocina polaca las hierbas y especias tradicionales más utilizadas fueron objeto de estudio para determinar los contenidos de metales como Plomo, cadmio, zinc y cobre, por los autores **Krepjpcio Z, Krol E, Sionkowski S.** "Evaluation of Heavy Metals Contents in Spices and Herbs Available on the Polish Market. *Journal of Environmental studies*"<sup>(15)</sup> se utilizó el mismo método de nuestra investigación arrojando cantidades excesivas de plomo en algunas de las muestras, en Polonia existe estándares de seguridad establecidos por el

Ministerio de Salud Nacional a diferencia del Perú que no cuenta con un ente regulador para estas especias.

En el estudio realizado por los autores **Huamani YH, Huauya RM, Mansilla ML, Florida RN, Neira TG**, "Presencia de metales pesados en cultivo de Cacao (*Theobroma Cacao L.*) Orgánico." <sup>(51)</sup> realizado en Huánuco – Perú tuvo como objetivo la determinación de Plomo y cadmio en suelos y hojas de cacao, utilizando el método de análisis de correlación de Pearson. Para el caso de plomo hubo una correlación negativa ya que el mineral afecta al plomo, en el análisis de nuestros resultados de Cadmio y Plomo en condimentos nos indicó que existe una correlación negativa, es decir, la presencia de un elemento no afecta la presencia del otro elemento.

En el año 2016 en Lima – Peru, **Arevalo Gadini, Obando Cerpa, Zuñiga Cernales**, publicaron un estudio sobre los "Metales pesados en suelos de plantaciones de Cacao en tres regiones del Perú" <sup>(52)</sup> cuyo objetivo fue determinar contenidos de metales. Los resultados fueron: los valores de metales pesados se encontraron por debajo de lo considerado como Fitotóxico. En nuestra investigación también se tuvo como objetivo principal la determinación de metales, de los cuales 13 muestras se encontraron superando los límites máximos permitidos dados por la OMS.

En el año 2014 en Irán, Eghbali K., et al., "Determination of Heavy Metals in Tattoo Ink. Biosci., Biotech" <sup>(53)</sup> se evaluó las concentraciones de metales pesados (plomo, cadmio y zinc) en tintas permanentes de tatuajes analizados mediante espectrofotometría de emisión de llamas teniendo como resultado concentraciones altas de plomo y cadmio, estos al igual que en nuestra investigación, tienen consecuencias perjudiciales para la salud, ya que las tintas de tatuajes ingresan al organismo por intermedio de la piel.

Comparado a un trabajo realizado por Luna Ruth, Víctor Rodríguez, "Determinación de las concentraciones de cadmio y plomo en papa (*Solanum tuberosum*)" <sup>(54)</sup> cosechada en las cuencas de los ríos Mashcón y Chonta – Cajamarca," Lima 2016, donde se encontraron concentraciones media de cadmio en las muestras de papa para la cuenca del río Mashcón fue de 0,3095 ppm ±

0,0078 ppm y para la cuenca del río Chonta fue de 0,3078 ppm, se concluye que estos valores se encuentran similares a los valores hallados en nuestro trabajo. En el trabajo mencionado no se hallaron concentraciones de plomo.

En la investigación realizada por Huanri. J. "Determinación de plomo y arsénico en jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) por espectroscopia de absorción atómica en Lima Metropolitana, 2014." <sup>(55)</sup> se determinó la concentración de arsénico y plomo en el jugo de la caña de azúcar en diferentes distritos de Lima, utilizando el método de Espectroscopia de absorción atómica de generador de hidruros y horno de grafito teniendo como resultado promedio arsénico: 0.2923 ppm y plomo: 0.4461 ppm, en nuestro trabajo obtuvimos de resultado promedio arsénico: 0.46 ppm y plomo : 3.99 ppm, en ambos trabajos podemos observar que no superan los límites máximos establecidos por la OMS.

En el 2004 se realizó un estudio por los autores Krejpcio. Z, Sionkowski. S, Bartela. J., "Safety of Fresh Fruits and Juices Available on the Polish Market as Determined by Heavy Metal Residues." <sup>(56)</sup> En frutas y jugos, en donde el contenido de Pb, Cd, Cu y Zn se determinó mediante espectrometría de absorción atómica (AAS). Se encontró que la mayoría de las muestras de frutas (90,4%) contenían bajos niveles de metales pesados. Sin embargo, el 9,6% restante tenían los valores de metales pesados aumentados (Pb 2,2%, Cd 4,4%, Cu, 1,5%, Zn 1,5%). La mayoría de la muestra de jugo de fruta (88%) cumplió con los criterios estándar nacionales, pero el 12% excedió los límites permisibles para Pb y Cd (3% y 9%, respectivamente). Se encontró que el promedio de plomo para jugos de naranja es de 0,125 mg/L – y para cadmio un promedio de 0,015 mg/L. En la presente investigación se puede observar que el promedio para plomo es 3,99 ppm y para cadmio: 0,20 ppm siendo estos valores mucho más elevados.

