



**Universidad
Norbert Wiener**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
NUTRICIÓN HUMANA**

Tesis

Análisis del contenido de arsénico, plomo y cadmio en raíces y vegetales
de hojas del mercado mayorista de Lima Perú -2023

**Para optar el Título Profesional de
Licenciada en Nutrición Y Dietética**

Presentado por:

Autora: Gonza Togas Yuli

Asesora: Erika Paola Espinoza Rado

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4398-8739>

Lima – Perú

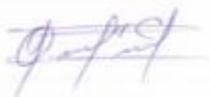
2022

| | | | |
|---|---|------------------------------------|--------------------------|
|  | DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN | | |
| | CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-033 | VERSIÓN: 01 REVISIÓN: 01 | FECHA: 08/11/2022 |

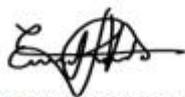
Yo, **Yuli Gonza Togas** egresado de la Facultad de Ciencias de la Salud y Escuela Académica Profesional de Nutrición y Dietética de la Universidad Privada Norbert Wiener declaro que la Tesis **"ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE ARSÉNICO, PLOMO Y CADMIO EN RAÍCES Y VEGETALES DE HOJAS DEL MERCADO MAYORISTA DE LIMA PERÚ _ 2023.** Asesorado por el docente: **Mg. Erika Paola Espinoza Rado** DNI **42205331** ORCID **0000-0002-4398-8739** tiene un índice de similitud de **10 (diez) %** con código **oid: 14912:299702837** verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

Así mismo:

1. Se ha mencionado todas las fuentes utilizadas, identificando correctamente las citas textuales o paráfrasis provenientes de otras fuentes.
2. No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella señalada en el trabajo.
3. Se autoriza que el trabajo puede ser revisado en búsqueda de plagios.
4. El porcentaje señalado es el mismo que arrojó al momento de indexar, grabar o hacer el depósito en el turnitin de la universidad y,
5. Asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión en la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas del reglamento vigente de la universidad.



.....
Yuli Gonza Togas
DNI: 44232601



.....
Erika Paola Espinoza Rado
DNI: 42205331

Dedicatoria

Quiero dedicar esta tesis en primer lugar a Dios, por permitirme llegar hasta donde estoy, por brindarme salud y fuerza para poder alcanzar mis metas y por su amor infinito; así mismo dedicarles esta investigación a mis hijos, Cristopher Alexander Cajas Gonza quien es mi mayor motivación y motor, a mi querida hija Stephany Cajas Gonza que es mi compañera de vida y sobre todo a mi amado esposo el Dr. Jesús Gerson Cajas Ibarra por estar siempre apoyándome, quien ahora se ha convertido en mi ángel y en mi amor eterno, mi corazón aun llora por su ausencia, pero sé que está y estará orgulloso de mi desde el cielo.

Por otro lado, a mis padres Gabriel y María por darme su amor incondicional, por sus enseñanzas y consejos de salir adelante a pesar de las circunstancias, por el ejemplo de lucha y de vida; sé que detrás de cada tormenta siempre viene la calma; que el que trabaja hoy disfruta mañana.

Contenido

| | |
|---|-----------|
| Dedicatoria..... | 3 |
| Resumen | 6 |
| Introducción | 7 |
| CAPÍTULO I: EL PROBLEMA..... | 8 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 8 |
| 1.2. Formulación del problema..... | 10 |
| 1.2.1. Problema general | 10 |
| 1.2.2. Problemas específicos | 10 |
| 1.3. Objetivos de la investigación..... | 10 |
| 1.3.1. Objetivo general | 10 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 10 |
| 1.4. Justificación de la investigación | 11 |
| 1.4.1. Teórica | 11 |
| 1.4.2. Metodológica..... | 11 |
| 1.4.3. Práctica | 11 |
| 1.5. Limitaciones de la investigación..... | 12 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 13 |
| 2.1. Antecedentes | 13 |
| 2.2. Bases teóricas | 15 |
| 2.3. Formulación de hipótesis..... | 20 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA | 21 |
| 3.1. Método de la investigación..... | 21 |
| El método utilizado en esta investigación fue Analítico. | 21 |
| 3.2. Enfoque de la investigación..... | 21 |
| 3.3. Tipo de investigación..... | 21 |
| 3.4. Diseño de la investigación..... | 21 |

| | | |
|--|--|--------------------------------------|
| 3.5. | Población, muestra y muestreo | 21 |
| | Variables y operacionalización | 22 |
| 3.6. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 23 |
| 3.6.1. | Técnicas de recolección de la muestra | 23 |
| 3.6.2. | Evaluación de metales pesados | 23 |
| 3.7. | Plan de procesamiento y análisis de datos | 25 |
| 3.8. | Aspectos éticos | 25 |
| CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS..... | | 25 |
| 4.1.2. | Prueba de hipótesis | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.1.3. | Discusión de resultados..... | 35 |
| CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 38 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 40 |
| ANEXOS | | 45 |
| | ANEXO1: Instrumentos de recolección de datos | 45 |
| | ANEXO2: Recolección de datos del análisis de metales pesados | 45 |
| | ANEXO 3: Análisis Inferencial | 46 |
| | ANEXO 4: Matriz de consistência | 51 |
| | ANEXO 5: Exoneración de comité de ética..... | 56 |
| | ANEXO 6: Informe del asesor de TURNITIN..... | 57 |

Resumen

Objetivo: Evaluar el contenido de metales pesados en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima 2023. Metodología: se utilizó el enfoque cuantitativo, de tipo analítico transversal. La muestra fue papa, zanahoria, lechuga y espinaca 500gr para cada alimento y fue recolectado del mercado mayorista de Lima Perú 2023. Se utilizo el análisis AOAC con diferentes series para cada metal pesado. Nivel de confianza 95% Para comprobar si las mediciones de la concentración de los contaminantes en los productos analizados sobrepasan los límites establecidos por normativa, se utilizará la prueba no paramétrica de Wilcoxon, con un p-valor de 0 a un nivel de significancia de 5%. Resultados: se obtuvo mediante la prueba estadística que la presencia de metales pesados fue menor a los límites establecidos. Con un p-valor de 0 a un nivel de significancia de 5% y se pudo confirmar que existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula y podemos concluir que la mediana de las mediciones sí es menor a 0.5. Por lo que se concluye que la concentración de Arsénico, plomo y cadmio en la Papa, zanahoria, lechuga y espinaca es menor al máximo establecido por la norma. Conclusiones: el análisis del contenido de arsénico, plomo y cadmio en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de lima Perú _ 2023, fueron menores a los límites establecidos por las normas nacionales, se deben realizar próximos estudios con muestras de otras zonas o en suelos contaminados con actividad minera, además se recomienda adquirir los alimentos de los lotes que están por comercializar en punto de origen para comparar resultados.

Palabras clave: Metales pesados, metaloides, tubérculos, toxicidad

Introducción

Actualmente los metales pesados como el plomo, arsénico y cadmio son muy abundantes en la tierra y estos se acumulan en el cuerpo superando las cantidades permitidas diarias que establecen las normas nacionales e internacionales, trayendo consecuencias irreversibles para la salud, esto como consecuencia del contacto, consumo de alimentos, agua bebible y para lavar y preparar alimentos e inhalación mediante la respiración. Con los años las malas prácticas industriales y mineras han incrementado la presencia de metales tóxicos, contaminando el agua y ríos por malas prácticas industriales y comerciales, así mismo, la presencia de metales pesados en los alimentos se debe a las diferentes formas en que absorben estos minerales, ya sea por el suelo, agua, aire y por la presencia de abonos, fungicidas, insecticidas, que son usados para el cultivo y al no ser reguladas por las autoridades hay un exceso de MP (Metales Pesados) en los alimentos, todo esto está relacionado a las malas prácticas agrícolas y mineras que afectan la salud de los seres humanos.

Por otro lado diversos estudios científicos han encontrado una estrecha relación entre la exposición de metales tóxicos (MT) y cáncer, es importante que las autoridades pertinentes tomen medidas contundentes ante este enorme problema que ocasiona numerosas muertes y deja millones de incapacitados cada año a causa de la exposición a metales tóxicos, en una publicación realizada por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020), sobre el impacto de las sustancias químicas en la salud pública: lo conocido y lo desconocido, afirman que, encontraron cifras muy alarmantes donde se registraron alrededor de dos millones de fallecidos en el 2019 por intoxicación de metales pesados, así mismo, se exhorta que haya un control riguroso sobre todo de los lotes de alimentos que vienen de los lugares donde hay actividad minera y así lograr evitar la exposición a estos.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial, contaminando aire, suelo y agua que comprometen la inocuidad alimentaria y la salud, una situación lamentable que enfrenta la humanidad ⁽¹⁾, del mismo modo, para la Organización Mundial de la Salud (OMS), la inocuidad de los alimentos, la nutrición y la seguridad alimentaria están estrechamente relacionadas; además, la insalubridad en los alimentos desencadenan un círculo vicioso de enfermedades y malnutrición que afecta a los más vulnerables de los grupos etarios como: lactante, infantes y ancianos, por otro lado, cada año en el mundo enferman unos 600 millones de personas, por consumo y la exposición de La presencia de metales pesados (MP) y metaloides se ha convertido en un grave problema de alimentos contaminados y así mismo, el 0.7% (420,000) mueren a causa de este problema⁽²⁾.

Uno de los metales pesados más peligroso es el arsénico y es una amenaza para la salud pública, este metal es uno de los más tóxicos y abundante en la naturaleza, se encuentra en aguas contaminadas de ríos, sequias, puquios y reservorios, por otro lado, algunas poblaciones usan estas fuentes de agua para beber, preparar alimentos y regar cultivos alimentarios, por la cual se ven expuestas a sus contaminantes, así mismo, la exposición prolongada al arsénico a través del consumo de agua y alimentos contaminados en grandes dosis puede causar cáncer y lesiones a la piel, del mismo modo, se ha vinculado a enfermedades cardiovasculares y la presencia de diabetes tipo 1, el grupo poblacional más vulnerable a la exposición de MP son las gestantes y los infantes debido que su alimentación no llega cubrir todas sus necesidades nutricionales y es pobre en antioxidantes, causando efectos negativos en el desarrollo cognitivo y un aumento de la mortalidad en jóvenes adultos ⁽³⁾, en un estudios realizado por Diego fano (2021), menciona que, el arsénico inorgánico que está presente en las aguas y los alimentos es capaz de cruzar la barrera placentaria y su concentración en la placenta incrementa en un 31%, altas dosis de este metal evita el adecuado desarrollo embrionario y fetal. ⁽⁴⁾ Por otro lado el cadmio es otro metal toxico y tiene efectos agudos y crónicos sobre la salud, este metal mayormente se encuentra en el agua y alimentos en cantidades que sobrepasan los límites establecidos por las normas nacionales e

internacionales, en los años 60, la contaminación de este metal en Japón terminó con la vida de más de 100 humanos infectados con una enfermedad llamada itai itai, la cual fue asociada a las altas concentraciones de cadmio, este gran suceso motivó la comunidad científica se interesara por estudiar este metal tóxico⁽⁵⁾. También el plomo es un metal tóxico y el más abundante en la naturaleza este metal, se va acumulando en el organismo tanto por el consumo como por el contacto y con el tiempo va degenerando sistemas del cuerpo humano, y se va distribuyendo por todo el cuerpo hasta llegar a órganos que son vitales mantenerlos en óptimas condiciones como el cerebro, hígado, riñones, huesos y dientes, de tal forma que el plomo acumulado en los huesos pasa a la sangre dañando la salud de los individuos y los más afectados lamentablemente son los niños y en población adulta en contacto con este metal aumenta el riesgo de hipertensión arterial, lesiones renales, en embarazadas las concentraciones excesivas de este metal tóxico puede causar aborto natural, muerte fetal, parto prematuro y bajo peso al nacer⁽⁶⁾, así mismo, en el año 2018 en la población de Huacho en la provincia de Huaura, se realizó una denuncia por intoxicación por plomo de las cuales se analizaron a 63 personas de las cuales el 71.4% tenían cantidades considerables de plomo en su sangre.⁽⁷⁾ En conclusión, en esta investigación abordaremos la presencia de metales pesados como: arsénico, cadmio y plomo en raíces y vegetales de hoja que se comercializan en el mercado mayorista de Lima y se analizará si los niveles de estos metales en los alimentos exceden los niveles permitidos por los estándares nacionales e internacionales.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el contenido de metales pesados en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima en el año 2023?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Existe presencia de arsénico, en raíces y vegetales de hoja que se expenden en el mercado mayorista de Lima en el año 2023?
- ¿Existe presencia de plomo, en raíces y vegetales de hoja que se expenden en el mercado mayorista de Lima en el año 2023?
- ¿Existe presencia de cadmio, en raíces y vegetales de hoja que se expenden en el mercado mayorista de Lima en el año 2023?
- La presencia de metales pesados podría ser superior a los rangos establecidos según las normas peruanas.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar el contenido de metales pesados en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima 2023

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de arsénico en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima 2023.
- Determinar la cantidad de cadmio en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima 2023.
- Determinar cantidad de plomo en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima 2023.

