

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y**  
**AMBIENTAL**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN**

**ANÁLISIS DE PLOMO Y CADMIO EN EL FRUTO DE**  
***Mangifera indica* L. (MANGO), EN EL SECTOR LINDEROS,**  
**PROVINCIA DE JAÉN – CAJAMARCA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO**  
**FORESTAL Y AMBIENTAL**

**AUTORES:**

Bach. Neidi Alarcon Cruz

Bach. Romario Anibal Pelaez Gonzales

**ASESORES:**

Dr. Julio Roger Chico Ruiz.

M. Sc. Joseph Campos Ruiz.

**Línea de investigación:** Conservación, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales.

**JAÉN - PERÚ, SETIEMBRE, 2024**

NOMBRE DEL TRABAJO

**ANÁLISIS DE PLOMO Y CADMIO EN EL FRUTO DE Mangifera indica L. (MANGO), EN EL SECTOR LINDEROS, PROVIN**

AUTOR

**Neidi Alarcon Cruz & Romario Anibal Pelaez Gonzales**

RECUENTO DE PALABRAS

**12234 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**63146 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**60 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**5.0MB**

FECHA DE ENTREGA

**Aug 29, 2024 9:09 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Aug 29, 2024 9:10 AM GMT-5**

### ● 6% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
*Dr. Alexander Huaman Mera*  
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias



## FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 11 de setiembre del año 2024, siendo las 11:00 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado:

Presidente : Dr. Alexander Huamán Mera  
Secretario : Dr. Segundo Edilberto Vergara Medrano  
Vocal : Dr. Lupo Leonidas Varas Ponce

Para evaluar la Sustentación del **Informe Final** de:

- ( ) Trabajo de Investigación  
( **X** ) Tesis  
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

**Titulado: "ANÁLISIS DE PLOMO Y CADMIO EN EL FRUTO DE *Mangifera indica* L. (MANGO) EN EL SECTOR LINDEROS, PROVINCIA DE JAÉN-CAJAMARCA", presentado por los Bachilleres: Neidi Alarcon Cruz y Romario Anibal Pelaez Gonzales, de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.**


Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:


(**X**) Aprobar ( ) Desaprobar (**X**) Unanimidad ( ) Mayoría


Con la siguiente mención:

- |                |            |               |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )           |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )           |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( <b>15</b> ) |
| d) Regular     | 13         | ( )           |
| e) Desaprobado | 12 ò menos | ( )           |

Siendo las ~~12~~ **11**: ~~15~~ horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alexander Huamán Mera  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Segundo Edilberto Vergara Medrano  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Lupo Leonidas Varas Ponce  
Vocal

# ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
INDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	X
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
2.1 Área de estudio.....	17
2.2 Población, muestra, muestreo.....	17
2.2.1 Población.....	17
2.2.2 Muestra.....	17
2.2.3 Muestreo.....	18
2.3 Métodos, técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos.....	18
2.3.1 Trabajo de campo .....	18
2.3.2 Trabajo de laboratorio .....	19
2.3.3 Análisis de datos.....	20
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>

3.1	Presencia y concentración de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en frutos de <i>Mangifera indica</i> L.....	21
3.2	Comparación de valores de Plomo (Pb) en frutos de <i>Mangifera indica</i> L. con los valores máximos permisibles de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia .....	26
3.2.1	Niveles de Plomo en frutos de <i>Mangifera indica</i> L. de la parte media de la copa .....	28
3.2.2	Niveles de Plomo en frutos de <i>Mangifera indica</i> L. de la parte superior de la copa .....	30
3.3	Comparación de valores de Cadmio (Cd) en frutos de <i>Mangifera indica</i> L. con los valores máximos permisibles de la Comisión del Codex Alimentarius, la Unión Europea y Legislación de metales pesados .....	32
3.3.1	Niveles de Cadmio en frutos de <i>Mangifera indica</i> L. de la parte inferior de la copa .....	32
3.3.2	Niveles de Cadmio en frutos de <i>Mangifera indica</i> L. de la parte media de la copa .....	34
3.3.3	Niveles de Cadmio en frutos de <i>Mangifera indica</i> L. de la parte superior de la copa .....	36
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIONES .....</b>	<b>39</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>44</b>
5.1	Conclusiones .....	44
5.2	Recomendaciones .....	45
<b>VI.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>46</b>
	<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>52</b>
	<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>53</b>

<b>ANEXOS .....</b>	<b>54</b>
---------------------	-----------

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> <i>Valores de Plomo encontrados en los frutos de Mangifera indica L. ....</i>	21
<b>Tabla 2</b> <i>Valores de Cadmio encontrados en los frutos de Mangifera indica L. ....</i>	24
<b>Tabla 3</b> <i>Niveles de Plomo (Pb) en frutos de Mangifera indica L. obtenidos de la parte inferior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia .....</i>	26
<b>Tabla 4</b> <i>Niveles de Plomo (Pb) en frutos de Mangifera indica L. obtenidos de la parte media de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia .....</i>	28
<b>Tabla 5</b> <i>Niveles de Plomo (Pb) en frutos de Mangifera indica L. obtenidos de la parte superior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia .....</i>	30
<b>Tabla 6</b> <i>Niveles de Cadmio (Cd) en frutos de Mangifera indica L. obtenidos de la parte inferior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia .....</i>	32
<b>Tabla 7</b> <i>Niveles de Cadmio (Cd) en frutos de Mangifera indica L. obtenidos de la parte media de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia .....</i>	34
<b>Tabla 8</b> <i>Niveles de Cadmio (Cd) en frutos de Mangifera indica L. obtenidos de la parte superior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia .....</i>	36

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Niveles de Plomo (Pb) en frutos de <i>Mangifera indica</i> L. obtenidos de la parte superior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia .....	27
<b>Figura 2</b> Niveles de Plomo (Pb) en frutos de <i>Mangifera indica</i> L. obtenidos de la parte superior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia .....	29
<b>Figura 3</b> Niveles de Plomo (Pb) en frutos de <i>Mangifera indica</i> L. obtenidos de la parte superior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia .....	31
<b>Figura 4</b> Niveles de Cadmio (Cd) en frutos de <i>Mangifera indica</i> L. obtenidos de la parte superior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia .....	33
<b>Figura 5</b> Niveles de Cadmio (Cd) en frutos de <i>Mangifera indica</i> L. obtenidos de la parte media de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia .....	35
<b>Figura 6</b> Niveles de Cadmio (Cd) en frutos de <i>Mangifera indica</i> L. obtenidos de la parte baja de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia .....	37
<b>Figura 7</b> Mapa de la PTAR de la EPS Marañón - Jaén .....	54
<b>Figura 8</b> Mapa de localización del laboratorio del CAE de la Universidad Nacional de Jaén .....	55
<b>Figura 9</b> Mapa de ubicación de árboles de <i>Mangifera indica</i> L. circundantes a la PTAR de la EPS Marañón .....	56
<b>Figura 10</b> Efluentes de las pozas de oxidación de la PTAR de la EPS Marañón.....	57

<b>Figura 11</b> <i>Árboles de Mangifera indica L. circundantes a los efluentes de las pozas de oxidación de la PTAR de la EPS Marañón</i> .....	57
<b>Figura 12</b> <i>Colecta de frutos de M. indica</i> .....	58
<b>Figura 13</b> <i>Preparación de muestras</i> .....	58
<b>Figura 14</b> <i>Evaluación de presencia de Pb y Cd</i> .....	59
<b>Figura 15</b> <i>Árbol de Mangifera indica L. cortado</i> .....	59

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo 1.</b> <i>Mapa de ubicación de la PTAR de la EPS Marañón - Jaén</i> .....	54
<b>Anexo 2.</b> <i>Mapa de localización del laboratorio del CAE de la Universidad Nacional de Jaén</i> .....	55
<b>Anexo 3.</b> <i>Mapa de ubicación de árboles de Mangifera indica L. circundantes a la PTAR de la EPS Marañón</i> .....	56
<b>Anexo 4.</b> <i>Panel fotográfico</i> .....	57
<b>Anexo 5.</b> <i>Informe de ensayo CAE N°00061123-AA-41</i> .....	60

## RESUMEN

La contaminación por metales pesados constituye uno de los problemas ambientales más graves en la actualidad, dado que las plantas absorben diversos metales pesados en su estructura fisiológica, lo que puede llevar a su muerte o provocar contaminación cruzada que puede generar problemas renales, hepáticos y otros en los seres humanos. En este contexto, se llevó a cabo el estudio con el fin de identificar, a través de espectrofotometría de absorción atómica siguiendo la norma USEPA 1996 y el método 3052, la presencia y concentración de Cadmio y Plomo en frutos de *Mangifera indica* L. expuestos a aguas residuales en el distrito y provincia de Jaén. Los resultados mostraron que el 33.3% de las muestras exceden los niveles máximos permitidos de Plomo, mientras que el 3.33% supera los límites máximos de Cadmio, conforme a los estándares del Codex Alimentarius, la Unión Europea y la legislación rusa sobre metales pesados. Además, se observó que los frutos ubicados en la parte inferior de la copa tienen una mayor concentración de Plomo, mientras que los frutos en la parte media presentan las mayores concentraciones de Cadmio. Por lo tanto, se concluye que los frutos de *Mangifera indica* L. no son aptos para el consumo, ya que exceden los límites permitidos y pueden acumularse en los organismos, provocando una serie de enfermedades.

Palabras clave: *Agua residual, efluente, metales pesados y PTAR.*

## ABSTRACT

Pollution by heavy metals constitutes one of the most serious environmental problems today, given that plants absorb various heavy metals into their physiological structure, which can lead to their death or cause cross-contamination that can cause kidney, liver and other problems. in humans. In this context, the study was carried out in order to identify, through atomic absorption spectrophotometry following the USEPA1996 standard and method 3052, the presence and concentration of Cadmium and Lead in *Mangifera indica* L. fruits exposed to water. waste in the district and province of Jaén. The results showed that 33.3% of the samples exceed the maximum permitted levels of Lead, while 3.33% exceed the maximum limits of Cadmium, in accordance with the standards of the Codex Alimentarius, the European Union and Russian legislation on heavy metals. In addition, it was observed that the fruits located in the lower part of the cup have a higher concentration of Lead, while the fruits in the middle part have the highest concentrations of Cadmium. Therefore, it is concluded that the fruits of *Mangifera indica* L. are not suitable for consumption, since they exceed the permitted limits and can accumulate in organisms, causing a series of diseases.

Keywords: *Wastewater, effluent, heavy metals and WWTP.*

## I. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados a lo largo de la vida han estado presentes en el uso cotidiano en las diversas actividades de los seres humanos, sin embargo, en los últimos años su uso se ha incrementado aceleradamente, repercutiendo sobre la composición de plantas, siendo las más afectadas la que se encuentran en contacto directo con el contaminante (Hernández *et al.*, 2022).

Hai (2024) menciona que la contaminación del suelo debido a metales pesados representa uno de los desafíos ambientales más significativos en la actualidad. Las principales causas de esta contaminación son las actividades humanas, como la minería a gran escala, el uso extensivo de metales pesados y combustibles fósiles, las emisiones industriales de contaminantes de baja calidad y el empleo de fertilizantes y pesticidas que contienen metales pesados.

Huaranga *et al.* (2021) y Adrees *et al.* (2015). refiere que todas las plantas absorben metales pesados, la cantidad de absorción depende de la especie, naturaleza y cantidad de metal presente en el suelo; denominándose como hiper acumuladoras a aquellas plantas que absorben gran cantidad de metales pesados; cabe mencionar que, el pH del suelo juega un papel muy importante en la acumulación de metales pesados, así como otros iones y micorrizas; siendo las raíces el conducto principal de los elementos traza en las plantas.

Estudios demuestran que los metales pesados son los principales contaminantes del agua; en solución a este problema existe diversas técnicas para purificar el agua, siendo una de éstas, una planta de tratamiento de aguas residuales; sin embargo, muchas veces estas plantas son abandonadas o no reciben un tratamiento adecuado por lo que, en vez de purificar el agua se convierten en un agente contaminante (Llatance, 2019).

Zapata (2019) determinó que la contaminación del suelo, cultivos y agua por metales pesados tiene estrecha relación con las actividades que realiza el ser humano. Soto et al. (2020) refieren que la presencia de metales pesados en los alimentos representa una amenaza para la salud, debido a que muchos de estos son causantes de cáncer y otras enfermedades. Así mismo, refieren que estos metales se encuentran presentes en el agua, aire y suelo; debido a actividades industriales, uso de plaguicidas, aguas residuales mal tratadas, entre otras causas.

Barragán y Carrera (2019) refieren que no todos los metales pesados tienen función biológica conocida como es el caso del Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Antimonio (Sb), Bismuto (Bi), Estaño (Sn), Titanio (Ti); que al estar presentes en los seres humanos ocasionarían enfermedades debido a que son altamente tóxicos y bioacumulables representando un peligro eminente.