Los resultados obtenidos en la investigación, comparado a el trabajo realizado por Ayala J, Liñan F "Determinación Cuantitativa de Cadmio y Plomo en jugo de naranjas expandidas por vendedores ambulantes en Lima Metropolitana durante el Periodo Junio- Setiembre 2014" <sup>(57)</sup> En las que se tuvieron como resultados valores promedio de 0,17ppm para el cadmio y 0,36 ppm para el plomo en comparación a los nuestros que fueron de 0.20 ppm y 3.99

pmm para el cadmio y plomo respectivamente, lo que indica que las contaminaciones por metales han aumentado sustancialmente, esto debido al crecimiento de las grandes industrias y al poco control de parte de las autoridades sobre las industrias en relación a la emisión de gases, humos, que constituyen grandes contaminantes que afectan a la población.

En el gráfico 4, 5: Los niveles de arsénico encontrados en las muestras de especias en polvo son: M1: (pimienta 0.33 ppm), (comino 0.17 ppm), (paprika 1.26 ppm), (ají panca 0.44 ppm), M2: (pimienta 0.26 ppm), (comino 0.21 ppm), (paprika 0.59 ppm), (ají panca 0.32 ppm), M3: (pimienta 0.51 ppm), (comino 0.38 ppm), (paprika 1.59 ppm), (ají panca 0.26 ppm), M4: (pimienta 0.12 ppm), (comino 0.35 ppm), (paprika 0.33 ppm), (ají panca 0.27 ppm). Teniendo como valor promedio 0.46 ppm, un valor mínimo de 0.12 ppm y un valor máximo de 1.59 ppm. Frente a los límites máximos establecidos por la OMS (As: 1.0 ppm). Lo que indica que 2 muestras superan los límites.

En el gráfico 6, 7: Los niveles de cadmio encontrados en las muestras de especias en polvo son: M1: (pimienta 0.29 ppm), (comino 0.11 ppm), (paprika 0.33 ppm), (aji panca 0.09 ppm), M2: (pimienta 0.11 ppm), (comino 0.16 ppm), (paprika 0.21 ppm), (aji panca 0.12 ppm), M3: (pimienta 0.31 ppm), (comino 0.26 ppm), (paprika 0.15 ppm), (aji panca 0.19 ppm), M4: (pimienta 0.35 ppm), (comino 0.22 ppm), (paprika 0.09 ppm), (aji panca 0.14 ppm). Teniendo como valor promedio 0.20 ppm, un valor mínimo de 0.09 ppm y un valor máximo de 0.35 ppm. Frente a los límites establecidos por la OMS (Cd: 0.2 ppm). Lo que indica que 7 muestras superan los límites.

En el gráfico 8, 9: Los niveles de plomo encontrados en las muestras de especias en polvo son: M1: (pimienta 6.32 ppm), (comino 3.25ppm), (paprika 2.59ppm), (ají panca 3.47 ppm), M2: (pimienta 3.65ppm), (comino 2.98ppm), (paprika 6.35ppm), (ají panca 5.47ppm), M3: (pimienta 3.58ppm), (comino 2.65ppm), (paprika 4.87ppm), (ají panca 3.69ppm), m4: (pimienta 2.58 ppm), (comino 1.26ppm), (paprika 04.59ppm), (ají panca 6.54ppm). Teniendo como valor promedio 3.99 ppm, un valor mínimo de 1.26 ppm y un valor máximo de

6.54 ppm. Frente a los límites establecidos por la OMS (Pb: 5.0 ppm). Lo que indica que 4 muestras superan los límites.

En el grafico 10: se observa que los resultados de la correlación de Pearson entre Arsénico y Cadmio es 0.150617, lo que indica que existe una relación positiva entre las variables.

En el grafico 11: se observa que los resultados de la correlación de Pearson entre Cadmio y Plomo es - 0.25337255, lo que indica que existe una relación negativa entre las variables.