- Comparar el contenido de metales pesados en raíces y vegetales de hoja con los límites permitidos por la norma TS N.º 111 –2014-MINSA/DGE - V.01

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Teórica

La investigación aportará información muy importante sobre el contenido de metales como el arsénico, plomo y cadmio en los alimentos, para que las instituciones relacionadas al control de estos contaminantes tomen en consideración la exposición a estos metales cuya repercusión a la salud puede ser irreversible, por ello, se analizó alimentos de consumos masivo por diversos grupos etarios como la papa, zanahoria, lechuga y espinaca y que son acopiados de todos los departamentos del país y se expenden en el mercado mayorista de Lima, actualmente no existen datos abiertos sobre el monitoreo de metales pesados en alimentos, por ello esta investigación se basa en el análisis del contenido arsénico, plomo y cadmio en alimentos sin embargo, la falta de datos sobre el contenido de metales pesados es alta, por ello esta investigación se basa en el contenido presente de metales pesados en estos alimentos.

1.4.2. Metodológica

Se usaron métodos analíticos que permitirá tener información sobre la cantidad de metales pesados en los diversos productos alimentarios que se usó como muestra, permitiendo conocer la existencia, porcentaje y cantidad de metales tóxicos presentes en los diversos alimentos.

1.4.3. Práctica

Las investigaciones relacionadas con metales pesados en alimentos, en su gran mayoría son internacionales y de algunos departamentos del país con actividad minera, así mismo, los resultados de esta investigación tendrán un impacto en los consumidores finales y a las autoridades pertinentes, además, que con los resultados encontrados ayudaran a establecer medidas correctivas o preventivas para disminuir la exposición de estos metales tóxicos, así mismo, podrá abrir la posibilidad de realizar más estudios a futuro con este gran

problema que se expone la población al consumir diversos tipos de alimentos, permitiendo conocer la existencia de estos metales tóxicos.

1.5. Limitaciones de la investigación

Se recolectaron las muestras para su posterior análisis a partir de los meses de abril, mayo y junio del año 2023, los alimentos seleccionados para esta investigación están disponibles todo el año.

Limitaciones, la falta de movilización de no poder estar en la zona original donde se proviene la muestra.

Lo económico, el bajo presupuesto que se maneja limita el poder tener una muestra más grande.

1.5.1. Delimitación temporal

Se recolectarán las muestras para su posterior análisis a partir de los meses de abril, mayo y junio del año 2023, los alimentos seleccionados para esta investigación están disponibles todo el año.

1.5.2. Delimitación espacial

Las muestras se recolectaron del mercado mayorista de Lima, se analizan las muestras en un laboratorio especializado para este análisis.

1.5.3. Delimitación en recursos

Los recursos utilizados en la investigación estuvieron conformados por un investigador, y fue autofinanciada para la compra de alimentos y el análisis de metales pesados.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Loredo, et al, (2022), realizaron un trabajo de investigación titulado: Concentración y transferencia de metales pesados en lechuga (*Lactuca sativa* L.) irrigadas con aguas tratadas, en la ciudad de México, con el objetivo de examinar la concentración y transferencia de metales pesados en lechuga, regadas con aguas tratadas recolectadas por distintas prácticas agrícolas. Según el resultado, se halló que la lechuga es una verdura con una alta capacidad para acumular metales pesados, y se corroboró mediante cuatro tratamientos analizados donde se expuso que cuatro de los cinco metales pesados estudiados, estaban presentes en la lechuga en concentraciones muy altas, el factor transferencia (FT) de metales pesados presentes en el suelo a las plantas indica que hay grandes riesgos que los metales tóxicos se transmitan a la cadena alimentaria o que sean absorbidos por las plantas, afectando de forma negativa a la salud de los seres humanos que los consumen como parte de su alimentación, a menor valor de (FT), el riesgo es menor, valores mayores a 1 significa que la planta tiene una alta capacidad de acumular MP, en este estudio las concentraciones de cadmio fueron 0,001% y en plomo en una muestra fue de 0,001% y en otra de 0,005% implicando a este metal con una alta transferencia a los alimentos ⁽⁸⁾.

Moreno, et al, (2016), realizaron un estudio exploratorio en Colombia, donde abordaron los metales pesados en la papa, con el objetivo de analizar y cuantificar la cantidad de plomo y cadmio que contiene dicho tubérculo, según resultados se halló que el método utilizado en esta investigación tiene mayor sensibilidad al cuantificar el plomo, además el análisis arrojó que el contenido promedio de cadmio y plomo está entre 0,085 a 0,150 y 0,210 a 0,440mg/kg en la muestra de papa respectivamente, se pudo comparar plomo excede los parámetros establecidos por el Codex alimentarius, por otro lado, en la unión Europa, donde se establece parámetros permitidos de plomo de 0,1 mg/kg presentes en la papa⁽⁹⁾.

Dipre y Arnal, (2017). Realizaron un estudio en la ciudad de Valencia España, donde dan a conocer sus resultados obtenidos de su estudio y su análisis de alimentos de dos países diferentes, esto con el objetivo de evaluar el impacto

ambiental y la ingesta en el ser humano por metales pesados en alimentos como verduras y frutas que son fuente alimentaria a nivel global y cómo estos impactan en la salud, evaluaron la absorción de estos metales y dieron alcances de las consecuencias que traen estos contaminantes la cual un gran porcentaje de la población ignora, según los resultados encontrados en guisantes la presencia de plomo fue de 0,1570 mg/L y de cadmio fue -0,0607 respectivamente donde las muestras de República Dominicana mostraron una alta contaminación a comparación de las muestras de España los niveles eran por debajo de los parámetros establecidos ⁽¹⁰⁾.

Soto, et al, (2020), realizaron un estudio donde tomaron como muestras a tubérculos como la yuca y el plátano de una localidad con presencia de actividad minera y otra muestra de una localidad sin actividad minera, con el objetivo de analizar las concentraciones de metales pesados como arsénico, cadmio, plomo y mercurio en suelos agrícolas abandonados por la minería aurífera de la amazonia peruana. Según el resultado en la zona sin minería se encontró un 42% menos de arsénico y 35% menos de plomo, así mismo, la concentración de cadmio encontrando en la plantación sin actividad minera fue inferior de 0,02 mg/kg, las concentraciones de arsénico plomo y cadmio fueron muy elevadas en los suelos contaminados, además en la yuca se detectó mayor concentración de plomo y arsénico que exceden los parámetros máximos recomendados por la FAO y la OMS, y en plátano las concentraciones de metales fueron menores que en la yuca, dando luces a tener en cuenta y mayor fiscalización en alimentos de raíces por su excesiva toxicidad de metales tóxicos para la salud del ser humano ⁽¹¹⁾.

Grandes, (2020). Realizó un estudio sobre el contenido de metales pesados en hortalizas extraídos de diferentes lugares en la ciudad de Chachapoyas, Perú. Con el objetivo de analizar metales pesados como plomo, cadmio, arsénico y cromo en alimentos tales como, cebolla, tomate y apios provenientes de esta ciudad que abastecen al mercado de Chachapoyas, según el resultado se encontró que las concentraciones de arsénico, cromo y cadmio no superaron los límites permitidos a comparación del plomo que superan estos parámetros establecidos en las normas nacionales e internacionales ⁽¹²⁾.

Alvarado, et al, (2019). Realizaron un estudio, con el objetivo de determinar las concentraciones de metales pesados en la zanahoria que se expenden en el mercado centenario de la ciudad de Huacho Perú, según el resultado, se halló que la concentración de arsénico era de 0,015mg/kg y los límites son de 0,1 concluyendo que no se detectó niveles altos de este metal, con respecto al plomo y cadmio los niveles fueron 0,032mg/kg donde tampoco superaron los rangos nacionales e internacionales ⁽¹³⁾.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Metales pesados

Los metales pesados se denominan según el estado sólido y sus propiedades físicas, también se pueden clasificar desde el punto de vista de su toxicidad, las propiedades que lo caracterizan como metales tóxicos son cuando están en solución y se puede denominar metal a un elemento que bajo condiciones biológicas pueden reaccionar perdiendo uno o más electrones para formar un catión. También dentro de los metales encontramos los llamados metaloides estos poseen propiedades físicas que se asemejan a los metales y no metales entre ellos tenemos al arsénico, germanio, antimonio, selenio y telurio, estos se presentan en distintos estados de oxidación en agua, aire y suelo además presentan distintos grados de reactividad, carga iónica y solubilidad.

Para la comunidad científica los metales pesados siguen siendo un tema de discusión y polémica todavía no han llegado a un consenso de una definición para algunos una definición se basa en la gravedad específica donde se denomina metal pesado solo aquellos con una gravedad específica mayor a 5 g/cm³, pero esta teoría no es útil para medir efectos toxicológicos que algunos metales poseen sobre el ambiente y los seres vivos en los estudios. Por ello han optado por llegar a otra definición de metales pesados donde metal pesado es aquel grupo de metales o metaloides asociados a contaminación y toxicidad potencial ⁽¹²⁾.

2.2.2. Química de metales pesados y metaloides

El arsénico es un metaloide ubicuo y se encuentra en el ambiente de dos formas orgánicas e inorgánica y sus estados de oxidación -3 -0,+3,+5, el arsénico inorgánico es causante de muchos problemas a la salud como el cáncer y las

personas que no están expuestas a este metal tóxico ya sea por el agua bebible o alimentos, pueden ser perjudicados a través del aire mediante la respiración o por contacto a la piel, el arsénico inorgánico está presente en el agua potable, y los dos tipos de arsénico se encuentran en los alimentos⁽¹³⁾.

Por otro lado, el cadmio es un metal pesado y se encuentra en la corteza terrestre su número atómico es 48 y peso atómico 112.41 pertenece al grupo XII de la tabla periódica de elementos químicos, este metal blanco plateado, es un metal post - transición y posee dos electrones en el orbital *s* y un orbital *d* completo, es resistente a la corrosión y se utiliza como placa protectora; Es insoluble en agua y no es inflamable, se quema en el aire, formando óxido de cadmio. Los ácidos clorhídrico, sulfúrico y nítrico disuelve el cadmio formando cloruro de cadmio, sulfato de cadmio y nitrato de cadmio respectivamente, también se utiliza en barras de control para reactores nucleares, actuando como un agente de neutrones para controlar el flujo de neutrones en la fisión nuclear, este metal está presente en el ambiente por las actividades industriales que realiza el hombre y las vías de contaminación tienen que ver con la aplicación a la industria como reactivo corrosivo y su uso para estabilizar productos de PVC⁽¹⁴⁾.

