

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**



**TESIS**

**DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN FRESA, TOMATE Y  
LECHUGA QUE SE EXPENDEN EN CENTROS DE ABASTO DE LA  
CIUDAD DEL CUSCO, 2023**

**PRESENTADO POR:**

**Br. YOBANA MAMANI CUTIRE**

**Br. YANETH VASQUEZ CHURA**

**PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL  
DE QUÍMICO FARMACÉUTICO**

**ASESORA:**

**Dra. MAGALY VILLENA TEJADA**

**CUSCO – PERÚ**

**2024**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN FRESA, TOMATE Y LECHUGA QUE SE EXPENDEN EN CENTROS DE ABASTO DE LA CIUDAD DEL COSCO, 2023

presentado por: YOBANA MAMANI CUTIRE con DNI Nro.: 73514241..... presentado por: YANETH VASQUEZ CHURA con DNI Nro.: 76143626 para optar el título profesional/grado académico de QUÍMICO FARMACÉUTICO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 25 de Noviembre de 2024

Magaly Villena Tejeda

Firma

Post firma Magaly Villena Tejeda

Nro. de DNI 23984951

ORCID del Asesor 0000-0003-4756-0251

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:407049145

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS FINALÍSIMA despues del grado\_5\_  
Noviembre Yanet y Yobana.docx**

AUTOR

**Yanet y Yobana**

RECuento DE PALABRAS

**23512 Words**

RECuento DE CARACTERES

**127972 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**135 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**15.8MB**

FECHA DE ENTREGA

**Nov 19, 2024 6:31 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Nov 19, 2024 6:34 AM GMT-5**

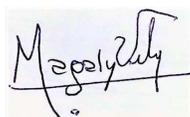
### ● 9% de similitud general

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

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% 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
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)



## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a Dios por habernos permitido llegar hasta este punto y guiar nuestros caminos en momentos complicados y mantenernos con salud.*

*A nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional y brindarnos ejemplo de superación, humildad.*

*A mis docentes, compañeros y amigos a quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas.*

***Yaneth Vasquez & Yobana Mamani***

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradecemos a Dios por protegernos y guiarnos durante todo el desarrollo de nuestra carrera universitaria, por darnos la sabiduría, fuerza y perseverancia para culminar esta etapa de nuestra vida.*

*Reconocimiento de gratitud a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, en especial a la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, digno de formar profesionales exitosos y valiosos.*

*Tesis dirigida por la Dra. Magaly Villena Tejada y Dra. Yanet Cuentas Romaña a quienes expresamos nuestro sincero agradecimiento, quien con sus conocimientos, apoyo y comprensión nos guio en cada etapa de este trabajo.*

*Queremos dar las gracias de forma muy especial a nuestras familias de cada una de nosotras, por sus consejos, amor incondicional y comentarios positivos que nos llenan de fuerza para seguir continuando.*

*Por último, a todos aquellos que nos brindaron de su ayuda y colaboración con la realización de esta tesis, nuestros mejores deseos.*

***Yaneth Vasquez & Yobana Mamani***

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los niveles de concentración de plomo y cadmio en fresa, tomate y lechugas expandidas en los centros de abasto de la ciudad del Cusco en el año 2023. El método utilizado para determinar la concentración de los metales fue mediante la cuantificación por espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS). Los puntos de muestreo fueron los centros de abasto: Vinocanchon, Ccascaparo, Ttio y Molino, considerándose muestras de fresa, tomate y lechuga, sumando un total de 24 muestras. Resultados: el nivel de concentración medio de cadmio (Cd) en lechuga fue de 0.1369 mg/kg, (LMP: 0.20mg/kg) en tomate igual a 0.0066 mg/kg (LMP: 0.05 mg/kg) y fresa 0.0066 mg/kg (LMP: 0.05 mg/kg), los valores descritos se ubican dentro del límite permisible; así mismo, el nivel de concentración media de plomo (Pb) en lechuga fue de 0.0474 mg/kg (LMP: 0.30 mg/kg) , en fresa alcanzo el valor de 0.0739 mg/kg (LMP: 0.10 mg/kg), dichos valores se encuentran dentro del límite permisible, en cambio en tomate se obtuvo una concentración media de 0.0739mg/kg (LMP: 0.05 mg/kg) dicho valor se ubica por encima del límite máximo permisible establecidos según el Codex Alimentarius. Conclusión: las concentraciones de cadmio (Cd) en las muestras de tomate, fresa y lechuga se encuentran dentro de los límites permisibles, en cambio la concentración de plomo (Pb) sobre las muestras de fresa y lechuga estudiada se encuentran dentro de los límites permisibles según Codex Alimentarius, exceptuando la concentración media en tomate dado que se encuentra por encima del límite permisible.

**Palabras Clave:** Cadmio, Plomo, Tomate, Lechuga, Fresa, Codex Alimentarius.

## ABSTRACT

The present research was to objective determine the concentration levels of lead and cadmium in strawberries, tomatoes and lettuce sold in the supply centers of the city of Cusco in the year 2023. The method used to determine the concentration of metals was through quantification by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). The sampling points were the supply centers: Vinocanchon, Ccascaparo, Ttio and Molino, considering samples of strawberry, tomato and lettuce, adding up to a total of 24 samples. Results: the average concentration level of cadmium (Cd) in lettuce was 0.1369 mg/kg, (LMP: 0.20mg/kg) in tomato equal to 0.0066 mg/kg (LMP: 0.05 mg/kg) and strawberry 0.0066 mg/kg. kg (LMP: 0.05 mg/kg), the values described are within the permissible limit; Likewise, the average concentration level of lead (Pb) in lettuce was 0.0474 mg/kg (LMP: 0.30 mg/kg), in strawberry it reached the value of 0.0739 mg/kg (LMP: 0.10 mg/kg), said values are within the permissible limit, however in tomato an average concentration of 0.0739 mg/kg was obtained (LMP: 0.05 mg/kg) said value is above the maximum permissible limit established according to the Codex Alimentarius. Conclusion: the concentrations of cadmium (Cd) in the tomato, strawberry and lettuce samples are within the permissible limits, on the other hand, the concentration of lead (Pb) in the strawberry and lettuce samples studied are within the permissible limits. according to Codex Alimentarius, except for the average concentration in tomatoes since it is above the permissible limit.

**Key words:** cadmium, lead, tomato, lettuce, strawberry, Codex Alimentarius.

## **ABREVIATURAS**

**Cd:** Cadmio

**ECA:** Estándar de Calidad Ambiental

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

**INEI:** Instituto Nacional de Estadística e Informática

**ICP-MS:** Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente

**INACAL:** Instituto Nacional de Calidad

**LMP:** Límite Máximo Permisible

**Pb:** Plomo

**OMS:** Organización Mundial de la Salud.

**SENASA:** Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	v
ABREVIATURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xv
CAPITULO I GENERALIDADES.....	1
1.1 Planteamiento del Problema .....	1
1.2 Formulación del Problema .....	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2 Objetivos Específicos .....	4
1.4 Limitaciones de la investigación.....	5
1.5 Justificación de la investigación .....	6
1.5.1 Justificación Teórica.....	6
1.5.2 Justificación Practica.....	6
1.5.3 Justificación Social .....	7
1.6 Hipótesis de la investigación.....	7
1.6.1 Hipótesis general.....	7
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Visión histórica .....	8
2.2. Antecedentes de la investigación.....	10

2.2.1.	Antecedentes internacionales .....	10
2.2.2.	Antecedentes nacionales .....	13
2.2.3.	Antecedentes Locales .....	16
2.3.	Estado de la cuestión .....	18
2.4.	Bases Teórico científicas .....	22
2.4.1.	Metales pesados .....	22
2.4.2.	Contaminación por Metales Pesados .....	23
2.4.3.	Fuentes de contaminación .....	23
2.4.4.	Ingesta de metales pesados.....	27
2.4.5.	Exposición de metales pesados.....	28
2.4.6.	Códex Alimentarius .....	34
2.4.6.1.	Límites máximos permisibles por la Unión europea 2016 .....	35
2.4.7.	Organización Mundial de la Salud (OMS) .....	38
2.4.8.	SENASA PERÚ .....	38
2.4.9.	Frutas y sus propiedades nutricionales .....	39
2.4.10.	Verduras.....	42
2.4.11.	Centros de abastos .....	47
2.4.12.	Espectrometría de Masas con fuente de Plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) .....	48
CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....		53
3.1.	Materiales.....	53
3.1.1.	Materiales de laboratorio .....	53
3.1.2.	Equipos de laboratorio.....	53
3.1.3.	Muestra .....	54
3.1.4.	Reactivos químicos .....	54

3.1.5.	Otros.....	54
3.2.	Diseño metodológico.....	54
3.2.1.	Enfoque de la investigación.....	54
3.2.2.	Tipo de investigación.....	55
3.2.3.	Diseño de la investigación.....	56
3.3.	Metodología .....	57
3.3.1.	Muestra biológica .....	57
3.3.2	Técnicas de selección de muestra .....	57
3.3.3	Criterios de inclusión y exclusión .....	58
3.3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	58
3.3.5	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	59
3.4.	Variables .....	61
3.4.1.	Variable dependiente.....	61
3.4.2	Variables intervinientes .....	62
3.4.3.	Operacionalización de variables.....	64
3.4.5	Parte experimental .....	65
3.4.6	Puntos de muestreo y cantidad de muestras .....	67
CAPITULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		69
4.1.	Procedencia de las muestras:.....	69
4.2	Niveles de concentración de Pb y Cd en Fresa .....	72
4.2.1	Niveles de concentración de Cadmio en fresa .....	72
4.2.2	Niveles de concentración de Pb en Fresa.....	74
4.3	Niveles de concentración de Pb y Cd en Tomate. ....	76
4.3.1	Niveles de concentración de Cadmio en Tomate.....	76
4.3.2.	Niveles de concentración de Plomo en Tomate .....	78

4.4. Niveles de concentración de Pb y Cd en Lechuga.....	81
4.4.1. Niveles de concentración de Cadmio en Lechuga .....	81
4.4.2. Niveles de concentración de Plomo en Lechuga.....	84
CONCLUSIONES.....	91
SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES.....	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	94
ANEXOS .....	108
A. Matriz de Consistencia .....	108
B. Instrumento de la investigación .....	110
C. Ubicación geográfica de los centros de abasto .....	111

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Límites máximos permisibles por la Unión Europea y FAO .....	35
<b>Tabla 2:</b> CODEX STAN 193-1995. Mod 2016 Cd .....	36
<b>Tabla 3:</b> CODEX STAN 193-1995 Mod 2016 Pb .....	37
<b>Tabla 4:</b> Límites permisibles en plomo y cadmio .....	38
<b>Tabla 5:</b> Clasificación de las hortalizas según su parte comestible .....	44
<b>Tabla 6:</b> Volúmenes de soluciones (50mL de cada uno) .....	66
<b>Tabla 7:</b> Puntos de muestreo y cantidad de muestra.....	67
<b>Tabla 8:</b> Procedencia de la muestra de fresa .....	69
<b>Tabla 9:</b> Procedencia de la muestra de Tomate .....	70
<b>Tabla 10:</b> Procedencia de la muestra de lechuga.....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria .....	29
<b>Figura 2:</b> Partes de la fresa .....	41
<b>Figura 3:</b> Clasificación de las especies vegetales .....	42
<b>Figura 4:</b> Anatomía de la flor del tomate .....	46
<b>Figura 5:</b> Morfología de la Lechuga.....	47
<b>Figura 6:</b> Procedimiento de análisis de metales pesados.....	60
<b>Figura 7:</b> Concentración de Cadmio en fresa expandidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco .....	72
<b>Figura 8:</b> Concentración de Pb en fresa expandidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco.....	74
<b>Figura 9:</b> Concentración de Cadmio en Tomate expandidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco. ....	76
<b>Figura 10:</b> Concentración de Plomo en Tomate expandidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco. ....	78
<b>Figura 11:</b> Concentración de Cadmio en lechuga expandidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco .....	81
<b>Figura 12:</b> Concentración de Plomo en Lechuga expandidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco .....	84
<b>Figura 13:</b> Concentración de plomo y cadmio en fresa expandidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco .....	87
<b>Figura 14:</b> Concentración de Plomo y Cadmio en tomate expandidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco .....	88

**Figura 15:** Concentración de plomo y cadmio en Lechuga expendidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco ..... 89

## ANEXO

<b>Tabla 1:</b> Puntos de localización de los centros de abasto .....	111
<b>Figura 1:</b> Ubicación geográfica del mercado Vinocanchon.....	111
<b>Figura 2:</b> Ubicación geográfica del mercado Molino I.....	112
<b>Figura 3:</b> Ubicación geográfica del mercado Ttio .....	112
<b>Figura 4:</b> Ubicación geográfica del mercado Ccascaparo .....	113
<b>Figura 5:</b> Recolección de fresa de diferentes mercados de Cusco .....	113
<b>Figura 6:</b> Recolección de tomate de diferentes mercados de Cusco .....	114
<b>Figura 7:</b> Recolección de lechuga de diferentes mercados de Cusco.....	114
<b>Figura 8:</b> Rotulado de muestras .....	115
<b>Figura 9:</b> Proceso de trituración de los productos a estudia.....	116
<b>Figura 10:</b> Peso de cada muestra en los digitubos.....	116
<b>Figura 11:</b> Adición a las muestras ácido Nítrico y ácido Clorhídrico.....	117
<b>Figura 12:</b> Muestras en el sistema de digestión HotBlock .....	117
<b>Figura 13:</b> Muestra fría y llevado a volumen 50 mL.....	118
<b>Figura 14:</b> Dilución de muestra filtrada.....	118
<b>Figura 15:</b> Lectura de las muestras diluidas por ICP-MS .....	119
<b>Figura 16:</b> Certificación del laboratorio .....	119

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad sobre la contaminación industrial, tecnológica, agrícola, minera y la utilización imprevisible de diferentes abonos sintéticos o químicos se ha encontrado: uranio, plomo, cromo, arsénico, vanadio, torio, cadmio, entre otros elementos ya que en la superficie terrestre se presentan con mayor frecuencia, integrándose en las fuentes de agua, territorios de cultivo y alimentos en gran proporción alterando la sustentabilidad de la cadena trófica, haciendo que la naturaleza y la sociedad estén en peligro potencial, ya que causan problemas negativos para el bienestar de los seres vivos. (1)

El Cadmio (Cd) se encuentra presente en los suelos y rocas en forma natural, se incorpora al ambiente a través de los fertilizantes, plásticos, baterías, pilas, compuestos asociados al zinc, pinturas, aplicación de desechos al suelo y otros. Es tóxico para el hombre y los animales con efectos agudos de corto plazo y crónicos de mediano y largo plazo, se acumula en el hígado y los riñones (2). En tanto, el Plomo (Pb) es tóxico para los seres vivos, se encuentra en el aire, agua, polvo y suelo. La principal fuente de contaminación es la gasolina con agregado orgánico de plomo, es considerada como la segunda mayor toxina para el cuerpo (3). Una cantidad excesiva de concentración de los metales pesados como el cadmio y plomo puede modificar los ciclos bioquímicos y fisiológicos de los seres vivos (1). De acuerdo con el Center for Disease Control and Prevention (CDC) de Estados Unidos, el valor a partir del cual se consideran niveles elevados de Pb en todos los grupos etarios de la población general es 5 µg/dL. (4)

Debido a la gran demanda de alimentos tales como el tomate, lechuga y fresa en los principales mercados de la ciudad del Cusco; los agricultores están desatendiendo las buenas prácticas agrícolas y recurren al uso inadecuado de plaguicidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn), fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, Zn) y agroquímicos (Cr, Co, Pb y Ni) que pueden contener metales pesados en mayor proporción, ya que los metales pesados están directamente relacionados con estas fuentes ya mencionadas.

Los metales pesados de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) se acumulan en el suelo debido a la absorción de las propias raíces entrando en la cadena alimentaria, así como también los metales pesados pueden incrustarse sobre los alimentos en el proceso de traslado y venta en los mercados dado que están expuestas a fuentes de contaminación terrestre (gases que emiten los vehículos) y térmicas. Además, son contaminados por las aguas subterráneas y superficiales que se utilizan comúnmente para el riego de los alimentos y así creando un ciclo de contaminación. (5)

En ese sentido, por intermedio de la presente investigación se determinó los niveles de concentración de cadmio y plomo en fresas, tomates y lechugas expandidas en los centros de abasto de la ciudad del Cusco durante el año 2023 según el análisis por espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) y contrastar dichos valores con los rangos establecidos en la normativa del CODEX ALIMENTARIUS. A priori se estimó que los niveles de concentración de los metales pesados bajo estudio se encuentran fuera de los límites permisibles sustentados por la normativa detallada con anterioridad.

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

De acuerdo a los estudios actualizados de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2021, se examinó que aproximadamente la exposición al plomo causó más de 1,5 millones de muertes en todo el mundo, principalmente causadas por sus efectos cardiovasculares (6).

El cadmio a su vez como consecuencia de las actividades industriales, como el uso de combustibles (Cd, Cr y Co) y los trabajos agrícolas (Cr, Ni, Cu, Zn, y Pb), provocaron que a nivel mundial se liberaran 30,000 toneladas de Cd al medio ambiente en un periodo de un año. (7)

A nivel nacional por la década de 1960 se examinó niveles elevados de plomo teniendo así una concentración en sangre de 60 µg/dL, reduciéndose progresivamente en las décadas posteriores; a inicios de la década de 1990 se redujo a 10 µg/dL, persistiendo con dicho término hasta la pasada última década (8). El Ministerio de Salud (2018) informó que 4.867 personas están afectadas por metales tóxicos en el país y existen 8854 pasivos ambientales por actividad minera y 3500 por explotación de hidrocarburos. (9)

En los últimos años, se evidencia que los mercados de la ciudad del Cusco se abastecen de buenas cantidades de alimentos como la fresa, tomate, lechuga y otros alimentos de gran variedad. En el caso de la fresa provenientes de diversos lugares, tales como la provincia de La Convención, Calca, Urubamba y otras localidades dedicadas a la actividad de cultivo de dicha fruta, así mismo la lechuga proveniente de

diferentes zonas de la región del Cusco, tales como la provincia de Anta, Paruro, Urubamba, Calca u otras regiones del Perú. Y el tomate que proviene mayormente de la ciudad de Arequipa, Ica y de la provincia de Anta y distrito de Limatambo específicamente, abasteciendo así a los mercados de la ciudad de Cusco; lugares en las que también se practican actividades de minería legal o ilegal, presencia fábricas y simplemente el uso excesivo de productos agroquímicos en los cultivos condicionando de esta forma a que los productos contengan niveles altos de concentración de Cd y Pb.

La producción de alimentos a base de compuestos químicos y la presencia de la minería, fabricas, medios de transporte y entre otras fuentes condicionan a que los productos alimenticios que consumen los pobladores del Cusco en mayor probabilidad contengan en su composición metales pesados dañinos para la salud.

En la ciudad del Cusco existen un total de 26 mercados de abasto según el censo del Instituto Nacional de Estadística e Informática (2016), de los cuales entre los más reconocidos y concurridos se tiene a los mercados de Ccasccaparo, San Pedro, Vinocanchon, Tica Tica, Huancaro, Wanchaq, Ttio y Molino. Para efectos de análisis de la investigación se considera a los mercados de abasto más concurridos como Vinocanchón, Ttio, Ccasccaparo y Molino I debido a que los mercados en suscripción en su gran mayoría están expuestas a la contaminación de gases emitidos por los vehículos de transporte y sistema de limpieza inadecuada. El consumo de tomate, lechuga y fresa forma parte de la alimentación cotidiana de la población cusqueña, en ese sentido se maneja el riesgo que los alimentos se encuentren contaminados por

Cd y Pb dado que hasta la actualidad no se cuenta con investigaciones que indiquen lo contrario o ratifique la hipótesis planteada.

La contaminación por el plomo ocasiona daños permanentes en el cerebro y el sistema nervioso, problemas de crecimiento fetal, problemas neurofisiológicos, problemas de audición, ritmo cardíaco, anemia, presión arterial alta y la depresión. Mientras que el cadmio genera trastornos pulmonares, daño hepático, presión arterial alta, anemia, osteoporosis, neumonía, fibrosis, asma, sinusitis y efectos nefrotóxicos. (10)

Si se continúan con la ausencia de estudios o investigaciones acerca de la problemática identificada en la presente investigación se estima que los productos alimenticios de interés como la fresa, tomate y lechuga continuaran siendo comercializados sin ninguna restricción de autoridades que verifiquen el origen y control sanitario de los alimentos. De esta forma la población de la ciudad del Cusco que prefieren realizar compras en los centros de abasto en estudio son los más afectados, pues al adquirir los productos con niveles concentración de Cd por encima del nivel máximo igual 0.05 mg/kg (fruta), 0.2 mg/kg (lechuga) y 0.05 mg/kg (tomate) y las concentraciones para Pb fuera del nivel máximo 0.10 mg/kg (fruta), 0.3 mg/kg (lechuga) y 0.05 mg/kg (Tomate) perjudicarán severamente la salud de los mismos.

Con el desarrollo de la investigación se obtuvo información científica acerca de los niveles de concentración de Pb y Cd en fresas, tomates y lechugas, permitiéndole a la población salvaguardar su salud respecto a la exposición de metales pesados y de esta forma garantizar la seguridad alimentaria y nutrición adecuada de las personas; y de la misma forma evitar el peligro en el entorno económico, social y ambiental de la

sociedad. La investigación es de vital importancia para que las autoridades de la salud implementen programas de control y análisis laboratoriales de los productos alimenticios expendidas en los mercados de abasto de la ciudad del Cusco cada cierto periodo de tiempo. Es por ello que, el presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de determinar los niveles de concentración de cadmio y plomo en fresas, tomates y lechugas expendidas en los centros de abasto de la ciudad del Cusco en el transcurso del año 2023.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿La concentración de cadmio y plomo en fresa, tomate y lechuga expendida en los centros de abasto de la ciudad del Cusco en el año 2023 se encuentran fuera de los límites permisibles?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar la concentración de cadmio y plomo en fresa, tomate y lechuga expendidas en los centros de abasto de la ciudad del Cusco en el transcurso del año 2023, según Codex Alimentarius.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Identificar la procedencia de la fresa, tomate y lechuga que se expenden en los mercados de abasto: Molino I, Vinocanchón, Ttio y Ccasccaparo de la ciudad del Cusco.
2. Determinar la concentración de Pb y Cd por Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) en fresa expendida en los

mercados de abasto: Molino I, Ttio, Vinocanchón y Ccasccaparo de la ciudad del Cusco y contrastar los hallazgos según las normativas del Codex Alimentarius.

3. Determinar la concentración de Pb y Cd mediante Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) en tomate expedida en los mercados de abasto: Molino I, Ttio, Vinocanchón y Ccasccaparo de la ciudad del Cusco y contrastar los hallazgos según las normativas del Codex Alimentarius.
4. Determinar la concentración de Pb y Cd mediante Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) en lechuga expedida en los mercados de abasto: Molino I, Ttio, Vinocanchón y Ccasccaparo de la ciudad del Cusco y contrastar los hallazgos según las normativas del Codex Alimentarius.
5. Comparar los valores de las concentraciones de Pb y Cd en fresas, tomates y lechugas expandidas en los mercados “Molino I”, “Vinocanchón”, “Ttio” y “Ccasccaparo” de la ciudad del Cusco.

#### **1.4 Limitaciones de la investigación**

- La cantidad de investigaciones similares son limitadas sobre la utilización de la Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) para determinar la concentración de plomo y cadmio en fresas, tomates y lechugas, se tuvo limitaciones de cierta manera en la discusión y/o contraste de los resultados de la investigación frente a la demás.

- Existe un número reducido de aplicaciones de la Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) en estudios del ámbito de la ciudad del Cusco.

## **1.5 Justificación de la investigación**

### **1.5.1 Justificación Teórica**

Con el desarrollo de la presente investigación se buscó incrementar y aportar informaciones relevantes acerca de la importancia y uso de la Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS), siendo esta una técnica útil para determinar la concentración de los metales pesados ya que tiene la capacidad de realizar pruebas con exactitud y precisión. Es por ello que se determinó la concentración de cadmio y plomo en fresa, tomate y lechugas expandidas en los principales mercados de abasto de la ciudad del Cusco, dado que, en la actualidad existen pocos estudios que aborden referente a las pruebas laboratoriales por Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) y los metales pesados en los alimentos de interés. Además de ello, mediante la investigación se obtuvo información relevante para la comunidad académica y por otro lado para los consumidores puesto que, con dichos resultados e información de la investigación puedan salvaguardar el bienestar de su salud.

### **1.5.2 Justificación Práctica**

La determinación de metales pesados como cadmio y plomo permitió identificar el nivel de concentración con las que pueden estar contenidas los productos alimenticios como la fresa, tomate y lechuga; consumidas por la población de la ciudad del Cusco. Posterior a ello las autoridades políticas y de la salud puedan proponer y/o aprobar

nuevas normativas de alcance nacional y local con la finalidad de garantizar la calidad de producción y transacción de las verduras y frutas para el consumo humano.

### **1.5.3 Justificación Social**

Por intermedio de la investigación se transmitió información relevante acerca de los niveles de concentración de cadmio y plomo en fresa, tomate y lechuga comercializadas en los centros de abastos más concurridos de la ciudad del Cusco. Los resultados de la investigación fueron pilares para la población consumidora y en efecto se informen sobre la presencia de los metales pesados de cadmio y plomo en los productos alimenticios como la fresa, tomate y lechuga; entonces de esta manera la población tenga más cuidado en el proceso de adquisición y alimentación con productos que probablemente se encuentren contaminados.