Entendiéndose que los metales pesados son bioacumulables, y aumentan a lo largo del desarrollo de la cadena alimenticia, siendo estos muy peligrosos, además que son químicamente y biológicamente no degradables con efectos muy nocivos para la salud y el ambiente es que es de suma importancia conocer la composición y procedencia de los alimentos; debido a que muchos son cultivados en zonas altamente contaminadas por metales pesados u otros contaminantes (Vargas, 2019).

Existen metales pesados esenciales como el manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), selenio (Se) y molibdeno (Mo). Por otro lado, también están los metales pesados no esenciales los cuales son el arsénico (As), cromo (Cr), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plata (Ag) y plomo (Pb). Los metales pesados esenciales son parte integral de varios procesos biológicos en las plantas, mientras que los no esenciales, al competir por los sitios de unión de proteínas, ejercen efectos tóxicos y alteran la función de la planta manifestando síntomas como oscurecimiento de las raíces, retraso del crecimiento, clorosis e incluso mortalidad en condiciones de estrés por metales pesados. Estos pueden dañar enzimas cruciales para el metabolismo de la planta, lo que lleva a la desnaturalización de las proteínas, pérdida de la integridad de la membrana, reducción de la fotosíntesis, respiración y desequilibrio de ROS (especies reactivas de oxígeno). La capacidad de absorción de los metales pesados, la generación de especies altamente reactivas y la tolerancia al estrés varían entre especies (Shakeel *et al.*, 2022).

Entre los metales pesados tóxicos se encuentra el plomo (Pb), este metal puede generar efectos perjudiciales tanto para la salud humana como para el crecimiento de los cultivos. El Pb es un elemento natural, pero las actividades humanas como la minería, la fundición y los procesos industriales han provocado un aumento de su presencia en el medio ambiente entrando en el suelo a través del uso de pesticidas a base de Pb, las emisiones industriales y la eliminación de desechos que contienen plomo. Una vez presente en el suelo, el Pb puede ser absorbido por las plantas e ingresar a la cadena alimentaria, lo que podría afectar la salud humana. El Pb también afecta el rendimiento de los cultivos e impactando la calidad nutricional de este (Xiong *et al.*, 2021).

Del mismo modo, la toxicidad del Cd es una preocupación recurrente en múltiples cultivos, causando clorosis, enrollamiento de las hojas e inhibición del crecimiento. Además, disminuye la actividad estomática, las tasas de fotosíntesis, el intercambio de gases y la absorción y transporte de nitratos (Muhammad *et al.*, 2015)

Se sabe que las plantas tienen sus mecanismos de defensa naturales para eliminar estos iones metálicos nocivos. Sin embargo, en casos de toxicidad excesiva donde los sistemas de defensa de la planta fallan, puede terminar provocando la muerte de la planta. En consecuencia, es imperativo mitigar el impacto de los metales pesados dañinos erradicándolos de los suelos y tejidos vegetales contaminados, restaurando así la función normal de la planta (Shakeel *et al.*, 2022).

En referencia a lo suscrito anteriormente es que se enmarcó la investigación, viendo la necesidad de evaluar la presencia de Cadmio y Plomo en las plantas de *Mangifera indica* L. circundantes a los efluentes de las lagunas de oxidación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la EPS Marañón; puesto que, es de conocimiento que los frutos de estas plantas son comercializados en los mercados de la ciudad de Jaén; por lo que, se consideró importante determinar si existe o no metales pesados en los frutos de *Mangifera indica* L., con el fin de salvaguardar la salud de la población de la ciudad de Jaén, en referencia a ello se definió los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

- Analizar Cadmio y Plomo en frutos de *Mangifera indica* L., expuestos a aguas residuales en el sector linderos distrito y provincia de Jaén.

### **Objetivos específicos.**

- Determinar mediante la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica la presencia y concentración de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en los frutos de *Mangifera indica* L. expuestos a aguas residuales en el sector linderos distrito y provincia de Jaén
- Determinar si la concentración de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb); superan los límites máximos permisibles para frutas de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y Legislación de metales pesados de Rusia.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Área de estudio

Se recolectaron muestras de frutos de *Mangifera indica* L. en plantas ubicadas cerca de la PTAR de la EPS Marañón, en el sector Linderos del distrito y provincia de Jaén (Anexo 1). Las muestras de *Mangifera indica* L. fueron analizadas en el Centro de Análisis Espectrofotométrico (CAE) de la Universidad Nacional de Jaén (Anexo 2).

### 2.2 Población, muestra, muestreo

#### 2.2.1 Población

La población estuvo conformada por 18 árboles de *Mangifera indica* L. que se encontraban dentro del área de influencia (100m) del efluente de las lagunas de oxidación, de la planta de tratamiento de aguas residuales de la EPS Marañón.

#### 2.2.2 Muestra

La muestra estuvo constituida por 3 frutos de 10 árboles de *Mangifera indica* L. (Anexo 3) haciendo un total de 30 frutos de mango, ubicados hasta seis metros del efluente de las lagunas de oxidación. Cabe precisar que la muestra se consideró 10 árboles debido a que 8 árboles de *Mangifera indica* L. fueron talados. La fórmula utilizada para calcular la muestra fue la siguiente:

Fórmula 1: Cálculo de muestra cuando se conoce la población

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Donde:

- n= tamaño de la muestra buscado.
- N= tamaño de la población.
- Z= nivel de confianza (95%)
- p = probabilidad de éxito, o proporción esperada
- Q = probabilidad de fracaso
- E = precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

### **2.2.3 Muestreo**

Se colectó tres frutos de cada uno de los 10 árboles (ver anexo 3), teniendo en cuenta que los frutos fueron obtenidos de la parte baja, media y superior de cada árbol muestreado, luego se colocó en bolsas herméticas, las mismas que fueron rotuladas con las coordenadas de la planta y se le asignó un código; cabe precisar que se consideró un rango de colecta de 100 metros desde el efluente según lo recomendado por Sarabia *et al.* (2020).

## **2.3 Métodos, técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos**

Para determinar la presencia de Cadmio y Plomo (Cd y Pb) en frutos de *Mangifera indica* L. se tuvo en cuenta los procedimientos de Cruz et al. (2022), García et al. (2022), Salvatierra (2022), Falero (2021), Santander *et al.* (2021), Sarabia (2020), Llatance (2019) y Fiallos (2017). Así mismo, se tuvo en cuenta la norma USEPA y el método 3052.

### **2.3.1 Trabajo de campo**

#### **2.3.1.1 Selección de los árboles y recolección de muestras.**

Se realizó un recorrido exploratorio por el perímetro del efluente de las pozas de oxidación para identificar las plantas de mango más cercanas a estos, considerando una distancia del efluente de 6 m y un recorrido del mismo de 100m.

Luego se identificó, registró y georreferenció cada árbol considerado como parte de la muestra.

Una vez identificados los árboles se procedió a esperar que los frutos presenten una madurez industrial y se procedió a colectar 1 fruto de la parte baja de la copa, otro de la parte media y finalmente 1 de la parte superior de cada árbol muestreado, una vez colectadas las muestras se colocaron en bolsas herméticas, estas bolsas fueron rotuladas con las coordenadas de la planta y se les asignó un código.

## **2.3.2 Trabajo de laboratorio**

### **2.3.2.1 Digestión del fruto**

Se tuvo en cuenta el procedimiento de Barragán y Carrera (2019), Cruz *et al.* (2022) y García *et al.* (2022) donde para realizar la digestión y pulverización de frutos de mango se utilizó un sistema de digestión asistida por microondas teniendo en cuenta la norma USEPA 1996 y el método 3052, para lo cual se realizó lo siguiente:

Se procedió a cortar cada muestra vegetal recolectada en pequeños trozos con ayuda de una navaja, luego se colocó en recipientes y se llevó a la estufa por un periodo de 24 horas, una vez las muestras secas se trituraron hasta convertirlas en polvo, seguidamente se pesó 0.5 mg de cada muestra en una balanza analítica, una vez pesadas todas las muestras se introdujeron junto con el Ácido Nítrico en pequeños tubos del equipo de digestión por microondas, pasado un lapso de aproximadamente 30 minutos se retiran las muestras y se procedió a depositar en matraces y se le agregó agua destilada. Finalmente se empezó el proceso de lectura de metales en el espectrofotómetro.

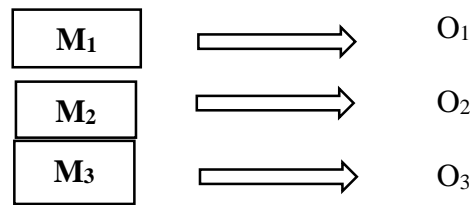
### **2.3.2.2 Evaluación de la presencia y concentración de Plomo y Cadmio mediante la técnica de espectroscopía de absorción atómica**

Se tuvo en cuenta el procedimiento de Salvatierra (2022), Falero (2021), Santander *et al.* (2021) y Llatance (2019) por lo que primero se estableció la longitud de onda, seguidamente se instaló la celda de absorción y se alineó la trayectoria de la luz; luego se conectó el equipo asociado a la celda de absorción; posteriormente se realizó la determinación de la cantidad de estos metales en los frutos de mango mediante el software del espectrofotómetro de absorción atómica. Cabe precisar que este procedimiento se realizó por el encargado del laboratorio del Centro de Análisis Espectrofotométrico de la Universidad Nacional de Jaén.

### 2.3.3 Análisis de datos

Mediante el análisis de correlación se determinó la relación de metales pesados presentes en las aguas residuales absorbidas por el mango

Se utilizó el diseño descriptivo del tipo comparativo porque nos permite comparar una misma variable en diferentes muestras frutos de mango, para ver si tienen la misma o diferente concentración de metales pesados (Tresierra, 2010).



Dónde:  $M_1$  .....  $M_n$  son las muestras y  $O_1$  .....  $O_n$  son las observaciones.

Para analizar los datos estadísticamente se procesó en el software SPSS y Microsoft Excel.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Presencia y concentración de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en frutos de *Mangifera indica* L.

En la tabla 1 se muestran los niveles de Plomo en frutos de *Mangifera indica* L. recolectados de diferentes partes de la copa de los árboles analizados. Se identificó que el árbol 1 exhibe la concentración más alta de Plomo (0.200 mg/kg), seguido por el árbol 3 con 0.190 mg/kg de Plomo. Por otro lado, los árboles 6 y 9 mostraron las concentraciones más bajas de Plomo, con 0.050 mg/kg cada uno.

**Tabla 1**

*Valores de Plomo encontrados en los frutos de Mangifera indica L.*

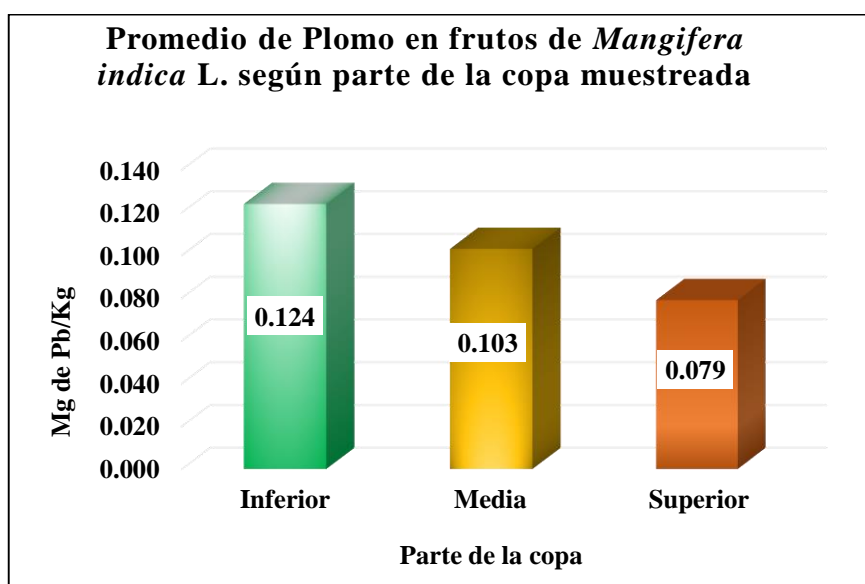
<b>Niveles de Plomo en frutos de <i>Mangifera indica</i> L. obtenidos mediante el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica</b>			
<b>Árbol Muestreado</b>	<b>Parte de la copa muestreada</b>	<b>Resultado (mg de Pb/kg)</b>	<b>Unidad</b>
1	Inferior	0.200	mg/kg
	Media	0.200	mg/kg
	Superior	0.150	mg/kg
2	Inferior	0.150	mg/kg
	Media	0.080	mg/kg
	Superior	0.080	mg/kg
3	Inferior	0.190	mg/kg
	Media	0.090	mg/kg
	Superior	0.010	mg/kg
4	Inferior	0.110	mg/kg
	Media	0.060	mg/kg
	Superior	0.050	mg/kg
5	Inferior	0.130	mg/kg
	Media	0.090	mg/kg
	Superior	0.070	mg/kg
6	Inferior	0.050	mg/kg
	Media	0.150	mg/kg
	Superior	0.090	mg/kg

Niveles de Plomo en frutos de <i>Mangifera indica</i> L. obtenidos mediante el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica			
Árbol Muestreado	Parte de la copa muestreada	Resultado (mg de Pb/kg)	Unidad
7	Inferior	0.150	mg/kg
	Media	0.100	mg/kg
	Superior	0.090	mg/kg
8	Inferior	0.120	mg/kg
	Media	0.100	mg/kg
	Superior	0.070	mg/kg
9	Inferior	0.050	mg/kg
	Media	0.070	mg/kg
	Superior	0.100	mg/kg
10	Inferior	0.090	mg/kg
	Media	0.090	mg/kg
	Superior	0.080	mg/kg

En la figura 1 se muestra el promedio del porcentaje de Plomo por capa de muestras de frutas del árbol *Mangifera indica* L. Las muestras colectadas de la parte inferior de la copa, tienen la concentración promedio más alta de Plomo, con 0.103 mg/kg, seguidas por las muestras de la capa intermedia con 0.099 mg/kg, y finalmente, las muestras de la capa superior muestran el menor porcentaje promedio de Plomo, con 0.095 mg/kg.