Así mismo, el plomo es un metal pesado con una gravedad específica y densidad relativa 11,4 a 16°C, las valencias químicas son de 2 y 4 y es de color gris, este mineral se encuentra distribuido en todo el mundo, el más importante es la galena está en la naturaleza como sulfuro de plomo, este compuesto es el más usado en la producción comercial, existen otros minerales de plomo que son menos importantes para la industria y menos dañinos para la salud humana, además este metal tiene algunas características propias de adherirse a otros metales tóxicos y haciendo mucho daño a la humanidad⁽¹⁵⁾.

2.2.3. Efectos en la salud

Los síntomas al ingerir metaloides como el arsénico, por lo general son como de otras enfermedades, esto hace difícil diagnosticar su presencia en el organismo, pero se descubrió que afecta al sistema cardiovascular, presentando vasodilatación inicial y conduce a una vasoconstricción, afecta al sistema

digestivo, hay una dilatación de vasos asplánicos originando formación de vesículas en la submucosa al romperse hay heces líquidas y sangrado, afectando al riñón ocasionando necrosis tubular aguda, en algunos signos clínicos, hay presencia eritema palmar, hiperqueratosis y cáncer a la piel, además afecta el sistema nervioso hay resorción de mielina y destrucción de cilindroejes, con respecto al Hígado: puede observarse esteatosis, necrosis y cirrosis, en uñas se forman líneas blancas horizontales llamadas líneas de Mee y en pelo puede presentar alopecia tardía. Inicialmente se localiza en la sangre, unido a una globulina. Dentro de las 24 horas se distribuye al hígado, pared intestinal y bazo, donde se une a los grupos sulfhídricos de las proteínas tisulares; a las 30 horas posteriores a la ingesta se deposita en el pelo y uñas⁽¹⁶⁾.

Por otro lado, los síntomas y signos causados por contaminación al plomo es muy relativa, pero este metal tóxico afecta al sistema nervioso y como consecuencia hay disminución de la memoria, de aprendizaje, de atención, de concentración, de audición y de pronunciación y signos de hiperactividad, en exposición moderada los síntomas son parestesias, mialgias, irritabilidad fatiga leves molestias abdominales, cansancio muscular, cefalea, dolores abdominales, estreñimiento, pérdida de peso y en contaminación altas 60 U/dl puede presentar parestesias, parálisis, encefalopatía causando convulsiones, alteración de la conciencia coma y muerte⁽¹⁷⁾.

La exposición a los niveles muy altos de cadmio produce irritación grave en el estómago produciendo vómitos y diarrea, si no se controla puede causar la muerte, en niveles más bajos el órgano más afectado es el riñón provoca falla de la función renal por año en los túbulos y puede ser un daño irreversible, además se ve alterado el metabolismo calcio y la absorción ósea, lo que lleva a padecer osteomalacia, osteoporosis, provocando fracturas óseas dolor de articulaciones y formación de cálculos renales, una alta concentración de este tóxico puede llevar a sufrir neumonitis y edema pulmonar⁽¹⁸⁾.

2.2.4. Fuentes de contaminación por metales pesados

Las principales fuentes de contaminación de metales tóxicos es el agua de los ríos, tuberías con residuos tóxicos, alimentos que son regalos con aguas contaminadas, los suelos contaminados por malas prácticas del hombre y el aire, además un contaminante directo es las malas prácticas y la poca concientización de las mineras⁽¹⁹⁾.

Con respecto al plomo las vías de absorción son de 50% mediante la respiración, la vía digestiva mediante la ingesta con una absorción del 10%, en un porcentaje menor por la vía dérmica por contacto directo⁽²⁰⁾.

2.2.5. Reglamentación de metales pesados

Según el diario oficial de la Unión Europea el reglamento 2021/1323, modifica el contenido máximo de cadmio en determinados productos alimenticios modificando el reglamento 1881/2006, es decir, que este reglamento modifica las cantidades máximas de cadmio en los diferentes productos.

Así mismo, en el Perú según la norma sanitaria que establece los límites máximos de residuos (LMR) de plaguicidas de uso agrario en alimentos de consumo humano, establece un límite máximo de residuos de plaguicidas de uso agrario en los diferentes productos alimenticios, teniendo como finalidad las observaciones y parámetros de control sanitario que realizaran las autoridades competentes a fin de prevenir, identificar y/o eliminar peligros y riesgos a lo largo de toda la cadena alimentaria.

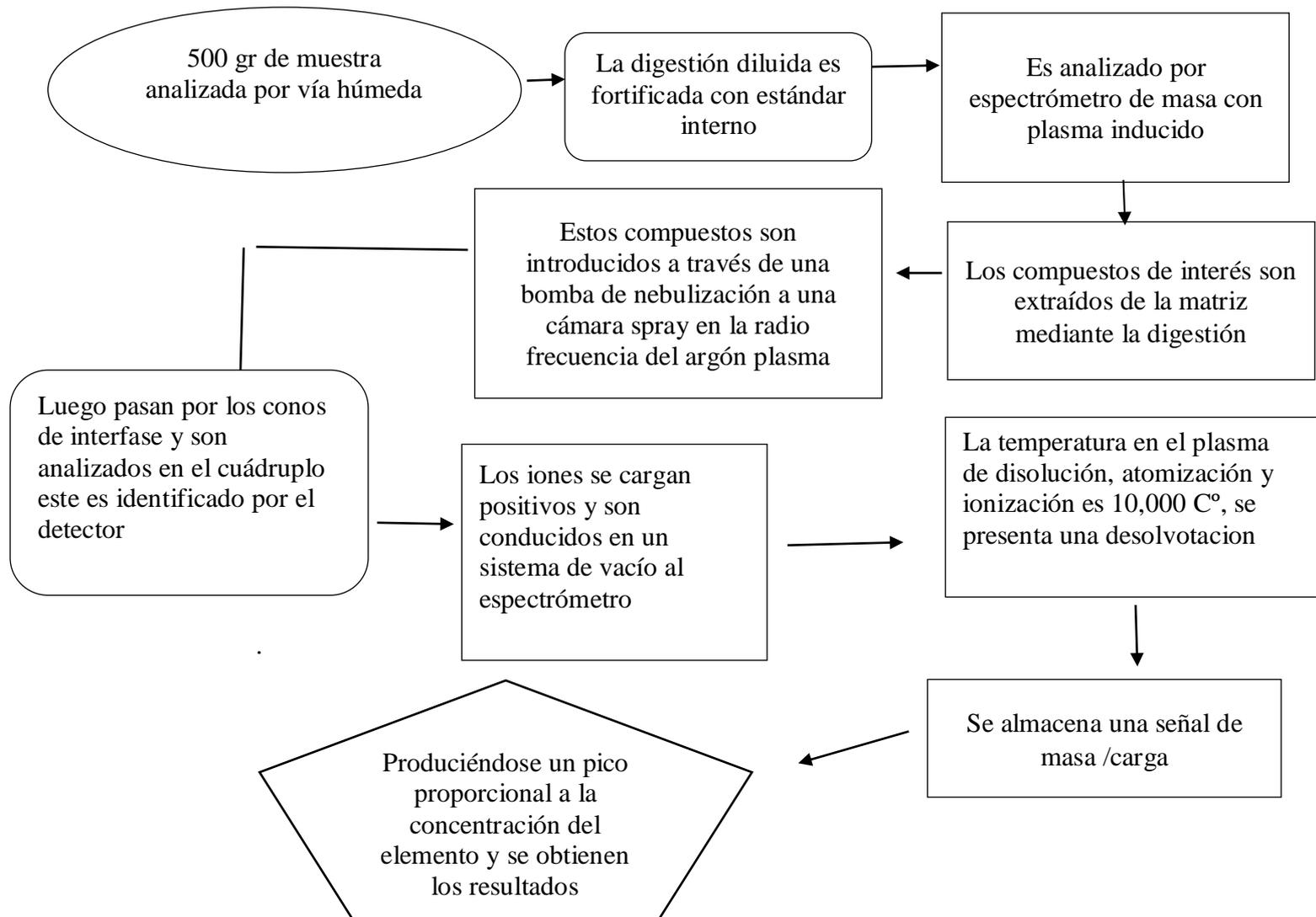
2.2.6. Determinación de metales pesados

Hoy en día se aplican diversas técnicas tradicionales para la detección de metales pesados en los alimentos, incluida la espectrometría de absorción atómica, espectrometría de fluorescencia atómica, espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente, espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente, entre otros, estos métodos ofrecen límites de detección bajos y pueden medir los metales pesados en los alimentos.

Sin embargo, las evaluaciones oficiales de la Oficial Metro of Analysis o más conocida por sus siglas “OMA” son métodos aprobados , verificados y analizados por un grupo de científicos muy calificados para garantizar que sean creíbles y definibles y así se puedan usar tanto las organizaciones

fiscalizadoras, la comunidad científica y las instituciones académicas y las industrias, este método de OMA es reconocido por el código regulador de los estados unidos y se puede usar en todo el mundo⁽²¹⁾.

Esquema 1. Determinación de metales pesados en vegetales por plasma inductivamente acoplado a espectrometría de masa



*Esquema de determinación de metales pesados. Tomado de Tames M. método de ensayo: determinación de metales pesados en frutos y vegetales por plasma inductivamente acoplado a espectrometría de masa (ICP-MS). [internet].2021.Disponible en: [Fecha \(senasa.gob.pe\)](http://Fecha (senasa.gob.pe))

2.3. Formulación de hipótesis

- **H0:** La presencia de arsénico, plomo y cadmio en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima 2023 no superan los límites establecidos por la norma peruana.
- **H1:** La presencia de arsénico, plomo y/o cadmio en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima 2023 superan los límites establecidos por la norma peruana.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método de la investigación

El método utilizado en esta investigación fue Analítico.

3.2. Enfoque de la investigación

Se utilizó el enfoque cuantitativo, el proyecto se ha basado fundamentalmente análisis del contenido del contenido de metales tóxicos en los alimentos

3.3. Tipo de investigación

En el presente trabajo usamos la investigación de tipo analítica descriptiva transversal, porque permite al investigador formular hipótesis y probarlas mediante métodos de investigación.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño fue observacional, porque no se manipulo ninguna variable se observa y se describe lo que sucede de manera natural en un ambiente dado.

3.5. Población, muestra y muestreo

Población

Raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima Perú _ 2023.

Muestra

Papa, zanahoria, lechuga y espinaca, la muestra será de 500gr para cada alimento y será obtenida del mercado mayorista de Lima Peru_2023.

Muestreo

No probabilístico por conveniencia.