## **1.6 Hipótesis de la investigación**

### **1.6.1 Hipótesis general**

Los niveles de concentración de metales pesados de cadmio y plomo presentes en fresa, tomate y lechuga expendida en los centros de abasto de la ciudad del Cusco en el año 2023 se encuentran fuera de los límites permisibles de acuerdo a la normativa del CODEX ALIMENTARIUS.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Visión histórica**

Los metales pesados se utilizan en muchas actividades antropogénicas, como los procesos industriales, minerías y la agricultura. En conjunto, estos metales llegan al río y su sistema a través del flujo directo, la escorrentía o sus afluentes. Estos metales son entonces capaces de ser transportados a través de sus propiedades; algunos se adhieren a los sedimentos del río, otros se disuelven en su agua y eventualmente se adhieren al suelo o son absorbidos por las plantas (frutas, vegetales y otros) durante el riego, por otro lado, los animales de pastizal succionan el agua directamente del lecho del río. (11)

A lo largo de la historia, los humanos han mantenido una relación con los metales y los alimentos, una relación a menudo asociada con actividades agrícolas, pastorales, industriales y comerciales. Esencialmente, los alimentos involucran tres componentes principales del medio ambiente: aire, agua y suelo. La contaminación por metales puede ocurrir a través de estos ingredientes, lo que hace que la situación sea preocupante debido a sus efectos adversos para la salud comprobados. (12)

La experiencia humana a lo largo de la historia le ha enseñado y le sigue enseñando qué ingredientes naturales o fabricados son dañinos y cuáles no. Algunas de ellas fueron utilizadas por los humanos primitivos como alimento y posteriormente con fines eufóricos, terapéuticos e incluso negativos como el envenenamiento. (13)

El Papiro de Ebers es probablemente el documento médico más antiguo que se conoce, donde se mencionan drogas y venenos (1500 a.c.), en los que se muestran

los efectos tóxicos del plomo, el arsénico, el cobre, el extracto de opio y el acónito. Una de las culturas más antiguas como es el hinduismo, en los libros sagrados de los Vedas y específicamente en el Ayurveda (Libros Científicos de la Vida) se registran algunos venenos, pero a su vez se describe algún proceso de desintoxicación. (13)

En 1993, la empresa minera Yanacocha S.R.L. comenzaron las operaciones de extracción de oro, y así con el tiempo se inició un aguzado conflicto con la gente, quienes pensaban que la empresa minera estaba contaminando el medio ambiente. Los años 2000 y 2001 marcaron un período de exacerbación de los problemas ambientales debido a la cantidad de incidentes ambientales y la expansión espacial del conflicto. (14)

En 2014 se publicó el trabajo “Evaluación de riesgos de absorción de metales pesados y metales en la dieta de un residente rural que vive cerca de una mina de oro en los Andes peruanos (Cajamarca)”, realizado por un equipo de investigadores de la Universidad de Barcelona (España) y la Universidad Nacional de Cajamarca. En este estudio se preguntó a los habitantes de las cuencas de los ríos Porcón, Rejo y Azufre sobre los alimentos que consumieron en las últimas 24 horas. (14)

Al final del estudio se concluyó que los principales alimentos que consumían las personas, después del agua, eran los tubérculos y los cereales, además, la ingesta de plomo y arsénico en la dieta era superior a la de la población cercana a las minas de oro (debido al consumo local de alimentos y agua); y en relación al cadmio, la papa y el arroz aportan este metal en la dieta. (14)

## 2.2. Antecedentes de la investigación

### 2.2.1. Antecedentes internacionales

- **Montiel Diaz Yesit Felipe (2021)** en la investigación ***“Concentraciones de metales pesados en productos agropecuarios en la región de La de Mojana-Colombia: evaluación del riesgo en la salud humana”***, se buscó evaluar las concentraciones y el riesgo en la salud humana de los metales pesados como el mercurio, plomo, arsénico y cadmio en productos alimentarios de la zona. La investigación se llevó a cabo mediante una metodología de diseño no experimental, la información fue recopilada mediante una encuesta en donde se incluyeron datos socioeconómicos y la frecuencia del consumo de alimentos. En la muestra se consideró un total de 7645 productos alimenticios entre cereales, frutas, hortalizas y tubérculos; la concentración de arsénico (179.87), mercurio (19.52), cadmio (57.19) y plomo (635.25) fueron cuantificadas con espectrometría de absorción atómica con horno de grafito. Resultados: Las hortalizas presentan una tendencia a mayores concentraciones de metales pesados a comparación del resto de los productos alimenticios, los valores de riesgo cancerígeno y no cancerígeno del total de la ingesta evaluada estuvieron por encima del nivel máximo permisible (HQHg=5,004; HQCd=1,82; HQAs=6,24; HQPb=1,05). (15)
- **Simba Erika, Zurita Mireya (2021)** en la tesis titulada ***“Evaluación de la presencia de metales pesados en Solanum Lycopersicum, Solanum Tubersum, Daucus Carota, Lactuca Sativa mediante espectrofotometría de absorción atómica, en cuatro mercados de la Ciudad de Quito”***, evaluaron la

presencia de los metales pesados (Cu, Co, Cd y Pb) en *Daucus carota*, *Solanum tuberosum*, *Solanum lycopersicum*, *Lactuca sativa* mediante espectrofotometría de absorción atómica, en cuatro mercados de la Ciudad de Quito. Trabajo de investigación realizada con una metodología de un diseño experimental y para la toma de muestras utilizó los procedimientos establecidos en la normativa INEN; el análisis de metales se llevó a cabo por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica, realizando un total de 16 muestras de hortalizas con 5 repeticiones por cada metal y para la evaluación se consideró las normativas Codex Alimentarius, Unión Europea, Normativa Cubana de cobre, Academia de ciencias exactas físicas y naturales, Agencia de sustancias tóxicas y registro de enfermedades. Resultados: Las concentraciones de metales en las hortalizas de los mercados orgánicos y convencionales no varían, pero se encontró elevadas concentraciones de plomo en papa con los siguientes valores para MO1 con 0,1204 (mg/kg), MO2 con 0,1106 (mg/kg) y el MC2 con 0,1694 (mg/kg) el cual sobrepasa la normativa de 0,1 (mg/kg) establecida en el CODEX y UE. (16)

- **Coronel Acosta Evelin Gabriela (2018)** por intermedio de la tesis titulada ***“Determinación de metales pesados plomo (Pb) y cadmio (Cd) en hortalizas de consumo directo producidas orgánicamente”***, buscó determinar la presencia de metales pesados plomo (Pb) y Cadmio (Cd) en hortalizas de consumo directo producidas orgánicamente y comercializadas en las ferias de la ciudad de Quito. La investigación estuvo basada en el diseño experimental, asimismo la técnica empleada para la determinación de metales pesados fue

mediante la espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito. Dentro de los resultados sobresalientes se obtuvo lo siguiente; los valores de plomo encontrados son inferiores a los límites del Codex y las concentraciones de cadmio en tomate, lechuga y zanahoria presentaron valores de 14,61; 18,77 y 19,90 mg/Kg respectivamente superando los límites permisibles de cadmio por el Codex. (17)

- **Velásquez Paredes Miguel Noé (2017)** en la tesis titulada “***Determinación de metales pesados y pérdidas poscosecha en dos hortalizas de consumo directo: tomate (solanum lycopersicum) y lechuga (lactuca sativa)***”, investigación realizada con la finalidad de establecer presencia de plomo y cadmio en dos hortalizas de consumo directo: Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el mercado de la ciudad de Quito-Ecuador. De la misma forma la investigación fue realizada por intermedio del diseño experimental, se determinaron las concentraciones mediante el método de análisis para alimentos AOAC, las mismas se compararon con el estándar de calidad de la FAO el CODEX ALIMENTARIUS. Para tales efectos no se evidenciaron concentraciones que sobrepasen los niveles permitidos de 0.20 mg/kg y 0.30 mg/kg para el Plomo, en tomate y lechuga; ni para el Cadmio de 0.05 mg/kg y 0.02 mg/kg. (18)
- **Gutiérrez Vargas Yilbert Felipe (2020)** en la tesis titulada “**Cuantificación de metales pesados en el fruto de (*Fragaria x ananassa* Duch. cv. Albión Fresa) cultivado en el municipio de sibaté, Cundinamarca**, Investigación realizada con

la finalidad de informar el aumento de enfermedades relacionadas al consumo de alimentos por la presencia de metales pesados en aguas de riego, origina una creciente problemática para la salud de las personas; la toxicidad de los metales pesados junto con su capacidad de bioacumulación y biomagnificación genera un riesgo significativo en el consumo de alimentos posiblemente contaminados. El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de cuantificar metales pesados como el Arsénico, Cobalto, Cadmio, Plomo y Cromo en fresas Albión recolectadas en el municipio de Sibaté, vereda El Perico, finca El Rosal y así determinar su inocuidad alimentaria. Se compararon los resultados obtenidos con los límites permitidos a nivel nacional e internacional. La concentración de metales pesados se evaluó mediante la técnica de absorción atómica empleando el equipo VARIAN AA-140 de la Pontificia Universidad Javeriana. Los resultados determinaron la concentración en ppm en el fruto y suelo de Arsénico ( $0,1893 \pm 0,0370$ ) ( $0,4512 \pm 0,1024$ ), Cobalto ( $0,0283 \pm 0,0028$ ) ( $0,0599 \pm 0,0094$ ), Cadmio ( $0,0115 \pm 0,0017$ ) ( $0,0289 \pm 0,0032$ ) Plomo ( $0,4518 \pm 0,2415$ ) ( $0,9889 \pm 0,5016$ ) y Cromo ( $0,6777 \pm 0,1120$ ) ( $1,4430 \pm 0,0900$ ) respectivamente. Lo que permitió observar a que las concentraciones de As, Co, Pb y Cr superaron los niveles establecidos, evidenciando el riesgo existente al consumir alimentos cultivados en esta zona. (19)

### 2.2.2. Antecedentes nacionales

- **Castillo Álvarez José Antonio, Domínguez Domínguez Juleisi Lucero (2021)** mediante la tesis titulada ***“Determinación de los niveles de plomo y arsénico en zapallo macre (Cucurbita máxima Duchesne) y tomate (Solanum***

***lycopersicum var. Saladette)* y evaluación del riesgo toxicológico en la salud de la población de Lima Metropolitana”** logró analizar y comparar los niveles de arsénico y plomo en zapallo macre (*Cucurbita máxima Duchesne*) y tomate (*Solanum lycopersicum Var. Saladette*) con los LMP establecidos por el Codex Alimentarius y MERCOSUR y evaluar el riesgo toxicológico en la población de Lima Metropolitana. Investigación desarrollada con una metodología de diseño descriptivo, corte transversal, cuasi experimental, prospectivo analítico. Para ello se obtuvo un total de 60 muestras en los principales mercados de Lima Metropolitana, en CICOTOX se determinó los niveles de arsénico y plomo por espectroscopía de absorción atómica con generador de hidruros y con horno de grafito respectivamente, obteniendo como media niveles de arsénico en tomate de 0,1908mg/Kg y en zapallo 0,1312 mg/Kg, estos valores superaron el límite máximo permisible (LMP) mencionados por Mercosur 0,1mg/Kg, mientras que los niveles de plomo en tomate tuvo una media de 0,0876mg/Kg y para zapallo 0,1047mg/Kg, estos valores superaron el LMP establecidos por el Codex Alimentarius 0,05mg/Kg, con estos valores se estimó la dosis de exposición obteniendo como resultado para tomate DEAs: 0,00002967 mg/Kg/día (ppm/día) y DEpb: 0,00001004 ppm/día, en zapallo DEAs: 0,00000801 ppm/día y DEpb: 0,00001314 mg/Kg/día (ppm/día), al final se calculó el IP y el ME, obteniendo como resultados en zapallo y tomate valores de IP inferiores a 1 ( $IP < 1$ ) y ME valores superiores a 1 ( $ME > 1$ ). (20)

- **Madueño Ventura Frescia Maria (2017)** en la tesis titulada **“Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) en mercados**

**del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana**” determinó la concentración de plomo y cadmio en lechuga (*Lactuca sativa*) distribuidos en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana. Los puntos de muestreo fueron 20 mercados ubicados en el Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima, los cuales fueron escogidos al azar, 5 mercados del Cono Norte (Puente Piedra, Comas, San Martín de Porres, Los Olivos, Independencia), 10 mercados del Centro (Rímac, La Victoria, Cercado de Lima, Breña, Jesús María, Barranco, Lince, Magdalena, Pueblo Libre, San Miguel) y 5 mercados del Cono Sur (Chorrillos, San Juan de Miraflores, Villa María del Triunfo, Villa el Salvador, Lurín), durante la recolección se preguntó en cada mercado el lugar de procedencia de la hortaliza. El método analítico que realizaron para la cuantificación de los metales fue absorción atómica. Donde las concentraciones de plomo en lechuga presentaron de 1,279 ppm y de cadmio un 0,084 ppm; la diferencia de concentración del plomo con cadmio excede el Nivel Máximo establecido por la OMS/FAO (Codex Alimentarius; Pb = 0,3 ppm; Cd = 0,2 ppm). En general, las lechugas de la Sierra acumularon mayores niveles de Pb y Cd a comparación de la Costa. Estos resultados indican el nivel de exposición de metales pesados en los vegetales y por lo tanto su presencia existe en nuestra dieta diaria. (21)

- **Luna Arena Ruth Nohelia & Rodríguez Lozada Víctor Alejandro (2016)** desarrollaron el trabajo de investigación titulado **“Determinación de las concentraciones de cadmio y plomo en papa (*Solanum tuberosum*) cosechada en las cuencas de los ríos Mashcón y Chonta – Cajamarca”** con la finalidad de determinar y comparar las concentraciones de cadmio y plomo en

papas (*Solanum tuberosum*, variedades: Peruanita, Huagalina, Yungay y Perricholi) cosechadas en las cuencas de los ríos Mashcón y Chonta – Cajamarca. En el estudio investigativo se recolectó un total de 40 muestras de papa de cultivos cercanos a las cuencas de los ríos Mashcón y Chonta. Dentro de los resultados no se detectaron la existencia de plomo en ninguno de las muestras de papa (Límite de detección para el plomo: 0.5 ppb); por tal razón no se pudieron contrastar dichos valores con el límite máximo permisible (0.1 ppm) establecido para el plomo según lo indicado en el CODEX STAN 193-1995. Por otro lado, la concentración media de cadmio en las muestras de papa para la cuenca del río Mashcón fue de 0.3095 ppm  $\pm$  0.0078 ppm y para la cuenca del río Chonta fue de 0.3078 ppm  $\pm$  0.0223 ppm, por ende, muestras de papa para ambas cuencas mostraron concentraciones de cadmio que exceden el límite máximo permisible (0.1 ppm, según lo indicado en el CODEX STAN 193-1995 Revisión 2009 Mod.2015 emitido por Codex Alimentarius). (22)

### 2.2.3. Antecedentes Locales

- **Guzman Huaman Mario Oswaldo (2020)** en su tesis ***“Factores de riesgo asociados por exposición a metales pesados en personas evaluadas del distrito de Pallpata, provincia de Espinar departamento de Cusco, enero-diciembre 2019”***, logro identificar los factores de riesgo asociados debido a la exposición a metales pesados en los pobladores del ámbito de estudio considerado. La investigación fue de diseño descriptivo, prospectivo de corte transversal, la muestra estuvo conformada por 45 personas por muestreo aleatorio

simple, para la recolección de la información se optó por una ficha de observación. Entre los resultados importantes se obtuvo que, la mayoría de las personas de la zona presentan niveles de intoxicación por arsénico llegando a un rango mayor de 335,9 µg/g de creatinina, el nivel de concentración de cadmio en el poblador fue de 18,85 microgramos Cd/g creatinina, se presentaron cifras moderadas de mercurio que es de 6,95 µg/g de creatinina. No se presenta casos positivos de intoxicación de plomo. (23)

- **Choque Huilca Fredy Avelardo (2018)** en su tesis titulada ***“Uso de las aguas residuales del rio huatanay en el cultivo de cilantro Saylla – Cusco”*** busco caracterizar cuanto de mercurio, cadmio y plomo más lo microbiológico como son los coliformes, se encuentran en el culantro maduro, la metodología fue no experimental. De esto se llegó a la una conclusión que el suelo agrícola y el agua previamente sin ser cultivadas, con respecto a la existencia del metal de Cd, Pb, Hg, pasaron los límites máximos permisibles, el plomo esta con 0.001 microgramos por kilogramo y esta abajo del ECA, el Hg no está presente, el Cd tampoco está presente (24).
- **Rumaja Santos Abigail, Huamán Ttito Jackeline Zumiko (2017)** mediante el trabajo de investigación ***“Evaluación de la capacidad fitorremdiadora de las especies vegetales *Nasturtium officale* W.T. Aiton (Berro) e *Hydrocotyle ranunculoides* L.f. (Mateccillo) en la relación con la contaminación con mercurio a diferentes concentraciones”*** analizaron la resistencia de biorremediación de vegetales nasturdium officinale e hidrocotyle ranunculoides

relacionadas a la contaminación por Hg a diversos valores, como diseño metodológico es cuasiexperimental y tipo correlacional, para lo cual se aplicó por espectrometría de absorción atómica y fue realizado en tres fases la primera fue recopilación de información, captación de muestras vegetales que están cerca de Kayra de San Jerónimo – Cusco, luego el paso dos fue a diferentes concentraciones y la última fase fue la capacidad remediadora. Resultados: La contaminación por el metal mercurio a concentraciones de 0.1, 0.5, 1.0, 2.0 y 5.0 ppm permaneció en periodo de 15 días, se evaluó la presencia de clorosis, necrosis foliar, la medida de la longitud de raíz, tallo y hojas se encontró a una concentración de 1.0 ppm. (25)

### **2.3. Estado de la cuestión**

Actualmente, en la Segunda Conferencia Internacional FAO/OMS sobre Nutrición (CIN2), celebrada en Roma, enfatizó la importancia de la seguridad alimentaria para lograr una mejor nutrición humana a través de una dieta saludable y nutritiva. Por lo tanto, mejorar la seguridad alimentaria es la clave para avanzar hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible. La contaminación de alimentos puede ocurrir en cualquier etapa de la producción o distribución de alimentos, aunque la responsabilidad principal recae en el productor. (26)

Las enfermedades transmitidas por los alimentos a menudo son de naturaleza infecciosa o tóxica y son causadas por bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas que ingresan al cuerpo a través de alimentos o agua contaminados. Los patógenos transmitidos por los alimentos pueden causar diarrea severa o infecciones

debilitantes, como la meningitis. La contaminación química puede causar intoxicaciones agudas o enfermedades a largo plazo, como el cáncer. Las enfermedades transmitidas por los alimentos pueden provocar una discapacidad persistente y la muerte. Algunos ejemplos de alimentos poco saludables son los alimentos de origen animal poco cocidos, las frutas y verduras contaminadas con heces y los mariscos crudos que contienen biotoxinas marinas (OMS, 2021). (26)

La Unión Europea comenzó en 2021 a imponer límites más estrictos a los metales pesados en los alimentos, como el contenido de plomo y cadmio en algunos alimentos. Este grupo de productos incluye a la alimentación infantil. Con esta medida, la Unión Europea quiere reducir la presencia de contaminantes cancerígenos en los productos que llegan al mercado y son consumidos por los europeos. (27)

Se establecieron nuevos límites desde el 30 de agosto para el plomo en los alimentos y desde el 31 de agosto para los niveles de cadmio en los alimentos. En el caso de productos vendidos antes de estas fechas, podrán permanecer en el mercado hasta el 28 de febrero de 2022, momento en el cual deberán ser retirados del mercado. (27)

Los nuevos niveles máximos de plomo se establecen en el Reglamento de la UE 1317/2021 y los niveles de cadmio se establecen en el Reglamento de la UE 1323/2021. (27) AGQ Labs dispone de las técnicas analíticas adecuadas para identificar estos metales pesados en los alimentos a niveles muy por debajo de los niveles actuales, ya sea mediante espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) o mediante espectroscopia de absorción atómica (AAS). (27)

El papel de los metales en el desarrollo de las civilizaciones es fundamental, sin embargo, el crecimiento demográfico y la rápida industrialización han provocado graves problemas de contaminación, degradación del medio ambiente y daños a la salud humana y otras formas de vida. Los metales pesados están presentes en la mayoría de las aguas residuales industriales, a veces en bajas concentraciones, pero al mismo tiempo superando el límite legal de descarga al medio ambiente. (26)

Actualmente en el Perú, no existe una norma que especifique el límite máximo permisible de metales pesados en alimentos, lo que significa que existe un gran vacío regulatorio debido a la toxicidad de estos elementos químicos para los organismos, especialmente por diversas causas derivadas de la actividad agrícola intensiva, extractiva en las regiones altoandinas, y presiones demográficas en las regiones adyacentes a los campos de cultivo, los residuos se vierten directamente en el suelo utilizado para el cultivo de bulbos y otras especies de consumo esencial para la población. (28)

Finalmente, a nivel regional (Cusco) se propone un estudio de mercado para Cusco y los resultados se pueden comparar con los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Este estudio pretende despertar el interés de las autoridades peruanas en la regulación técnica y control de mercado de la comercialización de este producto con alto contenido mineral, que presenta riesgos para la salud humana. (29)

De acuerdo a la resolución ministerial N°145-2021-MINAM (Ministerio de ambiente) se plantearon objetivos, actividades, responsables y plazos referidos con ejes

estratégicos del plan multisectorial de materiales pesados, metaloides y sustancias químicas tóxicas, conforme a lo aprobado por la comisión multisectorial según a las RR.SS. N°034-2020-PCM y N°007-2021-PCM. En el primer eje estratégico tiene su influencia sobre “La gestión de la calidad ambiental para la salud de la población” buscando prevenir y controlar el incremento del riesgo ambiental en zonas afectadas con metales pesados. Como segundo eje estratégico se planteó la “Gestión integral de la salud y saneamiento” y con ello se busca promover, prevenir, atender y vigilar de manera integral la salud de la población expuesta con pertinencia cultural y lingüística. Por ende, a nivel nacional existen planes estratégicos para la intervención integral a favor de la población expuesta a los metales pesados y otras sustancias químicas tóxicas, pero lamentablemente no se aplican a plenitud todas aquellas normativas aprobadas. (30)

Según el plan operativo institucional del año 2022 perteneciente a la Gerencia Regional de Salud Cusco, durante los años 2016-2020 se realizaron tamizajes y tratamientos a personas afectadas por metales pesados, en el año 2019 se notó un incremento de más del 100% de atenciones respecto al año anterior, para el año 2020 se tuvo un descenso en el porcentaje de atención a personas para analizar los niveles de concentración de metales pesados en su organismo debido a las limitaciones de acceder a los establecimientos de salud por el Covid-19. La red que contribuye a la actividad de tamizajes y tratamientos es la red Canas Canchis Espinar, durante el año 2021 se alcanzó un 13.6% de disminución en comparación al año 2020. Es por ello que de acuerdo al POI 2022-GERESA Cusco, para la actividad operativa Evaluación integral en el primer nivel de atención a personas expuestas a metales pesados se

tiene presupuestado un total de S/. 209429, así mismo se ha presupuestado el monto de S/. 13861.10 para las labores de análisis de metales en el ámbito de la región del Cusco. (31)

En la actualidad Cusco es una población en la que no existe investigaciones que ayuden a la población a prevenir enfermedades ocasionadas por el consumo de frutas y verduras contaminadas con metales pesados, a la vez no existen parámetros considerables de estos para el consumo humano y se evite algún tipo de enfermedades o afecciones. (29)

La presente investigación tiene como finalidad dar a conocer los valores cuantitativos de los metales pesados como cadmio y plomo en alimentos como frutas y verduras expandidas en los mercados: Molino I, Vinocanchón, Ttio y Ccasccaparo de la ciudad del Cusco, dado que no existen parámetros que regulen los niveles de estos contaminantes en este tipo de alimentos, es así que dar a conocer los niveles reales de la misma, serviría de base para futuras regulaciones y sobre todo alertar a la población de Cusco sobre la presencia de estos metales mencionados debido a los posibles riesgos que puedan ocasionar en la salud humana si el consumo es continuo por un tiempo prolongado.

## **2.4. Bases Teórico científicas**

### **2.4.1. Metales pesados**

Los metales pesados son conglomerados por elementos químicos y clasificados según su peso atómica o densidad. Aunque no todos los metales pesados son tóxicos, su

tendencia está dentro de los contaminantes ambientales, y esto se convierte en un riesgo potencial para la humanidad, el problema de los metales pesados es que al ser ingeridos vía ingesta dentro de un alimento estas tienden a no degradarse durante el proceso metabólico, más al contrario estas tienden a bioacumularse (32).

Los metales pesados presentan las siguientes características:

- Numero atómico superior al del sodio ( $Z= 11$ ).
- Peso atómico oscila entre 63,546 y 200,590
- Densidad superior a  $5 \text{ mg/cm}^3$
- Alta grado de toxicidad para el sistema biológico (33).
- De la tabla periódica los metales que más se conocen por alta toxicidad en la salud humana están el Plomo, Cadmio, Mercurio y Arsénico (34)

#### **2.4.2. Contaminación por Metales Pesados**

Uno de los factores o medios por donde llegan los metales a los vegetales, son por medios industriales, vehiculares, relaves que viene de minerías, etc. Todos ellos llegan a posicionarse en vegetales que pueden ser durante su proceso de su elaboración durante el proceso industrial, otro sería mediante el transporte, así mismo está comprobado también que el contaminante del aire donde está el metal también es fuente para contaminar al agua y vegetales, y lo peor que si estos vegetales se ingieren, entonces la persona se contamina (35).

#### **2.4.3. Fuentes de contaminación**

**Agua de regadío:**

Las parcelas de productos agrícolas muchas veces están ubicadas en zonas donde hay ríos casi o completamente contaminados y usualmente lo usan para regar. Referente al metal que estén presentes en aguas residuales o no residuales tienden a tener a dicho metal y viene a ser muy contaminantes para la humanidad, muchas de estas aguas que provienen de empresas industriales donde utilizan aditivos químicos que luego de realizar su proceso de producción usualmente lo desechan a los desagües y estos desagües llegan a los ríos y estos ríos ya contaminados son muchas veces usados para riego y desde ahí empieza el peligro para las parcelas adjuntas al río del cual sale para regar a dichas zonas agrícolas y eso es un potencial altamente riesgoso, porque una planta que se riega con este agua contaminada tendrá adherida y luego acumulada en alguna parte del vegetal y este vegetal será llevado a comercialización a los centros abastos para consumo del hombre. Realizada una vez el análisis respectivo de a las muestras vegetales se encontró de metal Cadmio, Plomo y Níquel en el suelo están como biodisponibilidad, el cual hace que se inserte en la cadena alimenticia debido a que hay la facilidad que por la gravedad se asiente en el suelo y si esto sucede significaría que él se absorba al interior del suelo y al absorberse este se introducirá dentro de la planta y se acumular dicho metal en las vacuolas y paredes de la célula del vegetal (36).