**Figura 1**

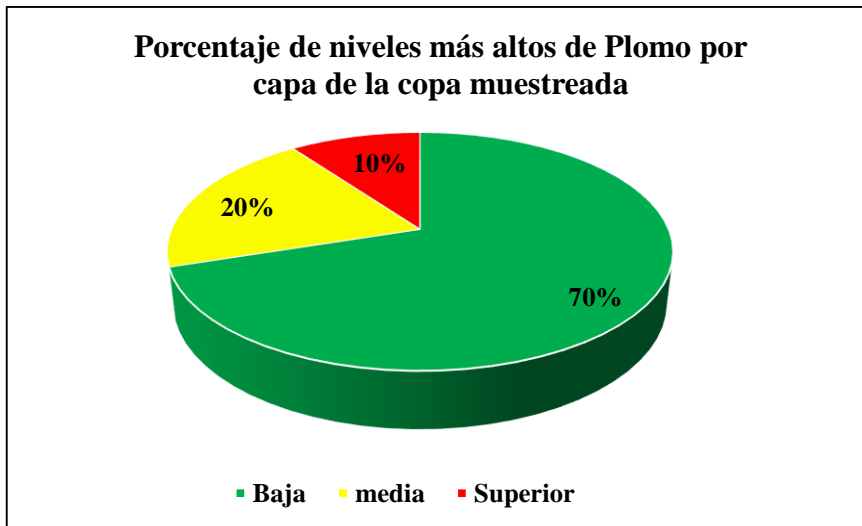
*Promedio de Plomo en frutos de Mangifera indica L. según parte de la copa muestreada*



En la figura 2 se observa que las concentraciones más altas de Plomo se encontraron en las muestras de la parte inferior de la copa, representando el 70% del total de muestras con valores más altos.

**Figura 2**

*Porcentaje de niveles más altos de Plomo por capa de la copa muestreada*



En la tabla 2 se muestran los niveles de Cadmio en frutos de *Mangifera indica* L. recolectados de diferentes partes de la copa de los árboles analizados. Se observa que las concentraciones más altas de Cadmio se encontraron en las muestras de la parte media de la copa. Además, se identificó que el árbol 7 exhibe la concentración más alta de Cadmio (0.029 mg/kg), seguido por el árbol 5 con 0.020 mg/kg de Cadmio. Por otro lado, los árboles 2 y 10 mostraron las concentraciones más bajas de Cadmio, con 0.010 mg/kg cada uno.

**Tabla 2**

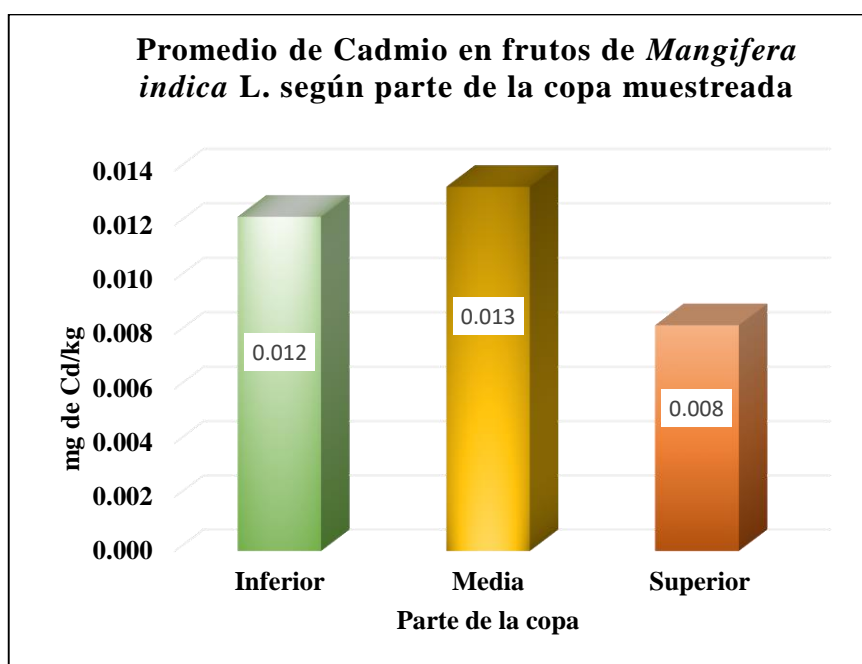
Valores de Cadmio encontrados en los frutos de *Mangifera indica L.*

<b>Niveles de Cadmio en frutos de <i>Mangifera indica L.</i> obtenidos mediante el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica</b>			
<b>Árbol Muestreado</b>	<b>Parte de la copa muestreada</b>	<b>Resultado (mg de Cd/kg)</b>	<b>Unidad</b>
1	Baja	0.010	mg/kg
	Media	0.012	mg/kg
	Superior	0.009	mg/kg
2	Baja	0.009	mg/kg
	Media	0.010	mg/kg
	Superior	0.007	mg/kg
3	Baja	0.011	mg/kg
	Media	0.015	mg/kg
	Superior	0.0002	mg/kg
4	Baja	0.011	mg/kg
	Media	0.010	mg/kg
	Superior	0.001	mg/kg
5	Baja	0.004	mg/kg
	Media	0.020	mg/kg
	Superior	0.018	mg/kg
6	Baja	0.015	mg/kg
	Media	0.016	mg/kg
	Superior	0.012	mg/kg
7	Baja	0.029	mg/kg
	Media	0.012	mg/kg
	Superior	0.010	mg/kg
8	Baja	0.013	mg/kg
	Media	0.014	mg/kg
	Superior	0.009	mg/kg
9	Baja	0.011	mg/kg
	Media	0.018	mg/kg
	Superior	0.011	mg/kg
10	Baja	0.010	mg/kg
	Media	0.007	mg/kg
	Superior	0.006	mg/kg

En la figura 3 se muestra el promedio del porcentaje de Cadmio por capa de muestras de frutas del árbol *Mangifera indica* L. Las muestras colectadas de la parte media de la copa, tienen la concentración promedio más alta de Cadmio, con 0.013 mg/kg, seguidas por las muestras de la capa inferior con 0.012 mg/kg, y finalmente, las muestras de la capa superior muestran el menor porcentaje promedio de Cadmio, con 0.008 mg/kg.

**Figura 3**

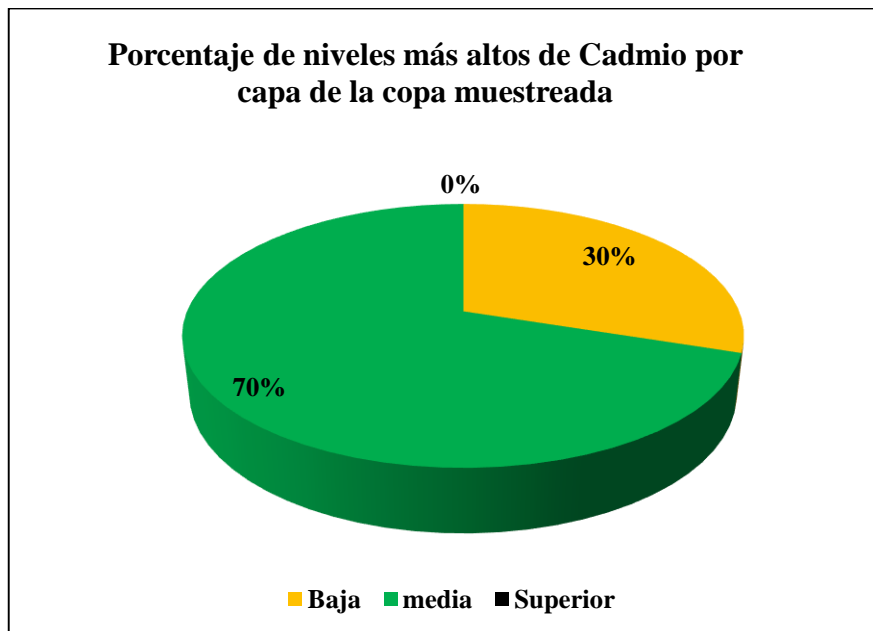
*Promedio de Cadmio en frutos de Mangifera indica L. según parte de la copa muestreada*



En la figura 4 se observa que las concentraciones más altas de Plomo se encontraron en las muestras de la parte media de la copa, representando el 70% del total de muestras con valores más altos, seguido por las muestras de la parte inferior de la copa, representando el 30%.

**Figura 4**

*Porcentaje de niveles más altos de Cadmio por capa de la copa muestreada*



### **3.2 Comparación de valores de Plomo (Pb) en frutos de *Mangifera indica* L. con los valores máximos permisibles de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia**

#### **3.2.1. Niveles de Plomo en frutos de *Mangifera indica* L. de la parte inferior de la copa**

En la tabla 3 se percibe los valores de Plomo en frutos de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte inferior de la copa de los árboles muestreados comparados con los niveles máximos y niveles de referencia para contaminantes y toxinas en los alimentos estipulados por la Comisión del Codex Alimentarius (2022), la Unión Europea (2021) y legislación de metales pesados de Rusia.

**Tabla 3**

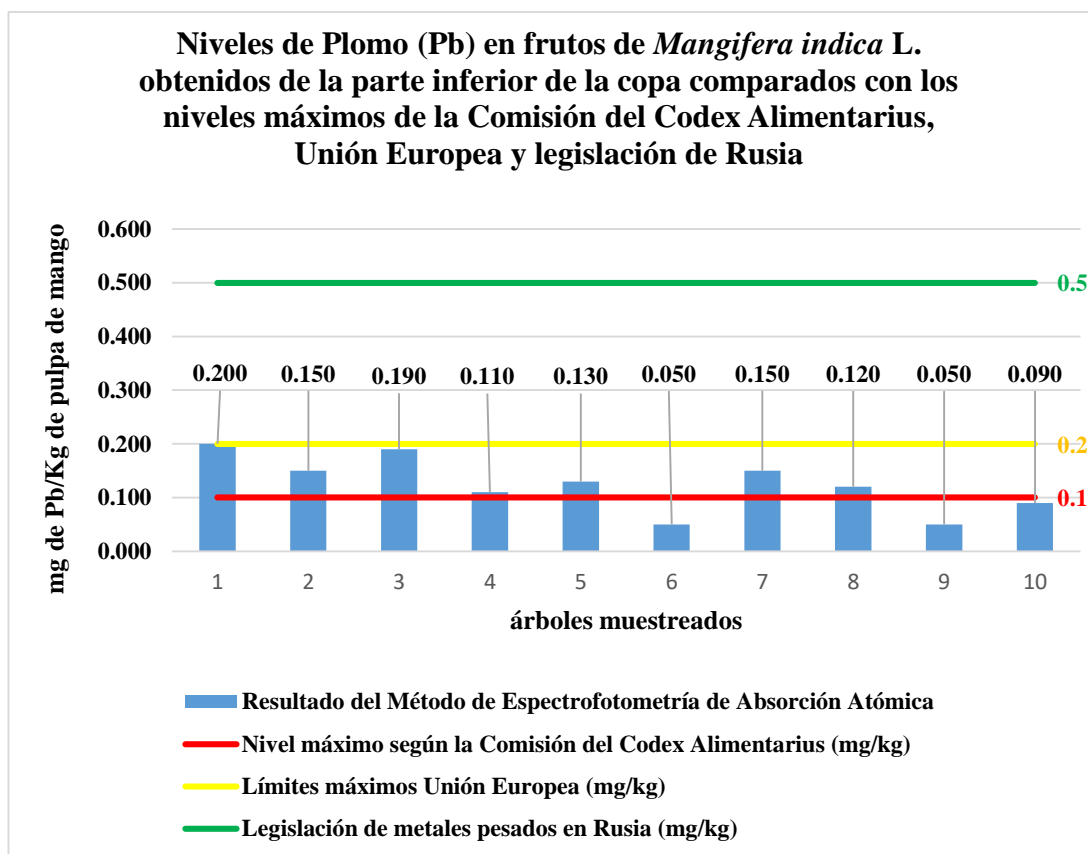
*Niveles de Plomo (Pb) en frutos de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte inferior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia*

Árbol	Valor obtenido en el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica	Nivel máximo según la Comisión del Codex Alimentarius	Nivel máximo según la Unión Europea	Nivel máximo según la legislación de metales pesados de Rusia
1	0.200 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
2	0.150 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
3	0.190 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
4	0.110 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
5	0.130 mg de Pb/kg de pulpa de mango	0.1 mg de Pb/kg de pulpa de mango	0.2 mg de Pb/kg de pulpa de mango	0.5 mg de Pb/kg de pulpa de mango
6	0.050 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
7	0.150 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
8	0.120 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
9	0.050 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
10	0.090 mg de Pb/kg de pulpa de mango			

En la figura 5 se percibe que un 70% frutos de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte inferior de la copa superan el nivel máximo estipulado por la Comisión del Codex Alimentarius (2022); así mismo, se percibe que dichos valores no superan los niveles máximos de la Unión Europea (2021) y legislación de metales pesados de Rusia.

