



Facultad de Farmacia y Bioquímica

Escuela Académico Profesional de Farmacia y Bioquímica

“DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE PLOMO Y CADMIO EN DIEZ TIPOS DE YUCA (*Manihot esculenta*) COMERCIALIZADAS EN EL MERCADO DEL DISTRITO DE SAN MARTÍN DE PANGO, DE LA CIUDAD DE SATIPO, DEPARTAMENTO DE JUNÍN, DE ENERO – MARZO DEL 2017”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE QUÍMICO FARMACÉUTICO

Presentado por:

Bachiller: DE LA O VALENZUELA ZENAIDA OLINDA

Bachiller: QUISPE AGUIRRE JANNET

Asesor:

Q.F. ROBERT ARMANDO CARDENAS ORIHUELA

LIMA-PERÚ

2017

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios por habernos dado la vida y llegar a este momento tan importante de nuestra formación profesional. A nuestros padres e hijo por ser los pilares más importantes de nuestras vidas.

A nuestro Asesor que nos apoyó para escribir y concluir esta tesis.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por protegernos durante todo nuestro camino y darnos fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda nuestra vida.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este trabajo de investigación.

INDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
INDICE DE TABLAS.....	VII
INDICE DE CUADROS.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE GRAFICOS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
I. INTRODUCCION	1
I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
I.2. OBJETIVOS	3
I.2.1. OBJETIVO GENERAL	3
I.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
I.3. HIPOTESIS.....	3
I.3.1. HIPOTESIS GENERAL.....	3
I.3.2. HIPOTESIS ESPECIFICAS.....	3
I.4. VARIABLES.....	4
I.4.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	4
I.4.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....	4
II. MARCO TEORICO.....	5
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	6
2.2 BASE TEORICA.....	7
2.2.1 Origen de la yuca.....	7
2.2.2 Descripción botánica.....	7

2.2.3. Composición química.....	10
2.2.4. Valor nutricional.....	10
2.2.5. Distribución Geográfica y requerimiento climático.....	10
2.2.6. Aspectos de producción.....	11
2.2.7. Fertilización.....	18
2.2.8. Factores que influyen en la contaminación.....	13
2.2.9. Interacción de los metales con la yuca (<i>Manihot esculenta</i>).....	13
2.2.10. Metales estudiados.....	15
2.2.10.1. Plomo.....	16
2.2.10.1.1. Generalidades.....	16
2.2.10.1.2. Propiedades Fisicoquímicas.....	16
2.2.10.1.3. Usos y aplicaciones.....	16
2.2.10.1.4. Fuentes de exposición.....	16
2.2.10.1.5. Toxicocinética.....	17
2.2.10.1.6. Toxicodinamia.....	18
2.2.10.2 Cadmio.....	19
2.2.10.2.1. Generalidades.....	19
2.2.10.2.2. Propiedades Fisicoquímicas.....	19
2.2.10.2.3. Usos y aplicaciones.....	19
2.2.10.2.4. Fuentes de exposición.....	20
2.2.10.2.5. Toxicocinética.....	21
2.2.10.2.6. Toxicodinamia.....	22
2.2.12. Marco Legal.....	23
2.2.12.1. Marco Legal Nacional.....	23