#### **2.4.3.1. Suelos:**

La gran mayoría de las industrias ya sea de pinturas, fertilizantes que utilizan aditivos químicos para la preparación de algún producto que saldrá al mercado suelen desechan o verter sus aguas residuales al desagüe, y muchas veces dichas aguas

residuales llegan finalmente a ríos, lagos etc., y estas aguas tienden a llegar a regar los suelos agrícolas, generando una contaminación muy grave. Los suelos por caracterizarse como un absorbentes hace que acumule con facilidad a los metales pesados para luego ser expulsados al ambiente ocasionando contaminación altamente gravísima y posteriormente afectar de manera directa al hombre y al ecosistema por ingesta o por adhesión directa con dicho suelo contaminado, dando un producto como los alimentos de bajísima calidad a la cual se le denomina la fitotoxicidad, así como también la minimización de la calidad del suelo agrícola. Un suelo contaminado por metales sufre un numero de fenómenos negativos tales como la inhibición causando la biodegradación por contaminantes orgánicos todo ello tiende a afectar a la humanidad y al ecosistema por ingesta y contacto directo con suelos altamente contaminados. (37)

#### **2.4.3.2. *Pesticidas y fertilizantes:***

La utilización de productos químicos y biológicos para aumentar el rendimiento de los cultivos es habitual en el sector agrícola. En los suelos agrícolas se aplican regularmente numerosos plaguicidas y fertilizantes; uno de los resultados de estas aplicaciones es la acumulación de metales pesados, especialmente cadmio, plomo y cromo. Incluso si una explotación se mantiene en una zona no contaminada, las propias actividades agrícolas son culpables de recolectar los metales pesados en productos agrícolas por el uso de fertilizantes líquidos y sus derivados, así como de fertilizantes sintéticos, debido a que algunos de ellos contienen altas concentración de

cadmio y tienen el potencial de acumularse tanto en las plantas como en los animales. Otros fertilizantes sintéticos son los que contienen calcio y fósforo. (38)

#### **2.4.3.3. Industria**

El desarrollo y avance de la alta tecnología tiene que ver con los metales que han sido de gran utilidad para diverso uso ya sea doméstico o industrial, y la producción de materiales han ido aumentando debido al alto crecimiento exponencial de la población, pero esto tiene otro escenario que ha permitido que su obtención de las mineras ha generado contaminación ocasionando deterioro del ambiente y el grave daño a la salud de las personas. En el mundo de la industria existe gran variedad de productos que son fabricados desde pinturas, plásticos, materiales de vidrio, melamina, fertilizantes, línea cosmética, siderurgia, etc. Dichas empresas para producir siempre utilizan aditivos químicos, y la gran mayoría no cuenta con adecuado manejo de sus residuos y estas son vertidas al desagüe sin medir el grado de contaminación que pudiera ocasionar. Otra de las fuentes contaminantes por las industrias son las galvanoplastias, la desmineralización y el mecanizado todas ellas inciden en contaminar los cuerpos de agua, entre la lista de metales tóxicos están el plomo. Cobre, manganeso, cromo, Zinc, Cadmio, Aluminio, Fe, Mercurio, Estaño, Níquel,  $Fe^{+2}$  y  $Fe^{+3}$ , Plata, Sodio, Potasio, Berilio, Arsenio, Antimonio, indio, Paladio, Rodio, Platino y el oro, quienes se pueden encontrar como parte del efluente líquido. La siguiente lista de industrias que son generadoras de metales pesados es:

- Las aeronáuticas

- Automotriz
- Electrodoméstica
- Fabricación de bicicletas
- Decoración
- Arquitectura metálica
- Mobiliario metálico
- Electrónica
- Electricidad.
- Minería extractora de metales. (39)

El origen de donde provienen los metales pesados y que se encuentran en las aguas residuales varía según al tipo de fuente industrial, minera o urbana en donde carecen de tratamiento especial que evite llegar a las aguas residuales o ríos etc. (40).

#### **2.4.4. Ingesta de metales pesados**

Cuando consume alimentos contaminados por metales pesados, esta tiende a no ser degradado ni química ni biológicamente, es decir se bioacumulan en el organismo vivo alcanzando mayores concentraciones que la que alcanzan en los alimentos. En el ser humano se han detectado infinidad de efectos físicos y psíquicos, entre los efectos físicos se tiene los dolores crónicos, problemas sanguíneos, entre otros síntomas y entre los síntomas psíquicos se tiene por ejemplo a la ansiedad, pasividad entre otros (41).

Cuando hubo ingesta de alimentos que estén contaminados por metales pesados, esta será acumulada de manera crónica en los órganos del riñón y de hígado, ocasionando

la interrupción del proceso de metabolismo durante su ingesta, y las consecuencias que suele suceder es en el sistema cardiovascular, sistema nervioso, problemas al riñón, enfermedades de la osteoporosis; la ingesta de frutas y de verduras que están contaminadas en altos porcentajes por metales pesados generaría patológicamente cáncer en el sistema gastrointestinal (42).

Los vegetales cuando se ven contaminadas por metales pesados tienden a tener efecto específicamente en los orgánulos de la planta:

- Membrana celular
- Lisosoma
- Mitocondrias
- En el retículo endoplasmático
- En el núcleo
- En enzimas que cumplen la función desintoxicar reparar a las células dañadas), si estas enzimas llegan a tener contacto con metales pesados provocaría daño internamente en las proteínas de ADN y nucleares provocando cambios en el proceso de modulación celular, así como la carcinogénesis. (43)

#### **2.4.5. Exposición de metales pesados.**

Los metales no pueden ser degradados ni mediante procesos biológicos ni antropogénicos. La inhalación y la ingesta de alimentos son las principales vías de contaminación y la consecuencia depende del tipo de metal y la concentración presente en cada persona. La fuente de contaminación y su inclusión dentro de la cadena alimenticia se observa en la siguiente figura:

**Figura 1:** Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria



**Fuente:** Adaptado de Reyes et al. (2016). (44)

#### 2.4.5.1. Cadmio

El metal cadmio se encuentra de forma compuesta en los minerales en forma de rocas o algunas veces en suelos, si se provocaría su total liberación (100%) en el planeta (25,000 Ton) afectaría el medio ambiente. El cadmio es utilizado industrialmente, tiene alta demanda de producción para fines comerciales y cada vez va en aumento su producción. Cuando una población de personas está expuesta al Cadmio, esta puede ingresar de varias maneras al organismo del hombre y son:

- i) Mediante ingesta de alimentos que tiene al cadmio (el cadmio en hojas, cereales, granos, legumbres, frutas, viseras de animales por ejemplo

países de Europa y EEUU, donde existe una ingesta a diario del cadmio oscila entre 10 a 40 ug por día

- ii) Durante su liberación del cadmio en forma de partículas (polvo) dispersada en la atmosfera y con valor de 50 microgramos por litro, entonces el hombre inhalará inconscientemente, ahí se estaría contaminado.
- iii) Al cadmio se le involucra con suelo agrícolas que producen el tabaco, y por ello las investigaciones muestran que si hay alto grado de cadmio en sangre el valor encontrado en el hombre fumador seria de 1.4 a 4 ug por litro de sangre.
- iv) Otra vía de contaminación por cadmio seria por adherirse a las superficies de las plantas, entonces la planta lo estaría acumulando, sin embargo, el cadmio adherido a la piel humana no tendría mucha incidencia. (44)

#### **Toxicocinética de cadmio:**

El cadmio ingresa al organismo por las siguientes vías:

Vía respiratoria: Es la vía por la cual se produce la mayor absorción. Entre el 25 y 50% del cadmio inhalado.

Digestiva: La absorción es menor, entre el 5-20%

**Distribución:** Se distribuye unido a hemoglobina, metalotioneína y albúmina.

**Excreción:** Se excreta por orina y heces. por ende, en orina se elimina diariamente en 0,007% del contenido corporal y por heces 0,03%. pero sólo una cantidad mínima de cadmio se eliminan por vía biliar y heces. (44)

## **Toxicodinámica de cadmio**

Los órganos diana renales y pulmonares, tanto en exposiciones ocupacionales como ambientales, han tenido efectos tóxicos como: neumonía, disfunción renal con proteinuria y microproteinuria. Los órganos más sensibles al cadmio fueron los riñones en comparación con los pulmones y el hígado, y el epitelio tubular proximal es el punto blanco. (44)

Uno de sus acciones también es Inhibir enzimas con grupos sulfhidrilo donde produce la glucólisis e impide la respiración celular, producción de proteínas, absorción del hierro, también Interviene en el metabolismo del calcio y zinc. (44)

## **Aspectos toxicológicos**

Solo se conocen efectos tóxicos del cadmio, todos los seres vivos y humanos estamos expuestos a bajos niveles de cadmio y la aparición de problemas de salud dependerán mucho por la exposición constante. El cadmio es tóxico para la mayor parte de órganos, siendo los riñones los órganos diana de su toxicidad, así como el hueso y los pulmones. (44)

Tipo de intoxicación:

- Intoxicación aguda: Causada por exposición severa.
- Intoxicación crónica: Causada por exposición repetida a concentraciones bajas de cadmio.

#### **2.4.5.2. Plomo**

Históricamente el plomo ha sido utilizado en diversas formas gracias a las características físicas y químicas que presenta tales como su baja densidad, alta ductilidad, alta maleabilidad, y en la actualidad se sigue usando para fines comerciales, sin embargo, el otro escenario que presenta el plomo es cuando esta por alguna circunstancia ha sido absorbida por el hombre ya sea vía ingesta, vía inhalación entonces el hombre estaría sufriendo una contaminación. (44)

#### **Principales vías de exposición de plomo**

- Inhalación de fragmentos de plomo producidas por la quema de muchos materiales.
- Por lo tanto, la ingestión de polvo, agua o alimentos contaminados se distribuye en varios órganos como: huesos, tejidos y dientes, esto con el tiempo se puede acumularse en dichos órganos. El envenenamiento por plomo va depender del nivel de exposición y la edad de cada persona. (45)

#### **Toxicocinética de plomo**

La absorción depende de tránsito gastrointestinal, estado nutricional y edad; se produce principalmente por medio de los sistemas respiratorio y gastrointestinal. Se une a los glóbulos rojos y los distribuye y se acumula en los huesos, los riñones, el hígado, los músculos y el cerebro. Los compuestos orgánicos se convierten in vivo y se forman cuerpos de inclusión intranucleares como mecanismo de defensa. La excreción es principalmente a través de los riñones (76%) y el tracto gastrointestinal, pero también a través del cabello, las uñas y la leche. (46)

#### **Toxicodinámica de plomo**

El plomo altera muchas vías metabólicas debido a su excelente capacidad para unir grupos de azufre, carboxilo y fosfato e interactuar con metales esenciales para formar complejos. Inhibe la ATPasa, el ADN, el ARN, la síntesis de proteínas, la absorción de glucosa y la respiración celular. También interviene en muchos procesos neurales. El envenenamiento por plomo causa anemia debido a una crisis hemolítica que destruye los glóbulos rojos, inhibición de la síntesis del grupo hemo de la hemoglobina y cambios en el metabolismo de la porfirina debido a la acumulación de metabolitos tóxicos. (46)

### **Efectos del plomo en el organismo humano**

Los efectos estoxicos del plomo son conocidos hace mas de dos mil años por Nicander, poeta griego que le denomino al mal del plomo como “Plumbismo” que era ocasionada por ingesta de alguna sustancia que contenera Plomo (47).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), calcula que aproximadamente un 15 a 18 millones de menores de edad tienden sufren daño cerebral constante a causa del envenenamiento por plomo, que pueden ser contaminados por via ingesta, respiratoria, dermica.

En algunas ocasiones la ingesta de plomo es poca y llega al hígado en donde se dá un proceso de metabolismo y parte del plomo se elimina mediante la bilis, sin embargo cuando la ingesta es a grandes cantidades contenidas de plomo produce insuficiencia hepática y la sangre toma coloración roja oscura al cual lo llaman “plumbosis”, se tienen algunos ejemplos de casos con síntomas de envenenamiento:

En el caso de un adulto cuando sufre un tipo de contaminación por ingesta de alguna sustancia que contiene el plomo, durante el proceso de metabolismo su digestión del adulto mayor tiende a absorber aproximadamente el 10% al 15% del metal Pb, en mujeres por ejemplo el plomo afecta específicamente a las embarazadas, en caso de menores de edad su absorción del plomo podría llegar a un 50% (48).

#### Aspectos toxicológicos

- Intoxicación aguda: Menos frecuente, generalmente es accidental y suele resultar por inhalación de partículas de óxido de plomo.
- Intoxicación crónica: Exposición repetitiva al plomo en pequeñas cantidades.

#### **2.4.6. Códex Alimentarius**

El Codex Alimentarius, órgano intergubernamental conjunto de la FAO y la OMS, establece la norma CODEX STAN 193-1995 Revisión 2009 Modificado 2018, con la finalidad de garantizar a la población alimentos inocuos y de calidad bajo ciertos rangos o parámetros, El Codex también considera dentro de sus reglamentos al muestreo (49).

### 2.4.6.1. Límites máximos permisibles por la Unión europea 2016

**Tabla 1:** Límites máximos permisibles por la Unión Europea y FAO

Recurso	Alimento	Unidad	Hg	As	Cd	Pb
Agua	Consumo humano	mg/L	0.001	0.05	0.01	0.05
	Marina y estuarios		0.0001	0.05	0.05	0.01
	Uso agrícola		0.001	0.1	0.01	0.05
	Uso pecuario		0.01	0.2	0.05	0.05
Hortalizas	Hortalizas de bulbo	mg/L	Nan	nan	0.05	0.01
	Hortalizas de fruta (Cucurbitaceas)		Nan	nan	0.05	0.01
	Hortalizas de hoja		Nan	nan	0.01	0.03

**Fuente:** (Codex, 1995; UE, 2016)

**Tabla 2: CODEX STAN 193-1995. Mod 2016 Cd**

Producto Código	Nombre	Nivel mg/kg	Sufijo	Tipo	Referencia	Notas/observaciones para el Codex Alimentarius
Sinónimos: Cd						
Código de prácticas relacionado: Código de prácticas sobre medidas aplicables en el origen para reducir la contaminación de los alimentos con sustancias químicas (CAC/RCP 49-2001)						
VB 0040	Brasicáceas	0,05		NM		
VA 0035	Hortalizas de bulbo	0,05		NM		
VC 0045	Hortalizas de fruto, cucurbitáceas	0,05		NM		
VO 0050	Hortalizas de fruto, distintas de las cucurbitáceas	0,05		NM		Excepto los tomates y los hongos comestibles
VL 0053	Hortalizas de hoja	0,2		NM		
VP 0060	Hortalizas de leguminosas	0,1		NM		
VR 0589	Patatas (papas)	0,1		NM		Peladas
VD 0070	Legumbres	0,1		NM		Excepto los granos de soja (secos)
VR 0075	Raíces y tubérculos	0,1		NM		Excepto el apio y las patatas (papas)
VS 0078	Hortalizas de tallo y raíz	0,1		NM		
GC 0081	Cereales en grano, con excepción del trigo sarraceno, la cañihua y la quinoa	0,1		NM		Excepto el salvado y el germen, así como los granos de trigo y el arroz
CM 0649	Arroz pulido	0,4		NM		
GC 0654	Trigo	0,2		NM		
IM 0151	Moluscos marinos bivalves	2		NM		excluidas las ostras y vieiras sin vísceras
IM 0152	Cefalópodos	2		NM		
	Aguas minerales naturales	0,003		NM	CS 108-1981	Expresado en mg/l
	Sal de calidad alimentaria	0,5		NM	CS 150-1985	

**Fuente:** CODEX STAN 193-1995 Norma general del Codex para los Alimentos

El cadmio es un elemento relativamente raro que algunas actividades humanas liberan en la atmósfera, la tierra y el agua. En general, las dos fuentes principales de contaminación son la producción y utilización de cadmio y la eliminación de desechos que contienen cadmio. El aumento del contenido de cadmio en los suelos incrementa la absorción de cadmio en las plantas; de esta manera, la exposición humana a través de cultivos agrícolas es susceptible al incremento del cadmio presente en el suelo. Las plantas absorben una mayor cantidad de cadmio del suelo cuando el pH del suelo es bajo. Los organismos alimentarios comestibles que viven en libertad, como los crustáceos y los hongos, acumulan cadmio naturalmente. Como en los seres

humanos, en los caballos y en algunos animales terrestres salvajes aumenta la concentración de cadmio en el hígado y los riñones.

**Tabla 3: CODEX STAN 193-1995 Mod 2016 Pb**

Producto Código	Nombre	Nivel mg/kg	Sufijo	Tipo	Referencia	Notas/observaciones para el Codex Alimentarius
	Aceitunas de mesa	1		NM	CS 66-1981	
	Espárragos en conserva	1		NM	CS 56-1981	
	Zanahorias en conserva	1		NM	CS 116-1981	
	Frijoles verdes y frijillos en conserva	1		NM	CS 16-1981	
	Guisantes (arvejas) verdes en conserva	1		NM	CS 58-1981	
	Guisantes (arvejas) maduros elaborados en conserva	1		NM	CS 81-1981	
	Setas en conserva	1		NM	CS 55-1981	
	PanMito en conserva	1		NM	CS 144-1985	
	Maíz dulce en conserva	1		NM	CS 18-1981	
	Tomates en conserva	1		NM	CS 13-1981	
	Pepinos encurtidos (encurtido de pepinos)	1		NM	CS 115-1981	
	Concentrados de tomate elaborados	1.5		NM	CS 57-1981	
JF 0175	Zumos (jugos) de frutas	0,05		NM		Incluidos los néctares, listos para beber
GC 0081	Cereales en grano, excepto el trigo sarraceno, la cañihua y la quinoa	0,2		NM		
	Castañas en conserva y puré de castañas en conserva	1		NM	CS 145-1985	
MM 0097	Carne de vacuno, porcino y ovino	0,1		NM		También se aplica a la grasa de la carne
PM 0110	Carne de aves	0,1		NM		
MO 0812	Vacuno, despojos comestibles	0,5		NM		
MO 0818	Porcino, despojos comestibles	0,5		NM		
PO 0111	Aves, despojos comestibles	0,5		NM		
	Grasas y aceites comestibles	0,1		NM	CS 19-1981	Grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales
	Margarina	0,1		NM	CS 32-1981	
	Minarina	0,1		NM	CS 135-1981	
	Grasas animales especificadas	0,1		NM	CS 211-1999	Manteca de cerdo, grasa de cerdo fundida, primer jugo y sebo comestible
OR 0305	Aceite de oliva refinado	0,1		NM	CS 33-1981	
OC 0305	Aceite de oliva virgen	0,1		NM	CS 33-1981	
OR 5330	Aceite de residuo de la aceituna	0,1		NM	CS 33-1981	Aceite de orujo de oliva
PF 0111	Grasas de aves	0,1		NM		
OC 0172	Aceites vegetales sin refinar	0,1		NM	CS 210-1999	Aceites de cacahuete, babasú, coco, semillas de algodón, semillas de uva, semillas de mostaza, palmiche, palma, nabina, cártamo, sésamo, soya y girasol, oleína de palma, estearina y su equivalente y otros aceites, excepto la manteca de cerdo.

Referencia al JECFA:	10 (1966), 16 (1972), 22 (1978), 30 (1986), 41 (1993), 53 (1999)					
Orientación toxicológica:	ISTP 0.025 mg/kg pc (1986, mantenida en 1993 y 1999)					
Definición del residuo:	Plomo total					
Sinónimos:	Pb					
Códigos de prácticas relacionados: Código de prácticas para la prevención y reducción de la contaminación por plomo en los alimentos (CAC/RCP 56-2004)						
Código de prácticas sobre medidas aplicables en el origen para reducir la contaminación de los alimentos con sustancias químicas (CAC/RCP 49-2001)						
Producto Código	Nombre	Nivel mg/kg	Sufijo	Tipo	Referencia	Notas/observaciones para el Codex Alimentarius
FT 0026	Frutas tropicales y subtropicales variadas, de piel comestible	0,1		NM		
FI 0030	Frutas tropicales y subtropicales variadas, de piel no comestible	0,1		NM		
FB 0018	Bayas y otras frutas pequeñas	0,2		NM		
FC 0001	Frutos cítricos	0,1		NM		
FP 0009	Frutas pomáceas	0,1		NM		
FS 0012	Frutas de hueso	0,1		NM		
VB 0040	Brasicáceas	0,3		NM		Excepto la col
VA 0035	Hortalizas de bulbo	0,1		NM		
VC 0045	Hortalizas de fruto, cucurbitáceas	0,1		NM		
VO 0050	Hortalizas de fruto, excepto las cucurbitáceas	0,1		NM		Excepto los hongos
VL 0053	Hortalizas de hoja	0,3		NM		Incluidas las brasicáceas y las hortalizas de hoja pero excluidas las espinacas
VP 0060	Hortalizas de leguminosas	0,2		NM		
VD 0070	Legumbres	0,2		NM		
VR 0075	Raíces y tubérculos	0,1		NM		Incluidas las papas peladas
	Cóctel de frutas en conserva	1		NM	CS 78-1981	
	Pomelos en conserva	1		NM	CS 15-1981	
	Mandarinas en conserva	1		NM	CS 68-1981	
	Mangos en conserva	1		NM	CS 159-1987	
	Piña en conserva	1		NM	CS 42-1981	
	Frambuesas en conserva	1		NM	CS 60-1981	
	Fresas en conserva	1		NM	CS 62-1981	
	Ensalada de frutas tropicales en conserva	1		NM	CS 99-1981	
	Compotas (conservas de frutas) y jaleas	1		NM	CS 79-1981	
	Salsa picante de mango	1		NM	CS 160-1987	

**Fuente:** CODEX STAN 193-1995 Norma general del Codex para los Alimentos

**Tabla 4:** Límites permisibles en plomo y cadmio

FRUTA / VERDURA	PLOMO	CADMIO
Lechuga – hortaliza herbácea	0.3 mg/kg – NM	0.2mg/kg -NM
Fresa – fruta pequeña y productos vegetales frescos	0.10mg/kg - NM	0.05mg/kg -NM
Tomate – hortalizas de fruto de piel comestible	0.05mg/kg -NM	0.05mg/kg -NM

*Fuente:* CODEX STAN 193-1995 Norma general del Codex para los Alimentos

#### **2.4.7. Organización Mundial de la Salud (OMS)**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece límites tolerables para la exposición media de metales pesados por día, semana y mes en las personas. (50)

#### **2.4.8. SENASA PERÚ**

Define los alimentos agropecuarios primarios y piensos a monitorear, incluyendo el agua, de acuerdo a su factor de riesgo; así como la cantidad y distribución de las muestras por región, los residuos químicos, contaminantes microbiológicos y parásitos. (51)

Determina la presencia de contaminantes en los alimentos agropecuarios primarios y piensos monitoreados, para contribuir a mejorar la inocuidad en la cadena agroalimentaria (51)

Generar información sobre los alimentos agropecuarios primarios y piensos monitoreados para la posterior implementación de acciones correctivas en caso de

detección de contaminantes por encima de los límites máximos permitidos o en caso de hallazgos de sustancias prohibidas. (51)

#### **2.4.8.1. Límites Máximos Permitidos Según SENASA-Perú**

El decreto supremo N° 004-2011-AG, establece que los alimentos agropecuarios primarios que se consumen en el mercado Nacional, incluyendo los importados, no deben exceder los límites máximos permisibles de residuos químicos y otros contaminantes, fijados en la norma nacional o en ausencia de esta, los establecidos por el *Codex Alimentarius*. (52)

#### **2.4.9. Frutas y sus propiedades nutricionales**

Según el código alimentario, se define una fruta como un fruto, una infrutescencia, una semilla y partes carnosas de aceites florales que han madurado apto para el consumo humano. (53)

Las frutas y verduras son esenciales para una dieta saludable, ya que su consumo regular ayuda a prevenir diversas anomalías o enfermedades. La OMS (Organización Mundial de la Salud) y la FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación) recomiendan comer frutas y verduras por día (excluyendo papas y otros tubérculos) para prevenir enfermedades, diversidad y deficiencias de micronutrientes. Las enfermedades crónicas más comunes entre las personas que comen menos frutas y verduras son las enfermedades cardíacas, el cáncer, la diabetes y la obesidad. (54)

#### **Clasificación de las frutas**

El término fruto también incluye frutos complejos, inflorescencias y semillas.