### Figura 5

*Niveles de Plomo (Pb) en frutos de Mangifera indica L. obtenidos de la parte inferior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia*



### 3.2.1 Niveles de Plomo en frutos de *Mangifera indica* L. de la parte media de la copa

En la tabla 4 se percibe los valores de Plomo en frutos de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte media de la copa de los árboles muestreados comparados con los niveles máximos y niveles de referencia para contaminantes y toxinas en los alimentos estipulados por la Comisión del Codex Alimentarius (2022), la Unión Europea (2021) y legislación de metales pesados de Rusia.

**Tabla 4**

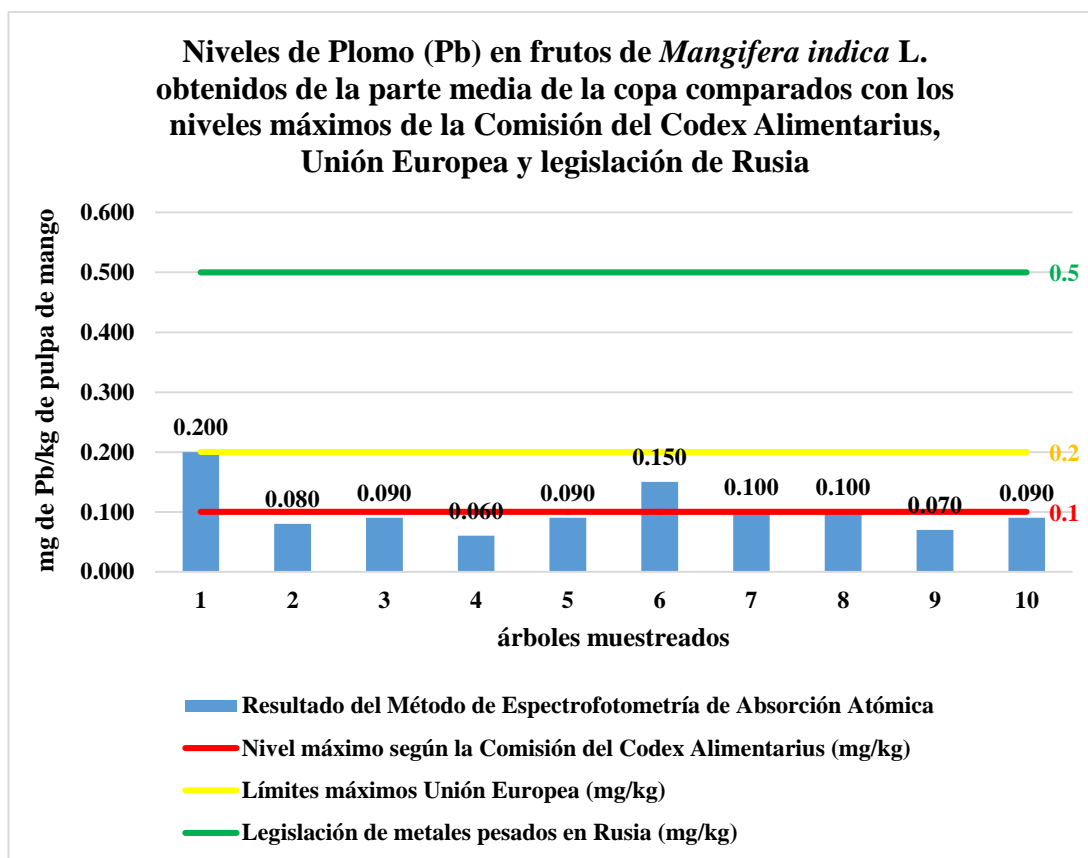
*Niveles de Plomo (Pb) en frutos de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte media de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia*

Árbol	Valor obtenido en el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica	Nivel máximo según la Comisión del Codex Alimentarius	Nivel máximo según la Unión Europea	Nivel máximo según la legislación de metales pesados de Rusia
1	0.200 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
2	0.080 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
3	0.090 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
4	0.060 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
5	0.090 mg de Pb/kg de pulpa de mango	0.1 mg de Pb/kg de pulpa de mango	0.2 mg de Pb/kg de pulpa de mango	0.5 mg de Pb/kg de pulpa de mango
6	0.150 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
7	0.100 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
8	0.100 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
9	0.070 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
10	0.090 mg de Pb/kg de pulpa de mango			

En la figura 6 se percibe que un 20% frutos de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte media de la copa superan el nivel máximo estipulado por la Comisión del Codex Alimentarius (2022); así mismo, se percibe que dichos valores no superan los niveles máximos de la Unión Europea (2021) y legislación de metales pesados de Rusia.

### Figura 6

*Niveles de Plomo (Pb) en frutos de Mangifera indica L. obtenidos de la parte media de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia*



### 3.2.2 Niveles de Plomo en frutos de *Mangifera indica* L. de la parte superior de la copa

En la tabla 5 se percibe los valores de Plomo en frutos de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte superior de la copa de los árboles muestreados comparados con los niveles máximos y niveles de referencia para contaminantes y toxinas en los alimentos estipulados por la Comisión del Codex Alimentarius (2022), la Unión Europea (2021) y legislación de metales pesados de Rusia.

**Tabla 5**

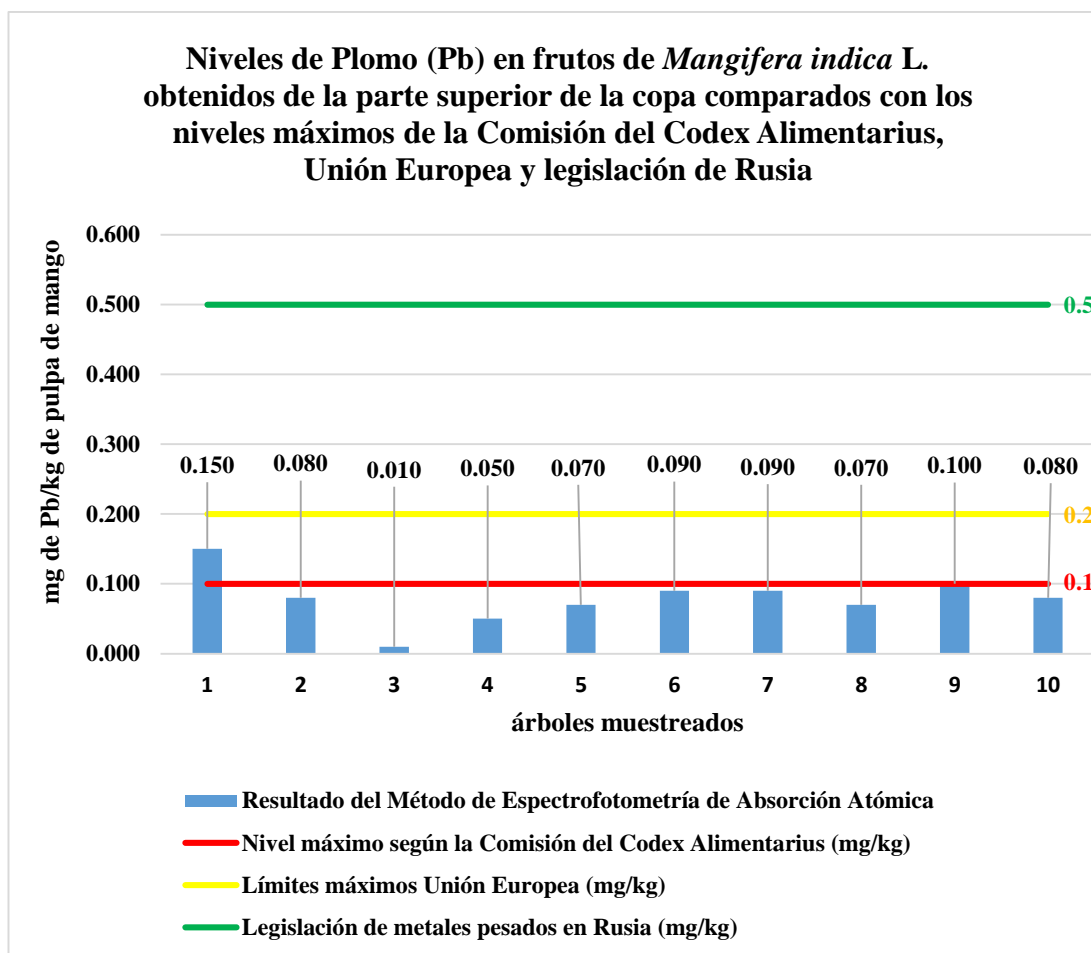
*Niveles de Plomo (Pb) en frutos de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte superior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia*

Árbol	Valor obtenido en el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica	Nivel máximo según la Comisión del Codex Alimentarius	Nivel máximo según la Unión Europea	Nivel máximo según la legislación de metales pesados de Rusia
1	0.150 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
2	0.080 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
3	0.010 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
4	0.050 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
5	0.070 mg de Pb/kg de pulpa de mango	0.1 mg de Pb/kg de pulpa de mango	0.2 mg de Pb/kg de pulpa de mango	0.5 mg de Pb/kg de pulpa de mango
6	0.090 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
7	0.090 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
8	0.070 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
9	0.100 mg de Pb/kg de pulpa de mango			
10	0.080 mg de Pb/kg de pulpa de mango			

En la figura 7 se percibe que un 10% frutos de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte superior de la copa superan el nivel máximo estipulado por la Comisión del Codex Alimentarius (2022), así mismo, se percibe que dichos valores no superan los niveles máximos de la Unión Europea (2021) y legislación de metales pesados de Rusia.

### Figura 7

*Niveles de Plomo (Pb) en frutos de Mangifera indica L. obtenidos de la parte superior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia*



### 3.3 Comparación de valores de Cadmio (Cd) en frutos de *Mangifera indica* L. con los valores máximos permisibles de la Comisión del Codex Alimentarius, la Unión Europea y Legislación de metales pesados

#### 3.3.1 Niveles de Cadmio en frutos de *Mangifera indica* L. de la parte inferior de la copa

En la tabla 6 se percibe los valores de Cadmio en frutos de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte inferior de la copa de los árboles muestreados comparados con los niveles máximos y niveles de referencia para contaminantes y toxinas en los alimentos estipulados por la Comisión del Codex Alimentarius (2022), la Unión Europea (2021) y legislación de metales pesados de Rusia.