2.2.12.2. Marco Legal Internacional.....	24
III. PARTE EXPERIMENTAL.....	26
3.1. TIPO DE INVESTIGACION.....	26
3.2. METODO.....	26
3.2.1. Espectrometría de Absorción Atómica.....	26
3.3. POBLACION Y MUESTRA DE ESTUDIO.....	29
3.3.1. Población.....	29
3.3.2. Materiales.....	29
3.3.3. Equipos.....	29
3.3.4. Reactivos.....	30
3.4. TECNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	30
3.4.1. Técnica Operatoria.....	30
3.4.2. Instrumentos.....	30
3.4.3. Procesamiento de la muestra.....	30
3.4.3.1. Limpieza y acondicionamiento del material.....	30
3.4.3.2. Toma de la cantidad de muestra a utilizar.....	31
3.4.3.3. Digestación por microondas.....	31
IV. RESULTADOS.....	40
V. DISCUSIONES.....	50
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	53
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	54
VIII. ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales causas de la presencia de cadmio en los alimentos	21
Tabla 2: Medidas regulatorias de contenido de plomo y cadmio en yuca (<i>Manihot esculenta</i>).	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 : Referencia de códigos y niveles de concentración de los metales pesados que presentan las diez tipos de yuca (<i>Manihot esculenta</i>) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017..	40
Cuadro 2 : Niveles de concentración de plomo en diez tipos de yuca (<i>Manihot esculenta</i>) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017.....	41
Cuadro 3 : Niveles de concentración de cadmio en diez tipos de yuca (<i>Manihot esculenta</i>) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Niveles de plomo en diez tipos de yuca (<i>Manihot esculenta</i>) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017.....	42
Figura 2: Niveles de plomo en diez tipos de yuca (<i>Manihot esculenta</i>) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 que superan el parámetro establecido en el Codex Alimentarius.	43
Figura 3: Porcentaje de muestras en diez tipos de yuca (<i>Manihot esculenta</i>) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 que superan el parámetro establecido en el Codex Alimentarius.	44
Figura 4: Niveles de cadmio en diez tipos de yuca (<i>Manihot esculenta</i>) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017.....	46
Figura 5: Niveles de cadmio en diez tipos de yuca (<i>Manihot esculenta</i>) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 que superan el parámetro establecido en el Codex Alimentarius.	47

Figura 6: Porcentaje de muestras en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 que superan el parámetro establecido en el Codex Alimentarius 48

Figura 7: Correlación de los porcentajes de plomo y cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 que superan los valores establecidos por el Codex Alimentarius. . 49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: La yuca (*Manihot esculenta*), características botánicas 9

Gráfico 2: Composición química yuca (*Manihot esculenta*)..... 10

Gráfico 3: Toxicocinética del Plomo 18

Gráfico 4: Distribución de cadmio en el organismo 22

Gráfico 5: Componentes fundamentales de un equipo de Absorción Atómica 27

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo determinar cuantitativamente, mediante la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica los niveles de concentración de plomo y cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017. Los niveles de plomo encontrados presentan en promedio de 0,13 ppm, con un valor mínimo de 0,01 ppm de plomo y un valor máximo de 0,24 ppm de plomo. Los niveles de cadmio encontrados presentan en promedio de 0,05 ppm, con un valor mínimo de 0,01 ppm de cadmio y valor máximo de 0,09 ppm de cadmio. Los resultados de la presente investigación nos indican que en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) el 90% superan el límite permisible del Codex Alimentarius para el plomo y 10% no superan el límite permisible del Codex Alimentarius para el plomo y el 100% no supera el límite permisible del Codex Alimentarius para el cadmio. Lo cual nos permite concluir que la presencia de plomo en yuca (*Manihot esculenta*), que pueden repercutir en la salud del consumidor.

Palabras clave: Plomo, cadmio, yuca, espectrometría de absorción atómica, Codex alimentarius.

ABSTRACT

This research aims to quantitatively determine, using the technique of atomic absorption spectrometry the levels of concentration of lead and cadmium in ten types of cassava (*Manihot esculenta*) marketed in the "Market district of San Martín de Pangoa" of the city of Junín Department of January – March 2017. Lead levels found on average 0.13 ppm, with a minimum value of 0.01 ppm lead and a maximum value of 0.24 ppm. The levels of cadmium found present on average of 0.05 ppm, with a minimum value of 0.01 ppm of cadmium and maximum value of 0.09 ppm of cadmium. The results of this research indicate that in the ten types of cassava (*Manihot esculenta*) 90% exceed the permissible limit of the Codex Alimentarius for lead and 10% do not exceed the permissible limit of the Codex Alimentarius for lead and 100% does not exceed the permissible limit of Codex Alimentarius for cadmium. This allows us to conclude that the presence of lead in cassava (*Manihot esculenta*), which can affect the health of the consumer.

Key words: lead, cadmium, yucca, atomic absorption spectrometry, Codex Alimentarius.