Variables y operacionalización

| Variables | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores | Escala de medición | Escala valorativa (niveles o rangos) |
|----------------------------|--|---|---|-----------------------|---------------------------------------|
| Metales pesados | Los metales pesados son tóxicos que dañan la salud de las personas y se analizan con el fin de prevenir intoxicaciones provenientes del mercado mayorista de lima | Contenido de metales pesados y metaloides | Concentración de arsénico | Cuantitativa continua | Arsénico :0,3 Ug/kg |
| | | | Concentración de plomo | Cuantitativa continua | Plomo:0,10 mg/kg en ppm |
| | | | Concentración de cadmio | Cuantitativa Continua | Cadmio: 0,05 mg/kg en ppm |
| Raíces y vegetales de hoja | Las raíces y vegetales de hoja son los alimentos más expuestos a la contaminación y son alimentos que abastecen el mercado mayorista de Lima todo el año, además son factibles de medir metales tóxicos. | Raíces y vegetales de hoja; zanahoria, papa, lechuga y espinaca | Concentración de arsénico en 100g de alimento | Cuantitativa Continua | mg de una sustancia por kg de muestra |

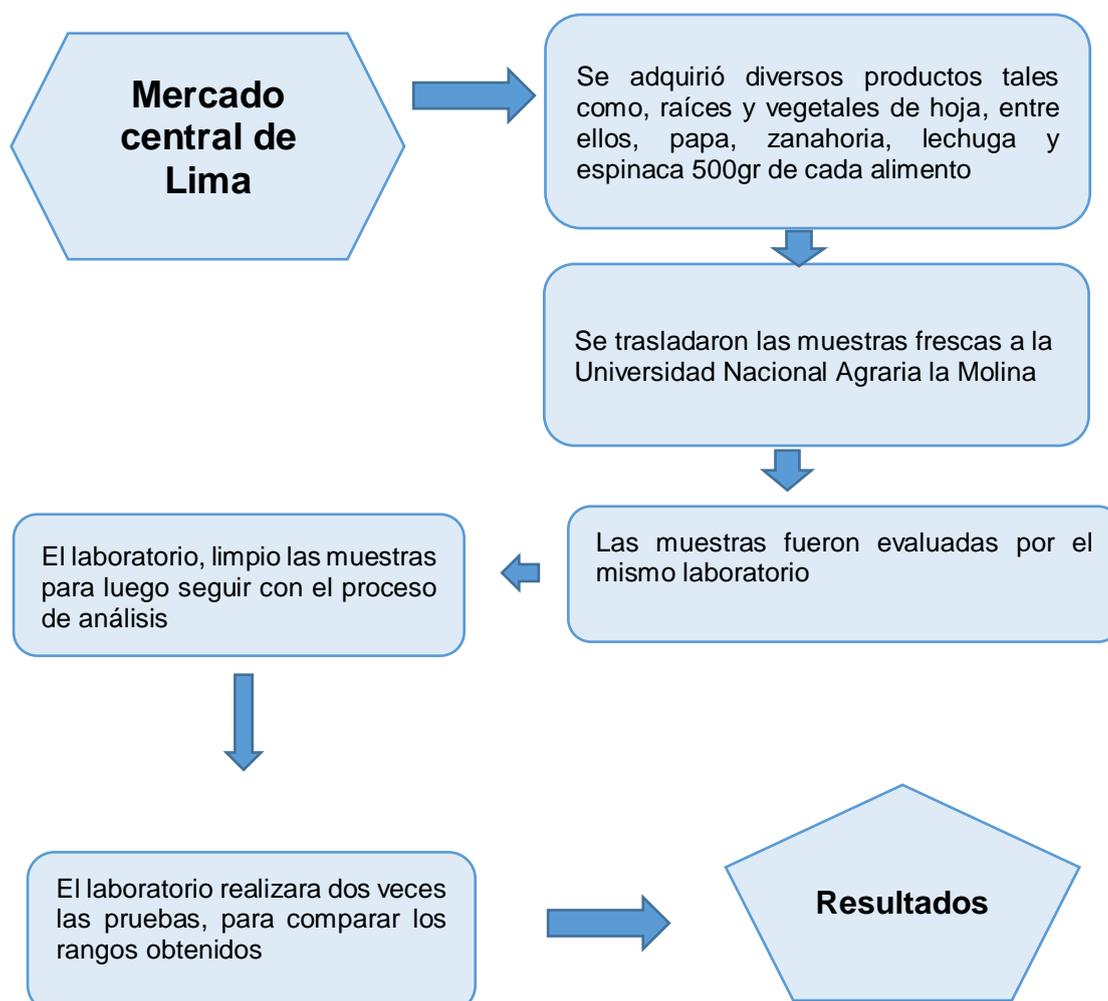
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de la muestra

Las muestras se obtuvieron del mercado mayorista donde se adquirieron estos alimentos en diversos puestos de venta para obtener alimentos de distintos lugares del país, así mismo, se obtuvo 500gr de cada muestra, estos alimentos fueron llevados a la universidad Nacional Agraria la Molina, se tuvo cuidado en el traslado de las muestras para que no pierdan sus propiedades organolépticas, así mismo, fueron analizadas el día que se obtuvieron las muestras, a partir de ello se recolecto los datos obtenidos por el laboratorio en una ficha de recolección (Anexo 2) para procesar los resultados de nuestra investigación.

Además, al momento de recolectar la muestra se consultó a cada proveedor el origen de cada producto, datos que se plasmaron en una ficha según anexo1.

Esquema 2: Recolección de datos y muestras para analizar metales pesados



3.6.2. Evaluación de metales pesados

La evaluación fue por análisis de laboratorio se analizaron con el método AOAC el cual está acreditado y es un método seguro, así mismo, es el más utilizados para este tipo de valoraciones, los métodos que se utilizaron en laboratorio para esta investigación fueron los siguientes:

- **Determinación del contenido de plomo**

Plomo en raíces y vegetales de hoja se analizó mediante el método AOAC 972.25 Cap. 9, Pag 38, 21st Edición 2019.

Se utilizó una muestra de 500gr que fue analizada mediante la técnica de espectrometría de absorción atómica, que fue vía horno de grafito se tomó como referencia el método de la OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC 999.11” el desarrollo de este método se realizó en las instalaciones del laboratorio de la universidad nacional Agraria la Molina, las muestras fueron liofilizadas y tratadas mediante una digestión acida, para su posterior lectura en el equipo de absorción atómica y se obtuvo los resultados de la cantidad de plomo en raíces y vegetales de hoja.

- **Determinación de contenido de Arsénico**

Arsénico en raíces y vegetales de hoja será analizado por el método A0AC 920.205 Cap.11, Pág.25,21st Edición 2019.

Se utilizó una muestra de 500gr que fue analizada mediante la técnica de espectrometría de absorción atómica, que fue vía horno de grafito se tomó como referencia el método de la OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC 999.11” el desarrollo de este método se realizó en las instalaciones del laboratorio de la universidad nacional Agraria la Molina, las muestras fueron liofilizadas y tratadas mediante una digestión acida, para su posterior lectura en el equipo de absorción atómica y se obtuvo los resultados de la cantidad de plomo en raíces y vegetales de hoja.

- **Determinación del contenido de cadmio**

Cadmio en raíces y vegetales de hoja será analizado por el método AOAC 974.27 Cap.11, Pag 16-18,21st Edición 2019.

Se utilizó una muestra de 500gr que fue analizada mediante la técnica de espectrometría de absorción atómica, que fue vía horno de grafito se tomó como referencia el método de la OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC 999.11” el desarrollo de este método se realizó en las instalaciones del laboratorio de la universidad nacional Agraria la Molina, las muestras fueron liofilizadas y tratadas mediante una digestión ácida, para su posterior lectura en el equipo de absorción atómica y se obtuvo los resultados de la cantidad de plomo en raíces y vegetales de hoja.

3.7. Plan de procesamiento y análisis de datos

Los resultados de cada muestra de alimentos analizados por el laboratorio fueron entregados en 7 días hábiles. Estos resultados fueron trasladados a una base de datos de Excel y fueron exportados hacia el software estadístico Rstudio para llevar a cabo el análisis estadístico, se realizaron tablas e histogramas de frecuencias para la descriptiva. Asimismo, se comparó la concentración de los metales pesados considerados en el estudio con los máximos aceptables por la norma peruana con la prueba no paramétrica de Wilcoxon; todo el análisis estadístico fue realizado con el software Rstudio.

3.8. Aspectos éticos

No se trabajó con seres humano ni animales, se trabajó con alimentos y se respetaron en las buenas prácticas de laboratorio y el respeto al medio ambiente, las muestras fueron recopiladas de cualquier cuida de los puestos que expenden alimentos del mercado mayorista de lima y de cualquier ciudad del país, el traslado fue de manera responsable manteniendo los alimentos en óptimas condiciones para obtener los mejores resultados y conocer las cantidades de metales que tuvieron los alimentos, dicha investigación no trato de desacreditar a ningún alimento reafirmamos el compromiso por dar a conocer los resultados sin ser manipulados con fines de lucro.

4.1. Resultados

Tabla 1: Resultados de concentración de metales pesados en zanahoria

| Producto | Contaminante | Concentración de MT | Límite de por SENASA | máximo | Frecuencia |
|-----------|--------------|---------------------------|----------------------------|---------|------------|
| Zanahoria | Cadmio | 0 mg/kg | 0.014 | a 10.00 | 100% |
| | Arsénico | 0 mg/kg | 0.039 | a 10.00 | 100% |
| | Plomo | 0 mg/kg | 0.039 | a 10.00 | 100% |

*Según la tabla 1, donde se muestran los resultados de la evaluación de contenido de plomo, cadmio y arsénico datos que fueron tomados del 100% de las muestras de zanahoria, en cuanto al contenido de metales pesados, se encontró un 0% de concentración en este producto, es decir, no presento metales pesados después de ser analizado.

Tabla 2: Resultados de concentración de metales pesados en lechuga

| Producto | Contaminante | Concentración MT | Límite de MT máximo por FAO | Frecuencia |
|-----------------|---------------------|-----------------------------|--|-------------------|
| Lechuga | Cadmio | 0 mg/kg | 0,2 ppm | 100% |
| | Arsénico | 0 mg/kg | 0,1ppm | 100% |
| | Plomo | 0 mg/kg | 0,3 ppm | 100% |

*Según la tabla 2, donde se muestran los resultados de la evaluación de contenido de plomo, cadmio y arsénico, datos que fueron tomados del 100% de las muestras de lechuga, en cuanto al contenido de metales pesados, se encontró un 0% de concentración en este producto, es decir, no presento metales pesados después de ser analizado.

Tabla 3: Resultados de concentración de metales pesados en la papa

| Producto | Contaminante | Concentración MT | límite de MT máximo por SENASA | Frecuencia |
|-----------------|---------------------|-----------------------------|---|-------------------|
| | Cadmio | 0 mg/kg | 0.014 a 10.00 mg/Kg | 100% |
| Papa | Arsénico | 0 mg/kg | 0.039 a 10.00 mg/Kg | 100% |
| | Plomo | 0 mg/kg | 0.039 a 10.00 mg/Kg | 100% |

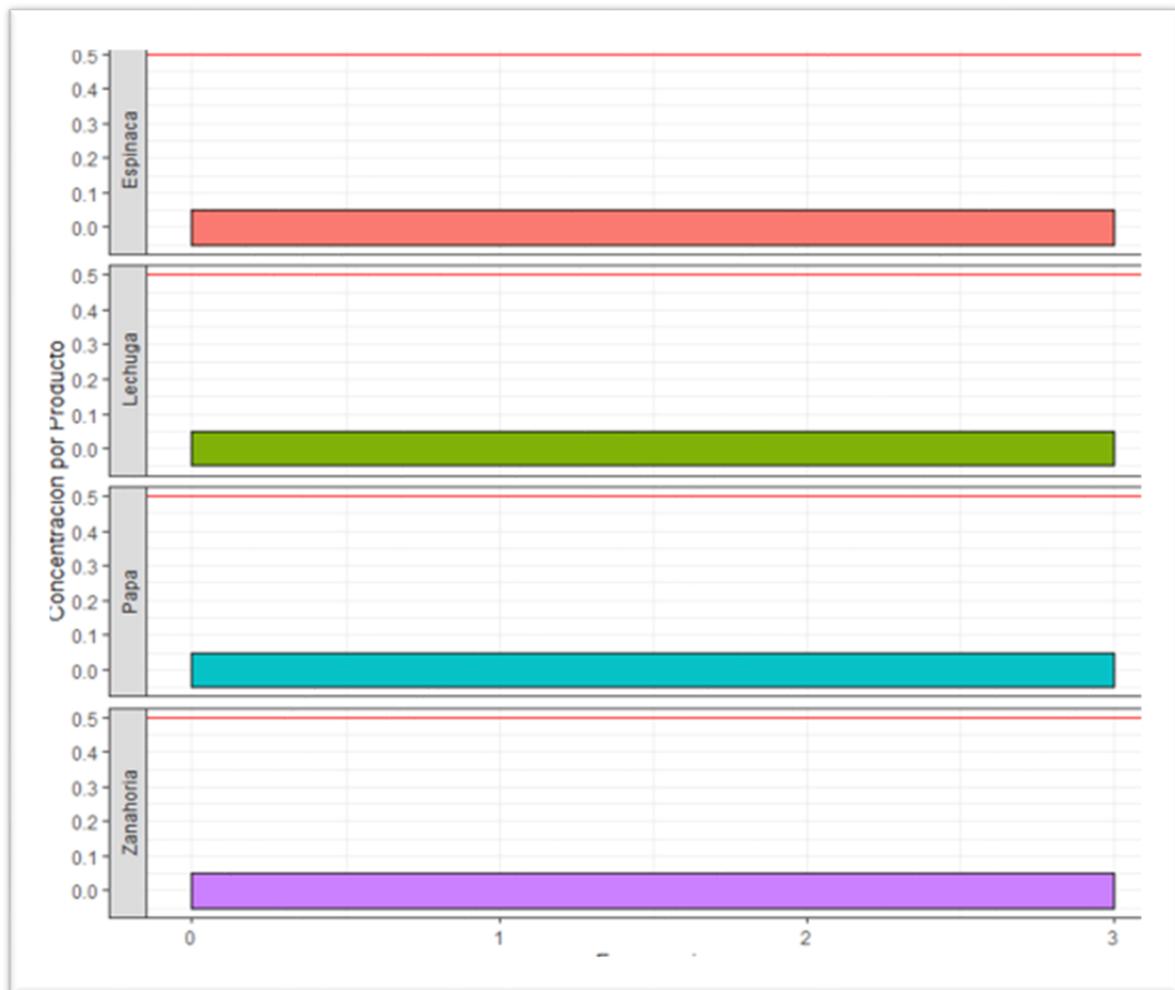
*Según la tabla 3, donde se muestran los resultados de la evaluación de contenido de plomo, cadmio y arsénico datos, que fueron tomados del 100% de las muestras de papa, en cuanto al contenido de metales pesados, se encontró un 0% de concentración en este producto, es decir, no presento metales pesados después de ser analizado.