En el grafico 10: se observa que los resultados de la correlación de Pearson entre Arsénico y Plomo es 0.06242102 lo que indica que existe una relación positiva entre las variables.



## V. CONCLUSIONES

1. El análisis de las muestras de especias en polvo presentaron en su composición concentraciones variables de arsénico, cadmio y plomo, estos valores posteriormente fueron comparados con los límites establecidos por la OMS.
2. El 12% de las muestras de especias en polvo contienen concentraciones de Arsénico que superan el LMP dados por la OMS, y el 88 % no lo superan.
3. El 44% de las muestras de especias en polvo contienen concentraciones de Cadmio que superan el LMP dados por la OMS, y el 56 % no lo superan.
4. El 25% de las muestras de especias en polvo contienen concentraciones de Plomo que superan el LMP dados por la OMS, y el 75 % no lo superan.
5. La concentración promedio de Plomo fue 3.99, con cifras extremas máximas de 6.54 y mínimas de 1.26.
6. La concentración promedio de Arsénico fue 0.46, con cifras extremas máximas de 1.59 y mínimas de 0.12.
7. La concentración promedio de Cadmio fue 0.19, con cifras extremas máximas de 0.35 y mínimas de 0.09.
8. En los gráficos 7, 8 y 9 muestra la correlación entre los metales donde aplicando el coeficiente de Pearson se obtuvo los valores de :

As – Cd: positivo

Cd – Pb: Negativo.

As – Pb: Positivo.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar una Norma Técnica Peruana, sobre la concentración de metales pesados como los analizados en la investigación en las especias en polvo, estableciendo parámetros que nos ayuden a disminuir el riesgo de acumulación de metales en la salud del ser humano.
2. Realizar trabajos de investigación de las principales fuentes de exposición para evitar un riesgo alimentario en el consumo del producto.
3. Las entidades responsables deben controlar, fomentar y vigilar con análisis fisicoquímicos y toxicológicos los productos que actualmente se comercializan en el mercado, como las especias a granel. Evitando mayor incidencia de metales pesados en el alimento.
4. Fiscalizar el uso de componentes químicos que contengan mayor porcentaje de metales pesados en el procesamiento de los productos alimentarios.
5. Analizar en matrices como sangre, orina, cabello y uñas los niveles de arsénico, cadmio y plomo presentes en personas que consumen a diario este producto. Lo cual permitirá evaluar el nivel de exposición a estos metales.
6. Estos productos son propensos a ser adulterados por lo tanto estas concentraciones resultantes se deben a la existencia de adulterantes y/o contaminantes lo que hacen que se eleven los valores de los elementos analizados, por ello es necesario que se realicen controles para evitar que se vendan estas especies contaminadas.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Lucho CA, Álvarez Suarez M, Beltrán Hernández R., Prieto García F. and Poggi Varaldo H. A multivariate analysis of the accumulation and fractionation of major and trace elements in agricultural soils in Hidalgo State, Mexico irrigated with raw wastewater. *Environmental International*, 2005 Apr; 31(3):313-23.
2. Ornella Abollino, Maurizio Aceto, Mery Malandrino, Edoardo Mentasti Distribution and Mobility of Metals in Contaminated Sites. *Chemometric Investigation of Pollutant Profiles. Environmental Pollution*. 2002: 177-193.
3. Gonzales I. Contaminantes físicos y microbiológicos más comunes encontrados en especias. IDEA FSI NEWLESTER. Disponible en: <http://www.ideafoodsafetyinnovation.com/newsletters/2013/11/contaminantes-mas-comunes-en-especias/> 2013 Nov.
4. Kabata Pendias A. Trace elements in soils and plants. Third Edition. CRC Press, Inc. Boca ratón. USA 2001: 365-413.
5. Abou A, Abou Donia M. Heavy Metals in Egyptian Spices and Medicinal Plants and the Effect of Processing on Their Levels. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10888541>, [Fecha de acceso 16 de Enero de 2018]. 2000: 48 (6) Pp. 2300-2304
6. Asantewah M, Opoku C. Heavy metal content of some common spices available in markets in the Kumasi metropolis of Ghana. *American Journal of Scientific and Industrial Research*. 2010: 1(2) Pp. 158-163. Disponible en: <http://www.scihub.org/AJSIR/PDF/2010/2/AJSIR-1-2-158-163.pdf>, [Fecha de acceso 16 de Enero de 2018].
7. Curioni A, Arizio O. La calidad aplicada a la producción y acondicionamiento de hierbas culinarias y especias. Disponible en: [http://bvs.panalimentos.org/local/File/INCLUSIONES2008/3PRIMER CONGRESO ARGENTINO MERCOSUR BPM POES HACCP2003estanaBVS/MONOGRAFIAS/WGSS\\_Control\\_Calidad\\_Hierbas\\_Especias.pdf](http://bvs.panalimentos.org/local/File/INCLUSIONES2008/3PRIMER_CONGRESO_ARGENTINO_MERCOSUR_BPM_POES_HACCP2003estanaBVS/MONOGRAFIAS/WGSS_Control_Calidad_Hierbas_Especias.pdf), [Fecha de acceso 16 de Enero e de 2018].
8. Prieto M. Determinación de metales pesados en hortalizas distribuidas en plazas de mercado, centros de abasto e hipermercados de la ciudad de Bogotá. [Tesis de Post Grado]. Costa rica: Universidad Para la Cooperación Internacional. Bogotá 2011.