I. INTRODUCCIÓN

Los metales están entre los tóxicos más antiguos conocidos por el hombre. En el industrializado mundo actual las fuentes de exposición a metales son ubicuas tanto en el campo laboral como a partir de agua, los alimentos o el ambiente contaminados. Su toxicidad está caracterizada por el elemento metálico en cuestión, pero se ve modificada por el tipo de compuesto, orgánico o inorgánico y sus características de hidro o liposolubilidad, que determina su toxicocinética y por tanto sus posibilidades de alcanzar sus dianas. Las biomoléculas más afectadas por los metales son las proteínas con actividad enzimática por lo que su patología es multisistémico. Los principales sistemas afectados son el gastrointestinal, neurológico central y periférico, hemático y renal. Algunos de los compuestos metálicos son carcinógenos. ⁽¹⁾

La toxicidad de los metales no depende solamente de su concentración total, sino de su disponibilidad y reactividad con otros componentes del sistema. La disponibilidad de los metales en los suelos está estrechamente relacionada con el pH, el tipo de materia orgánica (sustancias húmicas en forma soluble o insoluble) e incluso la temperatura del suelo. ^(2, 3, 4)

El estudio del contenido de metales pesados en los cultivos permite evaluar la calidad de una parte de los alimentos consumidos, que pueden incrementar los niveles de estos elementos en el cuerpo humano con las posibles repercusiones para la salud. Por lo mencionado es necesario contar con información actualizada sobre los contaminantes metálicos en el medio ambiente y los mecanismos que ocurren en los sistemas biológicos y que factores pueden afectar la absorción y acumulación de estos metales en el suelo y plantas y por consiguiente en los alimentos los cuales son utilizados por el hombre y animales, siendo una fuente de exposición a estos contaminantes metálicos. ⁽⁵⁾

En la actualidad el consumo de los tubérculos como la papa, camote, yuca y olluco se ha incrementado. El Instituto Nacional de Estadística e Informática dio a conocer que la producción de yuca entre los años 2010-2016, se incrementó de 3 millones 8 miles de toneladas al año 2010 a 4 millones 571 mil de toneladas métricas en el 2016, lo que significó un crecimiento de 45% y una tasa promedio anual de 3,8%. Asimismo, informó que en el año 2016 creció en 2,1% y en el primer trimestre del presente año 2,3%.⁽⁵⁾

Esta investigación tiene como finalidad dar a conocer los niveles de plomo y cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) y compararlos con los parámetros establecidos por el Codex Alimentarius.

Así mismo informar a la población sobre la presencia de plomo y cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento Junín de Enero – Marzo del 2017 y que debido a ello pueden llegar a producir efectos tóxicos en el organismo.

I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los altos niveles de metales pesados como plomo, níquel, cadmio, arsénico y manganeso, presentes en suelos y agua, utilizada para riego agrícola radican principalmente, que pueden ser acumulados en estos sistemas de suma importancia para la agricultura. Por su carácter no biodegradable, la toxicidad que ejercen sobre los diferentes cultivos y su biodisponibilidad, puede resultar peligrosos. La presente compilación bibliográfica resalta y destaca la sensibilidad relativa de algunas plantas a la presencia de los metales pesados y la tendencia a acumular los mismos, haciendo énfasis en los aspectos de relación con algunas de las características fisicoquímica de los suelos y la fitotoxicidad por metales. ⁽⁶⁾

El riesgo para la salud dependerá de la composición química del material de desecho, sus características físicas, tipos de verduras cultivadas y la tasa de consumo. ⁽⁷⁾

Las raíces y los tubérculos forman parte de los cultivos de consumo humano, es decir se cultivan principalmente para la alimentación humana. Es por ello que se crearon normas, destinadas a implantar índices de Seguridad Alimentaria fiables.

Esta investigación tiene como finalidad dar a conocer los niveles de plomo y cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) y compararlos con los parámetros establecidos por el Codex Alimentarius, sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos.

Asimismo alertar a la población concurrente de plomo y cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 sobre la presencia de los metales mencionados en yuca, debido a los posibles riesgos que puedan ocasionar en la salud humana si su consumo es continuo y por mucho tiempo.

Por ello nos planteamos la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los niveles de concentración de plomo y cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017?