Tabla 4: Resultados de concentración de metales pesados en espinaca

| Producto | Contaminante | Concentración MT | Límite de MT máximo por FAO | Frecuencia |
|-----------------|---------------------|-----------------------------|--|-------------------|
| | Cadmio | 0 mg/kg | 0,2 ppm | 100% |
| Espinaca | Arsénico | 0 mg/kg | 0,1 ppm | 100% |
| | Plomo | 0 mg/kg | 0,3 ppm | 100% |

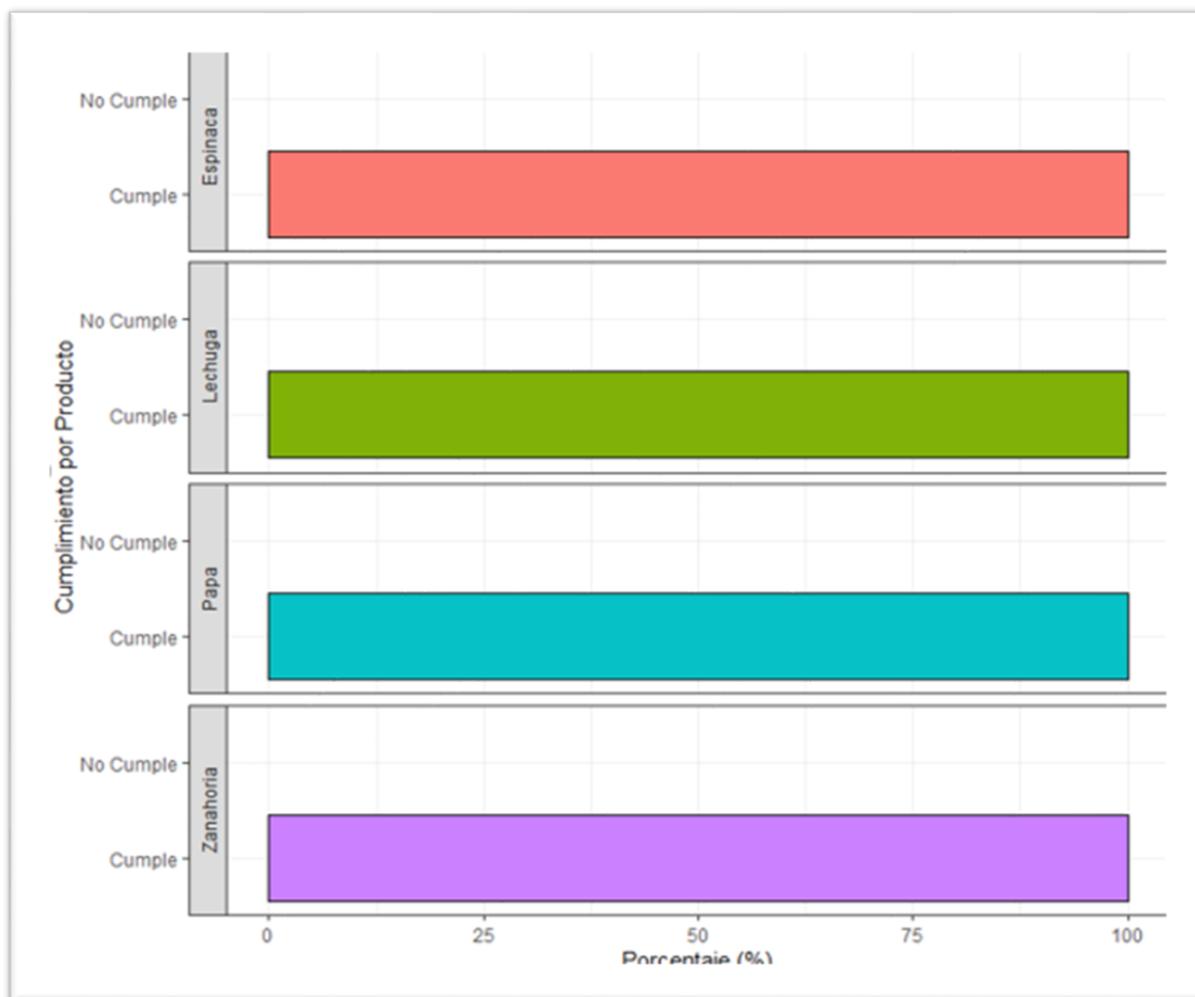
*Según la tabla 4, donde se muestran los resultados de la evaluación de contenido de plomo, cadmio y arsénico datos, que fueron tomados del 100% de las muestras de espinaca, en cuanto al contenido de metales pesados, se encontró un 0% de concentración en este producto, es decir, no presento metales pesados después de ser analizado.

Grafica 1: Concentración de arsénico por producto



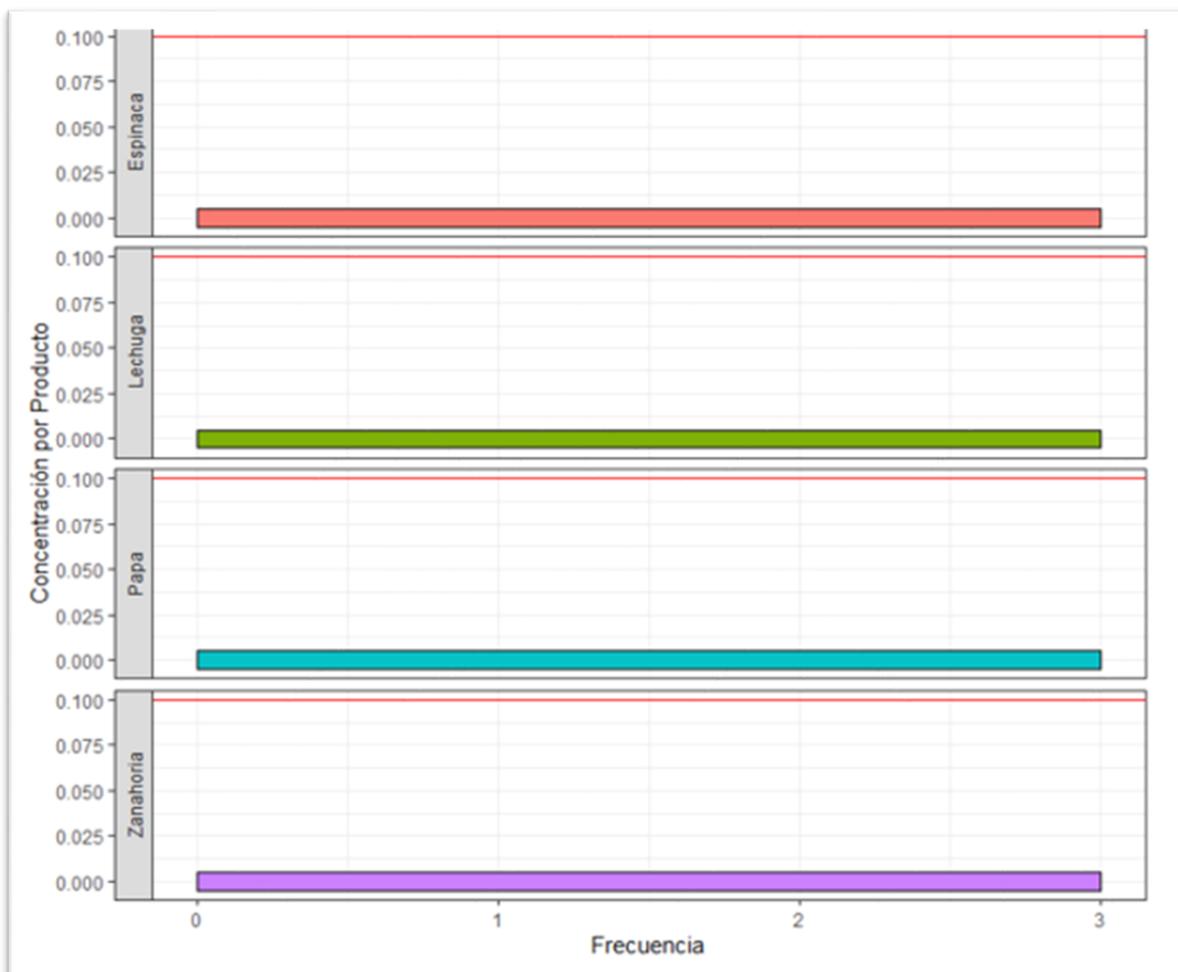
*Como se puede observar en la gráfica 1, las concentraciones de Arsénico en las muestras analizadas de espinaca, lechuga, papa y zanahoria son de 0 ppm. Mientras que la concentración límite para el Arsénico según las regulaciones es de 0.5 ppm.