Se distinguen los siguientes grupos

- Frutas de pepita: Varios frutos de rosas. El propio fruto (semilla o pepita) se encuentra dentro de la flor y se transforma en pulpa carnosa (mesocarpio) como peras, manzanas y membrillos.
- Frutas de hueso (drupa): Las semillas están contenidas en piedras duras (endocarpio leñoso) recubiertas de envoltura carnosas formadas a expensas de la parte exterior del pericarpio.
- Frutas en baya: Al igual que los arándanos, las grosellas, las uvas, el tejido carnoso de la fruta forma la fruta real. Esto incluye frutas complejas que conectan pequeñas frutas carnosas con huesos como fresas, frambuesas y moras.
- Frutas con cáscara: Se encuentran en este grupo aquellos cuya cubierta protectora es más trascendente (nueces, maní, avellanas.)
- Frutas tropicales: Se encuentra compuesta por especies de pepas de fruta, hueso y baya, así como de otras frutas tropicales y subtropicales como por ejemplo plátanos, ananás, palmitos, higos y cítricos (limón, naranja, mandarina y pomelo). (54)

#### **2.4.9.1. Fresa**

La fresa pertenece a la familia Rosácea y genero Fragaria, es una planta de tipo herbáceo y perenne, de pequeña altura, considerada como una fruta exótica, de gran aroma y con grandes ofertas de mercado. (55)

Se destaca por su contenido de vitamina C, taninos, flavonoides, antocianinas, catequina, quercetina y kaempferol, ácidos orgánicos (cítrico, málico, oxálico, salicílico

y elágico) y minerales (K, P, Ca, Na y Fe), además de pigmentos y aceite esencial. (55)

El rendimiento de este cultivo está sujeto a manejarse de forma anual, manteniéndose en producción a lo largo de todo el año con cosechas luego de los 4 primeros meses y con recomendaciones de cambio a los 2 años de edad. Las variedades cultivadas pueden llegar a tener una capacidad de producción entre 50 y 100Ton/ha/año. (55)

Las fresas al igual que otras frutas están expuestas a ser contaminadas con metales pesados ya sea por los fertilizantes aplicados, el agua de riego o las condiciones del suelo. En la fresa ya se han detectado metales como el plomo en valores normales de 0,1 ppm, y el cadmio en valores de 0,05 ppm, incluso la no cuantificación, pero si determinación de metales en esta fruta, crea la necesidad de seguir investigando. (55)

**Figura 2:** Partes de la fresa



**Fuente:** P. Inagan, *Partes de la Fresa*, 2010 (56)

### 2.4.10. Verduras

El término "verduras" se refiere a las partes comestibles de las plantas que se utilizan en la alimentación humana; las mismas se describen como siguen:

Raíces: zanahoria rábano

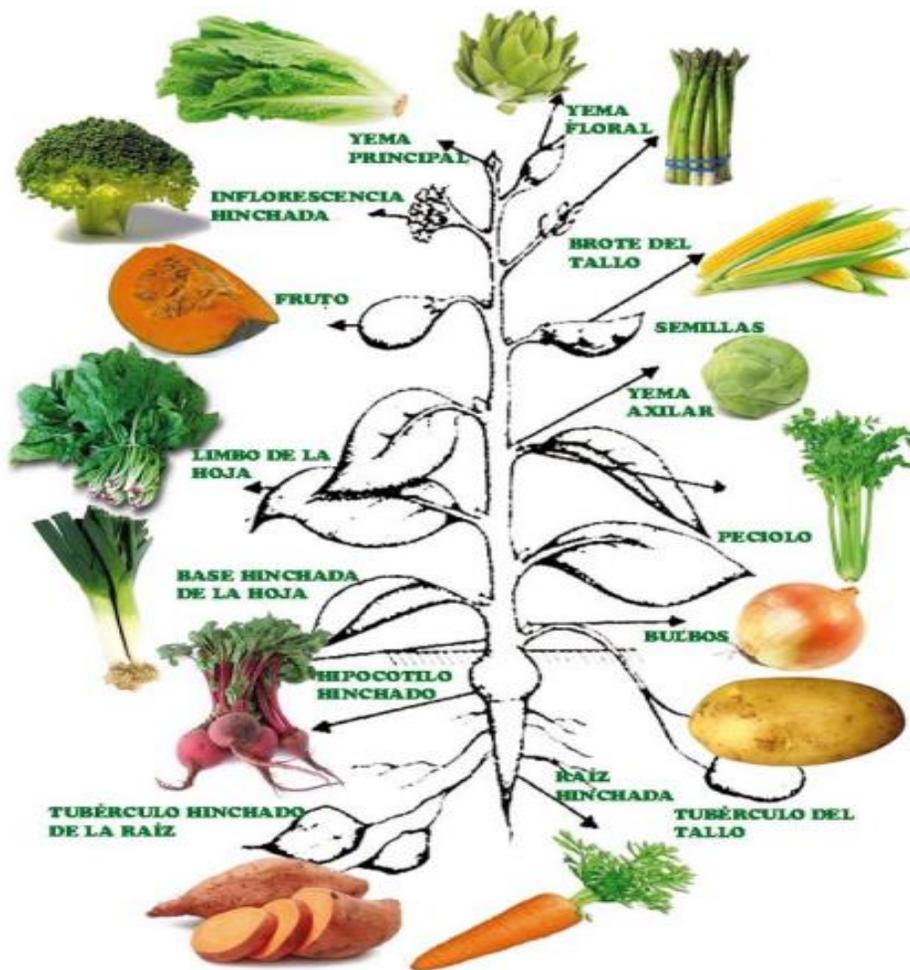
Tallo: apio, espárragos

Hojas: espinaca, lechuga, repollo

Frutos; pepino, tomate

Flores: brócoli, coliflor. (57)

**Figura 3:** Clasificación de las especies vegetales



**Fuente:** Instituto de Nutrición de Centro América- INCAP/OPS (2015). (57)

#### **2.4.10.1. Hortalizas**

Hortaliza del latín hortalis, relativo al huerto, hace referencia a aquellas plantas anuales, bianuales o perennes de las cuales, una o más partes pueden ser utilizadas ya sea en estado tierno o maduro (AGROCALIDAD, 2015). Su importancia radica en que constituyen la fuente principal de vitaminas y minerales. (18)

La producción actual de las hortalizas en todo el mundo es muy importante, tal es así que junto con las verduras representa el segundo grupo de alimentos más producido en el mundo, después de los cereales (FAO-2017). (18)

#### **Clasificación de las Hortalizas.**

La FAO (2011), menciona que según la parte comestible de la planta las hortalizas se clasifican en: Hojas, raíces, tallos, frutos, bulbos, legumbres frescas o verdes y brotes. Según el medio de conservación, existen hortalizas frescas, hortalizas congeladas, hortalizas en conserva, hortalizas deshidratadas, hortalizas liofilizadas. (18)

Según el color: Hortalizas de hoja verde: Aportan pocas calorías y tienen un gran valor alimenticio, por su riqueza en vitaminas, mineral y fibra. El color verde se debe a la presencia de la clorofila Ej.: Lechuga, escarola, repollo, achicoria, berro, acelga, espinaca, etc. (18)

Hortalizas amarillas/naranjas: Su color es debido a su alto contenido en caroteno, el mismo que favorece la formación de Vitamina A. En este grupo destacan la zanahoria, calabazas, etc. (18)

Hortalizas de otros colores: Contienen poco caroteno, pero son ricas en vitamina C y en las vitaminas del complejo B. Ej.: pimientos, coliflor, repollos, etc. (18)

**Tabla 5:** *Clasificación de las hortalizas según su parte comestible*

<b>Parte Comestible</b>	<b>Hortalizas</b>
<b>Flor</b>	Brócoli, Alcachofa, Coliflor
<b>Hojas</b>	Apio, Perejil, Acelga, Espinaca, Repollo, Lechuga
<b>Fruto</b>	Tomate, Pepino, Zapallo, Vainita, Haba, Arveja, Ají, Pimiento, Berenjena
<b>Tallo y bulbos</b>	Cebolla, Ajo, Papa
<b>Rais</b>	Zanahoria, Nabo, Remolacha, Rábano

**Fuente:** FAO, 2011

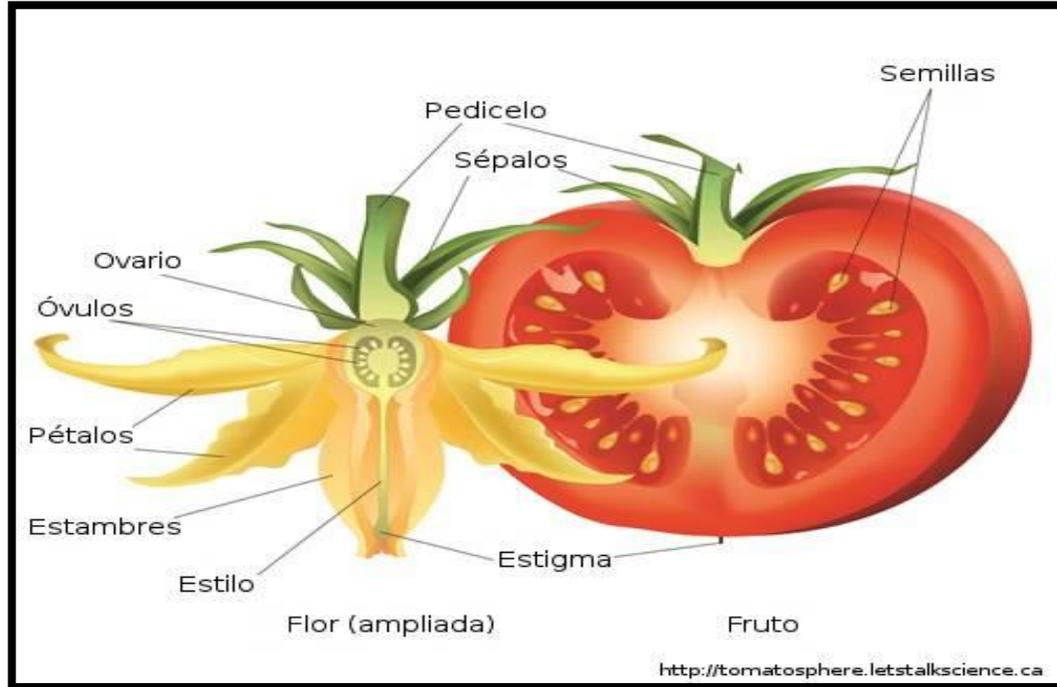
#### **2.4.10.2. Tomate**

Es una planta anual, a veces bienal, erecta o decumbente, de tamaño muy variable según las variedades (las precoces suelen alcanzar una longitud de 1,2 m; las tardías son casi siempre más grandes y pueden llegar al doble de longitud). Tiene tallos ramificados, a veces volubles, densamente glanduloso-pubescentes, con pelos cortos con o sin glándulas y pelos largos, blancos y pluricelulares. Las hojas, de hasta 25 por 15 cm, son ovadas u ovado-lanceoladas, imparipinnadas o biimparipinnadas con pecíolo de 1,5 a 6 cm. La inflorescencia se compone de cimas racemiformes, aisladas o geminadas, con 3-7 flores, extraaxilar, con frecuencia opuesta a las hojas y con pedúnculo de 4 a 15 mm. (18)

Las flores son actinomorfas, hermafroditas, sin brácteas, con pedicelos de 5 a 20 mm en la antesis, y de hasta de 30 mm, deflexos y ensanchados en la fructificación, con una articulación hacia la mitad o un poco por encima de la misma. El cáliz tiene de 6 a 10 mm en la floración y hasta de 30 mm en la fructificación. Es campanulado, con sépalos soldados en la base, glanduloso-pubescente. La corola mide de 8 a 12 mm, igual o ligeramente más larga que el cáliz, amarilla, glandulosopubescente, con pétalos que pueden ser de 5 a 8, soldados en la base, oblanceolados, ciliados, con tres nervios. Los estambres son glabros, iguales entre sí, con filamentos de 0,2 a 1 mm, unidos en la parte inferior y con la parte distal libre, más corta que las anteras que tienen de 6 a 8 mm. (18)

El fruto (el tomate propiamente dicho), es una baya generalmente de forma sub-esférica, globosa o alargada y habitualmente de unos 8 centímetros de diámetro, cortamente glanduloso-pubescente y verde cuando es inmadura y que toma generalmente un color rojo intenso con la maduración. Las semillas son ovoides, comprimidas, lisas o muy velludas, parduzcas y están embebidas en una abundante masa mucilaginosa. (18)

**Figura 4:** Anatomía de la flor del tomate



**Fuente:** MundoHuerto. Licencia de Creative Commons. 2016 - 2022 (58)

### **2.4.10.3. Lechuga**

Es una planta con raíz pivotante y ramificada de unos 25 cm. El crecimiento se desarrolla en roseta; las hojas se disponen alrededor de un tallo central, corto y cilíndrico que gradualmente se va alargando para producir las inflorescencias, formadas por capítulos de color amarillo reunidos en corimbos. (18)

Según las variedades los bordes de las hojas pueden ser lisos, ondulados o aserrados. Las semillas están provistas de un vilano plumoso. Son hierbas anuales, con savia lechosa; tallos erectos, solitarios o pocos, glabros, de 0.3 a 1 m de alto, poseen hojas basales o caulinares. Las capitulescencias se componen de densas panículas corimbosas; capítulos ligulados, erectos; filarias cilíndricas, con varias series de

brácteas caliculadas, imbricadas. Los aquenios son angulados, fusiformes, rostrados, lenticular-oblongos y el vilano se compone de numerosas cerdas finas y blancas. (18)

**Figura 5:** *Morfología de la Lechuga*



**Fuente:** *Institución de excelencia en investigación científica e innovación tecnológica para el campo mexicano. Mexico-2022.* (59)

### **Frutas y vegetales de la dieta humana con presencia de metales pesados**

Como resultado únicamente de la tecnología agrícola, las emisiones industriales, las fuentes geológicas, los metales pesados como el arsénico (As), el cadmio (Cd), el plomo (Pb), el mercurio (Hg) y el vanadio (V) no benefician a la humanidad y no tienen mecanismos homeostáticos conocidos, pero otros metales pueden detectarse en concentraciones detectables en frutas y verduras, o en la alimentación humana. (60)

#### **2.4.11. Centros de abastos**

Son todos aquellos espacios, locales o establecimientos que pertenecen al gobierno local o de propietarios privados y dentro del local se expenden productos de todo tipo

incluido productos ya sea de consumo, limpieza entre otros, donde lo constituyen como participantes a vendedores y compradores, respecto a la infraestructura un centro de abasto tiene internamente ambientes distribuidos con puestos comerciales donde el cliente elige lo que quiere comprar (mercado municipal de abasto este el título de la web (61).

#### **2.4.12. Espectrometría de Masas con fuente de Plasma acoplado inductivamente (ICP-MS)**

La técnica analítica conocida como Espectrometría de Masas con Fuente de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) ha ganado gran popularidad en el campo del análisis elemental. (62)

En 1980, se introdujo la tecnología de ICP-MS, logrando la unión de una fuente de plasma a presión normal con un espectrómetro de masas basado en un cuadrupolo. Desde entonces, la técnica de ICP-MS ha experimentado un desarrollo constante en el análisis multielemental e isotópico.

#### **VENTAJAS DE ICP-MS**

como la capacidad de realizar análisis de elementos en niveles de traza y ultra traza, así como análisis isotópicos. También se destaca por su alta sensibilidad. En comparación con otras técnicas que se enfocan en la determinación de elementos tóxicos en agua subterránea de forma mono-elemental, el ICP-MS puede llevar a cabo estos análisis en cuestión de minutos. Además, tiene la capacidad de realizar análisis isotópicos, especialmente para elementos como el plomo (Pb), el mercurio (Hg), el uranio (U) y el torio (Th), incluso a niveles de ultra traza. (62)

## PRINCIPALES USOS DE ICP-MS

a) Geológico: El ICP-MS es una técnica fundamental en la realización de investigaciones sobre la distribución de elementos naturales o de origen humano en la superficie, así como en la determinación de relaciones isotópicas y la caracterización de rocas, minerales y sedimentos. (62)

b) Ambiental: En los estudios ambientales, es frecuente la medición de elementos tóxicos para los seres humanos, como el arsénico (As), plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), flúor (F), así como elementos radioactivos naturales como el uranio (U) y el torio (Th). El ICP-MS se utiliza ampliamente en estudios de evaluación ambiental, que incluyen la calidad del agua potable, la caracterización de residuos tóxicos, la evaluación de la contaminación de aguas pluviales, superficiales y subterráneas, el control de la contaminación atmosférica, la caracterización de suelos y la identificación de contaminantes orgánicos e inorgánicos sin alterar su composición química en fuentes naturales. (62)

c) Biología y medicina: El ICP-MS tiene diversas aplicaciones en biología y medicina, incluyendo la evaluación de trazadores isotópicos, compuestos bioinorgánicos y elementos traza y ultra traza en tejidos y fluidos biológicos. En medicina, el ICP-MS se utiliza para analizar los niveles de elementos esenciales en fluidos biológicos humanos, con el objetivo de establecer posibles asociaciones entre estos niveles y condiciones como la obesidad, la diabetes, el síndrome metabólico y el cáncer. Además, se realizan estudios para evaluar la toxicidad asociada con la ingesta de alimentos que contienen elementos altamente tóxicos para los seres humanos. (62)

d) Química y materiales: El ICP-MS se utiliza frecuentemente en la caracterización de materias primas, el control de calidad de productos finales, la química fina y la determinación de la pureza en productos de alto valor agregado. La ciencia de materiales es un ejemplo destacado, ya que el ICP-MS se emplea para determinar la pureza y composición química de diversos materiales. (62)

e) Alimentos: La industria de ciencia y tecnología de alimentos está experimentando un crecimiento continuo, y en este contexto, el ICP-MS juega un papel importante en diversas tareas. Estas incluyen el control de materias primas, la evaluación y control de elementos contaminantes provenientes de envases, la detección y control de toxicidad, así como el control de calidad del producto final. Además, se utilizan técnicas como la cromatografía de alta eficiencia (HPLC)-ICP-MS o la cromatografía de gases (GC)-ICP-MS para determinar las especies químicas presentes en la materia prima. (62)

f) Electrónica y energía: En la industria electrónica, es común solicitar el análisis de plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr) y mercurio (Hg) mediante ICP-MS. Esto se debe a que se realiza un seguimiento constante de la pureza de materiales como semiconductores, superconductores, detectores y dopantes. De manera similar, en el campo de la energía, se lleva a cabo de manera rutinaria el análisis isotópico, el control de impurezas y la evaluación de la exposición ocupacional del personal. (62)

g) Arte y arqueometría: El ICP-MS ha tenido un gran impacto en estas dos áreas de la ciencia al enfocarse en la caracterización a través de determinaciones isotópicas y análisis total de elementos en pigmentos, bronce, metales, aleaciones, cerámicas y

otros materiales. Estos estudios han permitido la autenticación de piezas de arte y la determinación de su antigüedad. El ICP-MS es una técnica versátil y robusta, capaz de analizar hasta 70 elementos en una sola muestra. Además, puede alcanzar límites de detección muy bajos, del orden de partes por cuatrillón a partes por billón, con rangos lineales desde subpartes por cuatrillón hasta pocas partes por millón. Estas características lo convierten en una técnica ideal para estudios de pureza o análisis a niveles de ultra traza. Los ICP-MS de alta resolución han demostrado ser especialmente adecuados para la medición de relaciones isotópicas en diversas matrices. Además, el acoplamiento del ICP-MS con técnicas de cromatografía o ablación láser ha sido especialmente útil en estudios que se centran en la interacción de metales y proteínas (metaloproteínas) en muestras biológicas. (62)

En la actualidad, el ICP-MS ha alcanzado niveles inimaginables y ha logrado resolver interferencias poliatómicas en el análisis, brindando sensibilidad, exactitud y precisión en la determinación isotópica o de especiación mediante el uso de varios métodos de separación, como GC, HPLC, cromatografía de electroforesis (CE) y cromatografía iónica (CI). Cabe destacar que, después de casi cuatro décadas desde la introducción del ICP-MS, se estima que más de 15,000 instrumentos de ICP-MS con cuadrupolo y celda de colisión están instalados en todo el mundo. (62)

#### Tipos de ICP-MS

En el mercado internacional, existen diversas versiones de ICP-MS. A continuación, se mencionan algunos de ellos:

- ICP-QMS cuadrupolo simple con celda de colisión.

- ICP-QQQMS triple cuadrupolo con celda de colisión.
- ICP-SFMS y/o HR-ICP-SFMS de alta resolución con sector magnético y colector simple.
- ICP-SFMS multicolector con sector magnético y múltiples colectores. (62)

## **Marco Conceptual**

**Metales pesados:** El término "metales pesados" se refiere a elementos con pesos atómicos elevados que son potencialmente tóxicos y se utilizan en procesos industriales, como el cadmio (Cd), el cobre (Cu), el plomo (Pb), el mercurio (Hg) y el níquel (Ni), que, incluso en bajas concentraciones, pueden ser perjudiciales para plantas y animales. (63)

**Frutas:** Son un grupo de alimentos de origen vegetal que proceden del fruto de ciertas plantas, como los melones o árboles como el albaricoquero. Las frutas tienen un sabor y un olor distintos, así como propiedades nutricionales y químicas que las diferencian de otros alimentos. (64)

**Verduras:** Todo lo que venga de una planta es una verdura, incluyendo frutas, semillas, legumbres, tubérculos y cereales. Los vegetales siempre han sido una parte importante de nuestra dieta. (65)

**Espectrometría de Masa:** La espectrometría de masas se fundamenta en la separación de partículas moleculares o atómicas por su diferente masa. (66)

**Plasma Acoplado Inductivamente:** Se basa en el acoplamiento de un método para generar iones. (67)

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Materiales**

##### **3.1.1. Materiales de laboratorio**

- Tubos de ensayo de 5, 10, 20, 50mL
- Vasos de precipitados de 5, 10, 15, 25 ml.
- Matraz de 20, 25, ml
- Pipetas de 5, 10 ml
- Baguetas
- Papel filtro
- Pinzas
- Soporte universal de metal
- Pizetas
- Mortero
- Balanza
- Gotero
- Licuadora

##### **3.1.2. Equipos de laboratorio**

- Cámara de extracción de gases
- Espectrómetro de absorción atómica
- Balanza analítica baño isotérmico
- Estufa
- Sistema de digestion HotBlock

### **3.1.3. Muestra**

- Fruta seleccionada
- Verdura seleccionada

### **3.1.4. Reactivos químicos**

- Ácido nítrico(c)
- Ácido clorhídrico (c)

### **3.1.5. Otros**

- Papeles A4
- Cinta masking tape
- GPS
- Mandil de laboratorio
- Guantes de látex
- Protector de cabello
- Mascarilla
- Lentes para evitar el salto del ácido
- Plumón indeleble
- Lápiz
- Teflón

## **3.2. Diseño metodológico**

### **3.2.1. Enfoque de la investigación**

La investigación se llevó a cabo mediante el enfoque cuantitativo, puesto que desde el momento de la recopilación de la información se empleó instrumentos de carácter

cuantificable y en el proceso de procesamiento, análisis y contrastación se hizo uso de valores numéricos con respecto a los valores permisibles de la presencia de los metales pesados. Para ello se obtuvo tablas y figuras descriptivas e inferenciales en su gran mayoría con la finalidad de que la mismas explico y/o respondió a cada uno de los objetivos planteados.

El enfoque cuantitativo en una investigación se vincula a conteos numéricos y la aplicación de diferentes métodos matemáticos. Además de ello, dicho enfoque es apropiado cuando se requiere estimar las magnitudes u ocurrencias de los fenómenos y así como también comprobar las hipótesis planteadas en una investigación. (68)

### **3.2.2. Tipo de investigación**

La presente investigación se desarrolló mediante el tipo descriptivo, debido a que se realizó mediciones exhaustivas y directas sobre la concentración de los metales pesados cadmio (Cd) y plomo (Pb) inherentes en los productos como la fresa, tomate y lechugas comercializadas en los mercados: Vinocanchon, Molino I, Ttio y Ccasccaparo; todas ellas ubicadas en el ámbito de la provincia del Cusco. En efecto, la investigación busca contrastar y/o especificar todas aquellas características y propiedades de la fruta y verduras que cumplan con los estándares adecuados para el consumo humano. En primera instancia se realizó una prueba piloto con la finalidad de comprobar la confiabilidad del instrumento y la viabilidad de obtener los resultados esperados en los análisis de laboratorio.

Es de conocimiento que, los centros de abasto Vinocanchon, Molino I, Ttio y Ccasccaparo cuentan con mayor concurrencia o preferencia de los

pobladores/compradores de la ciudad del Cusco, en ese sentido, los comerciantes de dichos mercados diariamente requieren o se abastecen de productos en grandes cantidades para satisfacer la demanda de la población, en el caso particular de las frutas y verduras, estas son importadas de zonas donde se realizan actividades de minería, fábrica de ladrillos, tejas, artesanías u otras actividades.

Según Hernández & Mendoza (2018), los estudios descriptivos especifican todas aquellas características y propiedades de un grupo de personas, comunidades, objetos u otros fenómenos involucrados a una serie de análisis. (68)

### **3.2.3. Diseño de la investigación**

La investigación fue desarrollada según el diseño no experimental-transversal, llevándose a cabo trabajos desde su recolección de las muestras, proceso de acondicionamiento de los productos, trabajos laboratoriales y obtención de los resultados finales con la finalidad de determinar la concentración de metales pesados en los alimentos considerados en la investigación. Además de ello, la recopilación de datos se realizó en una sola ocasión tal como lo refiere la investigación de corte transversal.

La investigación no experimental se basa en estudios, conceptos, variables, sucesos, que se dan sin la intervención directa del investigador, es decir; se observan los fenómenos o acontecimientos tal y como se dan en su contexto natural. En un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes. (68)

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Muestra biológica**

La muestra biológica de la investigación está compuesta por aquellas unidades de fresa, tomate y lechugas comercializadas en los centros de abasto: Vinocanchon, Molino I, Ttio y Ccasccaparo. Sobre cada muestra en mención se identificó las características, propiedades, concentración de metales pesados y la procedencia de las mismas.

En la investigación la unidad de análisis fue: la fresa, tomate y lechuga; es por ello que al conjunto de ellas se denominó muestra biológica. Para que la unidad de análisis se considere dentro de la muestra a analizar se aplicó el muestreo al azar a los comerciantes y de los cuales se obtuvo los productos de interés. Cabe precisar que, en la actualidad no existe un padrón de comerciantes que posibilite manejar una base de datos completa y en consecuencia facilitar la focalización a los comerciantes que ofrezcan información relevante.

#### **3.3.2 Técnicas de selección de muestra**

Las muestras (productos) de la investigación se extrajo por intermedio de un muestreo aleatorio, técnica de muestreo utilizado debido a que los investigadores mantienen un alto grado de acceso a la recopilación de datos sin demasiadas complicaciones, asimismo dichas informaciones fueron obtenidas de manera directa sobre los comerciantes entablando una comunicación provechosa e idónea a favor de los intereses en conseguir una investigación relevante y trascendental.

### **3.3.3 Criterios de inclusión y exclusión**

#### **Inclusión**

- Los alimentos deben ser comercializados en los centros de abasto Vinocanchon, Molino I, Ttio y Ccasccaparo; los mismos situados en el ámbito de la ciudad del Cusco.

#### **Exclusión**

- La fresa que presente agrietamientos y deterioros no fue considerada en el estudio de investigación y fueron eliminadas.
- La muestra de tomate y lechuga que tuvo presencia de brotes, agrietamiento y deterioro, fueron excluidos del proceso de recolección de datos en el trabajo de investigación.

El tamaño de la población o cantidad total de fresas, tomates y lechugas es indeterminado o en su defecto imposible de contabilizar. Por ende, mediante factores económicos (costo de laboratorio/muestra), tiempo y así mismo por la información de los antecedentes registrados en la investigación se vio por conveniente y criterio considerar un total de 24 muestras distribuidas en los productos en mención. Las muestras o productos fueron recopiladas de diferentes lugares de procedencia y según los resultados de las mismas se puedan extrapolar a la población de muestras.

### **3.3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de datos, la técnica que se empleó fue una ficha de recolección de datos, el cual fue diseñado y elaborado en base a los antecedentes y la bibliografía disponible. La ficha de recolección de datos fue

aplicado a los comerciantes ubicados en los mercados determinados en la presente investigación.