**Tabla 6**

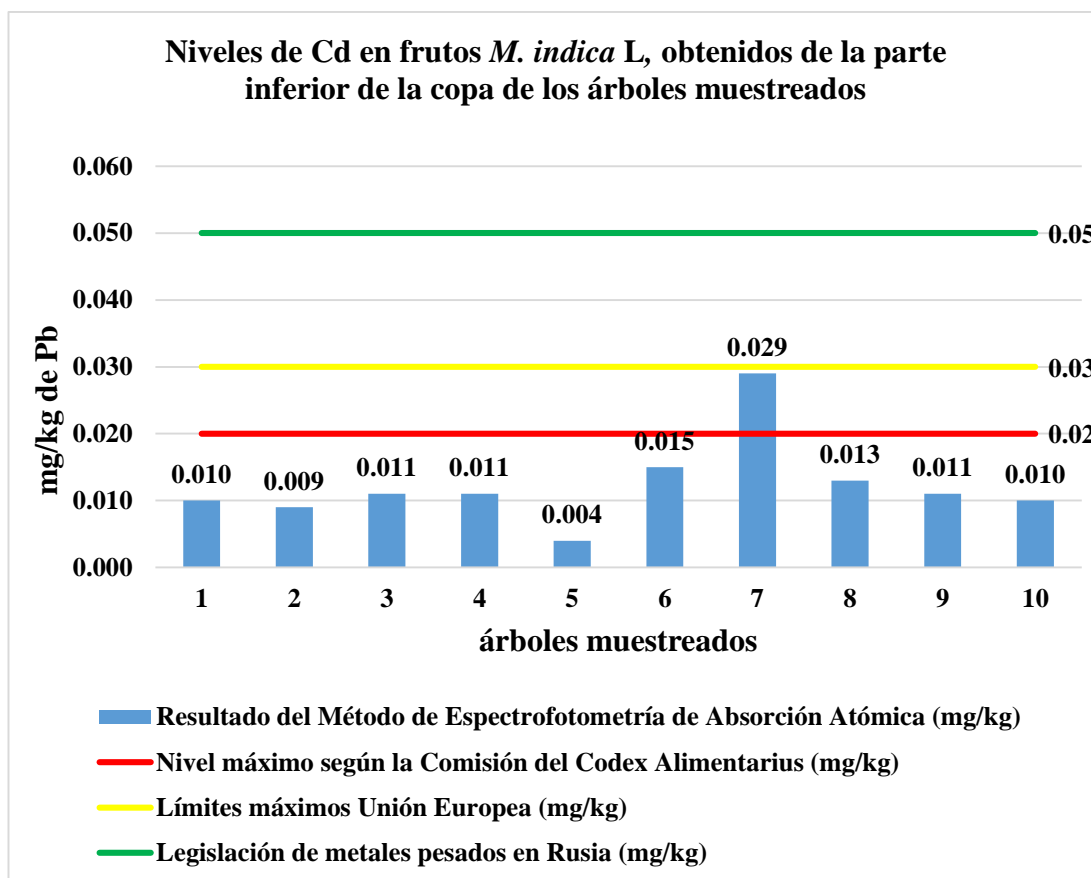
*Niveles de Cadmio (Cd) en frutos de Mangifera indica L. obtenidos de la parte inferior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia*

Árbol	Valor obtenido en el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica	Nivel máximo según la Comisión del Codex Alimentarius	Nivel máximo según la Unión Europea	Nivel máximo según la legislación de metales pesados de Rusia
1	0.010 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
2	0.009 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
3	0.011 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
4	0.011 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
5	0.004 mg de Cd/kg de pulpa de mango	0.02 mg de Cd/kg de pulpa de mango	0.03 mg de Cd/kg de pulpa de mango	0.05 mg de Cd/kg de pulpa de mango
6	0.015 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
7	0.029 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
8	0.013 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
9	0.011 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
10	0.010 mg de Cd/kg de pulpa de mango			

En la figura 4 se percibe que un 10% de frutos de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte inferior de la copa superan el nivel máximo estipulado por la Comisión del Codex Alimentarius (2022), así mismo, se percibe que dichos valores no superan los niveles máximos de la Unión Europea (2021) y legislación de metales pesados de Rusia.

### **Figura 8**

*Niveles de Cadmio (Cd) en frutos de Mangifera indica L. obtenidos de la parte inferior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia.*



### 3.3.2 Niveles de Cadmio en frutos de *Mangifera indica* L. de la parte media de la copa

En la tabla 7 se percibe los valores de Cadmio en frutos de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte media de la copa de los árboles muestreados comparados con los niveles máximos y niveles de referencia para contaminantes y toxinas en los alimentos estipulados por la Comisión del Codex Alimentarius (2022), la Unión Europea (2021) y legislación de metales pesados de Rusia.

**Tabla 7**

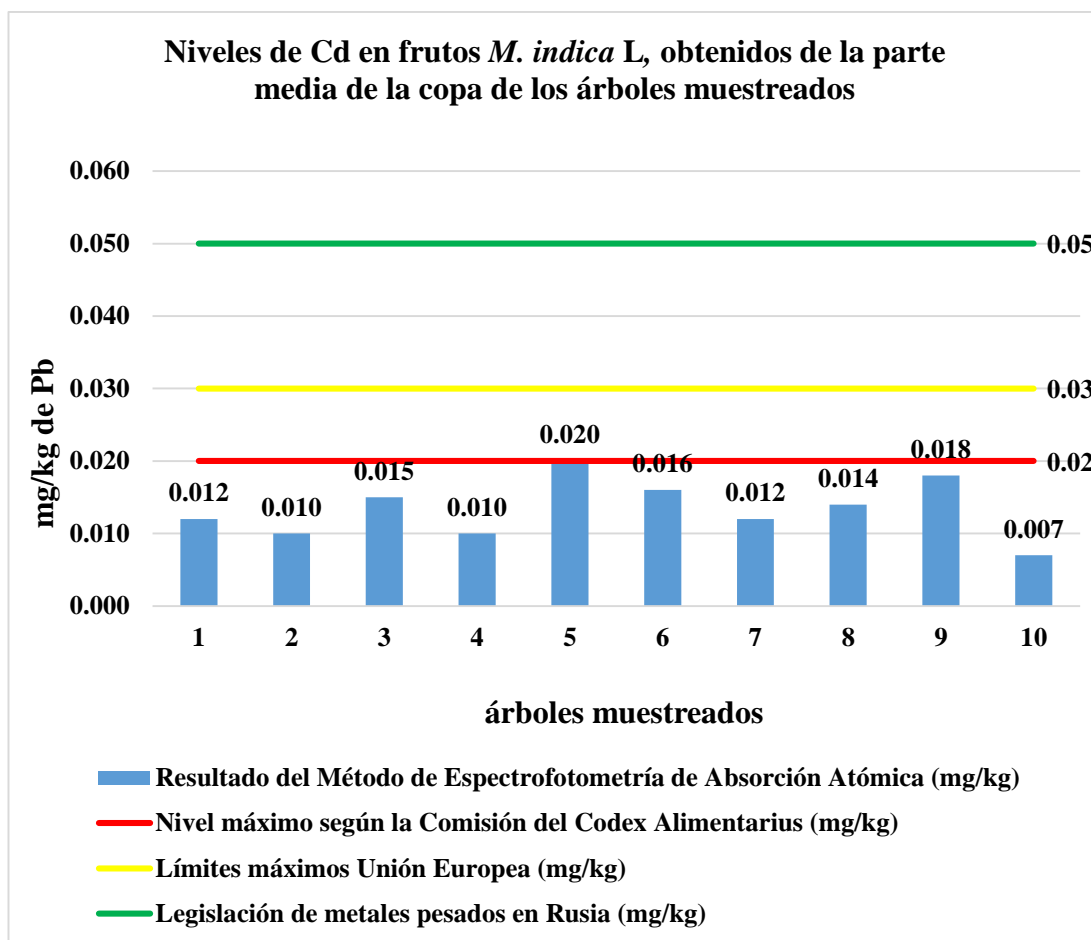
*Niveles de Cadmio (Cd) en frutos de Mangifera indica L. obtenidos de la parte media de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia*

Árbol	Valor obtenido en el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica	Nivel máximo según la Comisión del Codex Alimentarius	Nivel máximo según la Unión Europea	Nivel máximo según la legislación de metales pesados de Rusia
1	0.012 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
2	0.010 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
3	0.015 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
4	0.010 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
5	0.020 mg de Cd/kg de pulpa de mango	0.02 mg de Cd/kg de pulpa de mango	0.05 mg de Cd/kg de pulpa de mango	0.03 mg de Cd/kg de pulpa de mango
6	0.016 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
7	0.012 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
8	0.014 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
9	0.018 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
10	0.007 mg de Cd/kg de pulpa de mango			

En la figura 9 se percibe que ningún fruto de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte media de la copa superan el nivel máximo estipulado por la Comisión del Codex Alimentarius (2022), Unión Europea (2021) y legislación de metales pesados de Rusia.

### Figura 9

*Niveles de Cadmio (Cd) en frutos de Mangifera indica L. obtenidos de la parte media de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia*



### 3.3.3 Niveles de Cadmio en frutos de *Mangifera indica* L. de la parte superior de la copa

En la tabla 8 se percibe los Valores de Cadmio en frutos de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte superior de la copa de los árboles muestreados comparados con los niveles máximos y niveles de referencia para contaminantes y toxinas en los alimentos estipulados por la Comisión del Codex Alimentarius (2022), la Unión Europea (2021) y legislación de metales pesados de Rusia.

**Tabla 8**

*Niveles de Cadmio (Cd) en frutos de Mangifera indica L. obtenidos de la parte superior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia*

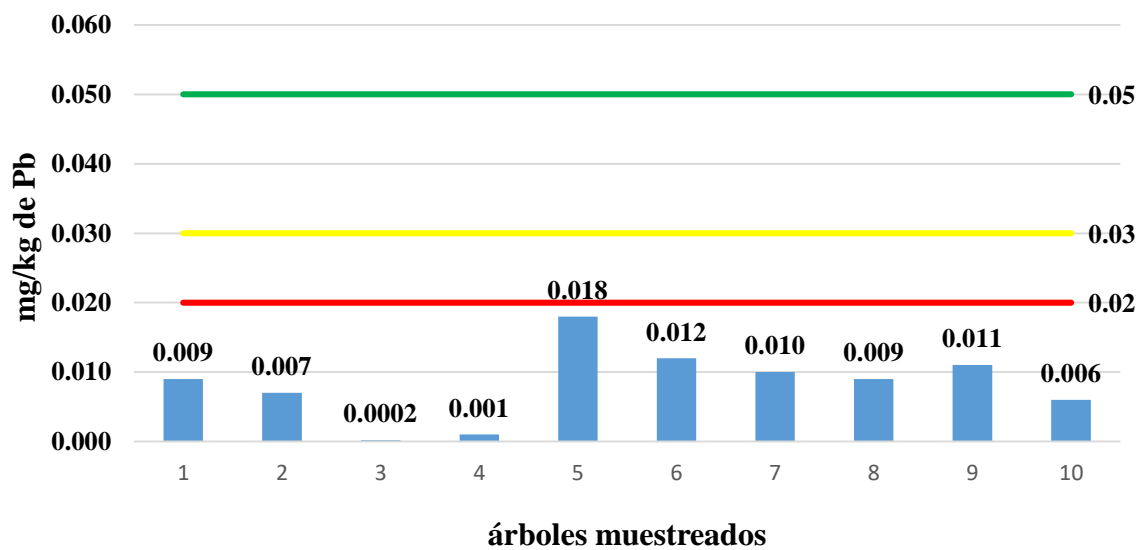
Árbol	Valor obtenido en el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica	Nivel máximo según la Comisión del Codex Alimentarius	Nivel máximo según la Unión Europea	Nivel máximo según la legislación de metales pesados de Rusia
1	0.009 mg de Cd/kg de pulpa de mango	0.02 mg de Cd/kg de pulpa de mango	0.03 mg de Cd/kg de pulpa de mango	0.05 mg de Cd/kg de pulpa de mango
2	0.007 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
3	0.0002 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
4	0.001 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
5	0.018 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
6	0.012 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
7	0.010 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
8	0.009 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
9	0.011 mg de Cd/kg de pulpa de mango			
10	0.006 mg de Cd/kg de pulpa de mango			

En la figura 10 se percibe que ningún fruto de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte superior de la copa superan el nivel máximo estipulado por la Comisión del Codex Alimentarius (2022), Unión Europea (2021) y legislación de metales pesados de Rusia.

### Figura 10

*Niveles de Cadmio (Cd) en frutos de Mangifera indica L. obtenidos de la parte superior de la copa comparados con los niveles máximos de la Comisión del Codex Alimentarius, Unión Europea y legislación de Rusia*

**Niveles de Cd en frutos *M. indica* L, obtenidos de la parte superior de la copa de los árboles muestreados**



- Resultado del Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica (mg/kg)
- Nivel máximo según la Comisión del Codex Alimentarius (mg/kg)
- Límites máximos Unión Europea (mg/kg)
- Legislación de metales pesados en Rusia (mg/kg)

#### IV. DISCUSIONES

En la figura 1 se muestra el promedio del porcentaje de Plomo en muestras obtenidas de la parte inferior, media y superior de frutos de *Mangifera indica* L. Se observa que las muestras recolectadas en la parte inferior de la copa presentan la concentración promedio más alta de plomo, con 0.103 mg de Pb/kg, seguidas por las muestras de la capa intermedia con 0.099 mg de Pb/kg. Este comportamiento del plomo de concentrarse en las partes inferiores de la copa de los árboles, probablemente se deba a la movilidad del elemento; se podría decir que, el elemento Plomo es poco movable dentro de los tejidos de la planta y por ende no logra alcanzar las ramas más jóvenes ubicadas en las partes superiores de la copa. Debemos comprender que las raíces de las plantas pueden absorber y acumular grandes cantidades de plomo, pero la translocación hacia brotes aéreos es generalmente limitada debido a que se une a las superficies de la raíz y a las paredes celulares (Cahuana y Aduvire, 2019).

En plantas cultivadas en suelos con concentraciones superiores a las que normalmente se encuentran en terrenos agrícolas (65 mg/Kg), se ha encontrado que se interfiere la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas, hay disminución en la biomasa y menor desarrollo de raíz, e inhibición de la biosíntesis de clorofila (Vangronsveld y Clijsters, 1994). Otro factor por el cual el Pb se encuentre en las partes inferiores de la copa podría ser debido a sus propiedades química como su elevado peso molecular y a las necesidades nutricionales de la planta. Según Salas *et al.* (2019), hay factores que contribuyen a la concentración de metales pesados a los órganos de la planta como son la exposición directa a la contaminación atmosférica, la deposición de contaminantes en las partes altas del árbol y la absorción gradual de plomo desde el suelo. Sin embargo, Estos hallazgos respaldan los resultados obtenidos debido a que los frutos en la parte inferior de la copa del árbol acumulan mayores niveles de plomo en comparación con las partes media y superior.