Grafica 2: Cumplimiento de la norma para arsénico por producto



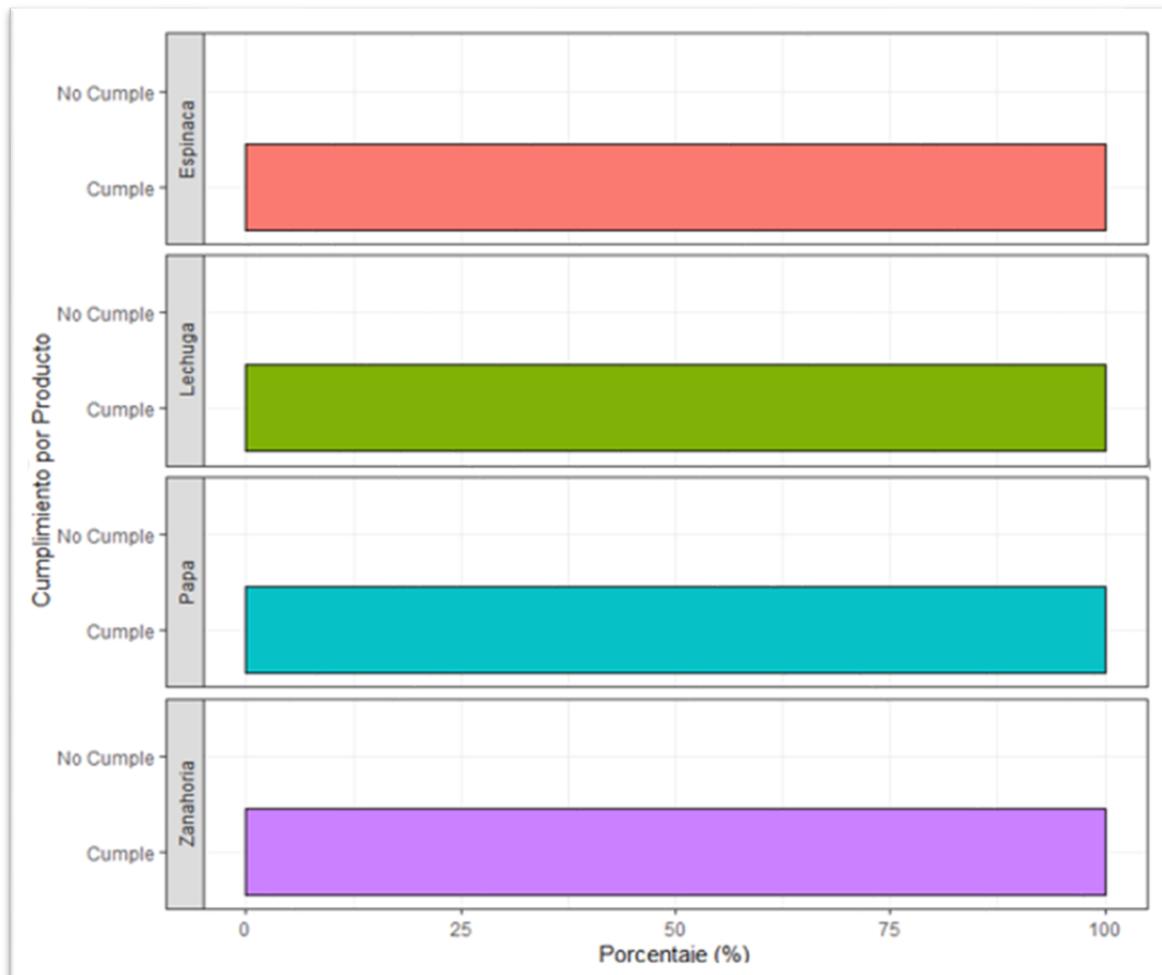
*Como se puede observar en la gráfica 2, las concentraciones de Arsénico en las muestras analizadas de espinaca, lechuga, papa y zanahoria, que cumplen con las regulaciones, son del 100%.

Grafica 3: Concentración de cadmio por producto



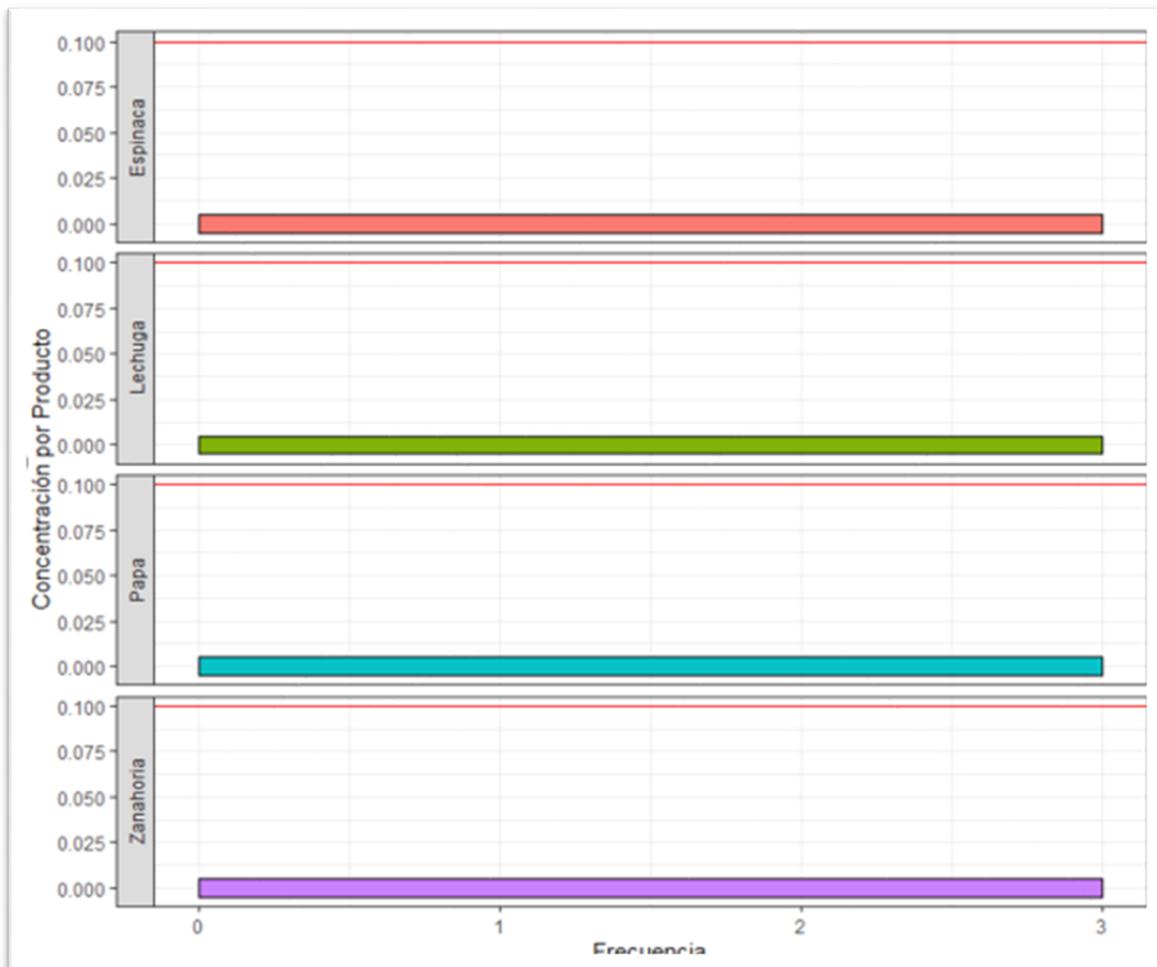
*Como se puede observar en la gráfica 3, las concentraciones de Cadmio en las muestras analizadas de espinaca, lechuga, papa y zanahoria son de 0 ppm. Mientras que la concentración límite para el Arsénico según las regulaciones es de 0.1 ppm.

Grafica 4: Cumplimiento de la norma para cadmio por producto



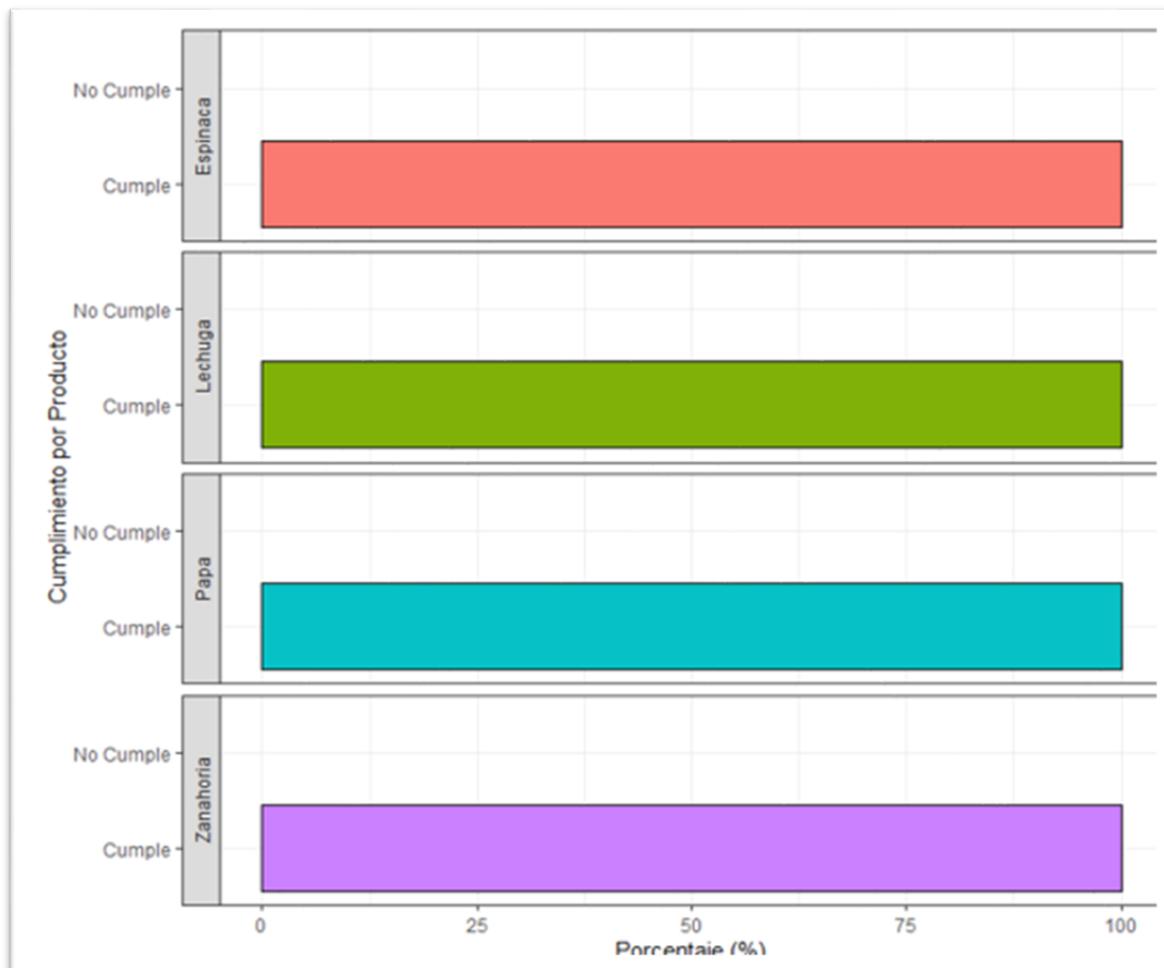
*Como se puede observar en la gráfica 4, las concentraciones de Cadmio en las muestras analizadas de espinaca, lechuga, papa y zanahoria, que cumplen con las regulaciones, son del 100%.

Gráficas 5: Concentración de plomo en zanahoria



*Como se puede observar en la gráfica 5, las concentraciones de Plomo en las muestras analizadas de espinaca, lechuga, papa y zanahoria son de 0 ppm. Mientras que la concentración límite para el Arsénico según las regulaciones es de 0.3 ppm.

Gráfica 6: Cumplimiento de la norma para plomo por producto



*Como se puede observar en la gráfica 6, las concentraciones de Plomo en las muestras analizadas de espinaca, lechuga, papa y zanahoria, que cumplen con las regulaciones, son del 100%.

4.1.3. Discusión de resultados.

Los resultados obtenidos de esta investigación se pudo apreciar que el análisis del contenido de metales pesados en raíces y vegetales tuvieron diferentes valores dependiendo del metal que se evaluó en nuestra muestra, sin embargo, no se encontró cantidades que sobrepasen los niveles de MT según las normas nacionales, también se hizo una comparación con el reglamento europeo en el cual nos brinda una tabla sobre el contenido máximo de cadmio en los diferentes tipos de alimentos y se encontró que las cantidades de cadmio no sobrepasaban según lo establecido en su reglamento 2021/1323.

En un estudio realizado por Reyes Y, Vergara I, Torres O, Díaz M y González E. que lleva como título “Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria” menciona que, la población está expuesta a los metales pesados por diversas vías, entre ellas la vía oral, por la ingesta de agua y comida contaminada con cadmio, así mismo, en países pertenecientes a Europa y América Latina la ingesta de cadmio varía entre 10 a 40 $\mu\text{g}/\text{día}$ ⁽²³⁾, por otro lado, en un estudio realizado en Valdivia-Chile, de lo cual se determinó la ingesta de cadmio en mencionada población tuvo como resultado, que de los 17 categorías de alimentos, los pescados y mariscos (0,031 $\mu\text{g}/\text{g}$, bh) tuvo mayor contenido de cadmio a diferencia de las otras categorías de alimentos, así mismo, se encuentra dentro de los límites estimados como seguros establecidos por la FAO/OMS⁽²⁴⁾, del mismo modo, en nuestro estudio los niveles presentes de cadmio se encontraban por debajo de los límites establecidos por la normativa vigente.