9. Zukowska J, Biziuk M. Methodological Evaluation of Method for Dietary Heavy metal intake. *Journal of Food Science*, **73**, R21-R29. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00648.x>. (2008)
10. Igwe JC, Ihesilo PO, Nnorom, IC. (2012) Trace Element Analysis of Forage Samples in Niger Delta of Nigeria. *Journal Chemical Society of Nigeria*, **37**, 93-97.
11. Guiseppe D, Annuario G, Albergamo A. Heavy metals in aromatic spices by inductively coupled plasma-mass spectrometry, *Food additives & Contaminants: Part B*. 2016;9 (3) pp. 1-12. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/19393210.2016.1175516>, [Fecha de acceso 16 de marzo de 2018].
12. Dghaim R, Al Khatib, Rasool H. Determination of Heavy Metals Concentration in Traditional Herbs Commonly Consumed in the United Arab Emirates. *Journal of Environmental and Public Health*. Article ID 973878. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/973878> [Fecha de acceso 19 de marzo de 2018]. 2015.
13. Farhin I. Analysis of minerals and heavy metals in some spices collected from local market. *Journal of Pharmacy and Biological Sciences*. 2013: 8 (2), pp. 40-43. Disponible en: <http://www.iosrjournals.org/iosr-jpbs/papers/Vol8-issue2/H0824043.pdf?id=8270>, [Fecha de acceso 15 de abril de 2018].
14. Divrikli U, Horzum N, Soy lak M. Trace heavy metal contents of some spices and herbal plants from western Anatolia, Turkey, *International Journal of Food Science and Technology*. 2006: 41, pp. 712–716. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.2005.01140.x/abstract>, [Fecha de acceso 15 de abril de 2018].
15. Krepjpcio Z, Krol E, Sionkowski S. Evaluation of Heavy Metals Contents in Spices and Herbs Available on the Polish Market. *Journal of Enviromental studies Polish*. 2007:16 (1) pp. 97 – 100. Disponible en: <http://www.pjoes.com/abstracts/2007/Vol16/No01/13.html>. [Fecha de acceso 19 de abril de 2018].
16. Codex Alimentarius. Código de Prácticas de Higiene para especias y hierbas aromáticas desecadas. Disponible en: [www.fao.org/input/download/standards/27/CXP\\_042s\\_2014.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/27/CXP_042s_2014.pdf), [Fecha de acceso 15 de mayo de 2018].