Los resultados obtenidos respecto a la concentración de plomo en esta investigación son inferiores a las concentraciones obtenidas por Villacorta (2022), obteniendo niveles de Pb en fresa (5,32 mg/kg), durazno (9,28 mg/kg), lechuga (7,31 mg/kg), hierba buena (39,99 mg/kg), rabanito (27,91 mg/kg), granadilla (6,22 mg/kg), pepinillo (9,82 mg/kg), naranja (4,69 mg/kg), ají escabeche (26,21 mg/kg) evidenciando que todos superan los límites máximos permisibles (LMP) según la OMS. El SENASA (2021) reportó presencia de Pb en naranja, mandarina y papa, inclusive *Prosopis laevigata* “algarrobo” que es usado como alimento de ganado, concluyendo que tienen capacidad hiperacumuladora de Pb en sus hojas (Flores, 2019). Jesús y Correa (2021), reportaron concentraciones de Pb en jugo de naranja expendidos en la ciudad de Huaral, cuyo promedio fue de 0,27 mg/kg, superando el LMP según el Codex Alimentarius. De la misma manera, los resultados obtenidos en esta investigación son superiores a los obtenidos por García *et al.* (2019) quienes determinaron y cuantificaron concentraciones de Pb entre 0,005 y 0,01 mg/Kg en frutos de pimentón.

La disponibilidad de metales como el plomo aumenta en pH bajos, lo cual es un factor que aumenta la biodisponibilidad y con esto, se incrementa la posibilidad de que las plantas absorban mayor cantidad de metales que en lugares con pH neutro o alcalino (Kabata y Pendías 2015).

En la figura 3 se percibe que las muestras recolectadas de la parte media de la copa muestran la concentración promedio más alta de Cadmio, con 0.013 mg de Cd/kg de pulpa de mango, seguidas por las muestras de la capa inferior con 0.012 mg de Cd/kg, y finalmente, las muestras de la capa superior con 0.008 mg/kg. Los resultados obtenidos en la investigación son inferiores a las concentraciones obtenidas por Santander (2021), en donde el contenido de cadmio en testa de cacao es de 0,012 y de 0,056 mg/kg. García *et al.* (2019) determinó y cuantificó concentraciones de Cd que oscilaban entre 0,005 y 0,01 mg/Kg en frutos de pimentón. Según Hernández *et al.* (2019) la acumulación de Cadmio y otros nutrientes se debe a la absorción a través de las raíces de la planta y se transporta por la savia hacia las partes superiores, donde la savia tiende a fluir más lentamente en la parte media de la copa debido a la mayor distancia desde las raíces y la mayor densidad de ramas y hojas, lo que permite que el Cadmio se acumule en mayor medida en esta zona en los frutos de los árboles.

Beltrán *et al.* (2016) mencionan que algunas plantas tienen la capacidad de metabolizar el Cadmio convirtiéndolo en formas menos tóxicas, pero este proceso es menos eficiente en las zonas más maduras de la planta, lo que contribuye a la acumulación del metal en las partes media e inferior de la copa. Estas afirmaciones guardan relación con los resultados obtenidos en esta investigación en donde existe una mayor concentración de metales pesados en frutos obtenidos de la parte media e inferior de la copa.

Linthoingambi *et al.* (2024) menciona que las plantas han desarrollado varias estrategias defensivas frente a metales pesados, como, por ejemplo: la producción de fitoquelatinas y sistemas antioxidantes robustos, las enzimas como la peroxidasa, superóxido dismutasa y catalasa; así como, antioxidantes no enzimáticos como el ácido ascórbico, exudación de ácidos orgánicos por las raíces y la compartimentación para evitar interacciones de iones metálicos con componentes vitales, todo esto juegan un papel crucial en la protección de las plantas contra el estrés por metales pesados. Al comparar con la investigación se concuerda con el autor en cuanto a que las plantas desarrollan capacidades de mitigación de metales pesados; ya que, se evidencia presencia de Plomo y Cadmio en los frutos de las plantas evaluadas, sin embargo, no ha causado la muerte de la especie, por lo que, se puede decir que ha desarrollado algún sistema de defensa frente a estos contaminantes permitiendo su supervivencia.

El mecanismo de absorción de los metales pesados no esenciales, no son del todo del todo claro; pero se viene estudiando y se puede mencionar que los iones metálicos deben transportarse desde la solución del suelo hasta la raíz y luego distribuirse por toda la planta, atravesando las membranas celulares y organulares. Debido a que, los oligoelementos suelen estar presentes en la solución del suelo en cantidades extremadamente bajas, las plantas deben utilizar sistemas de transporte de alta afinidad para acumular estos iones. Ya se han identificado varios genes implicados en el transporte de metales en las plantas. Algunos se identificaron mediante complementación funcional de mutantes de levadura y otros sobre la base de la similitud de secuencias, utilizando una variedad de enfoques que incluyen minería de bases de datos, reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y técnicas de hibridación heteróloga. Muchos de estos genes pertenecen a familias de transportadores descritas previamente, como las ATPasas de tipo P y las proteínas Nramp (Canales *et al.*, 2024)

Al comparar los valores de la tabla 3, 4 y 5 con los resultados de Calderón *et al.* (2024) y Vargas (2019) se difiere con los resultados de los investigadores; debido a que, en su investigación los niveles de Plomo no superan los límites máximos permisibles, esto se debería a que las plantas de *Mangifera indica* L. no son regadas con aguas servidas como los son las plantas de mango en esta investigación y en donde un 70% de los frutos superó los límites máximos permisibles.

En la figura 3,4 y 5 se percibe que un 70% frutos de *Mangifera indica* L. de la parte inferior de la copa superan el nivel máximo estipulado por la Comisión del Codex Alimentarius (2022), mientras que dichos valores no superan los niveles máximos de la Unión Europea (2021) y legislación de metales pesados de Rusia.

En las figuras 6,7 y 8 se observa que los valores de Cadmio están por debajo de los niveles máximos estipulado por la Comisión del Codex Alimentarius (2022), niveles máximos de la Unión Europea (2021) y legislación de metales pesados de Rusia. Al comparar con las investigaciones de Gutiérrez (2023), Alban *et al.* (2020) y Barragán (2019) se coincide en las concentraciones bajas de Cadmio; sin embargo, se debe tener en cuenta que consumir grandes cantidades de mango puede representar un peligro para la salud debido a que tiende a bioacumularse y afecta principalmente a los riñones generando disfunción renal como lo refiere la Comisión Europea (2021)

García *et al.* (2020) refieren que el uso de aguas residuales para regar cultivos se ha vuelto una práctica muy común; lo que viene ocasionando que se altere propiedades del suelo como: densidad aparente, potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica; por otro lado, refieren que estas aguas crudas aumentan la presencia de metales pesados en el suelo, lo que ocasiona que se bioacumulen en plantas y animales mediante la cadena alimenticia. Al comparar la investigación con lo suscrito anteriormente se concuerda con el autor; dado que, en la investigación (figura 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8) se evidencia la presencia de Cd y Pb en frutos de *Mangifera indica* L. que superan los límites máximos permisibles estipulados por la Comisión del Codex Alimentarius (2022).

Chan *et al.* (2021) refieren que *Mangifera indica* L. tiene una capacidad baja de absorber metales pesados. Al comparar con la investigación se difiere; dado que, se observa que tienen potencial para absorber Pb y Cd, por lo que se concuerda con Cruz y González (2022) que refieren que la acumulación de metales depende de la región geográfica, la práctica agrícola, calidad de suelo y el agua con la que se riega los frutales.

Álvarez (2019) menciona que si bien es cierto existen plantas capaces de remediar suelos contaminados por metales pesados, es necesario aplicar otras técnicas para evitar que los niveles de metales pesados superen los niveles máximos permisibles y representen un riesgo a la salud. Al comparar con la investigación se concuerda con el autor ya que se evidencia en las figuras 1, 2, 3, 4 y 5 la existencia de Pb en frutos de *Mangifera indica* L. que superan los niveles máximos permisibles lo que pone en riesgo a la población; por lo que, es necesario aplicar otras medidas de remediación de suelos y aguas a las zonas de incidencia de los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la E.P.S Marañón.

En las figuras 3, 4 y 5 se evidencia que un 70% frutos de *Mangifera indica* L. obtenidos de la parte baja de la copa, un 20% de frutos de la parte media y un 10% de la parte baja superior de la copa superan los niveles máximos estipulado para Pb por la Comisión del Codex Alimentarius (2022). Así mismo, en la figura 5 se muestra que el 10 % de frutos de *Mangifera indica* L. superan los niveles máximos estipulado para Pb por la Comisión del Codex Alimentarius (2022). Teniendo como referencia lo suscrito se evidencia la necesidad de aplicar medidas de disminución de la concentración de estos metales; ya que, como refiere la Organización Mundial de la Salud (2022) inclusive niveles bajos de Pb y Cd pueden causar daños al sistema nervioso, cardiovascular, reproductor, renal, problemas de desarrollo del feto, inhibe el crecimiento de niños, anemia, fatiga, dolores de cabeza, problemas de audición, osteoporosis, daños al sistema respiratorio, cáncer y problemas de visión. Por lo que es de suma importancia tomar medidas frente a la presencia de Pb y Cd en frutos de *Mangifera indica* L., ya que, estos son consumidos por la población de Jaén.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Se encontró Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en los frutos de *Mangifera indica* L. de diferentes partes de la copa. Las concentraciones de Plomo son más altas en la parte inferior de la copa (0.103 mg/kg), seguidas por la parte intermedia (0.099 mg/kg) y la parte superior (0.095 mg/kg). En cuanto al Cadmio, la mayor concentración promedio se observa en la capa intermedia (0.013 mg/kg), seguida por la parte inferior (0.012 mg/kg) y la parte superior (0.008 mg/kg).
- El 37% de las muestras exceden el límite máximo permitido de Pb (0.1 mg/kg) establecido por la Comisión del Codex Alimentarius (2022). De este porcentaje, el 70% corresponde a muestras de la parte baja de la copa, el 20% a muestras de la parte media y el 10% a muestras de la parte superior, que superan el umbral de Pb permitido según las normas de la Comisión del Codex Alimentarius (2022).
- Solo el 3% de muestras superan los niveles máximos permisibles para Cd (0,02 mg/kg) de la Comisión del Codex Alimentarius (2022). De este porcentaje, el 70% de muestras corresponde a la parte media de la copa y el 30% corresponde a las muestras de la parte inferior de la copa.

## 5.2 Recomendaciones

- Se exige a la EPS Marañón, evaluar los niveles de metales pesados del suelo circundante a la PTAR y a las aguas que salen de estas.
- Aplicar medidas de remediación de suelos y agua para Plomo circundantes a la PTAR, por parte de la EPS Marañón.
- La intervención de los fiscalizadores locales, para que la EPS Marañón, aplique tratamientos a las aguas que salen de las pozas de oxidación ya que se evidencia metales pesados en los frutos de *Mangifera indica* L. que superan los límites máximos permisibles representando un peligro eminente para la población.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrees, M., Ali, S., Rizwan, M., Zia-ur-Rehman, M., Ibrahim, M., Abbas, F., Farid, M., Farooq, M., y Kashif, M. (2015). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of heavy metal toxicity in plants: *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 119 (1), 186-197. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.05.011>.
- Alban, L. D., y Calle, J. J. (2020). *Metales pesados en Mangifera indica L. cultivada a Orillas del Rio Amarillo y su repercusión socio ambiental - 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio institucional. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15579>
- Álvarez, L. (2019). *Tratamiento de suelos contaminados por metales mediante combinación de técnicas de fitorremediación con adición de biochar*. [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio institucional. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.55865>
- Barragán, J. M., y Carrera, L. A. (2019). *Determinación de valor nutricional y metales pesados en Mangifera indica cosechados en la Facultad de Ciencias Químicas*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/40716>
- Beltrán, M. E., y Gómez, A. M. (2016). Biorremediación de metales pesados mecanismos bioquímicos e ingeniería genética: una revisión Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Mercurio (Hg). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 12(2), 172-197. doi:<http://dx.doi.org/10.18359/rfcb.2027>

- Cahuana, L., y Aduvire, O. (2019). Bioacumulación de metales pesados en tejidos de vegetación acuática y terrestre evaluados en áreas donde existen pasivos ambientales mineros en el Perú. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 4(2), 19-36. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2519-53522019000200002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522019000200002&lng=es&tlng=es).
- Calderón, E. L., y Concha, R. (2024). *Evaluación de las concentraciones de metales pesados para determinar la calidad de frutas de consumo masivo en la ciudad de Piura*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/4913>
- Canales, P. E., Badillo, A. I., y Kitazono, A. A. (2024). . Ya se han identificado varios genes implicados en el transporte de metales en las plantas. Algunos se identificaron mediante complementación funcional de mutantes de levadura y otros sobre la base de la similitud de secuencias, utilizando una variedad d. *Revista Peruana de Biología*, 31(2), 1-10. doi:<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v31i2.27218>
- Chan, J. G., Cach, M. J., y López, M. (2021). Especies vegetales con uso potencial en la remediación de zonas contaminadas en México. *Revista Forestal del Perú*, 36(1), 22-46. doi:<http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v1i36.1703>
- Comisión del Codex Alimentarius. (2022). *Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2db9ccc2-bae7-4c5c-b558-1b2fddff0f2c/content>
- Cruz, M., y González, C. E. (2022). *Determinación de los niveles de arsénico en frutas comercializadas en los principales mercados de Puente Piedra, octubre 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad María Auxiliadora]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12970/1003>
- Falero, Y. (2021). *Determinación de metales pesados - arsénico, Cadmio, mercurio y Plomo - en banana orgánico producido en el distrito de Buenos Aires, Valle Alto Piura – Morropón, Piura 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2795>