En un estudio realizado por Salas C. et. Al (2019) que lleva de título “Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención” mencionan que, los alimentos pueden contaminarse por medio del agua y el suelo, ya que, el agua de riego es una de las principales causantes de la contaminación de hortalizas y tierras de cultivo usándolas como fertilizantes y uso de riego ⁽²⁵⁾. Así mismo, en un estudio realizado por Gutierrez R, Izquierdo M, Lozano R y Hardisson A, que lleva de título “El plomo como contaminante alimentario” afirman que, el agua de mar contiene entre 0,003 a 0,20 mg/L de plomo por consecuencia las concentraciones de este metal contribuyen a la contaminación de los peces y plantas marinas que habitan en ellas, por ello, la dieta es una fuente importante de exposición

de plomo a nuestro organismo ⁽²⁶⁾. Por otro lado, en nuestros resultados el contenido de plomo estaba por debajo del límite establecido, esto debido a diferentes factores, entre ellas, la diferencia de los productos usados como muestra.

En un estudio realizado por Medina M, Robles P, Mendoza M y Torres C, que lleva de título “Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana”, afirman que, la exposición a este metal se da por tres vías, entre ellas, inhalación de aire, ingesta de alimentos y agua, y por absorción dérmica, así mismo, la presencia de arsénico en los alimentos procedentes de diversos países varían mucho dependiendo del tipo de alimento y las condiciones a las cuales están expuesto, por otro lado, en el Perú, en los años 2002 el río Rímac hubo una concentración de este metal hasta los 780 µg/L estando por encima de los niveles establecidos brindados por la OMS, teniendo como consecuencia que las personas aledañas a la zona pueden exponerse a este metal⁽²⁷⁾, por otro lado, los resultados presentes en este estudio estimaron que los niveles de arsénico se encuentran dentro los niveles establecidos, debido a diferentes factores, entre ellos la selección de alimentos para la muestra no incluyo grupos de alimentos que están expuestos a los ríos.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La investigación realizada determina que si bien el análisis del contenido de metales pesados en raíces y vegetales de hoja, no excedieron los límites establecidos por las normas nacionales, pero este estudio contribuye a que las próximas investigaciones se lleven a cabo en distintas zonas del país como Cajamarca, Moquegua, cusco y Ica que son los lugares que se extraen más minerales y que se evalué con otros tipos de métodos para tener un análisis más amplio y comparar los niveles de estas sustancias toxicas en los alimentos.

Por otro lado, las investigaciones internacionales muestran que el contenido de metales pesados excede los niveles de estas sustancias toxicas, solo España es el país que analizo alimentos y apoya nuestra investigación, esto debido a que en este país la actividad minera es muy baja, y los entes reguladores son muy rigurosos con sus normas, además sus consumidores son muy selectivos y hace que sus autoridades estén vigilantes ante este problema.

Por ultimo las muestras que utilizamos para nuestro análisis fueron provenientes de Huancayo, Huaral, Tarma y Jauja, lugares donde su economía se basa en la agricultura mas no en la minería, esto nos ayuda a tener un panorama más amplio que somos un país con una economía versátil y por ello las autoridades deben comprometerse, ser transparentes y estar muy atentos sobre todo en las zonas mencionadas anteriormente, porque somos un país agrícola y exportador, por ello los lotes comercializados deben ser inocuos, tanto para el consumo local, nacional e internacional y no ser rechazados por los países que compran nuestros productos generando desconfianza, disminución en las exportaciones y afectando nuestra economía.

5.2. Recomendaciones

Establecidas las conclusiones de esta investigación se recomienda que las nuevas investigaciones usen muestras de todo el país sobre todo de zonas con actividad minera o suelos sospechosos de contaminación.

Se recomienda seguir la ruta de las autoridades españolas para evitar que alimentos de zonas contaminadas sean comercializadas y evitar la contaminación y el deterioro de la salud humana.

Se recomienda utilizar más muestras de otras zonas y otros tipos de métodos para determinar metales pesados de preferencia viajar y recolectar las muestras y llevarlas al laboratorio para un mejor resultado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

1. Yulieth C. Inés V. Omar E. Mercedes D. Edgar E. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria - Dialnet (unirioja.es) [Internet]. Sogamoso-Boyacá, Colombia.; 2016. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>
2. OMS. La inocuidad de los alimentos, un asunto de todos en los hogares [Internet]. Who.int. World Health Organization; 20 de mayo de 2022 [citado el 15 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/es/publications/i/item/WHO-HEP-NFS-AFS-2022.2>
3. OMS. Arsénico [Internet]. Who.int. 2022 [citado el 15 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
4. Fano D. “Exposición Arsénico en agua potable, metabolismo, y sus efectos sobre los resultados perinatales en Tacna, Perú”. [Tesis para optar el grado de maestro en fisiología]. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2021 Disponible en: [https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/8952/Exposicion_Fano_Sizgorich_Diego.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=En%20el%20Per%C3%BA%2C%20se%20han,000%20de%20personas%20\(32\).](https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/8952/Exposicion_Fano_Sizgorich_Diego.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=En%20el%20Per%C3%BA%2C%20se%20han,000%20de%20personas%20(32).)
5. Avalos Y. Evaluación de plomo en agua, suelo y su correlación con los niveles de plomo en sangre de los habitantes del centro poblado de Huacho- Ancash, Perú-2021. Revista de investigaciones de la universidad Le Cordon Bleu [Internet] 2023; 10(2):5-16 Disponible en: <https://revistas.ulcb.edu.pe/index.php/REVISTAULCB/article/view/262/502>
6. Yeniséi H. Pedro H. Mirella P. Yanitza M. Omar C. Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate. Cultivos Tropicales, cultrop vol.40 número3; S0258-59362019000300010 [Internet]. Sld.cu. 2019 [citado el 15 de junio de 2023]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_isoref&pid=S0258-59362019000300010&lng=es

7. OMS. Intoxicación por plomo y salud [Internet]. Who.int. 2018 [citado el 15 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
8. Loredó M, Alcalá J, García A, Carballo M, Rodríguez F, Buendía G. Concentración y transferencia de metales pesados en lechuga (*Lactuca sativa* L.) irrigadas con aguas tratadas. Terra Latinoam [Internet]. 2022 [citado el 15 de junio de 2023];40. Disponible en: Visor Redalyc - Concentración y transferencia de metales pesados en lechuga (*Lactuca sativa* L.) irrigadas con aguas tratadas
9. Moreno M, García C, Chaparro A. Cuantificación voltamétrica de plomo y cadmio en papa fresca. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Rev Udca Actual Divulg Cient [Internet]. 2016 [citado el 15 de junio de 2023];19(1):97–104. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000100011
10. Dipre O. José A. Estudio de la contaminación de frutas y verduras por causa de metales pesados. Universidad Politécnica de Valencia Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales Instituto de Seguridad Industrial, Radio física y Medioambiental; 2Universidad Politécnica de Valencia Departamento de Ingeniería Química y Nuclear; 2017. Disponible en: Estudio de la contaminación de frutas y verduras por causa de metales pesados - Dialnet (unirioja.es)
11. Margarita S. Liset R. Martha O. Victor A. Cesar C. Gorje G. Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana [Internet]. 1Library.co. 2019 [citado el 15 de junio de 2023]. Disponible en: <https://1library.co/document/zp2jd0oy-riesgos-productos-agricolas-cultivados-abandonadas-mineria-aurifera-amazonia.html>
12. Grandes. Evaluación de metales pesados en hortalizas de dos procedencias comercializadas en el mercado modelo de chachapoyas, Amazonas, 2020. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas facultad de Ingeniería Civil y

ambiental escuela profesional de ingeniería ambiental tesis para obtener el grado de master [Internet]. Edu.pe. [citado el 15 de junio de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/2639/Grandez%20Alva%20Jeriliana.pdf?sequence=1>

13. Londoño F, Londoño M. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Biotecnología Sect Agropecu Agroindustrial [Internet]. 2016;14(2):145. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
14. Medina P. M, Robles P, Mendoza M, Torres C. Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. Rev Peru Med Exp Salud Publica [Internet]. 2018;35(1):93–102. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604>
15. Unidad de investigación científica. El cadmio y su efecto en la salud humana [Internet]. [citado el 15 de junio de 2023]. Disponible en: http://www.medicina.ues.edu.sv/unica/index.php?option=com_content&view=article&id=106:el-cadmio-y-su-efecto-en-la-salud-humana&catid=30:esp-medicina-interna&Itemid=157
16. Gunnar N. Metales: propiedades químicas y toxicidad. enciclopedia_de_salud_y_seguridad_en_el_trabajo_oit_tomo_2_capitulo_63.pdf (argentina.gob.ar); 2017. Disponible en: Capítulo+63.+Metales+propiedades+químicas+y+toxicidad (insst.es)
17. De la Rosa P. Efectos toxicológicos: arsénico. Beyond the word in the criminal evaluation [Internet]. Edu.mx. 2018 [citado el 15 de junio de 2023]. Disponible en: http://revista.cleu.edu.mx/new/descargas/1901/articulos/Articulo10_Efectos_Toxicologicos_Arsenico.pdf
18. Salas C, Garduño M, Mandiola P. Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención [Internet]. Redalyc.org. 2020 [citado el

15 de junio de 2023]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/journal/813/81359562002/81359562002.pdf#:~:text=En%20la%20actualidad%20existe%20un%20creciente%20inter%20C3%A9s%20por,productos%20origen%20animal%20o%20vegetal%20para%20consumo%20humano>

19. Martínez C, Ángel M. Ecotoxicología del cadmio, riesgo para la salud por la utilización de suelos ricos en cadmio [Internet]. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID; 2016 [citado el 15 de junio de 2023]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/49137/>
20. Olidon C. Contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray - Perú [Internet]. Researchgate.net. 2021 [citado el 15 de junio de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/352408547_Contaminacion_por_metales_pesados_de_la_microcuenca_agropecuaria_del_rio_Huancaray_-_Peru
21. López L. La contaminación del suelo por plomo y sus consecuencias sobre la salud humana [Internet]. [Madrid España]: universidad complutense Madrid; 2018 [citado el 15 de junio de 2023]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/62982/>
22. Official methods of analysis, 22nd edition (2023) [Internet]. AOAC INTERNATIONAL. 2019 [citado el 15 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/>
23. Reyes Y, Vergara I, Torres O, Diaz M y Gonzales E. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS: IMPLICACIONES EN SALUD, AMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. [Internet]. Dialnet. 2016 [Citado el 15 de junio de 2023] 16(2): 66-77 Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>
24. Ojeda E. Estudio de dieta total. Estimación de la ingesta de cadmio en la población de la ciudad de Valdivia, Chile. [Tesis de pregrado]. Valdivia: Universidad Austral de

Chile; 2008. Recuperado de:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fao.39e/doc/fao.39e.pdf>

25. Salas C. et. Al. Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. [Internet]. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 2019 [Citado el 15 de junio del 2023] 20(1): 1665-0204 Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/813/81359562002/81359562002.pdf>
26. Rubio C, Gutierrez A, Izquierdo M, Revert C y Hardisson A. El plomo como contaminante alimentario. [Internet]. Red de Revistas Científicas de America Latina. 2004 [Citado el 15 de junio del 2023]. 21(2): 72-80 Disponible en: <https://www.fmed.uba.ar/sites/default/files/2018-03/7.pdf>
27. Medina M, Robles P, Mendoza M y Torres C. Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. [Internet]. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública. 2018 [Citado el 15 de junio del 2023]. 35(1): 93-102 Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v35n1/a15v35n1.pdf>