I.2. OBJETIVOS

I.2.1. Objetivo General.

- Determinar los niveles de plomo y cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017.

I.2.2. Objetivos Específicos.

- Determinar los niveles de plomo en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017.
- Comparar los niveles de plomo en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 con los valores permisibles dados por el Codex Alimentarius.
- Determinar los niveles de cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017.
- Comparar los niveles de cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 con los valores permisibles dados por el Codex Alimentarius.
- Establecer una correlación de las concentraciones obtenidas de plomo y cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017.

I.3. HIPÓTESIS.

I.3.1. Hipótesis General.

- Los diez tipos de Yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 contienen altas concentraciones de concentración de plomo y cadmio.

I.3.2. Hipótesis Específicas.

- La Yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 contienen altas concentraciones de plomo y cadmio que superan los parámetros establecidos por el Codex Alimentarius.
- Existe correlación entre la concentración de plomo y cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017.

I.4. VARIABLES.

I.4.1. Variable Independiente.

Diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017

I.4.2. Variable Dependiente.

Concentración de plomo y cadmio.

Indicadores:

Codex Alimentarius:

Pb: 0,10 mg/kg

Cd: 0,10 mg/kg

	VARIABLE	INDICADOR	TIPO	CANTIDAD	DEFINICION
Independiente Causa	Yuca (<i>Manihot esculenta</i>)	Cantidad Cada muestra 1000 g	Nominal	Unidad de medida gramos	Producto nutritivo de componentes de carbohidratos de sabor especial y una consistencia solida.
Dependiente Efecto	Concentración de Plomo y Cadmio	Espectroscopia de Absorción Atómica	Ordinal	mg/kg	Contaminantes con efecto perjudicial producidos por causas naturales.

II. MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En el estado de Kentucky, Estados Unidos; las aguas residuales urbanas que se utiliza para el cultivo de la tierra suelen contener metales pesados que podrían afectar la calidad de los cultivos y la salud humana. Un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos (seis repeticiones cada uno) se utilizó para controlar el impacto de la mezcla suelo nativo con aguas residuales urbanas o desechos de jardín mezclado con aguas residuales urbanas: i) el rendimiento de la batata y la calidad y ii) concentración de siete metales pesados (Cd, Cr, Mo, Cu, Zn, Pb y Ni) en partes de las plantas de camote (raíces comestibles, hojas, tallo y alimentación). Se recogieron y analizaron para los metales totales y extraíbles utilizando dos procedimientos de extracción de muestras de suelo, ácido nítrico concentrado (para extraer metales totales de suelo), así como solución de CaCl_2 (para extraer metales solubles en el suelo que están disponibles para las plantas), respectivamente. Los análisis elementales se realizaron utilizando espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente. En general, los metales disponibles en las plantas fueron mayores en suelos enmendados con aguas residuales urbanas, en comparación con el control de parcelas. La concentración de Pb fue mayor en desechos de jardín que de las aguas residuales urbanas. Las concentraciones totales de Pb, Ni, Cr, fueron mayores en plantas cultivadas en tratamientos con aguas residuales urbanas + desechos de jardín en comparación con las plantas de control.

Tratamientos aguas residuales urbanas más desechos de jardín aumentaron el rendimiento del camote en comparación con las plantas cultivadas en suelo nativo. La concentración de metales pesados en aguas residuales urbanas en suelo modificado y en las raíces del camote estaba por debajo del límite permitido. ⁽⁸⁾

El nivel de metales pesados cadmio, plomo, magnesio, zinc y el cobre se determinó en la yuca de diferentes lugares de las zonas de exploración petrolera en Delta-State, Nigeria.