- Fiallos, M. C. (2017). *Cuantificación de metales pesados y calidad microbiológica de frutas y vegetales que se expenden en el mercado mayorista de la ciudad de Ambato*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25296>
- Flores, R. (2019). *Efectos adversos de metales pesados en la agricultura de la cuenca baja del río Huaura, provincia de Huaura*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/1618>
- García, M., Luna, G., Gallegos, M. Á., Preciado, P., Cervantes, M. G., y González, U. (2020). Impacto de las aguas residuales en las propiedades del suelo y acumulación de metales pesados. *Terra Latinoamericana*, 38(4), 907-916. doi:<https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.556>
- García, R. J., Bravo, L. R., y Pérez, J. C. (2022). Determinación de metales pesados en pulpa de fruta de *Capsicum annum* L. cultivado en la Comuna Joá, Cantón Jipijapa. *Centro Azúcar*, 49(2), 122-135. <http://centrozucar.uclv.edu.cu/>
- García, D. (2016). *Efectos fisiológicos y compartimentación radicular en plantas de Zea mays expuestas a toxicidad por Plomo*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Barcelona]. Repositorio institucional. <http://ddd.uab.cat/record/37936>
- Gutiérrez, L. A. (2023). *Implementación de un sistema de control de calidad basado en la norma brcgsgs en la planta de procesamiento San Pablo de Agro Andino SRL*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/6152>
- Hai , L., Gaofeng , C., Qi , J., Junfei , L., y Yingbo , D. (2024). Efectos de los microplásticos en la absorción y acumulación de metales pesados en las plantas: una revisión. *Science Direct*, 12(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.111812>

- Hernández, C., Ramírez, V., Martínez, J., Quintero, V., Baez, A., Munive, J. A., y Rosas Murrieta, N. (2022). Los metales pesados en la historia de la humanidad, los efectos de la contaminación por metales pesados y los procesos biotecnológicos para su eliminación: el caso de Bacillus como bioherramienta para la recuperación de suelos. *Alianzas y Tendencias BUAP*, 7(27), 1-68. doi:<http://doi.org/10.5281/zenodo.7091407>
- Hernández, Y., Rodríguez, P., Peña, M., Meriño, Y., y Cartaya, O. (2019). Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate. *Cultivos Tropicales*, 40(3), 1-19. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362019000300010&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000300010&lng=es&tlng=es).
- Huaranga, F., Méndez, E., Quilcat, V., Bernui, F., Costilla, N., y Huaranga, F. (2021). Determinación de Metales Pesados Cadmio, Níquel, Plomo y Zinc en la Zona de Influencia del Relleno Sanitario de Sonsonate, *El Salvador. Arnaldoa*, 28(1), 149-162. <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.281.28109>
- Jesús, J., y Correa, C. (2021). *Concentración de cadmio-plomo en jugos de naranja (Citrus sinensis) mediante espectrofotometría de absorción atómica y el expendio- Huaral 2021*. [Tesis de grado, Universidad Privada de Huancayo Franklin Roosevelt]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20,500,14140/724>
- Linthoingambi, N., BN, H., Tabalique, Y., Punabati, H., y Discoteca, S. (2024). Descifrando la tolerancia al estrés de las plantas que preparan para el uso de metales pesados a través de mecanismos fisiológicos, bioquímicos, moleculares y ómicos. *Science Directt*, 165(1), 16-25. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.02.032>
- Llatance, W. G. (2019). *Caracterización de la respuesta fisiológica de Salvinia sp. frente a la exposición a metales pesados y su relación con la eficiencia del proceso de fitorremediación*. [Tesis de posgrado, Pontificia Universidad Católica Argentina]. Repositorio institucional. <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/9634>
- Organización Mundial de la Salud (2022). *Intoxicación por Plomo y salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>

- Salas, C., Garduño, M. A., Mendiola, P., Vences, J. H., Zetin, V. C., Martínez, O. C., y Ramos, M. D. (2019). *Fuentes de contaminación por Plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención*. <https://www.redalyc.org/journal/813/81359562002/html/>
- Salvatierra, V. M. (2022). Determinación de Metales Pesados (Cadmio y Plomo) en el Calamar Gigante (*Dosidicus Gigas*) en la Ciudad de Manta, Ecuador. *Revista Científica Dominio de la Ciencia*, 8(1), 85-98. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i1.2480>
- Santander, W., Garay, R., Verde, C., y Mendieta, O. (2021). Determinación del contenido de Cadmio en suelos, frutos, granos fermentados y secos, licor de cacao y chocolate en zonas productoras de la Región San Martín. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(1), 39-49. doi:<http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.321>
- Sarabia, O., Cárdenas, W. G., y Acuña, M. (2020). Estudio comparativo del contenido de macrominerales, elementos traza y metales pesados en frutos de Carica papaya L. por ICP-OES en el Estado de Colima, México. *Scopus*, 7(14), 1-17. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e590>
- Shakeel, A., Bashir O., Anam, S., Haq, U., Amin, T., Rafiq, A., Ali, M., Heloisa, J., Américo-Pinheiro, P. y Sher, F. (2022). Fitorremediación de metales pesados en suelo y agua: un enfoque ecológico, sostenible y multidisciplinario. *Quimosfera*, 303(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134788>
- SENASA, (2021). *Informe del monitoreo de residuos químicos y otros contaminantes en alimentos agropecuarios primarios y piensos*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/>
- Soto, M., Rodriguez, L., Olivera, M., Arostegui, V., Colina, C., y Garate, J. (2020). Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 49-59. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.06>
- Trigoso, D., Florida, N., y Rengifo, A. (2023). Indicadores fisicoquímicos del suelo con manejo convencional del arroz (*Oriza sativa* L.) bajo riego. La Granja: *Revista de Ciencias de la Vida*, 37(1), 117-129. <http://doi.org/10.17163/lgr.n37.2023.09>

- Vargas, C. (2019). *Análisis de la bioacumulación de Plomo en frutos comestibles de la arborización urbana de Neiva y su posible relación con la calidad del aire*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio institucional. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/28293>
- Vangronsveld, J.; Clijsters, H. (1994). Efectos tóxicos de los metales. En: Fargo, ME, Ed., *Plantas y elementos químicos: bioquímica, absorción, tolerancia y toxicidad*, VCH Press, Weinheim. *Scientific Research*. 1(1), 149–177. <https://doi.org/10.1002/9783527615919.ch6>
- Villacorta, J. (2022). *Concentración de plomo en frutas y vegetales de consumo humano que se expenden en la ciudad de Santiago de Chuco*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/19207>
- Xiong, Z., Yang, J., y Zhang, K. (2021). Efectos de la contaminación por plomo en la germinación y el crecimiento de plántulas de césped, *Cynodon dactylon*. *Pakistan Journal of Botany*, 1(1). [https://doi.org/10.30848/pjb2021-6\(6\)](https://doi.org/10.30848/pjb2021-6(6))
- Zapata, J. (2019). *Contenido de metales pesados en vegetación alrededor de una mina cerrada en la región Piura*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/11042/4052>

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios, por brindarme salud, fortaleza, y sabiduría para realizar satisfactoriamente nuestra vida académica, a la vez agradecemos a nuestros padres por su amor, y su apoyo incondicional para lograr el objetivo plasmado.

Agradecemos al Dr. Julio Roger Chico Ruiz y al M. Sc. Joseph Campos Ruiz por su asesoramiento en la ejecución de la investigación

Agradecemos a todos los docentes quienes hicieron de nosotros profesionales de bien, Al Ing. Royler y la Ing. Danicza que nos brindaron la asistencia técnica necesaria para la ejecución de la investigación y a todos los que alguna vez me extendieron la mano, mis sinceros halagos y agradecimiento.

**Bach. Neidi Alarcón Cruz**

**Bach. Romario Aníbal Peláez Gonzales**

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mis padres, quienes fueron los pilares fundamentales en mi formación, a los docentes quienes forjaron el conocimiento para ser un profesional de éxito, y a todas las personas que hicieron posible que logré el éxito de culminar nuestros estudios universitarios.

**Bach. Neidi Alarcón Cruz**

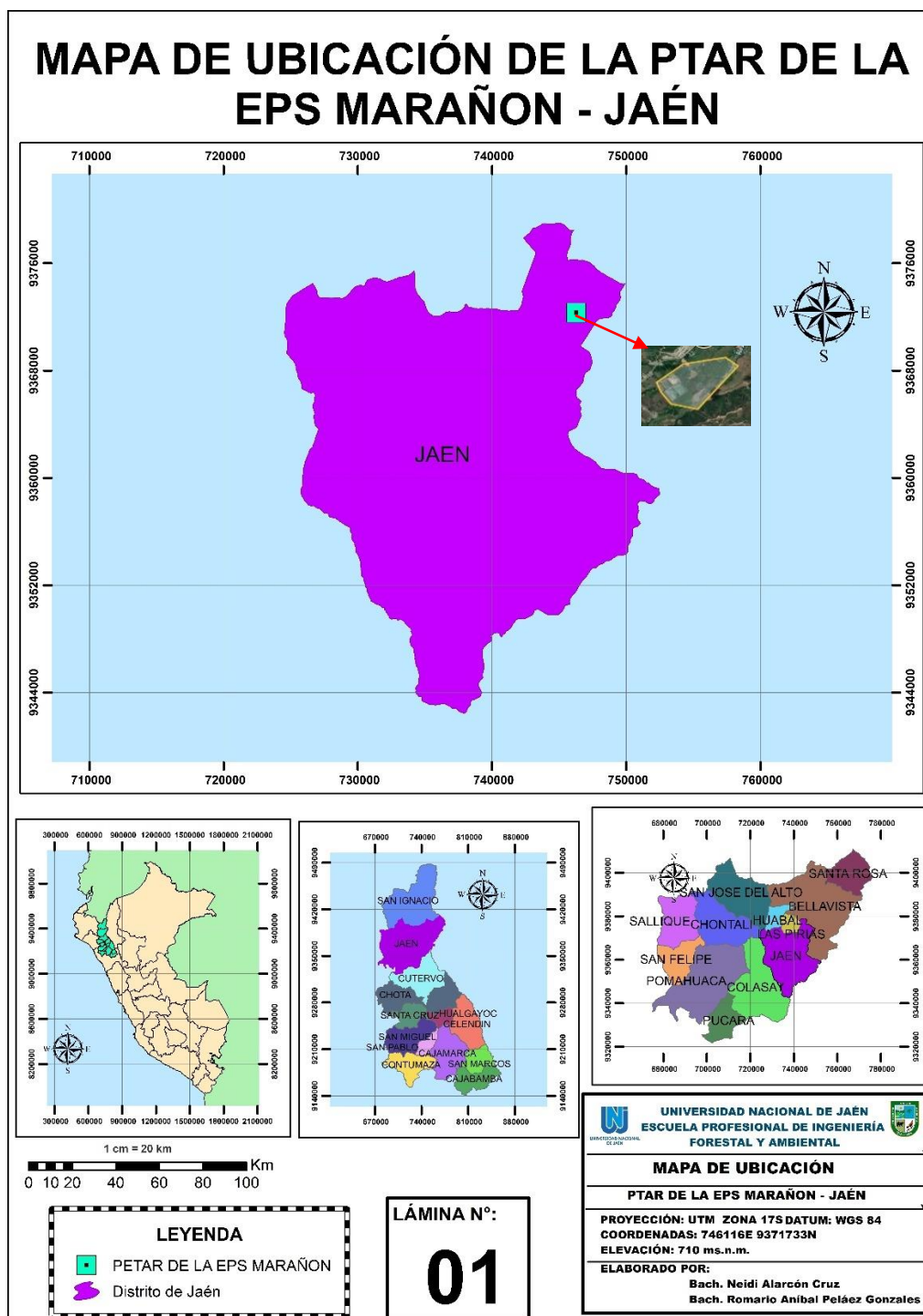
**Bach. Romario Aníbal Peláez Gonzales**