ANEXOS

Anexo1: Instrumentos de recolección de datos

| Ficha de recolección de datos | | |
|--------------------------------------|----------|----------|
| Muestra | Cantidad | Origen |
| Papa | 500 gr | Huancayo |
| Zanahoria | 500gr | Huaral |
| Lechuga | 500gr | Tarma |
| Espinaca | 500gr | Jauja |

Anexo2: Recolección de datos del análisis de metales pesados

| Producto | Contaminante | Concentración | Frecuencia |
|-----------------|---------------------|----------------------|-------------------|
| Zanahoria | Cadmio | 0 | 100% |
| | Arsénico | 0 | 100% |
| | Plomo | 0 | 100% |
| Lechuga | Cadmio | 0 | 100% |
| | Arsénico | 0 | 100% |
| | Plomo | 0 | 100% |
| Papa | Cadmio | 0 | 100% |
| | Arsénico | 0 | 100% |
| | Plomo | 0 | 100% |
| Espinaca | Cadmio | 0 | 100% |
| | Arsénico | 0 | 100% |
| | Plomo | 0 | 100% |

ANEXO 3: Análisis Inferencial

Para comprobar si las mediciones de la concentración de los Contaminantes en los productos analizados sobrepasan los límites establecidos por normativa, se utilizará la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

Concentración de Arsénico en la Papa

$$H_0: Me \geq 0.5$$

$$H_1: Me < 0.5$$

$$\alpha = 0.05$$

| Estadísticos | Valor |
|-----------------|-------|
| Estadístico W | 0 |
| Estadístico z | -1.8 |
| p-valor | 0.036 |

Con un p-valor de 0 a un nivel de significancia de 5% podemos concluir que existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que la mediana de las mediciones sí es menor a 0.5. Por lo que se concluye que la concentración de Arsénico en la Papa es menor al máximo establecido por la norma.

Concentración de Arsénico en la Zanahoria

$$H_0: Me \geq 0.5$$

$$H_1: Me < 0.5$$

$$\alpha = 0.05$$

| Estadísticos | Valor |
|-----------------|-------|
| Estadístico W | 0 |
| Estadístico z | -1.8 |
| p-valor | 0.036 |

Con un p-valor de 0 a un nivel de significancia de 5% podemos concluir que existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que la mediana de las mediciones sí es menor a 0.5. Por lo que se concluye que la concentración de Arsénico en la Zanahoria es menor al máximo establecido por la norma.

Concentración de Arsénico en la Lechuga

$$H_0: Me \geq 0.5$$

$$H_1: Me < 0.5$$

$$\alpha = 0.05$$

| Estadísticos | Valor |
|---------------------|--------------|
| Estadístico W | 0 |
| Estadístico z | -1.8 |
| p-valor | 0.036 |

Con un p-valor de 0 a un nivel de significancia de 5% podemos concluir que existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que la mediana de las mediciones sí es menor a 0.5. Por lo que se concluye que la concentración de Arsénico en la Lechuga es menor al máximo establecido por la norma.

Concentración de Arsénico en la Espinaca

$$H_0: Me \geq 0.5$$

$$H_1: Me < 0.5$$

$$\alpha = 0.05$$

| Estadísticos | Valor |
|---------------------|--------------|
| Estadístico W | 0 |
| Estadístico z | -1.8 |
| p-valor | 0.036 |

Con un p-valor de 0 a un nivel de significancia de 5% podemos concluir que existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que la mediana de las mediciones sí es menor a 0.5. Por lo que se concluye que la concentración de Arsénico en la Espinaca es menor al máximo establecido por la norma.

Concentración de Cadmio en la Papa

$$H_0: Me \geq 0.1$$

$$H_1: Me < 0.1$$

$$\alpha = 0.05$$

| Estadísticos | Valor |
|---------------------|--------------|
| Estadístico W | 0 |
| Estadístico z | -1.8 |
| p-valor | 0.036 |

Con un p-valor de 0 a un nivel de significancia de 5% podemos concluir que existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que la mediana de las mediciones sí es menor a 0.1. Por lo que se concluye que la concentración de Cadmio en la Papa es menor al máximo establecido por la norma.

Concentración de Cadmio en la Zanahoria

$$H_0: Me \geq 0.1$$

$$H_1: Me < 0.1$$

$$\alpha = 0.05$$

| Estadísticos | Valor |
|---------------------|--------------|
| Estadístico W | 0 |
| Estadístico z | -1.8 |
| p-valor | 0.036 |

Con un p-valor de 0 a un nivel de significancia de 5% podemos concluir que existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que la mediana de las mediciones sí es menor a 0.1. Por lo que se concluye que la concentración de Cadmio en la Zanahoria es menor al máximo establecido por la norma.

Concentración de Cadmio en la Lechuga

$$H_0: Me \geq 0.1$$

$$H_1: Me < 0.1$$

$$\alpha = 0.05$$

| Estadísticos | Valor |
|---------------------|--------------|
| Estadístico W | 0 |
| Estadístico z | -1.8 |
| p-valor | 0.036 |

Con un p-valor de 0 a un nivel de significancia de 5% podemos concluir que existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que la mediana de las mediciones sí es menor a 0.1. Por lo que se concluye que la concentración de Cadmio en la Lechuga es menor al máximo establecido por la norma.

Concentración de Cadmio en la Espinaca

$$H_0: Me \geq 0.1$$

$$H_1: Me < 0.1$$

$$\alpha = 0.05$$

| Estadísticos | Valor |
|---------------------|--------------|
| Estadístico W | 0 |
| Estadístico z | -1.8 |
| p-valor | 0.036 |

Con un p-valor de 0 a un nivel de significancia de 5% podemos concluir que existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que la mediana de las mediciones sí es menor a 0.1. Por lo que se concluye que la concentración de Cadmio en la Espinaca es menor al máximo establecido por la norma.

Concentración de Plomo en la Papa

$$H_0: Me \geq 0.3$$

$$H_1: Me < 0.3$$

$$\alpha = 0.05$$

| Estadísticos | Valor |
|---------------------|--------------|
| Estadístico W | 0 |
| Estadístico z | -1.8 |
| p-valor | 0.036 |

Con un p-valor de 0 a un nivel de significancia de 5% podemos concluir que existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que la mediana de las mediciones sí es menor a 0.3. Por lo que se concluye que la concentración de Plomo en la Papa es menor al máximo establecido por la norma.

Concentración de Plomo en la Zanahoria

$$H_0: Me \geq 0.3$$

$$H_1: Me < 0.3$$

$$\alpha = 0.05$$

| Estadísticos | Valor |
|---------------------|--------------|
| Estadístico W | 0 |
| Estadístico z | -1.8 |
| p-valor | 0.036 |

Con un p-valor de 0 a un nivel de significancia de 5% podemos concluir que existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que la mediana de las mediciones sí es menor a 0.3. Por lo que se concluye que la concentración de Plomo en la Zanahoria es menor al máximo establecido por la norma.

Concentración de Plomo en la Espinaca

$$H_0: Me \geq 0.5$$

$$H_1: Me < 0.5$$

$$\alpha = 0.05$$

| Estadísticos | Valor |
|---------------------|--------------|
| Estadístico W | 0 |
| Estadístico z | -1.8 |
| p-valor | 0.036 |

Con un p-valor de 0 a un nivel de significancia de 5% podemos concluir que existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que la mediana de las mediciones sí es menor a 0.5. Por lo que se concluye que la concentración de Plomo en la Espinaca es menor al máximo establecido por la norma.

Concentración de Plomo en la Espinaca

$$H_0: Me \geq 0.5$$

$$H_1: Me < 0.5$$

$$\alpha = 0.05$$

| Estadísticos | Valor |
|---------------------|--------------|
| Estadístico W | 0 |
| Estadístico z | -1.8 |
| p-valor | 0.036 |

Con un p-valor de 0 a un nivel de significancia de 5% podemos concluir que existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que la mediana de las mediciones sí es menor a 0.5. Por lo que se concluye que la concentración de Plomo en la Espinaca es menor al máximo establecido por la norma.

ANEXO 4: Matriz de consistência

| Formulación del problema | Objetivos | Hipótesis |
|---|---|---|
| Problema General | Objetivo General | Hipótesis General |
| ¿Cuál es el contenido de metales pesados en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima en el año 2023? | Evaluar el contenido de metales pesados en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima 2023 | <ul style="list-style-type: none"> • H0: La presencia de arsénico, plomo y cadmio en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima 2023 no superan los límites establecidos por la norma peruana. • H1: La presencia de arsénico, plomo y/o cadmio en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima 2023 superan los límites establecidos por la norma peruana. |
| Problemas Específicos | Objetivos Específicos | Hipótesis Específicas |
| ¿Existe presencia de arsénico, en raíces y vegetales de hoja del mercado mayorista de Lima en el año 2023? | Determinar cantidad de Arsénico en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima 2023 | Método: Análisis por laboratorio. Enfoque: Cuantitativo. |

| | | |
|---|--|--|
| <p>¿Existe presencia de plomo, en raíces y vegetales de hoja del mercado mayorista de Lima en el año 2023?</p> | <p>Determinar la cantidad de plomo en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima.</p> | <p>Tipo de investigación: Descriptiva Diseño: Transversal. Población: se analizaron raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima 2023</p> |
| <p>¿Existe presencia de cadmio, en raíces y vegetales de hoja del mercado mayorista de Lima en el año 2023?</p> | <p>Determinar cantidad de Cadmio en raíces y vegetales de hojas del mercado mayorista de Lima 2023 Comparar el contenido de metales pesados en raíces y vegetales de hoja con los límites permitidos por la norma TS N.º 111 –2014- MINSA/DGE - V.01</p> | <p>Muestra: 500 gramos de zanahoria, 500 gramos de papa, 500 gramos de espinaca y 500 gramos de lechuga del mercado mayorista de Lima 2023 Muestreo: No probabilístico por conveniencia.</p> |
| <p>PROCEDIMIENTO PARA COLECTA DE DATOS USANDO EL CUESTIONARIO</p> | | |

ANEXO 6: Exoneración de comité de ética



Universidad
Norbert Wiener

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA PARA LA INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE EXONERACIÓN DE REVISIÓN

Lima, 30 de junio de 2023.

Investigador(a)
YULI GONZA TOGAS
Exp. N°: 0706-2023

De mi consideración:

Es grato expresarle mi cordial saludo y a la vez informarle que el Comité Institucional de Ética para la investigación de la Universidad Privada Norbert Wiener (CIEI-UPNW) acuerda la **Exoneración de revisión** del siguiente protocolo de estudio:

- Protocolo titulado: “**ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE ARSÉNICO, PLOMO Y CADMIO EN RAÍCES Y VEGETALES DE HOJAS DEL MERCADO MAYORISTA DE LIMA PERÚ _ 2023**”. Versión 01 con fecha 19/06/2023.

El cual tiene como investigador principal al Sr(a) **YULI GONZA TOGAS**.

Es cuanto informo a usted para su conocimiento y fines pertinentes.

Atentamente,



Yenny Marisol Bellido Fuentes
Presidenta del CIEI- UPNW

Reporte de similitud TURNITIN

● 10% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

| | | |
|---|--|-----|
| 1 | senasa.gob.pe Internet | 1% |
| 2 | cybertesis.unmsm.edu.pe Internet | 1% |
| 3 | repositorio.utmachala.edu.ec Internet | <1% |
| 4 | uwiener on 2023-11-06 Submitted works | <1% |
| 5 | Molina Mayo, Carlos. "Estudio de la composicion y estabilidad de biodi..." Publication | <1% |
| 6 | Ravelo, Alberto Santiago Gutierrez. "Estudio del Contenido de Metales ..." Publication | <1% |
| 7 | coursehero.com Internet | <1% |
| 8 | uwiener on 2023-02-03 Submitted works | <1% |