Los lugares eran Afiesere, Ekiugbo, Orogun y Ofoma, todo en Ughelli Norte LGA. Estos metales pesados se determinaron utilizando el modelo de espectrofotómetro de absorción atómica AA 701. Los resultados obtenidos fueron: Zn (67 mg/kg en yuca de Afiesere) Cd (4.65 mg/kg en yuca de Ekiugbo) y Pb (< 0,002 mg/kg en todas las yucas de diferente localización) valores más altos en comparación con el estándar de la OMS. El cobre elemento más esencial fue menor en yuca de Afiesere (1,2 mg/kg). Estos resultados son motivo de preocupación, en particular los

metales pesados que son bioacumulables en el sistema y auguran un grave riesgo sanitario para el hombre como la inflamación del pulmón, vómitos, fiebre y así sucesivamente. ⁽⁹⁾

Los valores de hidrocarburos totales de petróleo y metales pesados en los suelos, los frutos de plátano y tubérculos de yuca cosechadas en fincas afectadas con las actividades petroleras y no petroleras en Olomoro, Isoko Sur del gobierno local, del estado de Delta, Nigeria fueron investigados.

El hidrocarburo total de petróleo se determinó por espectrofotómetro de infrarrojos, mientras que los metales pesados se analizaron con espectrofotómetro de absorción atómica. Los valores de hidrocarburo total de petróleo en los suelos afectados con la actividad petrolera fueron poco en comparación con los niveles bajos en suelos no afectados con actividades no petroleras. Todos los metales pesados mostraron valores más altos en el suelo afectado con actividades petroleras que en el suelo no afectado. El orden de abundancia de metales pesados en el suelo afectado fue Fe> Mn> Zn> Cu> Co> V> Pb> Cr mientras que, en suelo no afectado, fue Fe> Zn> Mn> Cu> Co. Los valores de metales pesados fueron más altos tanto en epicarpio y mesocarpio de los frutos de plátano recolectados a partir del suelo afectado por actividades petroleras que en el suelo no afectado. En los tubérculos, yuca, los valores de metales pesados en la corteza eran todos mayores en el suelo afectado que en el suelo no afectado. Cr, V, As y Hg estaban todos por debajo del nivel de detección tanto en frutas de plátano y tubérculos de yuca en ambos suelos. ⁽⁹⁾

Los valores de Zn (3,39 mg/kg), Pb (2,44 mg/kg) en el epicarpio de frutas de plátano y Zn (4,385 mg/kg) en la corteza y (5,955 mg/kg) en la capa pilífera y Pb (1,75 mg/kg) en la corteza de la yuca fueron más altos que los valores registrados en suelos que indica hiper acumulación. ⁽¹⁰⁾

En un estudio en Nigeria se determinó los niveles de micro minerales (manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), cromo (Cr)) y metales pesados (cadmio (Cd), plomo (Pb) y níquel (Ni)) en algunos tubérculos, legumbres y cereales obtenidos de los mercados en la ciudad de Abeokuta, Sur-Oeste Nigeria. Las muestras de alimentos fueron digeridas por procedimiento incineración en seco y sus minerales se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados muestran los valores medios de Mn (1,67 a 32,00 mg/kg), Fe (7,25 a 61,58 mg/kg), Cu (1,59 a 10,56 mg/kg), Zn (6,65 a 46,99 mg/kg), Cr (0,02 hasta 0,58 mg/kg), Cd (0,01 a 0,09 mg/kg), y Ni (0,08 a 0,14mg / kg).

Los niveles de estos metales en todas las muestras analizadas estaban dentro de los rangos reportados para tubérculos, similares resultados fueron para las legumbres y los cereales

procedentes de diversas partes del mundo. Se encontró que las ingestiones diarias de los metales a través de tubérculos, legumbres y cereales a ser menor que la ingesta diaria tolerable provisional propuestos por el Comité Mixto FAO / OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios. ⁽¹⁰⁾

2.2. BASE TEÓRICA

2.2.1. Origen de la Yuca

La yuca o mandioca es una especie de origen americano, que se ha extendido en una amplia área de los trópicos americanos desde Venezuela y Colombia hasta el Noroeste de Brasil, con predominio de los tipos de yuca dulce en el norte y en la zona de Brasil los amargos. Según Rogers, las especies silvestres del género *Manihot* tienen dos centros de origen: uno en México y América Central y el otro en el noroeste de Brasil. ⁽¹¹⁾