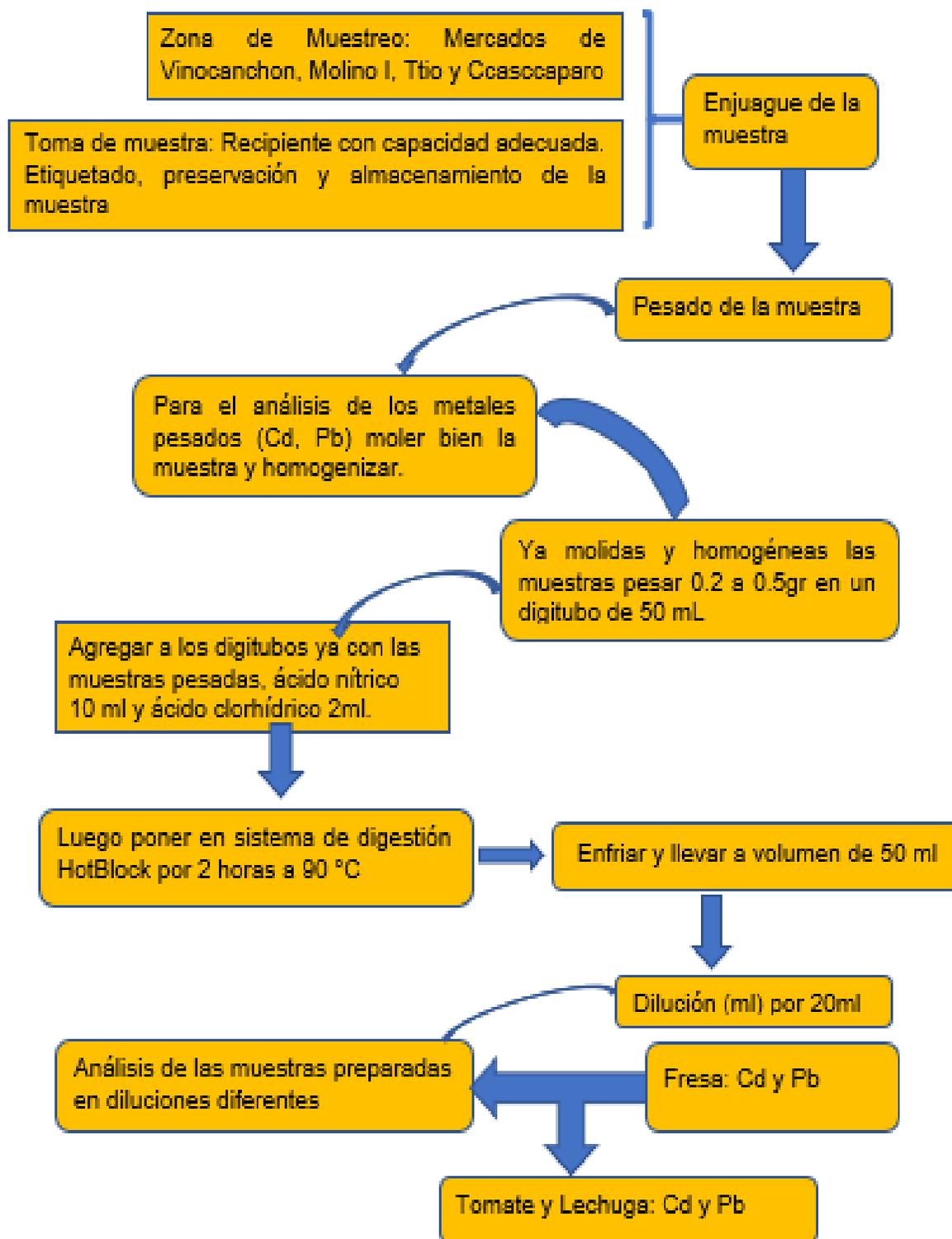
**Equipos de laboratorio:**

- Espectrómetro de absorción atómica
- Balanza analítica
- Matraz de diversos volúmenes
- Probetas de diversos volúmenes
- Ácidos para digestor
- Sistema de digestión HotBlock

**3.3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

En base a los análisis de laboratorio a desarrollar mediante la espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente ICPMS en fresa, tomate y lechuga vendidas en los mercados consignados en la investigación se procedió al procesamiento y análisis de los datos mediante el uso del programa de Excel y posteriormente en el software estadístico SPSS V.27 con el fin de obtener tablas y figuras de distribución de frecuencias porcentuales de manera unidimensional y bidimensional, para ello también se tuvo planificado realizar tablas de contrastación sobre la presencia de metales pesados desde el punto de vista de la procedencia y así también entre los diferentes centros de abasto considerados en la investigación

**Figura 6:** Procedimiento de análisis de metales pesados



**Fuente:** Elaboración propia

### **3.4. Variables**

#### **3.4.1. Variable dependiente**

##### **Concentración de plomo y cadmio**

###### Indicadores

- a) Nivel de concentración de plomo
- b) Nivel de concentración de cadmio

###### **Naturaleza**

- a) Cuantitativa
- b) Cuantitativa

###### **Medición**

- a) Directa
- b) Directa

###### **Escala**

- a) Continua
- b) Continua

###### **Instrumento**

- a) Espectrofotómetro
- b) Espectrofotómetro

###### **Proceso de medición**

Se procedió al pesado de las muestras, luego ya molidas y homogéneas, se agregó ácido nítrico y ácido clorhídrico, luego se diluyó las muestras y se esperó resultados por el método ICP-MS de Pb y Cd en ml/kg.

### **Expresión final**

Nivel máximo de concentración de plomo

- Fruta: Fresa 0.10 mg/kg
- Verduras: Lechuga 0.30 mg/kg -Tomate 0.05mg/kg

Nivel máximo de concentración de cadmio

- Fruta: Fresa 0.05 mg/kg
- Verduras: Lechuga 0.20 mg/kg -Tomate 0.05 mg/kg

### **3.4.2 Variables intervinientes**

a) CENTROS DE ABASTO

Lugar de expendio de los vegetales estudiados (fresa, tomate y lechuga).

b) PROCEDENCIA

Procedencia de los vegetales estudiados (fresa, tomate y lechuga).

### **Naturaleza**

a) Cuantitativa

b) Directa

### **Medición**

a) Directa

- b) Nominal

### **Escala**

- a) Encuesta
- b) Encuesta

### **Instrumento**

- a) Encuesta
- b) Encuesta

### **Proceso de medición**

Se realizo encuesta a los centros de abastos más concurridos de la ciudad de cusco.

### **Expresión final (Lugar de expendio)**

- a) Molino I
- b) Vinocanchon
- c) Ttio
- d) Ccascaparo

### **Expresión final (Procedencia de los vegetales)**

- Urubamba
- Calca
- Anta
- San Jerónimo
- Y otros

### 3.4.3. Operacionalización de variables

VARIABLE	INDICADORES	NATURALEZA	MEDICIÓN	ESCALA	INSTRUMENTO	PROCESO DE MEDICIÓN	EXPRESIÓN FINAL
<b>CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y CADMIO</b>	Nivel de concentración de Plomo	Cuantitativa	Directa	Continuo	Espectrofotometría	Se procedió al pesado de las muestras molidas y homogénea, se agregó ácido nítrico y ácido clorhídrico, se diluyo las muestras y se esperó resultados por método ICP-MS.	<b>Fresa</b> 0.10 mg/kg
							<b>Tomate</b> 0.05 mg/kg
							<b>Lechuga</b> 0.30 mg/kg
	Nivel de concentración de Cadmio	Cuantitativa	Directa	Continuo	Espectrofotometría		<b>Fresa:</b> 0.05 mg/kg
							<b>Tomate</b> 0.05 mg/kg
							<b>Lechuga</b> 0.20 mg/kg
<b>VARIABLES INTERVINIENTES CENTROS DE ABASTO</b>	Lugar de expendio de los vegetales estudiados (fresa, tomate y lechuga)	Cualitativa	Directa	Encuesta	Encuesta	Se realizo encuesta a los centros de abastos más concurridos de la ciudad de Cusco.	Molino, Vinocanchon Ttio, Ccascaparo
<b>PROCEDENCIA</b>	Procedencia de los vegetales estudiados (Fresa, Tomate y Lechuga)	Directa	Nominal	Encuesta	encuesta		Urubamba, Calca, Urubamba Calca Anta San jerónimo

### 3.4.5 Parte experimental

**ICP-MS** (Plasma inductivamente acoplado con detector de masas) de frutas y verduras (fresa, tomate y lechuga). El método es ejecutado por el especialista o técnico autorizado en el registro Listado de Personal Autorizado para Realizar Ensayos: **Laboratorio Bhios.**

1; Nuestras muestras con alto contenido de agua se trituran en el procesador, en este caso se utilizó la licuadora y se almaceno en una bolsa de polietileno de primer uso.

2: Se pesa la muestra para la digestión vía húmeda y se establece de acuerdo al porcentaje de humedad de la muestra.

3: Luego se homogeniza la muestra y pesar en vasos de precipitado de 100ml, añadiendo 5ml ácido Nítrico ultra puro y ácido clorhídrico concentrado y tapar los vasos con lunas de reloj.

4: Se digesta la muestra en plancha de calentamiento reduciendo el volumen digestado sin hervir hasta un remanente aproximado de 1 ml, retirar de la plancha de calentamiento y dejar enfriar. Lavar el condensado de las lunas de reloj y adicionar agua ultrapura hasta 40 ml aproximadamente. Se continua la digestión en la plancha de calentamiento sin hervir violentamente, reduciendo el volumen nuevamente hasta 25 ml aproximadamente, retirar de la plancha de calentamiento y lavar el condensado de las lunas de reloj.

5: Luego filtrar la muestra digestada con papel de filtración lenta y enjuagar con agua ultrapura 3-4 veces, transferir cuantitativamente a tubos de 50 mL, llevar a volumen, homogenizar la muestra invirtiendo mínimo 8 veces.

6: Preparar la curva de calibración haciendo diluciones del estándar multielementos de 10 mg/l.

**Tabla 6:** Volúmenes de soluciones (50mL de cada uno)

Estándar de calibración y el equivalente en concentración	Cantidad usada por concentración de estándar	Cantidad de Ácido nítrico ultra puro	Cantidad de estándar interno (10ppb)
Blanco ( 0 ppb)	Solo HNO3	1ml	Ingreso continuo por tuning de 0.19mm (D. interno)
1 ppb	5 uL x 10 mg/l	1ml	
5 ppb	25 uL x 10 mg/l	1ml	
10 ppb	50 uL x 10 mg/l	1ml	
50 ppb	250 uL x 10 mg/l	1ml	
100 ppb	500 uL x 10 mg/l	1ml	

**FUENTE:** SENASA-PERU Unidad del Centro de Control de Insumos y Residuos Tóxicos

7: Los compuestos de interés son extraídos de la matriz mediante la digestión y son introducidos a través de una bomba de nebulización a una cámara spray en la radiofrecuencia del argón plasma, la temperatura en el plasma de disociación, atomización y ionización es aproximadamente 10.000 ° C.

8: Se presenta una desolvatación, atomización y ionización donde los iones de carga positiva son conducidos en un sistema de vacío al espectrómetro, pasan por los conos de interfase y son analizados en el cuadrupolo.

9: Cada ion existente en el cuadrupolo es identificado por el detector que almacena una señal de masa/carga (m/z), produciéndose un pico proporcional a la concentración del elemento.

10: En el que el aseguramiento de calidad para el presente método se basa en los criterios establecidos en el PRO-UCCIRT/Lab-03 (Control y aseguramiento de la calidad). (69)

### 3.4.6 Puntos de muestreo y cantidad de muestras

**Tabla 7:** *Puntos de muestreo y cantidad de muestra*

<b>Distrito</b>	<b>Mercado</b>	<b>Muestra</b>	<b>Cantidad de muestra</b>
San Jerónimo	Vinocanchon	Fresa	2
		Tomate	2
		Lechuga	2
Wánchaq	Ttio	Fresa	2
		Tomate	2
		Lechuga	2
Santiago	Molino	Fresa	2
		Tomate	2
		Lechuga	2
Cusco	Ccascaparo	Fresa	2
		Tomate	2
		Lechuga	2
<b>Cantidad Total muestreada</b>			<b>24</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

En la tabla N 9 se realizó el muestreo en 4 distritos diferentes, San Jerónimo, Wánchaq, Santiago y Cusco, en cada distrito se encontró diferentes mercados y se escogió 4 mercados específicos Vinocanchon, Tio, Molino y Ccascaparo respectivamente, estos fueron los lugares en la que se recolecto las diferentes muestras de tomate, lechuga y

fresa para el análisis del nivel de metales pesados (Cd y Pb), en cada mercado se obtuvo 6 muestras en total de todas las muestras a estudiar y hubo un total de 24 muestras.

**CAPITULO IV**  
**ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

**4.1. Procedencia de las muestras:**

Con la finalidad de conocer la procedencia de las muestras de lechuga, tomate y fresa se realizó una encuesta hacia los comerciantes sobre el origen de los alimentos considerados en la presente investigación.

- **Procedencia de Fresa:**

**Tabla 8:** *Procedencia de la muestra de fresa*

<b>Distrito</b>	<b>Mercado</b>	<b>Procedencia de la muestra</b>	<b>Cantidad de muestra</b>
San Jerónimo	Vinocanchon	Challabamba	1
		Taray	1
Wánchaq	Ttio	Occopata	1
		Ccorao	1
Santiago	Molino	Urubamba	1
		Cachimayo	1
Cusco	Ccascaparo	Ccapi	1
		Urubamba	1
<b>Total de muestra</b>			<b>8</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

En la tabla N°10 se observa la procedencia de la muestra de fresa, se detalla el distrito y el mercado en la que fue adquirida la muestra, a la vez nos da a conocer la localidad exacta de cada muestra en donde fue cultivada la fresa: Challabamba de la Provincia de Paucartambo, Taray, Occopata, Ccorao, Urubamba, Cachimayo y Ccapi, obteniendo así 8 muestras de fresa de los diferentes mercados considerados en la investigación.

## Procedencia de Tomate:

**Tabla 9:** *Procedencia de la muestra de Tomate*

<b>Distrito</b>	<b>Mercado</b>	<b>Procedencia de la muestra</b>	<b>Cantidad de muestra</b>
San Jerónimo	Vinocanchon	Limatambo	1
		Urubamba	1
Wánchaq	Ttio	Limatambo	1
		Calca	1
Santiago	Molino	Limatambo	1
		Limatambo	1
Cusco	Ccascaparo	Limatambo	1
		Arequipa	1
<b>Total, de muestra</b>			<b>8</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

En la tabla N°11 se observa la procedencia de muestras de tomate, en la misma se detalla el distrito y el mercado en la que fue adquirida la muestra, pero lo más resaltante es la procedencia específica de cada una de ellas, como se observa, la mayoría de las muestras son del distrito de Limatambo y solo una fue de la provincia de Calca al igual que de la región de Arequipa, en totalidad se consideraron 8 muestras de tomate.

- **Procedencia de lechuga:**

**Tabla 10:** *Procedencia de la muestra de lechuga*

<b>Distrito</b>	<b>Mercado</b>	<b>Procedencia de la muestra</b>	<b>Cantidad de muestra</b>
San Jerónimo	Vinocanchon	Huamancharpa	1
		Ccollana	1
Wánchaq	Ttio	Urubamba	1
		Enaco	1
Santiago	Molino	Calca	1
		Pisac	1
Cusco	Ccascaparo	Kantarpata	1
		Ccorcca	1
<b>Total de muestra</b>			<b>8</b>

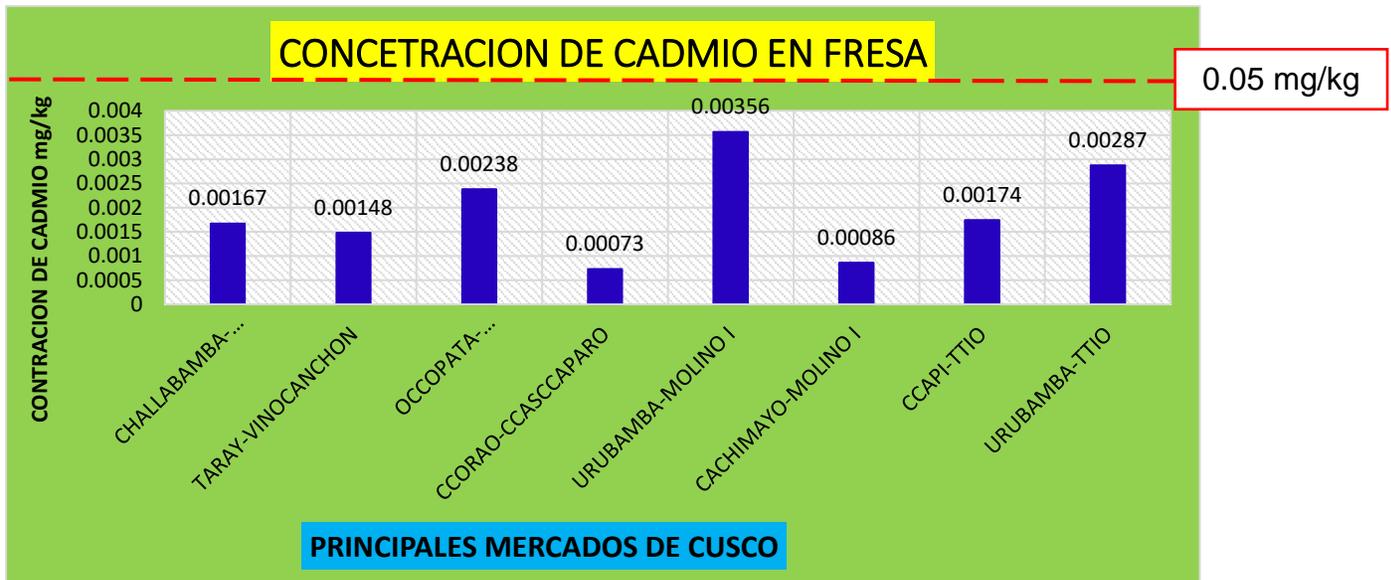
**Fuente:** *Elaboración propia*

En la tabla N°12 se aprecia la procedencia de las muestras de lechuga, se hizo el estudio en 4 distritos de la ciudad de Cusco y sobre cada distrito se escogió un mercado, para lo cual se obtuvieron dos muestras de lechuga en cada mercado, y haciendo una encuesta a las comerciantes se supo la procedencia específica de cada muestra, como se observa en la tabla cada muestra tiene una etiquetada sobre su respectivo lugar de procedencia. Obteniendo así un total de 8 muestras de lechuga.

## 4.2 Niveles de concentración de Pb y Cd en Fresa

### 4.2.1 Niveles de concentración de Cadmio en fresa

**Figura 7:** Concentración de Cadmio en fresa expendidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco



**Fuente:** Elaboración propia en base a los datos recopilados

#### **Análisis, interpretación y discusión:**

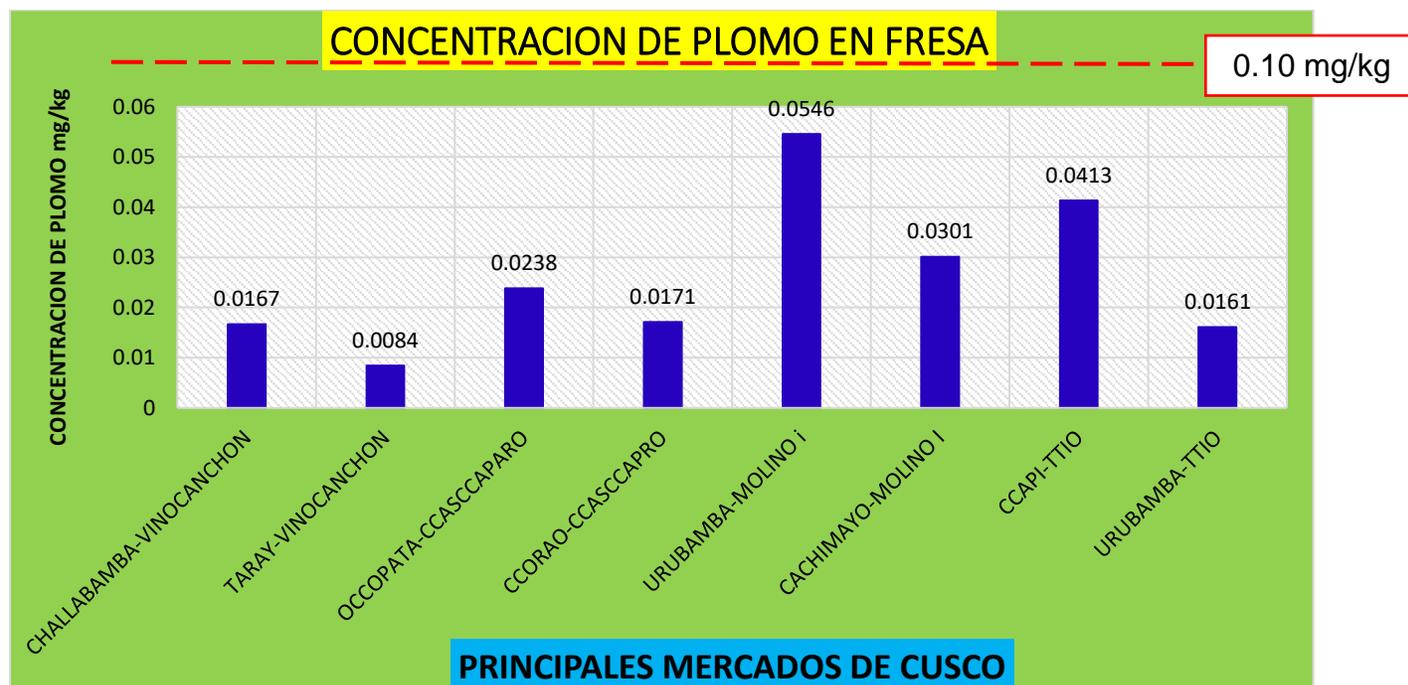
De acuerdo a los resultados mostrados en la figura N°7 referente a la concentración de Cadmio (Cd) en fresa, expendidas en los centros de abasto de la ciudad del Cusco se describe lo consiguiente; La muestra procedente de la localidad Challabamba de la provincia de Paucartambo, obtenida en el mercado de Vinocanchon tuvo una concentración 0.0016 mg/kg, que comparando con los valores permisibles del Codex Alimentarius de 0.05 mg/kg está dentro de los valores permisibles al igual que la muestra de la localidad de Taray de la Provincia de Calca con un valor 0.0014mg/kg del mercado Vinocanchon, por otro lado, las muestras de la localidad de Occopata de la provincia de Paruro tienen una concentración de 0,0023 mg/kg comparando con los valores referenciales 0.05 mg/kg está dentro del rango de los valores permisibles al igual que la

muestra obtenida del mercado Ccasccaparo procedente de la localidad de Corao del distrito de Pisac 0.0007mg/kg. Mientras tanto la muestra obtenida de la Provincia de Urubamba expandida en el mercado de Molino I tiene una concentración de 0,0035 mg/kg encontrándose dentro de los valores normales y permitidos, la muestra del mercado Molino I con procedencia de la localidad de Cachimayo tiene la concentración de 0,0008mg/kg y la misma se encuentra dentro del valor permisible. Así mismo, se obtuvo la muestra del Mercado Ttio con procedencia de la localidad de Ccapi del distrito de Paruro con una concentración de 0.0017mg/kg encontrándose dentro de los valores normales; finalmente se cuenta con la muestra conseguida en el mercado de Ttio y de procedencia de la provincia de Urubamba notándose que el valor de la concentración fue igual a 0.0028 ubicándose por debajo de valor máximo permisible igual a 0.05 mg/kg.

En el estudio de cuantificación de metales pesados en el fruto de *Fragaria x ananassa* Duch. cv. Albión (fresa) cultivado en el municipio de Sibaté, Cundinamarca de la Universidad el Bosque, realizado por **Gutiérrez Vargas Y. F**, Facultad de Ingeniería Programa Ingeniería Ambiental Bogotá, 2020. Las muestras frescas que presenten Cadmio (Cd) no pueden exceder el umbral de 0,050 ppm, al igual que la normativa internacional Codex Alimentarius; por lo tanto, el fruto de *Fragaria x ananassa* Duch. Albión del municipio de Sibaté en Cundinamarca, cumple con los límites establecidos nacional e internacionalmente en su experimentación elemental con el porcentaje de transferencia más bajo fue el Cadmio con un valor de 0,011mg/kg.

#### 4.2.2 Niveles de concentración de Pb en Fresa

**Figura 8:** Concentración de Pb en fresa expendidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco



**Fuente:** Elaboración propia en base a los datos recopilados

#### **Análisis, interpretación y discusión**

De acuerdo a los resultados mostrados en la figura N°8 referente a la concentración de Plomo (Pb) en fresa expendidas en los centros de abasto de la ciudad del Cusco se describe lo siguiente; la muestra procedente de la localidad Challabamba del distrito de Paucartambo, obtenida en el mercado de Vinocanchon cuya procedencia es de la localidad de Challabamba tiene una concentración igual a 0.0167 mg/kg, que comparando con los valores permisibles del Codex de 0.10 mg/kg entonces se encuentra por debajo de los valores permisibles al igual que la muestra de la localidad de Taray del Provincia de Calca con una concentración igual a 0.0084 mg/kg. Por otro lado, la muestra procedente de la localidad de Occopata de la provincia de Paruro, obtenida en el

mercado Ccasccaparo tuvo una concentración de plomo igual a 0,0238 mg/kg, puesto que comparándose con los valores máximo permisibles están por debajo de dicho valor, cumpliéndose la misma situación para la muestra obtenida del mercado Ccasccaparo cuya procedencia fue de la localidad de Corao del distrito de Pisac obteniéndose una concentración igual a 0.0171 mg/kg. Mientras tanto la muestra proveniente de la Provincia de Urubamba y comercializada en el mercado de Molino I tuvo una concentración de 0.0546 mg/kg y comparando con el valor permisible del Codex Alimentarius de 0.10 mg/kg se encuentra dentro del límite permisible. Seguidamente, se obtuvo la muestra del mercado Molino I con procedencia de la localidad de Cachimayo con concentración de Pb igual a 0.0301 mg/kg la misma que se encuentra por debajo de los valores permisibles. Por otro lado, se cuenta con la muestra del Mercado Ttio con procedencia en la localidad de Ccapi del distrito de Paruro con una concentración de plomo igual a 0.0413 mg/kg notándose que dicho valor referenciado se encuentra dentro del valor permisible de 0.10 mg/kg, siendo el mismo escenario de análisis para la muestra con una concentración igual a 0.0161 mg/kg cuya procedencia fue de la provincia de Urubamba y expendida en el mercado de Ttio.