# ANEXOS

## Anexo 1. Mapa de ubicación de la PTAR de la EPS Marañón - Jaén

Figura 11

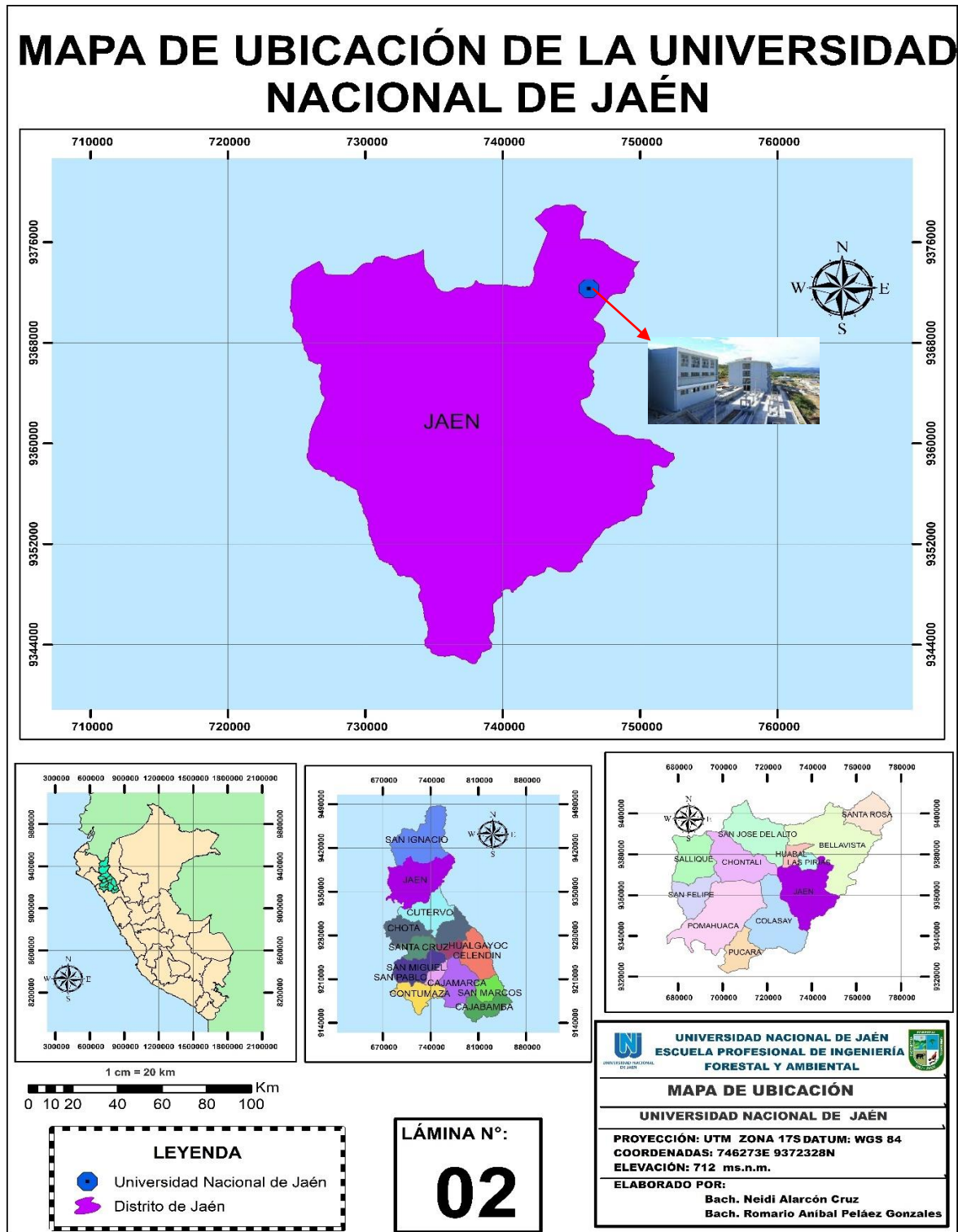
Mapa de la PTAR de la EPS Marañón - Jaén.



Anexo 2. Mapa de localización del laboratorio del CAE de la Universidad Nacional de Jaén

Figura 12

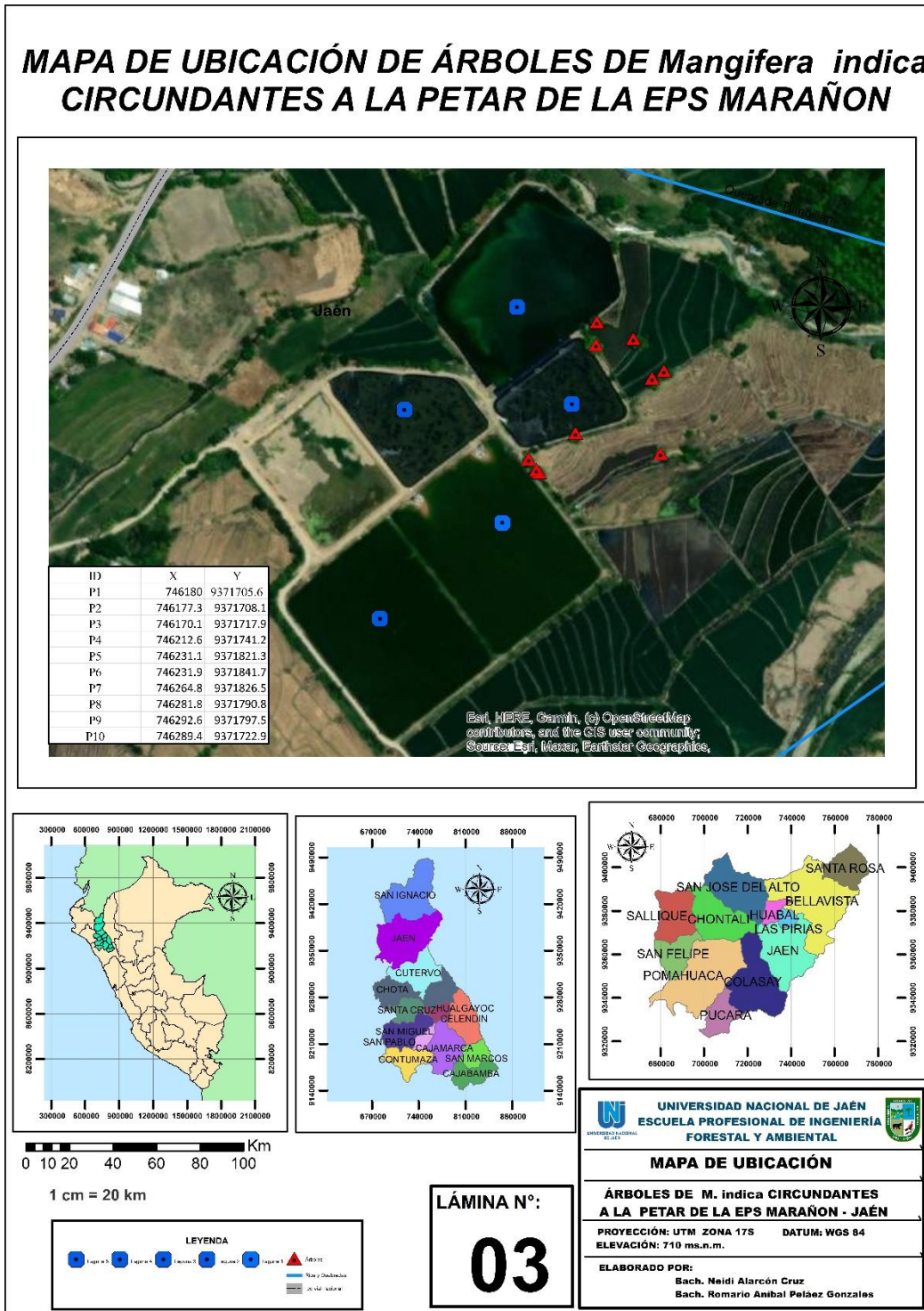
Mapa de localización del laboratorio del CAE de la Universidad Nacional de Jaén



### Anexo 3. Mapa de ubicación de árboles de *Mangifera indica* L. circundantes a la PTAR de la EPS Marañón

Figura 13

Mapa de ubicación de árboles de *Mangifera indica* L. circundantes a la PTAR de la EPS Marañón



#### Anexo 4. Panel fotográfico

**Figura 14**

*Efluentes de las pozas de oxidación de la PTAR de la EPS Marañón*



**Figura 15**

*Árboles de Mangifera indica L. circundantes a los efluentes de las pozas de oxidación de la PTAR de la EPS Marañón*



**Figura 16**

*Colecta de frutos de M. indica*



**Figura 17**

*Preparación de muestras*



**Figura 18**

*Evaluación de presencia de Pb y Cd*



**Figura 19**

*Árbol de Mangifera indica L. cortado*



## Anexo 5. Informe de ensayo CAE N°00061123-AA-41

Centro de Análisis  
Espectrofotométrico - CAE



### INFORME DE ENSAYO CAE N°00061123-AA-41

Emitido en Jaén, el 06 de noviembre de 2023

Nombre del Solicitante : Neidi Alarcón Cruz  
Romario Anibal Pelaez Gonzáles

Servicio solicitado : Análisis de elementos químicos: Cd y Pb

Características : Muestras recolectadas en bolsas de polietileno

Condiciones de recepción : En aparente buen estado

Fecha de inicio de Ensayo : 02 de octubre del 2023

Fecha de término de Ensayo : 06 de noviembre del 2023

Fines : Ejecución de tesis titulada: "Análisis de plomo y cadmio en el fruto de *Mangifera indica* L. (mango) en el sector Linderos, provincia de Jaén - Cajamarca"

Tipo de muestra : Fruto

Cantidad de muestra : 30 muestras de fruto



#### Resultados

NÚMERO DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	DETERMINACIONES	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
01	M1	Cadmio	Espectrofotometría de Absorción Atómica	mg/L	0.010
		Plomo		mg/L	0.200
	M2	Cadmio		mg/L	0.012
		Plomo		mg/L	0.200
	M3	Cadmio		mg/L	0.009
		Plomo		mg/L	0.150
02	M1	Cadmio		mg/L	0.009
		Plomo		mg/L	0.150
	M2	Cadmio		mg/L	0.010
		Plomo		mg/L	0.080
	M3	Cadmio		mg/L	0.007
		Plomo		mg/L	0.080
03	M1	Cadmio	mg/L	0.011	
		Plomo	mg/L	0.190	
	M2	Cadmio	mg/L	0.015	
		Plomo	mg/L	0.090	
	M3	Cadmio	mg/L	0.0002	



#### CONTACTO

Teléfono : 0844214479



#### EMAIL

caej@unjaen.edu.pe



#### DIRECCIÓN

Carrizalillo 1265 - 10010 Jaén  
Provincia de Jaén - Cajamarca



#### REDES SOCIALES

Facebook, Instagram, YouTube, Twitter, LinkedIn, WhatsApp, Website

Resultados

NÚMERO DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	DETERMINACIONES	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
03	M3	Plomo	Espectrofotometría de Absorción Atómica	mg/L	0.010
		Cadmio		mg/L	0.011
04	M1	Plomo		mg/L	0.110
		Cadmio		mg/L	0.010
	M2	Plomo		mg/L	0.060
		Cadmio		mg/L	0.001
	M3	Plomo		mg/L	0.050
		Cadmio		mg/L	0.004
05	M1	Plomo		mg/L	0.130
		Cadmio		mg/L	0.020
	M2	Plomo		mg/L	0.090
		Cadmio		mg/L	0.018
	M3	Plomo		mg/L	0.070
		Cadmio		mg/L	0.015
06	M1	Plomo		mg/L	0.050
		Cadmio		mg/L	0.016
	M2	Plomo		mg/L	0.150
		Cadmio		mg/L	0.012
	M3	Plomo		mg/L	0.090
		Cadmio		mg/L	0.029
07	M1	Plomo		mg/L	0.150
		Cadmio		mg/L	0.012
	M2	Plomo		mg/L	0.100
		Cadmio		mg/L	0.010
	M3	Plomo	mg/L	0.090	
		Cadmio	mg/L	0.013	
08	M1	Plomo	mg/L	0.120	
		Cadmio	mg/L	0.014	
	M2	Plomo	mg/L	0.100	
		Cadmio	mg/L	0.009	
	M3	Plomo	mg/L	0.070	
		Cadmio	mg/L	0.009	



### Resultados

NÚMERO DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	DETERMINACIONES	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
09	M1	Cadmio	Espectrofotometría de Absorción Atómica	mg/L	0.011
		Plomo		mg/L	0.050
	M2	Cadmio		mg/L	0.018
		Plomo		mg/L	0.070
	M3	Cadmio		mg/L	0.011
		Plomo		mg/L	0.100
10	M1	Cadmio		mg/L	0.010
		Plomo		mg/L	0.090
	M2	Cadmio		mg/L	0.007
		Plomo		mg/L	0.090
	M3	Cadmio		mg/L	0.006
		Plomo		mg/L	0.080



**Anotaciones:**

- Los resultados son válidos para la muestra referida en el presente informe
- El informe de ensayo tiene una validez de 365 días.



Ing. Daniela Violeta Sánchez Córdova  
Especialista del Centro de Análisis  
Espectrofotométrico

**CONTACTO**

942200000 y 942200010

**EMAIL**

caea@unjaen.es

**DIRECCIÓN**

Carretera Pádua - San Isidro  
10.14 de los Yébenes

**REDES SOCIALES**

www.unjaen.es