2.2.2. Descripción Botánica

La yuca (*Manihot esculenta*) Crantz, es una planta de la familia Euforbiaceae, calificada como un arbusto perenne con ciclo de vida entre 7 a 24 meses, presenta unas 7200 especies caracterizadas por el desarrollo de vasos laticíferos, compuestas por células secretoras denominadas galactocitos, lo que le produce la característica de secreción lechosa típica de esta familia. ⁽¹²⁾

Sus raíces se caracterizan por presentar nudos los cuales hacen contacto con el suelo, esta característica favorece la absorción de agua y nutrientes del suelo mediante el desarrollo interno de sistema de raíces fibrosas. Una raíz de yuca madura puede almacenar de 15 a 100 cm y en peso de 0,25 kg. a 5,0 kg., las raíces maduras son predominantemente de color café y de superficie áspera, la cáscara tiene de 1 a 4 mm de grosor y está compuesta de epidermis, una subepidermis (blanca o rosada) y una capa interior que separa la pulpa. ⁽¹²⁾

La raíz tuberosa, que anatómicamente no es un tubérculo puede ser cilíndrica o cónica, está cubierta por una cáscara formada por periderma, el cual es un tejido corchoso que varía de color blanco crema a café oscuro, siendo este último el color más común. Debajo del periderma existe una capa cortical (córtex) de 1 a 2 mm de espesor con una coloración blanca o crema rosada, compuesta de esclerénquima, parénquima cortical y floema, el cual contiene glucósidos cianogénicos responsables de la formación del ácido cianhídrico y también es el sitio en donde se encuentran los canales laticíferos, en especial en las raíces jóvenes. ⁽¹²⁾

Debajo de estos dos tejidos está la pulpa, que es la porción comestible de la raíz. La pulpa está compuesta de parénquima, la cual comprende aproximadamente el 85% del peso total de la raíz,

contiene además vasos de xilema radialmente distribuidos en una matriz de células almacenadoras de almidón. ⁽¹²⁾

Las flores de yuca terminan sobre panículas, es una planta monoica con gran cantidad de flores femeninas cerca de la base y pequeñas flores masculinas cerca del extremo de la panícula. Ambas flores tienen 5 tépalos unidos, el color puede ser amarillo o rojo. La flor masculina tiene 10 estambres arreglados en dos círculos de 5 estambres cada uno; los filamentos están libres y las anteras son pequeñas con 200 a 300 granos de polen por antera. La flor femenina tiene un ovario montado sobre un disco glandular de 10 lóbulos, el estigma tiene 3 lóbulos los cuales se unen y forman el estilo. ⁽¹²⁾

El fruto maduro está en un endocarpio de madera, en forma globular, de 1,0 a 1,5 cm de diámetro, cuando el fruto está maduro y seco, el endocarpio de madera explota entonces se dispersa la semilla. La semilla tiene forma elipsoidal y mide de 1,0 a 1,5 cm de largo. ⁽¹²⁾

Las variedades de yuca se reproducen mediante fecundación cruzada, lo cual le da un alto grado de heterocigosidad en plantas, son individuos heterocigotos, los cuales son propagados vegetativamente para reproducir el genotipo. ⁽¹³⁾

Además, tiene un fuerte entrecruzamiento entre especies monoicas y sufre de depresión por endogamia, haciendo difícil el desarrollo apropiado de líneas para el estudio de la genética clásica.

El cultivo es considerado un aloploiploide segmental o un aloploiploide, no es bien conocido el ancestro diploide de yuca con 36 cromosomas somáticos. No hay evidencia de herencia tetrasómica de especies silvestres de *Manihot* relacionadas con un número de cromosomas de $2n = 36$, sin embargo, han sido creadas teorías las cuales sostienen la aleloploiploide en yuca. ⁽¹³⁾

Grafico N° 1

Mandioca/Yuca



Manihot esculenta

Taxonomía

<u>Reino:</u>	<u>Plantae</u>
<u>División:</u>	<u>Magnoliophyta</u>
<u>Clase:</u>	<u>Magnoliopsida</u>
<u>Orden:</u>	<u>Malpighiales</u>
<u>Familia:</u>	<u>Euphorbiaceae</u>
Subfamilia:	<u>Crotonoideae</u>
<u>Tribu:</u>	<u>Manihoteae</u>
<u>Género:</u>	<u><i>Manihot</i></u>
<u>Especie:</u>	<i>Manihot esculenta</i>