17. Morales J, Fernanda M. El cultivo del pimiento. Disponible en: <http://allmacigos.cl/bt/EL%20CULTIVO%20DEL%20PIMIENTO.pdf>, [Fecha de acceso 17 de mayo de 2018].
18. Godoy G., Sierra Exportadora. Ficha Técnica Ají Panca. Disponible en: <http://www.sierraexportadora.gob.pe/cajamarca/wp-content/uploads/2015/05/FICHA-TECNICA-AJI-PANCA1.pdf>. [Fecha de acceso 17 de mayo de 2018].
19. Jager M, Jiménez A, Amaya K. Las cadenas de valor de los ajíes nativos del Perú. *Bioversity International*. 2013, Disponible en: [https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/migrated/uploads/tx\\_news/Las\\_cadenas\\_de\\_valor\\_de\\_los\\_aj%C3%ADes\\_nativos\\_de\\_Peru\\_1730.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/migrated/uploads/tx_news/Las_cadenas_de_valor_de_los_aj%C3%ADes_nativos_de_Peru_1730.pdf). [Fecha de acceso 17 de mayo de 2018].
20. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica- Ministerio de Agricultura y Ganadería. Pimienta. 1991. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec\\_pimienta.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_pimienta.pdf), [Fecha de acceso 20 de mayo de 2018].
21. Infoagro. El cultivo de la Pimienta. Disponible en: <http://www.infoagro.com/aromaticas/pimienta.htm>, [Fecha de acceso 20 de mayo de 2018].
22. Sánchez, H. El cultivo de Comino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2012. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-sanchez\\_comino.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-sanchez_comino.pdf). [Fecha de acceso 20 de mayo de 2018].
23. Davis RD. Uptake of molybdenum and copper by forage crops growing on sludge-treated soils and its implication for the health of grazing animals. In: Proc. Intl. Conf. on Heavy Metals in the Environment, CEP Consultants, Edinburgh, Scotland. 1981 pp. 194-197.
24. Mejía C. Metales pesados en suelos y plantas: Contaminación y Fitotoxicidad. [Trabajo de Investigación]. Perú: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión; 2011.
25. Mayta, J; Palao, A; Bravo. R. Estudio y evaluación del contenido de Plomo total en alimentos procesados en expansores tipo batch tradicionales y prototipo rediseñado. 2010. 2:181-187.
26. Prieto, M. Determinación de metales pesados en hortalizas distribuidas en plazas de mercado, centros de abasto e hipermercados de la ciudad de Bogotá d.c.[Tesis de Post Grado]. Costa rica: Universidad Para la Cooperación Internacional; Dic 2011.

27. Angelova V, Ivanova R, Delibaltova V, Ivanov K. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). *Industrial Crops and Products*, 19: 197–205. 2004
28. Chak KO, Wiedensohler J, Ames JS. *Atmospheric environment*. 2004, 38, 6803-6812.
29. Ticsihua J. Evaluación de Tres Variedades de Papas Nativas (*Solanum tuberosum* L.) Para el Procesamiento de Hojuelas Fritas. Perú: Universidad de Huancavelica; 2012.
30. SIAFA. Arsénico. [En línea]. Argentina: SIAFA; 1993 [Fecha de acceso 07 de junio 2018]; URL disponible en: <http://www.siafa.com.ar/notisiafa/fichas/arsenico.pdf>
31. Albores A, Quintanilla VB, Del Razo L, Cebrián M. Introducción a la toxicología Ambiental-Arsénico. México: Metepec; 1997. [Fecha de acceso 08 de junio 2018]; URL disponible en: <http://bvs.per.paho.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-03a15.pdf>
32. Toxicological profile for arsenic for arsenic. Arsénico. [En línea]. Atlanta; 2000 [Fecha de acceso 07 de julio 2018]; URL disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=37>
33. Kjellstrom T, Nordberg GF. Kinetic model of cadmium metabolism. En: Fridberg L, Elinder CG, Kellstrom T, Nordberg GF, Eds. *Cadmium and Health, a Toxicological and Epidemiological Appraisal*. Vol I, Boca Raton, FL: CRC Press. Jul 1978; 16(1-3):248-69.
34. Kelley, M., S. Brauning, R. Schoof, and M. Ruby. 2002. *Assessing oral bioavailability of metals in soil*. 136 pp. Battelle Press, Columbus, OH.
35. Nuria FH, Schuhmacher M. Metales pesados y salud. Vol 108 Dic 2007
36. ISSN. Cadmio: Reevaluación de sustancias, Departament de Salut. pp.240-256 Nov 2013.
37. Ramírez A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 2002; 63 (1):51-64.
38. Rubio C. Ingesta dietética de contaminantes metálicos (Hg, Pb, Cd, Fe, Cu, Zn y Mn) en la Comunidad Autónoma Canaria. Evaluación toxicológica. [Tesis de Grado]. España: Universidad de la Laguna; 2009.