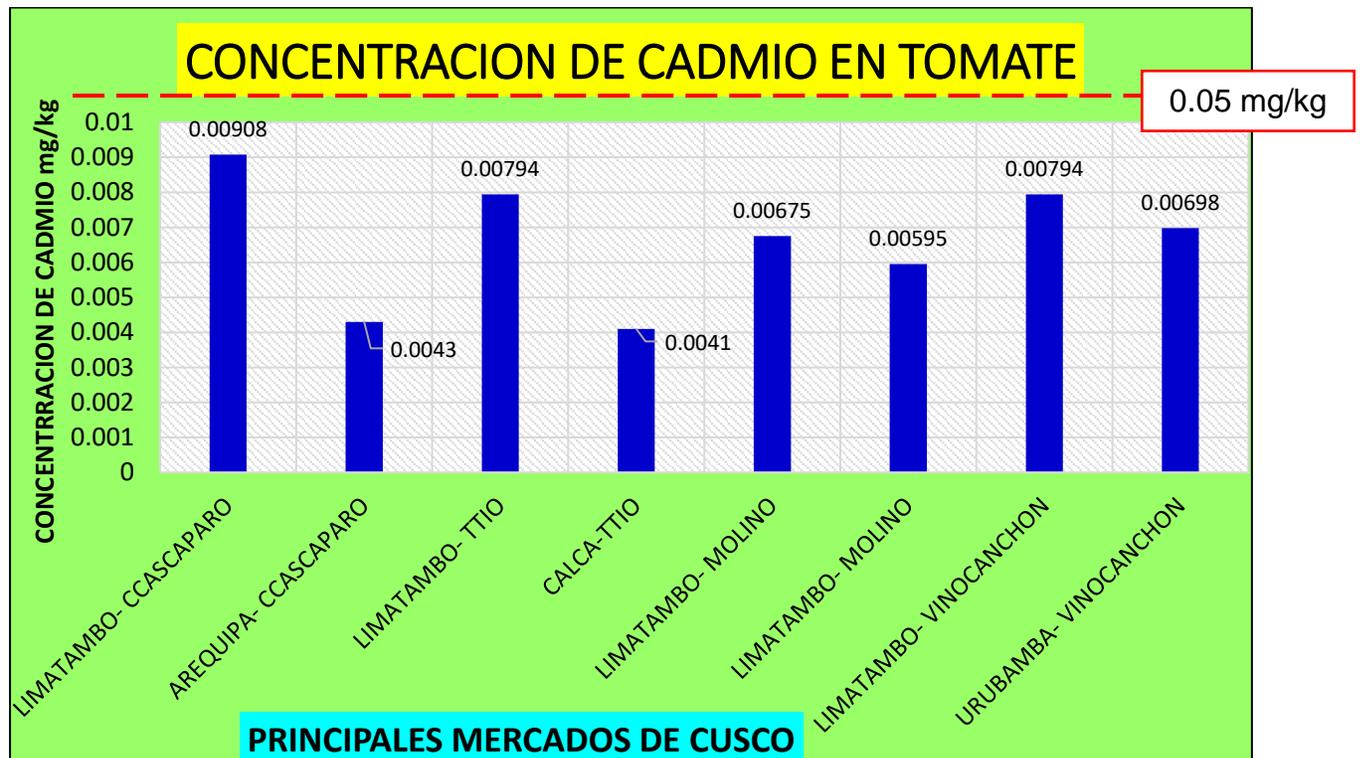
En el estudio desarrollado sobre la determinación de la presencia de plomo y cadmio en frutilla (*Fragaria Ananassa*) y tomate (*Solanum lycopersicum*) en el quinche realizado por **Escobar Borja S**, en los cultivos de tomate y frutilla, el sistema convencional y el sistema orgánico presentan concentraciones de plomo que no posee diferencia significativa entre sistemas de agricultura. Para el metal cadmio se encontró diferencia significativa entre sistemas de cultivo, así el sistema orgánico de frutilla fue el mejor, por presentar menor concentración del metal Cd, con un promedio de  $0.2569 \pm 0.2438$  mg/kg, de igual forma

en el cultivo de tomate el sistema orgánico fue el mejor por presentar menor concentración del metal Cd, con un promedio de  $0.0242 \pm 0.0130$  mg/kg.

### 4.3 Niveles de concentración de Pb y Cd en Tomate.

#### 4.3.1 Niveles de concentración de Cadmio en Tomate

**Figura 9:** Concentración de Cadmio en Tomate expendidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco.



**Fuente:** Elaboración propia en base a los datos recopilados.

#### Análisis, interpretación y discusión:

De acuerdo a los resultados mostrados en la figura N°9 referente a la concentración de Cadmio (Cd) en tomate expendidas en los centros de abasto de la ciudad del Cusco se describe lo consiguiente; el producto expendida en el mercado Ccascaparo y proveniente de la localidad de Limatambo tuvo una concentración de Cd igual a 0.0090 mg/kg, la misma se ubica dentro del nivel máximo permisible 0.05 según Codex Alimentarius;

mientras tanto, otra muestra obtenida del mismo mercado descrito pero producida en la región del Arequipa mostro una concentración de Cd igual a 0.0043 mg/kg encontrándose dentro del límite permisible. Por otro lado, se tienen dos muestras recopiladas y comercializadas en el mercado de Ttio, una de ellas provenientes de la localidad de Limatambo verificándose una concentración de Cd igual a 0.00794 mg/kg < 0.05 mg/kg y la otra muestra de tomate proveniente de la provincia de Calca con una concentración de 0.0041 mg/kg < 0.05 mg/kg.

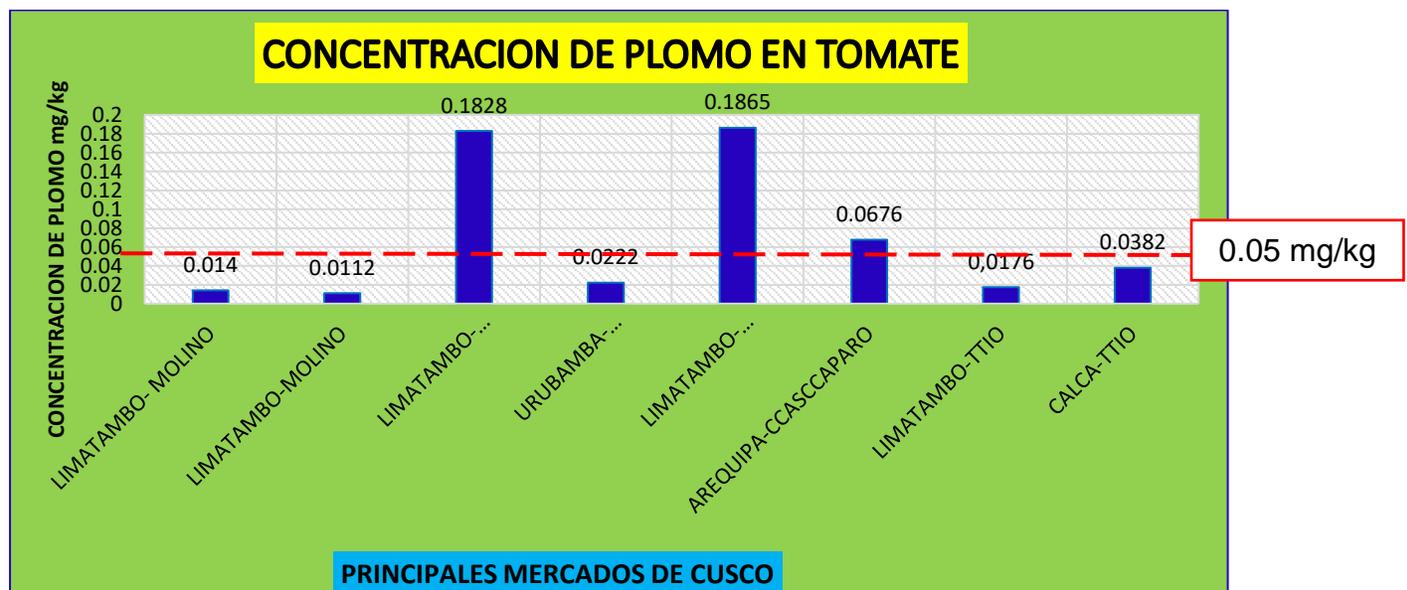
Las muestras de tomate estudiadas del mercado de Molino cultivadas en la localidad de Limatambo, obteniéndose las concentraciones de 0.00675 mg/kg y 0.00596 mg/kg respectivamente están dentro del límite máximo permisible del 0.05 mg/kg. Finalmente, sobre las muestras de tomate expandidas en el mercado de Vinocanchon se deduce que, la muestra proveniente de Limatambo alcanzo una concentración de Cd igual a 0.00794 mg/kg valor que se encuentra dentro de los límites permisibles del 0.05 mg/kg según el Codex Alimentarius; mientras tanto para la muestra de tomate cultivada en Urubamba se determinó una concentración igual a 0.00698 mg/kg < 0.005 mg/kg. En síntesis, las muestras de tomate expandidas en los mercados bajo se encuentran de los límites permisibles otorgados por las organizaciones responsables del caso.

En el estudio desarrollado “Evaluación de la presencia de metales pesados en Solanum lycopersicum, Solanum tubersum, Daucus carota, Lactuca sativa mediante espectrofotometría de absorción atómica, en cuatro mercados de la ciudad de Quito-Ecuador” **según Simba Simba E.T, Zurita Caiza M. A** en comparación a nuestro estudio se ha encontrado que difieren en resultados porque los resultados de tomate en el M01 tuvieron una concentración de  $0,0613 \pm 0,0055$  (mg/kg), el M02 se encontró/  $0,0584 \pm$

0,0027 (mg/kg), el MC1 se obtuvo  $0,0669 \pm 0,0019$  (mg/kg) y el MC2 dio  $0,0388 \pm 0,0060$  (mg/kg). Al comparar con los niveles máximos permisibles para tomate según CODEX están es de 0,05 (mg/kg) y por la Unión Europea (2006) es de 0,05 (mg/kg) se determina que están dentro del nivel máximo permisible recomendado.

#### 4.3.2. Niveles de concentración de Plomo en Tomate

**Figura 10:** Concentración de Plomo en Tomate expendidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco.



**Fuente:** Elaboración propia en base a los datos recopilados

#### Análisis, interpretación y discusión

De acuerdo a los resultados mostrados en la figura N°10 referente a la concentración de Plomo (Pb) en tomate expendidas en los centros de abasto de la ciudad del Cusco se describe lo consiguiente; el tomate proveniente de la localidad de Limatambo, vendida en el mercado de Molino I tiene una concentración de plomo de 0.014mg/kg y del mismo

mercado se obtuvo otra muestra de tomate también proveniente de la localidad de Limatambo que tuvo una concentración de 0.011 mg/kg, que haciendo una comparación con los valores normales según al Codex Alimentarius 0,05 mg/kg indica que ambas muestras obtenidas del mismo mercado están entre los valores permisibles. Por otro lado, la muestra que se obtuvo del mercado Vinocanchon y procedente de la localidad de Limatambo tuvo una concentración de 0.1828 mg/kg la misma que se encuentra por encima del valor permisible 0.05 mg/kg, lo que indica que hubo más contaminación en el proceso de crecimiento del tomate del lugar, también obtuvimos la muestra de mismo mercado Vinocanchon pero procedente de la provincia de Urubamba con una concentración de 0.0222 mg/kg catalogándose como un nivel de concentración permisible. La muestra que se obtuvo del mercado de Ccasccaparo que procede de la localidad de Limatambo tiene de concentración 0,186 mg/kg, lo que indica que sobrepasa los valores normales 0,05 mg/kg, a comparación de la muestra procedente de la región de Arequipa del mismo mercado Ccasccaparo la concentración de plomo fue de 0,067 mg/kg dicho valor de la misma forma sobrepasa los valores permisibles de 0,05 mg/kg de Pb. Mientras tanto, la muestra obtenida en el mercado Ttio procedente de la localidad de Limatambo obtuvo una concentración de plomo igual a 0.017 mg/kg, catalogándose como un valor permisible, así mismo se obtuvo una muestra del mercado de Ttio con procedencia de Urubamba con una concentración de 0,0382 mg/kg < 0.005 mg/kg, lo que indica que las muestras de tomate procedentes de algunos lugares como de la localidad de Limatambo y la región de Arequipa tienen una concentración elevada de Plomo y no es apto para el consumo de los seres vivos.

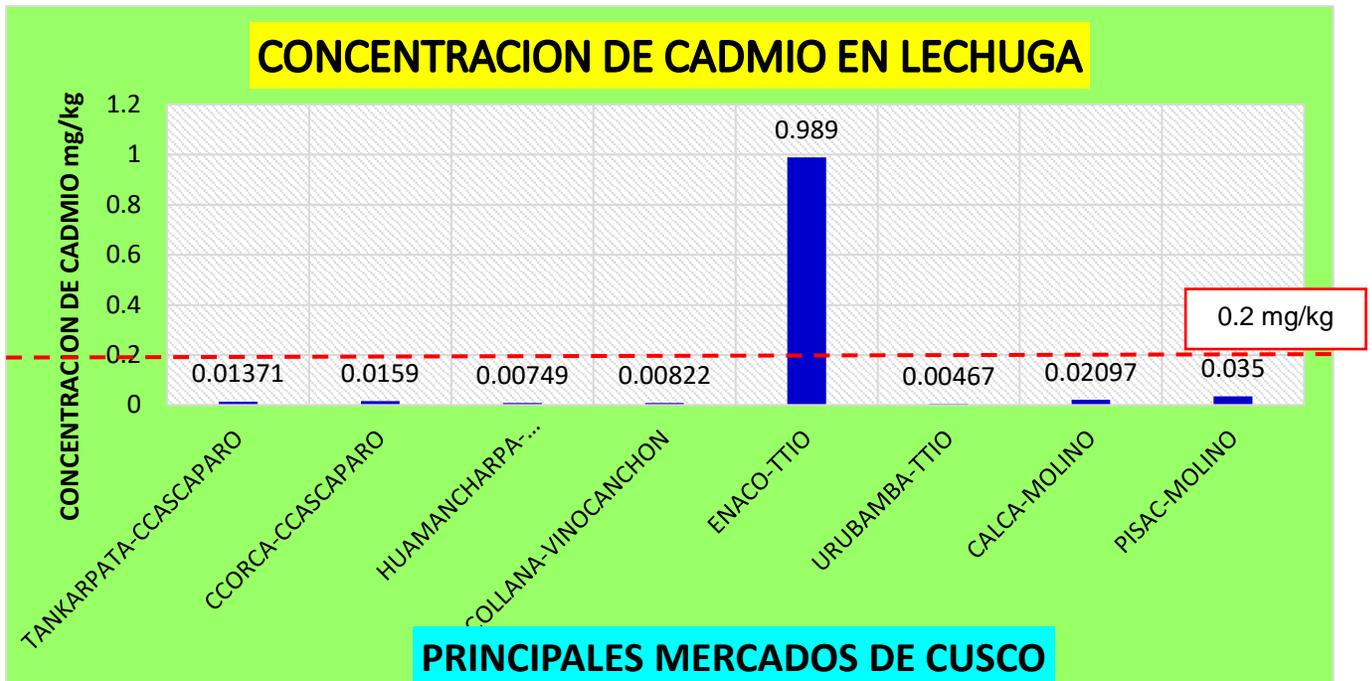
En el estudio desarrollado de la “Determinación de los niveles de plomo y arsénico en zapallo macre (*Cucurbita máxima Duchesne*) y tomate (*Solanum lycopersicum* var. *Saladette*) y evaluación del riesgo toxicológico en la salud de la población de Lima Metropolitana según **Castillo Álvarez J. A, Domínguez Domínguez J. L**” en comparación a nuestro estudio determinaron que los niveles de plomo en tomate tuvieron una media de 0,0876mg/Kg por el método de EAA estos valores superan el LMP establecidos por el Codex Alimentarius 0,05 mg/kg, con estos valores se estimó la dosis de exposición obteniendo como resultado para tomate DEAs: 0,00002967 mg/kg/día (ppm/día) y DEpb: 0,00001004 ppm/día. Según la metodología propuesta por OMS/OPS se concluye que por más que se supere LMP no existe un riesgo toxicológico por consumo de dichos alimentos.

En el estudio desarrollado y titulado “***Determinación de metales pesados y pérdidas poscosecha en dos hortalizas de consumo directo: tomate (*solanum lycopersicum*) y lechuga (*lactuca sativa*)***” según **Velásquez Paredes M. N.** en comparación a nuestro estudio se ha encontrado que difieren en los resultados ya que en nuestra investigación se encuentra sobre los límites permisibles, mientras que los efectos no se evidenciaron concentraciones que sobrepasen los niveles permitidos de 0.20 mg/kg y 0.30 mg/kg para el plomo en tomate.

#### 4.4. Niveles de concentración de Pb y Cd en Lechuga

##### 4.4.1. Niveles de concentración de Cadmio en Lechuga

**Figura 11:** Concentración de Cadmio en lechuga expendidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco



**Fuente:** Elaboración propia en base a los datos recopilados.

#### **Análisis, interpretación y discusión:**

De acuerdo a los resultados mostrados en la figura N°11 referente a la concentración de Cadmio (Cd) en lechuga expendidas en los centros de abasto de la ciudad del Cusco se describe lo consiguiente; el producto expendida en el mercado Ccascaparo proveniente de la localidad de Tankarpata tuvo una concentración de Cd igual a 0.01371 mg/kg, la misma se encuentra dentro del nivel máximo permisible 0.2 mg/kg de Cd; mientras tanto otra muestra obtenida del mismo mercado descrito y producida en la comunidad de Ccorca presento una concentración de Cd igual a 0.0159 mg/kg encontrándose dentro del límite permisible. Por otro lado, se tienen dos muestras recopiladas en el mercado de

Vinocanchon, donde una de ellas es proveniente de la localidad de Huamancharpa presento una concentración de Cd igual a 0.00749 mg/kg los cuales se encuentran dentro del límite permisible y la otra muestra de lechuga fue proveniente de la comunidad de Ccollana-San Jerónimo con una concentración de 0.00822 mg/kg la misma que se encuentra dentro del límite permisible.

Mientras que para la muestra de lechuga captada sobre el mercado de Ttio proveniente y/o cultivada en la localidad de Enaco del distrito de San Sebastián se obtuvo la concentración de 0.9890 mg/kg donde este valor se encuentran por encima del límite permisible según Codex alimentarios de 0.2 mg/kg, mientras que la muestra de la provincia de Urubamba con una concentración de 0.00467 mg/kg se ubicó por debajo del límite permisible. Finalmente, se cuenta con las muestras de lechuga expandidas en el mercado de Molino proveniente de la provincia de Calca en donde se encontró la concentración de Cd igual a 0.02097 mg/kg valor que se encuentra dentro de los límites permisibles 0.2 mg/kg; mientras tanto para la muestra de lechuga cultivada en Pisac se determinó una concentración igual a 0.035 mg/kg < 0.2 mg/kg. En síntesis, en la mayoría de las muestras de lechuga expandidas en los mercados bajo estudio de la ciudad de Cusco se determinaron concentraciones de Cd que se encuentran dentro del límite permisible según Codex alimentarius, a excepción del mercado de Ttio cultivada en la localidad de Enaco, la misma que se encuentra por encima del límite permisible otorgados por las organizaciones responsables del caso.

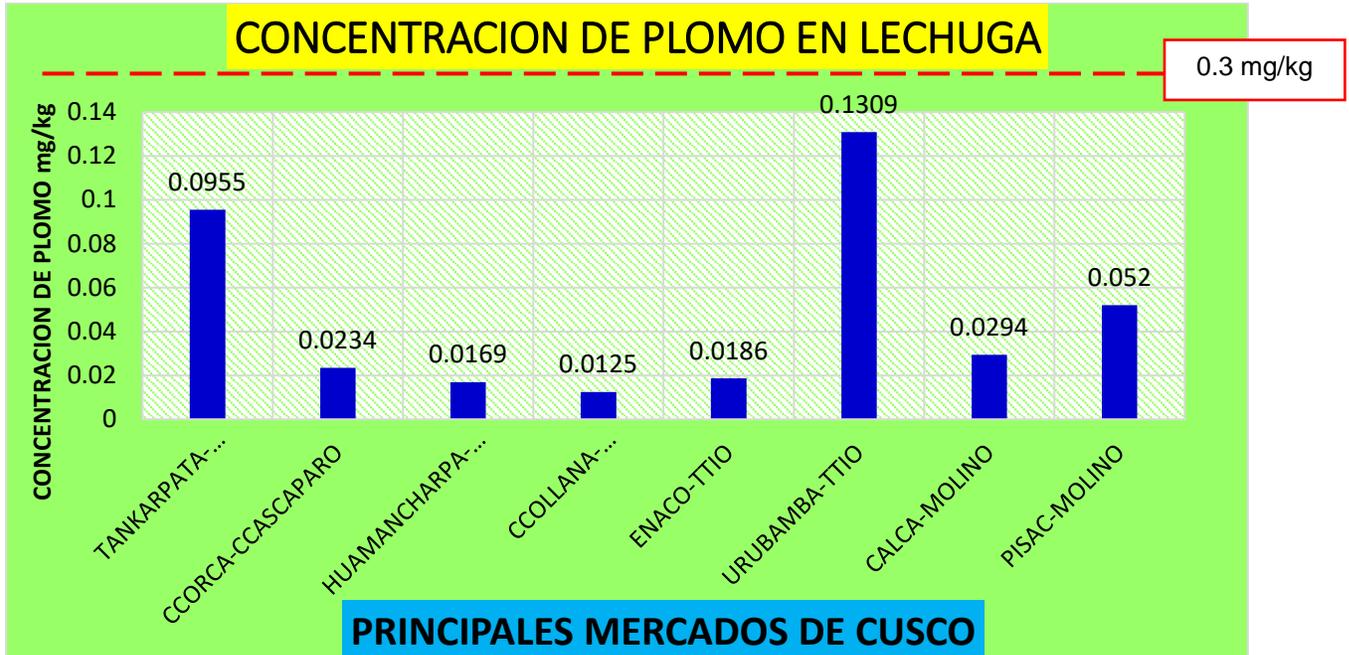
En un estudio desarrollado “Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana”, según **Madueño Ventura, F. M.**, en comparación a nuestro estudio se ha

encontrado que difieren en resultados porque se aprecia que la media del Cadmio en lechugas de la Costa es 0,066 ppm  $\pm$ 0,1166 ppm y la concentración del Cadmio en lechugas de la Sierra es 0,100 ppm  $\pm$ 0,1173 ppm, en términos totales la concentración de cadmio en lechugas es 0,084 ppm  $\pm$ 0,1167 ppm.

En el estudio desarrollado y titulado “Evaluación de la presencia de metales pesados en Solanum Lycopersicum, Solanum Tubersum, Daucus carota, lactuca sativa mediante espectrofotometría de absorción atómica, en cuatro mercados de la ciudad de Quito” según **Simba Simba E.T, Zurita Caiza M. A**, en comparación a nuestro estudio se ha encontrado que difieren en resultados porque  $I < 0.005$  mg/kg o resultados encontrados en la lechuga, el MO1 se encontró una concentración de 0,0436  $\pm$  0,0056 (mg/kg), el MO2 0,0522  $\pm$  0,0026 (mg/kg), el MC1 tuvo 0,0392  $\pm$  0,0027 (mg/kg) y el MC2 0,0565  $\pm$  0,0056 (mg/kg). Al comparar con los niveles máximos permisibles para lechuga según Codex alimentarius es de 0,20 (mg/kg) y por la Unión Europea (2006) es de 0,20 (mg/kg) se determina que no sobrepasa el nivel máximo permisible recomendado, sin embargo, la lechuga del MC2 es la que posee mayor concentración de cadmio con 0,0565 (mg/kg), no obstante, no sobrepasa la normativa mencionada.

#### 4.4.2. Niveles de concentración de Plomo en Lechuga

**Figura 12:** Concentración de Plomo en Lechuga expendidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco



**Fuente:** Elaboración propia en base a los datos recopilados.

#### **Análisis, interpretación y discusión:**

De acuerdo a los resultados que se observa en la figura N°12 referente a la concentración de Plomo (Pb) en lechuga expendidas en los centros de abasto de la ciudad del Cusco se describe lo siguiente; el producto expendida en el mercado Ccascaraparo y proveniente/cultivado de la localidad de Tankarpata obtuvo una concentración de Pb igual a 0.0955 mg/kg, y se observa en la gráfica que está por debajo del nivel máximo permisible 0.3 mg/kg de Pb; mientras tanto la muestra obtenida en el mismo mercado descrito pero producida en el distrito de Ccorca arrojó una concentración de Pb igual a 0.0234 mg/kg encontrándose dentro del límite permisible. Por otro lado, se consiguieron dos muestras recopiladas en el mercado de Vinocanchon, una de ellas proveniente de la localidad de Huamancharpa verificándose una concentración de Pb igual a 0.0169 mg/kg

< 0.3 mg/kg y la otra muestra de lechuga proveniente de Comunidad Ccollana con una concentración de 0.0125 mg/kg < 0.3 mg/kg.

Para la muestra de lechuga estudiada sobre el mercado de Ttio proveniente y/o cultivada en la localidad de Enaco se obtuvo la concentración de 0.0186 mg/kg < 0.3 mg/kg y la muestra de lechuga proveniente de la provincia de Urubamba con una concentración de 0.1309 mg/kg donde dicha concentración está por debajo del límite permisible 0.3 mg/kg según Codex Alimentarius.