39. Gill C., Metalurgia Extractiva no ferrosa, Editorial Limusa, Mexico 1989, Pp. 55-85.
40. Rodríguez López MA, Navarro M, Cabrera C, López MC (2001). Elementos Tóxicos en Alimentos, Bebidas y Envases. Alimentaria. Mayo 2001: Pp. 23-31.
41. Noël L, Leblanc JC, Guerín T. (2003). Determination of several elements in duplicate meals from catering establishments using closed vessel microwave digestion with inductively couple plasma mass spectrometry detection: estimation of daily dietary intake. Food Addit Contam; 20: Pp. 44-56.
42. Zukowska J, Biziuk M. (2008). Methodological evaluation of method for dietary heavy metal intake. J Food Sci; 73: Pp. 21-29.
43. Run D. Informe del Estudio de Riesgo para la Salud Humana. Perú: Integral Consulting inc; 2005.
44. Krantz A, Dorevitch S. Metal exposure and common chronic diseases: A guide for the clinician. Dis Mon 2004; 50: Pp.215- 262.
45. Celada Cajal F. Dolor Abdominal y Abdomen Agudo 2015, disponible en: <https://remi.uninet.edu/descarga/dolorabdominal.pdf>.
46. Melinda Valdivia I. Intoxicación por plomo. Rev. Soc. Per. Med. Inter. 18(1) 2005
47. Henretig, Fred M. «Lead» en Goldfrank, Flomembraum, Lewin, Howland, Hoffman y Nelson editores: Goldfrank's Toxicologic Emergencies. , 7ma edición, Nueva York, 2002.
48. Gómez M. Validación de la Metodología por el Método Estándar 3111<sup>a</sup> – Absorción Atómica Para el Análisis de Metales Pesados en Muestras de Aguas y Aguas Residuales. [Tesis de Grado]. Colombia: Facultad de Tecnologías, Universidad Tecnológica de Pereira; 2011.
49. Espectroscopia de emisión y absorción atómica. [en línea]. México; 2008. [Fecha de acceso 22 de junio de 2018]. URL. Disponible en: <http://www.quiminet.com/articulos/la-espectrometria-de-absorcion-atmica-31648.htm>.
50. Farhin I.,Sujata D., Neha N. Analysis of minerals and heavy metals in some spices collected from local market . Nov – Dec 2013 Pp 40-43.
51. Huamani YH, Huauya RM, Mansilla ML, Florida RN, Neira TG, Presencia de metales pesados en cultivo de Cacao (Theobroma Cacao L.) Orgánico. Huánuco - Perú: Acta Agronómica 2012. 61(4). 339 – 344.

52. Arevalo Gadini, Obando Cerpa, Zuñiga Cernales, Metales pesados en suelos de plantaciones de Cacao en tres regiones del Perú. Tesis. Lima – Perú: revista ecológica aplicada, 2016. Vol. 15 (2). Pp. 81 – 89.
53. Eghbali K., et al., Determination of Heavy Metals in Tattoo Ink. Biosci., Biotech. Res. Asia. [En línea]. 2014 [Fecha de acceso 25 de noviembre del 2017]. 11(2): 941-946. Disponible en:  
<https://www.researchgate.net/publication/265507793>
54. Luna Ruth, Rodriguez Victor. Determinación de las concentraciones de Cadmio y Plomo en Papa (*Solanum tuberosum*) cosechada en las cuencas de los ríos Mashcón y Chonta – Cajamarca. [Tesis para optar el Título de Químico Farmacéutico]- Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima 2016.
55. Huanri. J. Determinación de plomo y arsénico en jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) por espectroscopia de absorción atómica en Lima Metropolitana, 2014. [Tesis para optar el Título de Químico Farmacéutico]. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima 2014.
56. Krejpcio. Z, Sionkowski. S, Bartela. J., Safety of Fresh Fruits and Juices Available on the Polish Market as Determined by Heavy Metal Residues. Polish Journal of Environmental Studies Vol. 14, No 6 (2005), 877-881.
57. Ayala. J, Liñan, F. Determinación Cuantitativa de Cadmio y Plomo en jugo de naranjas expandidas por vendedores ambulantes en Lima Metropolitana Durante el Periodo Junio- Setiembre 2014. [Tesis para optar el Título de Químico Farmacéutico]. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Norbert Wiener. Lima 2014.





### OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	VALORES	CRITERIOS DE MEDICION	TIPO DE VARIABLE	INSTRUMENTOS
Independiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ají paprika (<i>Capsicum annuum, l.</i>),</li> <li>• Ají panca (<i>Capsicum chinense</i>),</li> <li>• Pimienta (<i>Piper nigrum</i>)</li> <li>• Comino (<i>Cuminum cuminum</i>)</li> </ul>	Límite de contaminantes metálicos establecido por OMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arsénico: 1.0 ppm</li> <li>• Cadmio: 0,2 ppm</li> <li>• Plomo: 5,0 ppm</li> </ul>	Concentración mg/Kg o ppm	Cuantitativa	Espectrofotómetro de Absorción Atómica