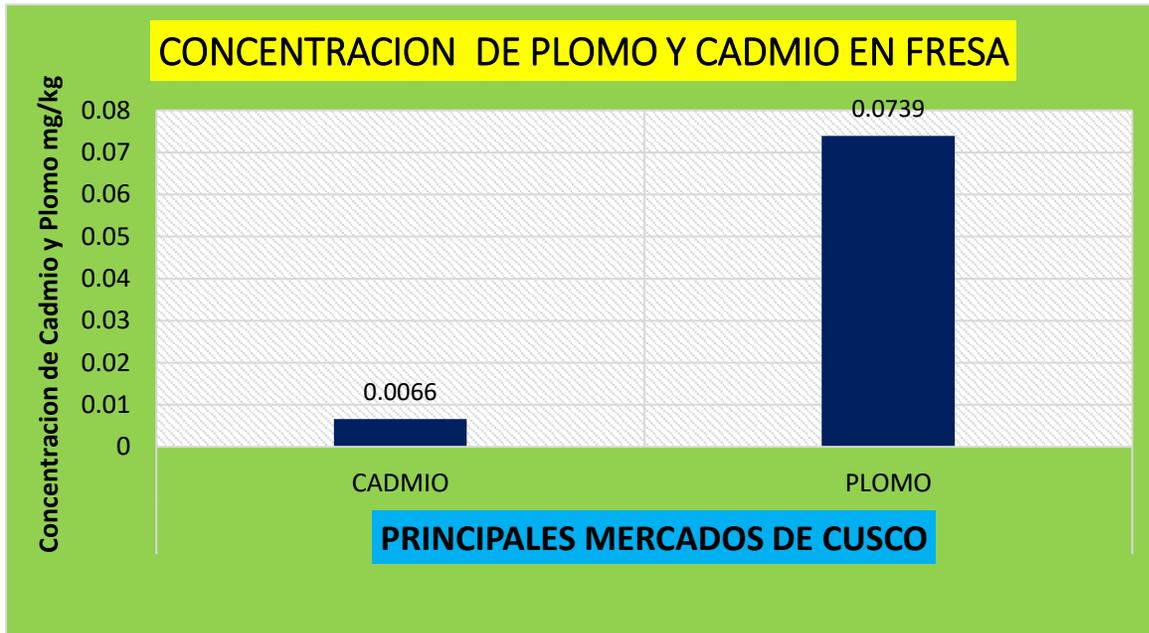
Finalmente, sobre las muestras de lechuga expandidas en el mercado de Molino se explica que, la muestra proveniente de la provincia de Calca alcanzo una concentración de Pb igual a 0.0294 mg/kg valor que se encuentra dentro de los límites permisibles igual a 0.3 mg/kg; mientras tanto para la muestra de lechuga cultivada en Pisac se determinó una concentración igual a 0.052 mg/kg dicho valor se encuentra también por debajo de los valores permisibles de 0.3 mg/kg según Codex Alimentarius. En síntesis, todas las muestras de lechuga expandidas en los mercados bajo estudio de la Ciudad de Cusco se obtuvieron concentraciones de Pb dentro de los valores permisibles.

En el estudio desarrollado y titulado “Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana”, según **Madueño Ventura F. M.**, en comparación a nuestro estudio se ha encontrado que difieren en resultados porque se aprecia que la media del plomo en lechugas de la Costa es 0,365 ppm  $\pm$  0,974 ppm y la concentración del Plomo en lechugas de la Sierra es 2,107 ppm  $\pm$  2,099 ppm, en términos totales la concentración de plomo en lechugas es 1,279 ppm  $\pm$  1,864 ppm.

En el estudio desarrollado "***Determinación de metales pesados y pérdidas poscosecha en dos hortalizas de consumo directo: tomate (solanum lycopersicum) y lechuga (lactuca sativa)***" según Velásquez Paredes M. N. en comparación a nuestro estudio se ha encontrado que son iguales en los resultados ya que en nuestra investigación se encuentra dentro de los límites permisibles y no se evidenciaron concentraciones que sobrepasen los niveles permitidos de 0.20 mg/kg y 0.30 mg/kg para el Plomo.

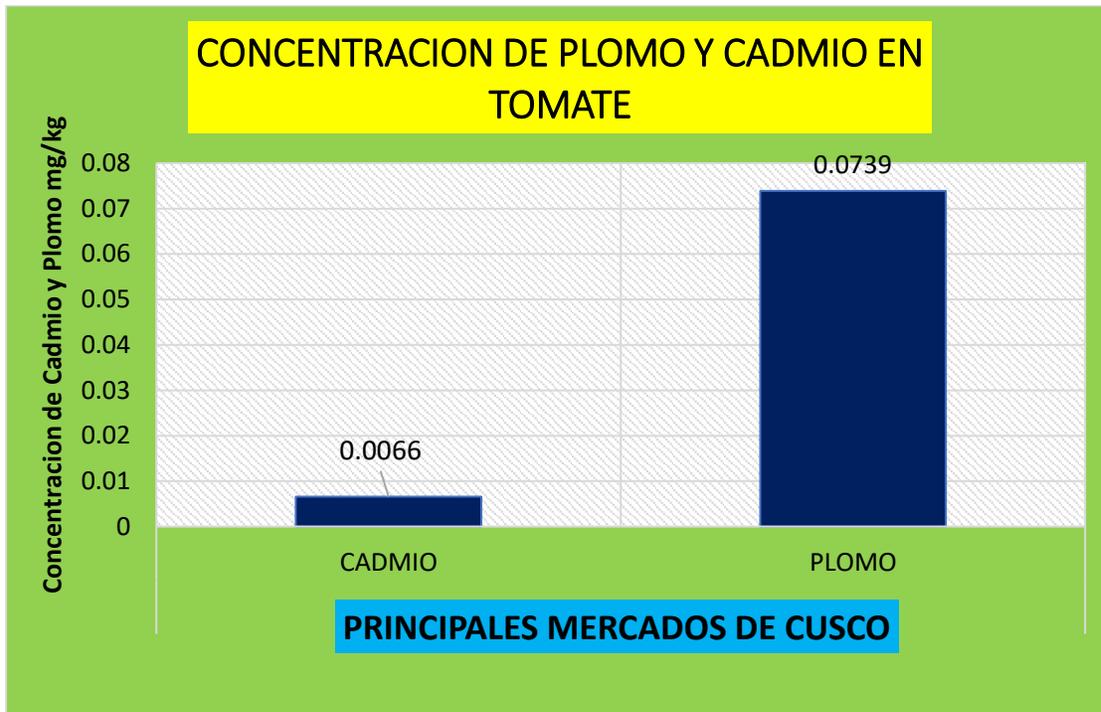
## COMPARACIÓN DE MEDIAS DE PLOMO Y CADMIO EN FRESA, TOMATE, LECHUGA

**Figura 13:** Concentración de plomo y cadmio en fresa expendidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco



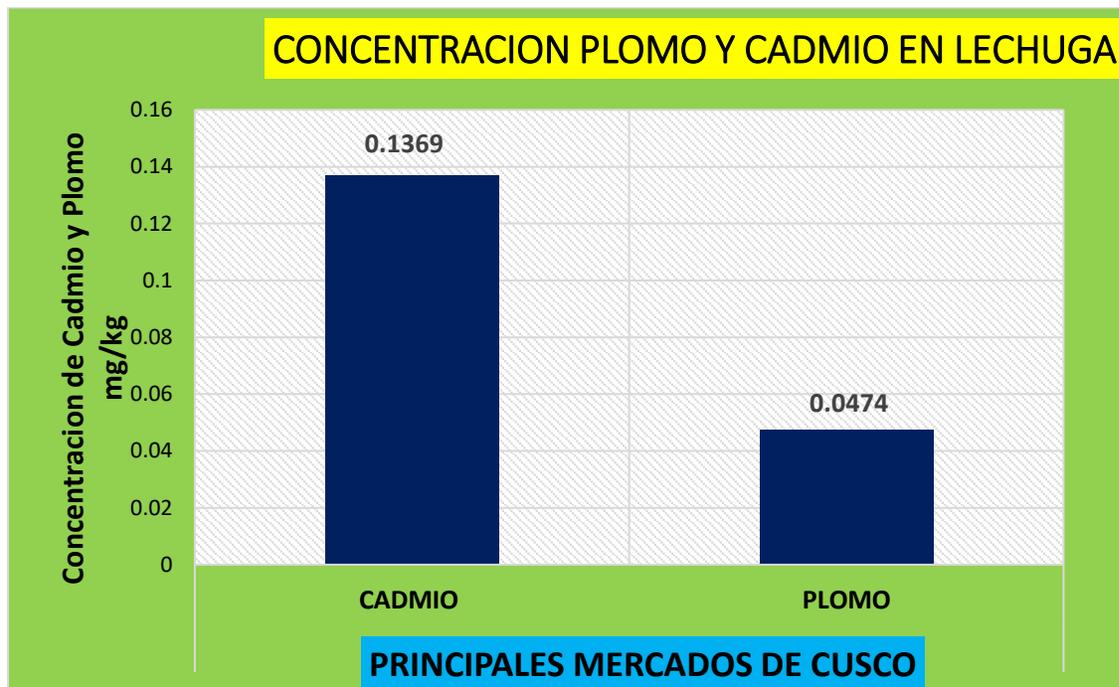
En este cuadro se observa los resultados de la comparación de promedios de plomo y cadmio en fresa, en el que indica que la concentración de cadmio en fresa es 0.0066 y el de plomo es 0.0739, dándonos a conocer que en las muestras de fresa la mayor concentración de metal es el plomo, lo que indica que de alguna manera son dañinas para el cuerpo y son acumulables.

**Figura 14:** Concentración de Plomo y Cadmio en tomate expendidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco



En este cuadro se observa los resultados de la comparación de promedios de plomo y cadmio en tomate, en este caso el promedio de las concentraciones de cadmio es 0,0066 y plomo Pb es 0.0739 en el que se ve una diferencia muy notoria y dando a entender que la mayoría de muestras de tomate analizadas tienen mayor concentración de plomo, a la vez dando a entender que tenemos que tener más en cuenta el aseo de los tomates y de donde comprarlos.

**Figura 15:** Concentración de plomo y cadmio en Lechuga expendidas en los principales mercados de la ciudad del Cusco



**Fuente:** Elaboración propia en base a los datos recopilados

En este cuadro se observa los resultados de la comparación de promedios de plomo y cadmio en lechuga, lo que da a conocer que el nivel de cadmio (Cd) en lechuga es 0.1369 y es mucho mayor al de plomo que es 0.0474, dándonos a entender que la concentración de cadmio en las lechugas es mucho mayor y hay que tener precaución en consumirla y lavarla muy bien antes de consumirla.

Según **Madueño Ventura F.** Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana. Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Facultad De Farmacia Y Bioquímica, Lima - Perú 2017. Nos indica que las lechugas recolectadas presentan una media de Cd de 0,084 ppm, con una mínima de 0 ppm y una máxima de 0,438 ppm, el 12,5 % de lechugas supera el Nivel Máximo ya que, según la OMS, Cd=0,2 ppm. En

el caso de Pb, las lechugas recolectadas presentan una media de Pb de 1,279 ppm, con una mínima de 0 ppm y una máxima de 7,189 ppm, el 40% de lechugas supera el Nivel Máximo (OMS; Pb= 0,3 ppm).

## CONCLUSIONES

1. La determinación de los niveles de Cd y Pb en fresa, tomate y lechuga cultivadas en diferentes provincias y distritos de la ciudad de Cusco, fueron analizadas y estudiadas por el método ICP-MS, obteniendo como resultado lo siguiente: la concentración de cadmio (Cd) en las muestras de fresa y tomate se encuentran dentro de los niveles permisibles de acuerdo a la normativa Codex Alimentarius y en la muestra de lechuga procedente de Enaco obtenida del mercado Ttio se encuentra fuera de los límites permisibles según Codex Alimentarius. En cambio, la concentración de plomo (Pb) en las muestras de fresa y lechuga estudiadas se encuentran dentro de los niveles permisibles de acuerdo a la normativa del Codex Alimentarius, pero en la muestra de Tomate procedente de la localidad de Limatambo están fuera de los límites permisibles.
2. Las frutas y verduras estudiadas fueron adquiridas en los centros de abasto de la ciudad de Cusco: Molino I, Vinocanchón, Ttio y Ccascaparo, las cuales fueron de diferentes procedencias de la región Cusco y Arequipa. La procedencia de los tomates fue Limatambo, Calca, Urubamba y Arequipa. Para el caso de las lechugas la procedencia fue de Kantarpata, Ccorca, Huamancharpa, Ccollana, Enaco, Urubamba, Calca y Pisac. Las fresas de procedencia de Challabamba, Taray, Occopata, Ccorao, Urubamba, Cachimayo y Ccapi.
3. La concentración de Cd y Pb en fresa se detalla de la siguiente manera: el nivel de cadmio (Cd) en fresa está por debajo del límite máximo permisible 0.0500 mg/kg establecidos por Codex Alimentarius. De la misma forma en el caso del plomo (Pb)

en fresa se encuentra dentro del límite máximo permisible 0.10 mg/kg establecidos por la normativa Codex Alimentarios.

4. La concentración de Pb y Cd en tomate se detalla de la siguiente manera. El nivel de Cd en tomate está por debajo del límite máximo permisible 0.0500 mg/kg establecidos por Codex Alimentarius. En el caso del Pb en tomate de la muestra que se obtuvo del mercado de Vinocanchon, procedente de la localidad de Limatambo tuvo una concentración de 0.182 mg/kg por ende está por encima del límite máximo permisible 0.0500mg/kg, de la misma forma del mercado de Ccascaparo de la localidad de Limatambo tuvo una concentración de 0.1865 mg/kg esta encima del Codex Alimentarios.
5. La concentración de Pb y Cd en lechuga se detalla de la siguiente manera: el nivel de Cd en lechuga casi en la mayoría de las muestras obtenidas se encuentra dentro del límite máximo permisible a excepción del mercado de Ttio de procedencia de Enaco se obtuvo una concentración de 0.989 mg/kg por lo tanto está por encima del límite máximo permisible 0.2000mg/kg establecidos por Codex Alimentarius. De la misma forma en el caso del Pb en lechuga en todas las muestras estudiadas se encuentran debajo del límite máximo permisible 0.300 mg/kg establecidos por la normativa Codex Alimentarios.
6. Mediante el análisis de la media sobre las concentraciones de Pb y Cd en fresa, se concluye que la mayor concentración estuvo dada por plomo (0.0739) con respecto a la del cadmio (0.0066). Así mismo, caso similar se presentó para el nivel de concentración de Pb y Cd en tomate; por otro lado, la concentración de Cd en lechuga (0.1369) fue mayor a la concentración de Pb (0.0474) en promedio.

## SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES

### ➤ **A los docentes de la escuela profesional Farmacia y Bioquímica.**

Realizar más estudios similares que determinen la presencia de metales pesados en productos esenciales como en hortalizas, frutos, lácteos, mariscos, entre otros, que tienen importancia en la dieta diaria, así como en suelos, agua y aire como factores determinantes de la presencia de estos contaminantes en los alimentos con el fin de monitorear los niveles de concentraciones de estos en la ciudad de Cusco y concientizar a la población, porque son muy escasas las investigaciones similares.

### ➤ **A los estudiantes de la escuela profesional Farmacia y Bioquímica.**

Fomentar proyectos investigativos, realizar capacitaciones y foros informativos en la Universidad y en el municipio de Cusco, con el fin de generar espacios teóricos y prácticos que permitan generar conocimientos en materia de salud ambiental e inocuidad alimentaria.

### ➤ **A las autoridades de la ciudad Cusco.**

Se sugiere dar más capacitaciones a los que realizan la agricultura orgánica, coordinando con el ministerio de agricultura para el uso correcto de pesticidas orgánicas, las dosis adecuadas para el riego adecuado de los alimentos y riesgo de estos contaminantes.

### ➤ **A la ciudadanía en general.**

Se recomienda promover un protocolo de control e higiene de los alimentos a los productores teniendo en cuenta su sitio de compra, su limpieza antes del consumo y el posterior manejo de residuos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Londoño LF, Londoño PT, Muñoz FG. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2016 Julio-Diciembre; 14(2): p. 145-153.
2. Alleva R, Manzella N, Gaetani S, Bacchetti T, Bracci M, Ciarapica V, et al. Mechanism underlying the effect of long-term exposure to low dose of pesticides on DNA integrity. *Environ Toxicol*. 2018 Abril; 33(4): p. pp. 476-487.
3. Polo C, Sulca L. Metales pesados: fuentes y su toxicidad sobre la salud humana. *Revista Ciencias*. 2018.
4. Molina N, Aguilar P, Cordovez C. Plomo, Cromo III y Cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. *Ciencia & Tecnología para la salud visual y ocular*. 2010; 8(1).
5. Pelaez Pelaez M, Bustamante Cano JJ. Presencia de cadmio y Plomo en suelos y su bioacumulacion en tejidos vegetales. *Scielo*. 2016 Julio; 43(82-101).
6. Organización Mundial de la Salud. *The public health impact of chemicals: Knowns and unknowns* Organization WH, editor. Suiza: International Programme on Chemical Safety; 2021.
7. Hernández Y, Rodríguez P, Peña M, Meriño Y, Cartaya O. Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate. *Cultivos Tropicales*. 2019; 40(3).

8. Morales J, Fuentes J, Bax V, Matta H. Niveles de plomo sanguíneo y factores asociados en niños residentes de un distrito del Callao. Archivos Venezolanos de Farmacología Clínica y Terapéutica. 2018; 38(2).
9. France 24. [Informe periodístico].; 2019 [cited 2022 Diciembre 1. Available from: <https://www.france24.com/es/20190215-peru-metales-sangre-comunidades-Glencore>.
10. Londoño LF, Londoño PT, Muñoz FG. Los riesgos de los metales pesados. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2016 Julio-Diciembre; 14(2).
11. Gutierrez NJS. Tendencia en la investigación sobre los metales pesados. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá; 2019.
12. Rangel R. Metales tóxicos en alimentos. Revista del Instituto Nacional de Higiene. 2017; 48(1-2).
13. Vega PV. Toxicología de alimentos. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2000.
14. Ruth Nohelia Luna Arenas VARL. Determinación de las concentraciones de cadmio y plomo en papa (*Solanum tuberosum*) cosechada en las cuencas de los ríos Mashcón y Chonta – Cajamarca. Lima-Peru: Universidad Nacional Mayor de San Marcos ,Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2016.

15. Montiel Y. Concentraciones de metales pesados en productos agropecuarios en la región de La de Mojana: evaluación del riesgo en la salud humana. Tesis de maestría. Montevideo: Universidad de la República; 2021.
16. Simba E, Zurita M. Evaluación de la presencia de metales pesados en *Solanum lycopersicum*, *Solanum tuberosum*, *Daucus carota*, *Lactuca sativa* MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA, EN CUATRO MERCADOS DE LA CIUDAD DE QUITO. Tesis Pre grado. Quito: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito; 2021.
17. Coronel Acosta EG. Determinación de metales pesados plomo (Pb) y cadmio (Cd) en hortalizas de consumo directo producidas orgánicamente. Tesis Pre Grado. Quito: Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Agrícolas Carrera de Ingeniería Agronómica; 2018.
18. Velásquez Paredes N. Determinación de metales pesados y pérdida de poscosecha en dos hortalizas de consumo directo: Tomate (*Solanum lycopersicum*) y Lechuga (*Lactuca sativa*). Tesis Pre Grado. Quito: Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Agrícolas Carrera de Ingeniería Agronómica; 2017.
19. Vargas YFG. Cuantificación de metales pesados en el fruto de *Fragaria x ananassa* Duch. cv. Albión (Fresa) Cultivado en el Municipio de Sibate, Cundinamarca. Tesis. Bogotá: Universidad El Bosque, Colombia; 2020.

20. José Antonio CA, Juleisi Lucero DD. Determinación de los niveles de plomo y arsénico en zapallo macre (*Cucurbita máxima Duchesne*) y tomate (*Solanum lycopersicum* var. Saladette) y evaluación del riesgo toxicológico en la salud de la población de Lima Metropolitana. Tesis Pre Grado. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2021.
21. Ventura FMM. Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana. Tesis Pre Grado. Lima-Peru: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2017.
22. Luna Arenas RN, Rodríguez Lozada VA. Determinación de las concentraciones de cadmio y plomo en papa (*Solanum tuberosum*) cosechada en las cuencas de los ríos Mashcón y Chonta – Cajamarca. Tesis Pre Grado. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Cajamarca; 2016.
23. Huaman MOG. Factores de riesgo asociados por exposición a metales pesados en personas evaluadas del distrito de Pallpata, provincia de Espinar departamento de Cusco, enero-diciembre 2019. Tesis. Cusco:, Espinar; 2019.
24. Choque Huillca FA. Uso de las aguas Residuales del río Huatanay en el Cultivo de Cilantro (*Corlandrum Aativum L.*) Saylla – Cusco. tesis pregrado. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco; 2020.
25. Huaman Tito jZ, Rumaja Santos A. Evaluación de la capacidad Fitorremediadora de las especies vegetales *Nasturtium officinale* W. T. Aiton (*Berro*) *Hydrocotyle*

- ranunculoides L. f. (Mateccllo) en relacion a la contaminacion con Mercurio. tesis pregrado. Cusco: Universidad Nacional Sanc Anotnio Abad del Cusco, Cusco; 2017.
26. Morales M. Cuantificación de metales pesados y calidad microbiológica de frutas y vegetales que se expenden en el mercado mayorista de la ciudad de Ambato. Ambato-Ecuador: Universidad Tecnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingenieria en alimentos, Carrera de Ingenieria Bioquimica; 2017.
27. Centro tecnologico fundamentado en laboratorios de analisis de metales pesados. Nuevos limites para metales pesados en alimentos. [Online].; 2021. Available from: <https://agqlabs.es/2021/10/04/nuevos-limites-para-metales-pesados-en-alimentos/>.
28. Luna BEB. Incidencia de los metales pesados, en la calidad de la papa, negra “Solanum Tuberosum” proveniente de la provincia de Tarma, Junín, Perú. Lima, Peru.: Universidad Nacional Federico Villarreal Lima, Peru. ; 2021.
29. Llallahui Murga FMQHL. Determinación de Arsénico, Cadmio y Plomo en especias en polvo: Ají Paprika (*Capsicum annum*, L.), Ají Panca (*Capsicum chinense*), Pimienta (*Piper nigrum*) y Comino (*Cuminum cyminum*), expendidos en el Mercado Caquetá-San Martín de Porres, Lima en el periodo. Lima-Peru: Universidad Norbert Wiener, Facultad de Farmacia y Bioquimica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquimica; 2018.

30. Ministerio del Ambiente. Plan especial multisectorial para la intervención integral a favor de la población expuesta a metales pesados, metaloides y otras sustancias químicas tóxicas. Resolución ministerial. Lima.; 2021.
31. Gerencia Regional de Salud Cusco. Plan operativo institucional 2022. Cusco;, Dirección ejecutiva de planeamiento, presupuesto y desarrollo; 2022.
32. Minagri. Problemática ambiental y contaminantes: Metales Pesados. Scielo. 2019 abril.
33. Anga M. , Mirya M. Determinación de cadmio, mercurio y plomo en langostino (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pes. Lima: Universidad privada del Norbert Wiener, Lima; 2017 Abril.
34. OMS. Sustancias Químicas que constituyen una preocupación para la salud pública. [Online].; 2019 [cited 2019 Enero 16. Available from: [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/chemicals\\_phc/es/](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chemicals_phc/es/).
35. Turkdogan K, Kara K, Kilicel F, Tuncer I, Uygan I. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. *Ciencia directa*. 2002.
36. Mancilla O, Ortega H, Ramírez C, Uscanga R, Ramos R, Reyes A. Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. *Revista de contaminación ambiental*. 2012; 28(1): p. 39-48.

37. Wuana R, Okieimen F. Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. 2011.
38. Atafar ZA,NJ,HM,YM,AM. Efecto de la aplicación de fertilizantes sobre la concentración de metales pesados en el suelo. Monitoreo y Evaluación Ambiental. 2010..
39. Loíacono R, Vuanello O, Solorza B, Millán M, Tejada J. Eliminación De Metales Pesados De Efluentes Industriales Por Método Electroquímico. Metales Pesados De Efluentes Industriales Por Método Electroquímico. 2004.
40. Ogáldez G. Cuantificación de contaminación por plomo y mercurio en el músculo del género Arius sp para consume humano, en el litoral pacífico de Guatemala. Fodecyt. 2009.
41. MITECO. metales pesados. [Online].; 2020. Available from: [miteco.gob.es](http://miteco.gob.es).
42. Turkdogan K, Kilicel F, Kara K, Tuncer I, Uygan I. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. Ciencia directa. 2002.
43. Tchounwou P, Yedjou C, Patlolla A, Sutton D. Heavy Metals Toxicity and the Environment. Molecular, Clinical and Environmental Toxicology. Experientia Supplementum. 2012; 101: p. 133-164.
44. Torres O, Diaz M, González E. Contaminacion de metales pesados: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria. 2016 Diciembre.

45. Torres O, Vergara I, Gonzales E. Contaminacion de metales pesados:Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria. Dialnet. 2016 Junio; 16(2).
46. Mencias Rodriguez E, Mayero Franco L. Manual de Toxicologia Basica. segunda ed. Mencias Rodriguez E, Mayero Franco LM, editors. Madrid España: boksmedicos.org; 2000.
47. Logan L, Gadman T, Taina J. Effect of apatite mendment on plant uptake of Pb from contaminated sol.. New York:, New York; 1999.
48. Codigo de prácticas para la prevencion y reduccion de la presencia de Plomo en los alimentos. ; 2004.
49. FAO -OMS. Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. Codex Alimentarius. 2018.
50. Paucar MCR. “Determinacion del riesgo potencial por ingesta de alimentos contaminados con metales pesados en las Ciudades de Moyobamba, Lamas, Tarapoto. Tesis. Universidad Cientifica del Sur, Lima, Peru; 2021.
51. Senasa-Peru. Plan Anual de monitoreo de residuos quimicos y otros contaminantes en alimentos agropecuarios y piensos para el año 2020. In Ministerio de Agricultura y Riego; 2020; Peru. p. 24.
52. SENASA-Peru. Programa Nacional de Monitoreo de Contaminantes en Alimentos Agropecuarios Primarios y Piensos. Resolucion Directoral. 2014 Agosto.

53. Subcomisión de expertos dentro de la Comisión Interministerial Técnico-sanitaria. Código alimentario..
54. OMS. Fomento del consumo mundial de frutas y verduras. 2013..
55. Ortigoza S. Determinacion de la cantidad de Plomo (II) presente en Fresas frescas provenientes de la vereda la union en el municipio de Sibate en Cundinamarca – Colombia, por medio de voltametría de onda cuadrada (SWV). Tesis. Universidad Santo Tomas-Facultad de Ingenieria Ambiental, BogotaD.C; 2018.
56. Inagan P. Partes de la Fresa. [Online].; 2018 [cited 2022 Diciembre 29. Available from: <http://paulainaganlcnovenoblogspot.com/2010/04/partes-de-la-fresa.html>.
57. Instituto de Nutricion de centro america- INCAP/OPS. Selecciion, preparacion y conservacion de alimentos. 2015..
58. Huerto M. Partes del tomate. [Online].; 2016 [cited 2022 12 29. Available from: <https://www.mundohuerto.com/cultivos/tomate/como-se-reproduce>.
59. INIFAP. Morfoogia de la Lechuga. [Online].; 2016 [cited 2022 12 29. Available from: <https://t.co/yYmdwXByYT>.
60. Falco Alay G, Nadal Lomas M, Llobet Mallafre J. Riesgo tóxico por metales presentes en los alimentos ;Toxicología alimentaria. 2012th ed. España: Diaz de Santos; 2012.

61. Pareja Sime Jc. definicion mercados de bastos. españa: Universidad peruana de ciencias aplicadas; 2017.
62. Rios Lugo MJ, Hernadez Mendoza H. Fundamentos teoricos de ICP-MS y su importancia en el analisis de elementos toxicos en agua subterranea. Divulgación. 2020 Enero- Junio; 14(4-14).
63. Rodriguez Heredia D. Intoxicación ocupacional por metales pesados. MEDISAN. 2017.
64. Uya Hiwa. Scribd. [Online].; 2016. Available from: <https://es.scribd.com/document/255471153/Definicion-y-Clasificacion-de-Las-Frutas>.
65. Lozano Gomez F. Scribd. [Online].; 2012. Available from: <https://es.scribd.com/document/447219407/QUE-SON-LAS-VERDURAS>.
66. Valencia P, Corral A. Fundamentos y funciones de la espectrometria de masas. Informe Cientifico. Valencia: Universidad de Valencia, Quimica Analitica; 2006.
67. Mansilla Cuesta M, Castroviejo Fernández P. Espectrometría de Masas de Plasma (ICP-MS). Informe Cientifico. Burgos: Universidad de Burgos, Quimica analitica; 2022.
68. Hernández R, Mendoza C. Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES; 2018.

69. Tóxicos UdCdCdlyR. Metodo de ensayo: Determinacion de metales pesados en frutos y vegetales por plasma inductivamen acoplado a espectrometria de masa (ICP-MS). In Senasa-Peru; 2021. p. 1-23.
70. Reyes , Vergara , Torres O, Diaz M, Gonzales E. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS: IMPLICACIONES EN SALUD, AMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. 2016.
71. Smidley P, Kinniburgh D. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. 2002; 17(5).
72. Martínez M. Análisis instrumental: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA). Valencia.; 2020.
73. Hernández H. Espectroscopia de Absorción Atómica y Fotometría de Llama; 2016.
74. Beaty R, Kerber J. Concepts Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry. 2nd ed.: Perkin-Elmer Corporation; 1993.
75. Calbuig G. Medicina Legal y Toxicología. sexta ed. Villanueva Cañadas E, editor. Barcelona: Elsevier Masson; 1998.
76. Libby's. Las frutas y verduras son imprescindibles para una buena salud, inclúyelas en tu alimentación para cubrir los requerimientos nutricionales, Hábitos de vida saludable. [Online].; 2018 [cited 2022 06 23. Available from: <https://libbys.es/blog/habitos-saludables/la-importancia-de-las-frutas-y-las-verduras/4671>.

77. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Sistemas Alimentarios Sostenibles para una Alimentación Saludable, Nutrición OPS. [Online].; 2021 [cited 2022 06 23. Available from: [https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14270:sistemas-alimentarios-sostenibles-para-una-alimentacion-saludable&Itemid=72259&lang=es](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14270:sistemas-alimentarios-sostenibles-para-una-alimentacion-saludable&Itemid=72259&lang=es).
78. Wuana RA OF. Levels of Chemical Toxicants in Waterpipe Tobacco and Waterpipe Chacoal Waste. Research Cientific. 2011; 1.
79. OBIOLS SALVAT J. Espectrofotometría de absorción atómica, su aplicación en la industria del vidrio. 1969;: p. 659-667.
80. Esteban Pérez López DCAR. Cuantificación por absorción atómica de Cu, Fe y Zn en alcohol destilado y agua. Costa Rica: Universidad de Costa Rica, Recinto de Grecia; 2018.
81. Santos E, Lauria D, Porto D, Silveria C. Evaluación de la ingesta diaria de oligoelementos debido al consumo de alimentos por habitantes adultos de la ciudad de Río de Janeiro. Ciencia del Medio Ambiente Total. 2012 Julio; 327(1-3): p. 69-79.
82. Osoreo F. Metales pesados tóxicos y salud pública: El caso de Espinar. Lima; Instituto de Defensa Legal, Derechos Humanos sin fronteras ; 2016.
83. Soto M, Rodríguez L, Olivera M, Arostegui V, Colina C, Garate J. Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas

- por la minería aurífera en la Amazonía peruana. *Scientia Agropecuaria*. 2020; 11(1): p. 49-59.
84. Sarmiento F, Ramos D, Flórez SL, Molina FJ. Determinación de metales pesados en material particulado atmosférico por espectroscopía de absorción atómica: validación. *Revista Politécnica*. 2021; 17(34): p. 153-169.
85. Gerbrands P. La Super Población, Overpopulation Awareness is the website of Fundación El Club de los Diez Millones. [Online].; 2019 [cited 2022 06 23. Available from:  
[https://www.c.org/es/?gclid=Cj0KQCQjwntCVBhDdARIsAMEwACkb2hUDY818GxpMnPBiy4D\\_8LkTQFGbh7uC6Nr0Mb6mwwH5bZVkv0aAh9hEALw\\_wcB](https://www.c.org/es/?gclid=Cj0KQCQjwntCVBhDdARIsAMEwACkb2hUDY818GxpMnPBiy4D_8LkTQFGbh7uC6Nr0Mb6mwwH5bZVkv0aAh9hEALw_wcB).
86. Prieto J, González C, Román A, Prieto F. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2009; 10(1): p. 29-44.
87. Gobierno de La Rioja. Salud y metales pesados. [Online].; 2016 [cited 2022 06 23. Available from: <https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/calidad-aire-cambio-climatico/calidad-aire/red-biomonitorizacion-metales-pesados-rioja/salud-metales-pesados>.
88. DIAGNÓSTICO ODCD. MÉTODO DE ENSAYO: DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN FRUTOS Y VEGETALES POR PLASMA INDUCTIVAMENTE

ACOPLADO A ESPECTROMETRÍA DE MASA (ICP-MS. In SENSAS; 2021. p. 14-23.

89. Arias M, Ochoa C, Ortega E. Comparacion de dos medias. Pruebas de la t de Student. Evid Pediatr. 2020 Diciembre; 16(51).

## ANEXOS

### A. Matriz de Consistencia

DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN FRESA, TOMATE Y LECHUGA QUE SE EXPENDEN EN CENTROS DE ABASTO DE LA CIUDAD DEL CUSCO, 2023				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>¿Los niveles de concentración de cadmio y plomo en la fresa, tomate y lechuga expendida en centros de abasto de la ciudad del Cusco en el año 2023 se encuentran fuera de los límites permisibles según las normativas del CODEX ALIMENTARIUS?</p>	<p>Determinar la concentración de cadmio y plomo en fresa, tomate y lechuga expendidas en los centros de abasto de la ciudad del Cusco en el transcurso de año 2023, según CODEX ALIMENTARIUS.</p>	<p>Los niveles de concentración de metales pesados de cadmio y plomo presentes en fresa, tomate y lechuga expendida en los centros de abasto de la ciudad del Cusco en el año 2023 se encuentran fuera de los límites permisibles de acuerdo a la normativa del CODEX ALIMENTARIUS.</p>	<p><b>METALES PESADOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadmio (Cd)</li> <li>• Plomo (Pb)</li> </ul> <p><b>FRUTAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresa</li> </ul> <p><b>VERDURAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomate</li> <li>• Lechuga</li> </ul> <p><b>Variables intervinientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedencia de la fruta y verdura</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>TIPO</b> Descriptivo <b>DISEÑO</b> NO Experimental Transversal <b>ENFOQUE</b> cuantitativo</p> <p style="text-align: center;"><b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b> La muestra estará conformada por fresa, tomate y lechugas expendidas en los centros de abasto: Molino I, Vinocanchón, Ttio y Ccascaparo de la ciudad del Cusco.</p> <p style="text-align: center;"><b>TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p> <p><b>Encuesta:</b> Información general sobre la procedencia de los alimentos. <b>Observación:</b> Toma de muestra sobre la fresa, tomate y lechuga.</p> <p style="text-align: center;"><b>INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p> <p><b>Documentos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de registro de datos</li> <li>• Formato de muestreo de fruta y verduras respectivamente</li> <li>• Cuestionario</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p><b>O.E.1:</b> Identificar la procedencia de fresa, tomate y lechuga que se expenden en los mercados de abasto: Molino I, Vinocanchón, Ttio y Ccascaparo de la ciudad del Cusco.</p> <p><b>O.E.2:</b> Determinar la concentración de Pb y Cd por espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) presente en fresa que se expenden en los mercados de abasto: Molino I, Vinocanchón, Ttio y Ccascaparo de la ciudad del Cusco y contrastar los hallazgos según las normativas del CODEX ALIMENTARIUS.</p>			

	<p><b>O.E.3:</b> Determinar la concentración de Pb y Cd mediante espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), presente en tomate y lechuga que se expenden en los mercados de abasto: Molino I, Vinocanchón, Ttio y Ccasccaparo de la ciudad del Cusco y contrastar los hallazgos según las normativas del CODEX ALIMENTARIUS.</p> <p><b>O.E.4:</b> Comparar los valores de las concentraciones de Pb y Cd en fresas, tomates y lechugas expendidas en los mercados “Molino I”, “Vinocanchón”, “Ttio” y “Ccasccaparo” de la ciudad del Cusco.</p>			<p><b>MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Respecto a la validación del espectrómetro de masas por plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), esta será validada por la INACAL.</li> </ul>
--	---	--	--	--

**Fuente:** *Elaboración propia*

## **B. Instrumento de la investigación**

### **FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Nosotras somos Yaneth Vasquez Chura y Yobana Mamani Cutire, actuales tesisistas de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. El presente formulario es parte de un proyecto de investigación a realizar en mercados de abasto más frecuentados de la Ciudad de Cusco. Todos los datos obtenidos serán manejados exclusivamente para fines de la investigación; asimismo, no se realizarán otras investigaciones diferentes a lo detallado. (De estar de acuerdo en realizar el presente cuestionario, diga SI).

**Ciudad o Distrito:**

**Mercado:**

**Nivel de educación:**

**Edad:**

**Sexo:**

### C. Ubicación geográfica de los centros de abasto

**Tabla 1:** Puntos de localización de los centros de abasto

Mercado	Altitud	Latitud	Longitud
Vinocanchon	3248 msnm	13°32'36,83" S	71°53'17,08" O
Molino I	3330 msnm	13°32'7,94" S	71°57'43,30" O
Ttio	3327 msnm	13°31'53,84" S	71°57'37,16" O
Ccasccaparo	3413 msnm	13°31'20,84" S	71°58'58,21" O

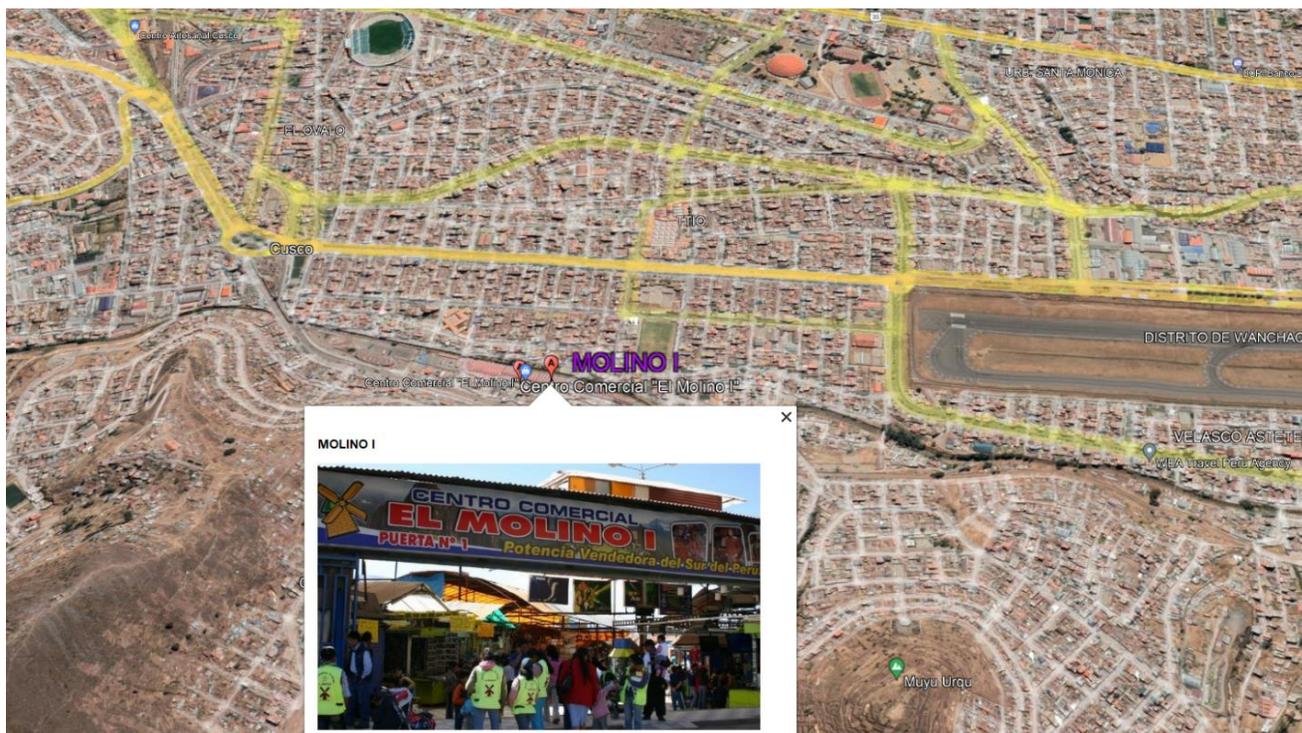
**Fuente:** Google Earth Pro (2022)

**Figura 1:** Ubicación geográfica del mercado Vinocanchon



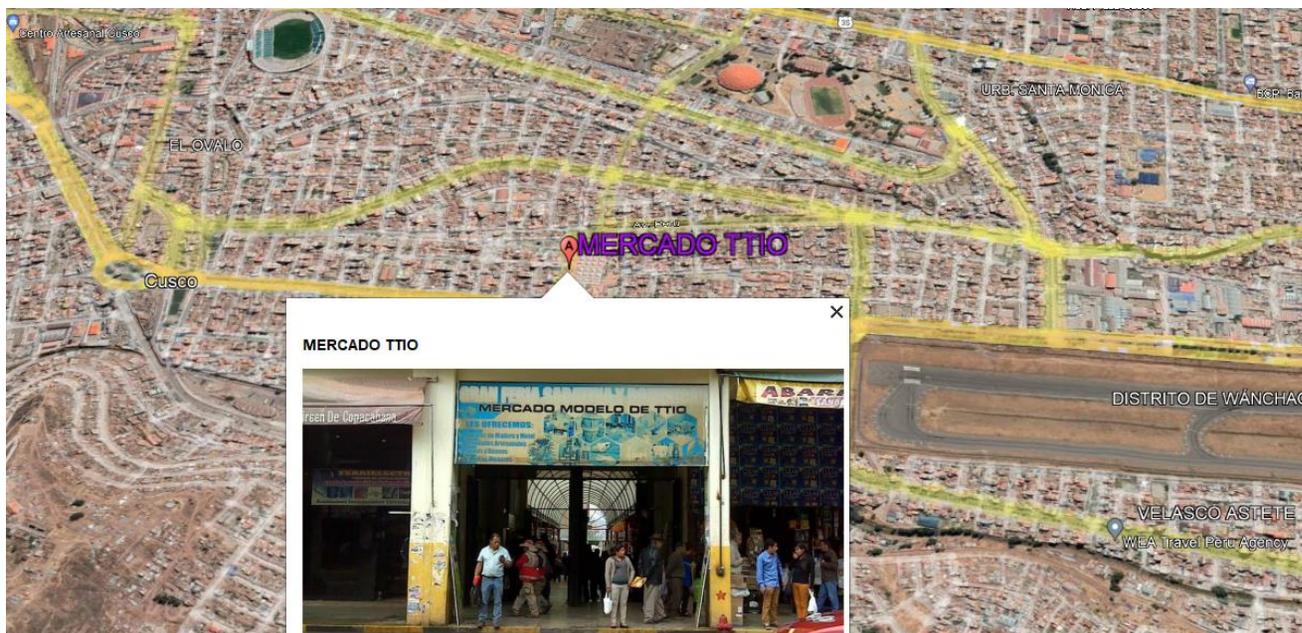
**Fuente:** Google Earth Pro (2022)

**Figura 2: Ubicación geográfica del mercado Molino I**



**Fuente: Google Earth Pro (2022)**

**Figura 3: Ubicación geográfica del mercado Ttio**



**Fuente: Google Earth Pro (2022)**

**Figura 4:** Ubicación geográfica del mercado Ccascaparo



**Fuente:** Google Earth Pro (2022)

**Figura 5:** Recolección de fresa de diferentes mercados de Cusco



**Fuente:** Fotografía Propia (2023)

**Figura 6:** *Recolección de tomate de diferentes mercados de Cusco*



**Fuente:** Fotografía Propia (2023)

**Figura 7:** *Recolección de lechuga de diferentes mercados de Cusco*



**Fuente:** Fotografía Propia (2023)

**Figura 8:** Rotulado de muestras



**Fuente:** Fotografía Propia (2023)

**Figura 9:** Proceso de trituración de los productos a estudio



Fuente: Fotografía Propia (2023)

**Figura 10:** Peso de cada muestra en los digitubos



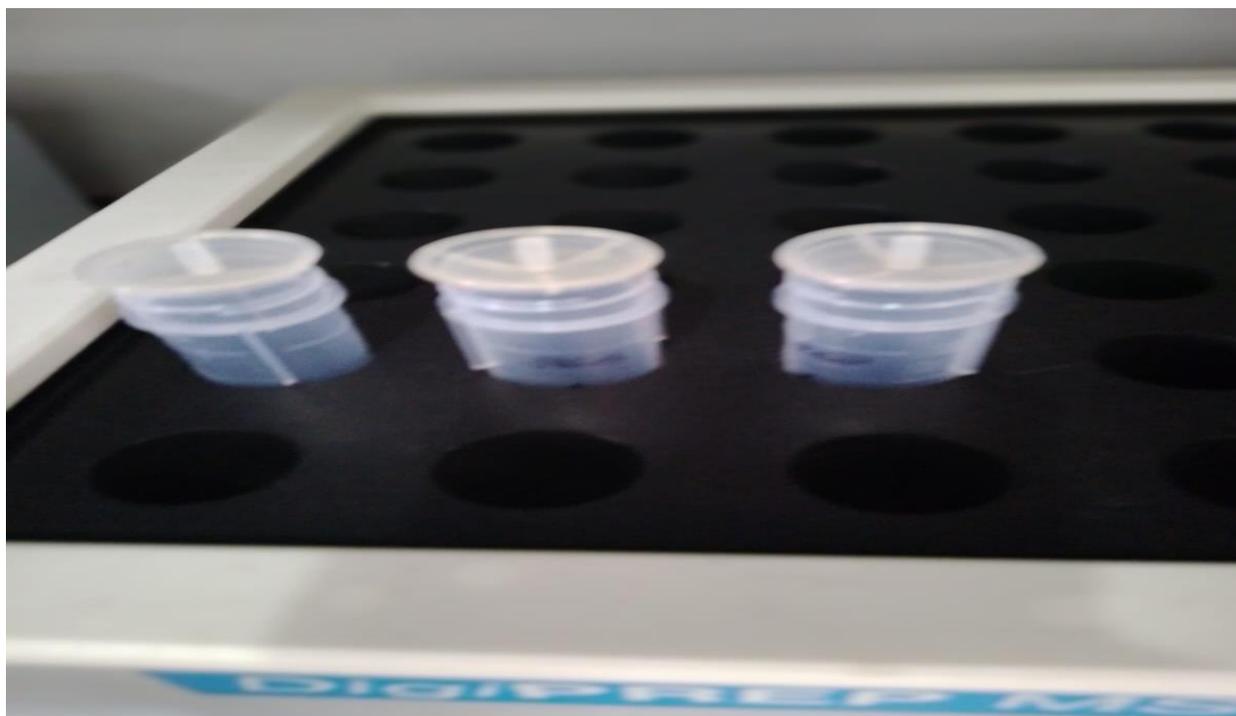
Fuente: Fotografía Propia (2023)

**Figura 11:** Adición a las muestras ácido Nítrico y ácido Clorhídrico



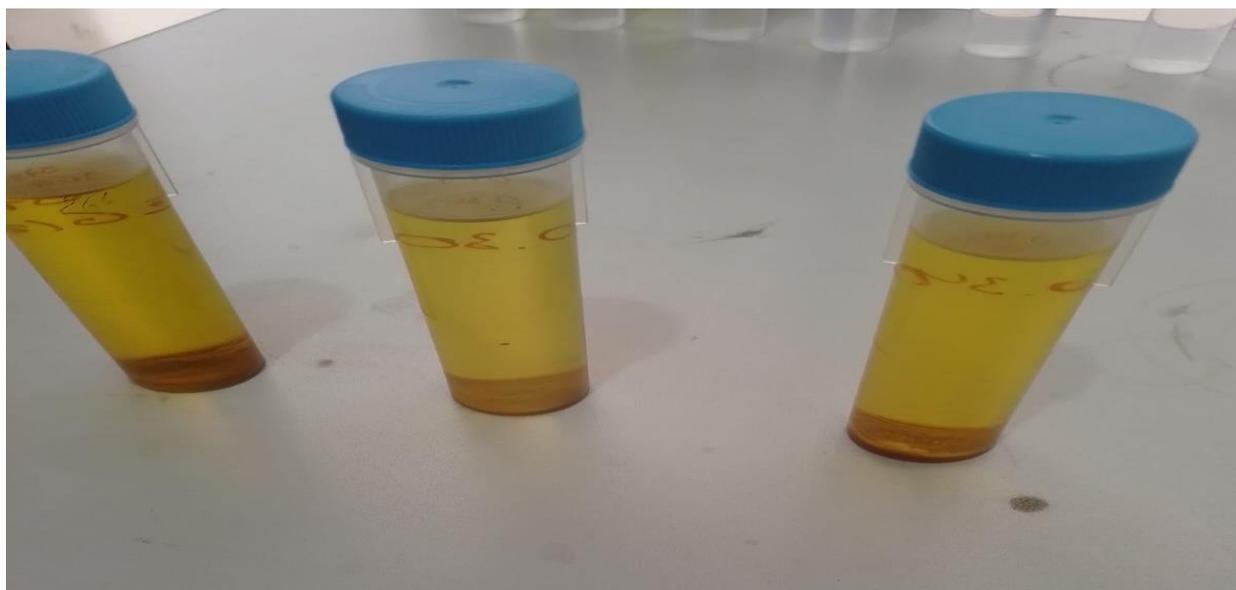
Fuente: Fotografía Propia (2023)

**Figura 12:** Muestras en el sistema de digestión HotBlock



Fuente: Fotografía Propia (2023)

**Figura 13:** Muestra fría y llevado a volumen 50 mL



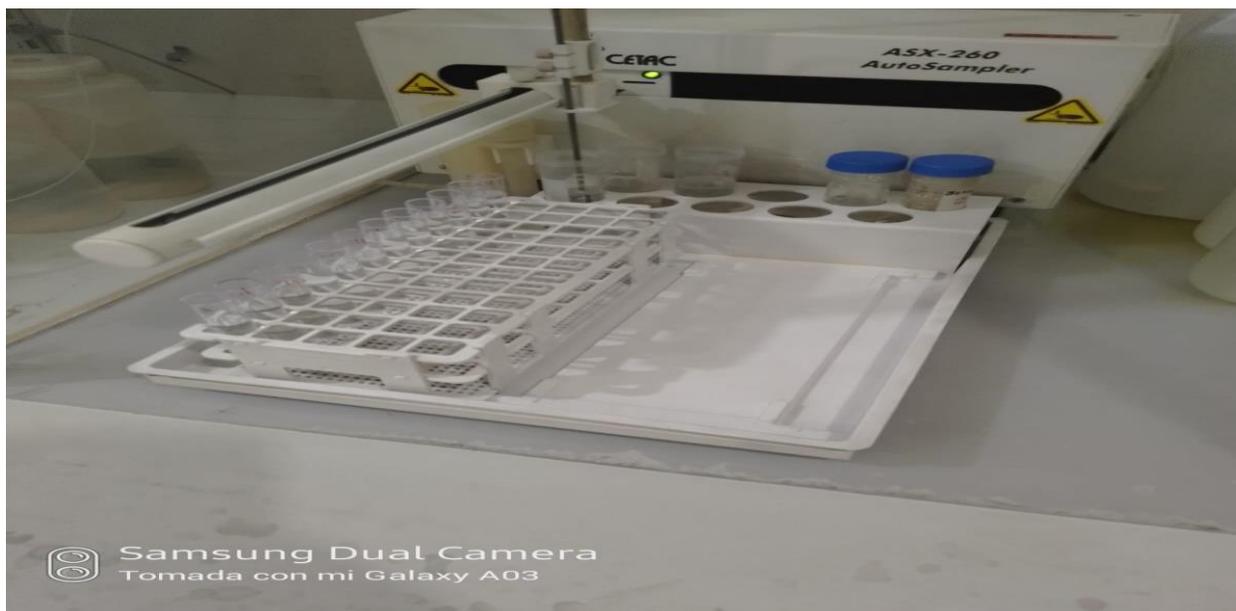
Fuente: Fotografía Propia (2023)

**Figura 14:** Dilución de muestra filtrada



Fuente: Fotografía Propia (2023)

Figura 15: Lectura de las muestras diluidas por ICP-MS



Fuente: Fotografía Propia (2023)

Figura 16: Certificación del laboratorio



Fuente: Bhios Laboratorios S.R.L Arequipa-Perú