Fuente: Gilbert, P. M. 2008. La mandioca en la actualidad

2.2.3. Composición Química

Gráfico N° 2

DESCRIPCION	COMPOSICION
HUMEDAD (AGUA)	68.70%
ENERGIA	121.00KCAL
PROTEINA TOTAL	1.00g
GRASA TOTAL	28.20G
CARBOHIDATOS TOTAL	0.00
CENIZAS	52.00mg
CALCIO	34.00mg
FOSFORO	1.10mg
HIERRO	0.06mg
TIAMINA	0.04mg
RIBOFLAVINA	0.70mg
NIACINA	1.00mcg
VITAMINA C	19.00mg
RETINOL EQUIVAL	68.00%

Fuente: Tabla de composición de alimentos. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá -INCAP

Fuente: Tabla de composición de alimentos. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá

2.2.4. Valor Nutricional

100 gramos de yuca aportan: Calorías: 120 kilocalorías, Proteínas: 3,1 gramos, Hidratos de carbono: 26,8 gramos, Grasas: 0,4 gramos, Vitaminas: vitamina B6 (0,4 mg) y vitamina C (48,2 mg) y Minerales: magnesio (66 g) y potasio (765 mg).⁽¹⁴⁾

2.2.5. Requerimientos Climáticos y Edáficos

Clima, Temperatura: Entre 25 y 30°C y entre 300 a 700 m.s.n.m. En temperaturas más bajas o mayores alturas (más de 800 m.s.n.m.), el ciclo se extiende demasiado (más de los 12 meses).

Precipitación: Requiere de una muy buena precipitación durante todo su ciclo. Por ser un cultivo de ciclo largo requiere de más precipitación que otros cultivos. La precipitación deseable es de 1,400 mm. Bien distribuido durante su ciclo productivo.

Suelos: De preferencia suelos francos, pero produce muy bien en suelos pesados hasta suelos arenosos.

pH: preferible en el rango de 5.8 a 6.5.⁽¹⁴⁾

2.2.6. Aspectos de producción

Densidad: Hectárea 16,666 plantas, Manzana 11,666 plantas

Distanciamiento entre camas de 1,20 m.

Una sola hilera sobre la cama

Distanciamiento entre plantas de 0,50 m.

También se puede sembrar de 1,10 a 1,00 m. entre surcos y 0,55 a 0,60 entre plantas.

Nota: Este distanciamiento es aplicable a sistemas de siembra bajo humedad, riego por aspersión o gravedad. Para el sistema de goteo se recomienda 1,50 m. entre camas y 0,60 entre plantas.

Siembra: El material vegetativo a utilizar (cangres) debe de venir de plantas libres de enfermedades, daños de insectos y de madera sazona. Las estacas se deben de cortar con cortes de 45°, con un tamaño que oscile entre los 20 a 30 cm., siendo lo más importante que cuenten de 5 a 8 yemas. ⁽¹⁴⁾

Los cangres seleccionados para semilla se deben de clasificar por tres tamaños: delgados, medianos y gruesos, en vista que tienen diferente vigor, las tres clases son buena semilla, pero deben de sembrarse por similitud de tamaños para evitar que las de menor vigor alcance menos desarrollo.

Una vez picado el cangre para la siembra se debe de tratar con un fungicida y un insecticida.

Eliminación de Brotes: La yuca brota entre los 15 a 21 días después de siembra, a los 15 días después de brotado debe de dejar solo un brote por estaca, siendo este brote el más vigoroso, ya que la estaca sembrada puede llegar a producir hasta 10 brotes. ⁽¹⁴⁾

Control Oportuno de Malezas: Es una actividad esencial durante los primeros 4 meses, ya que después la cobertura de su follaje logra hacer la suficiente sombra para evitar tener competencia.

Si antes de la siembra ya tenemos un poco de maleza se debe de realizar una aplicación de un quemante como Paraquat.

El uso de herbicidas pre-emergentes va a depender del tipo de malezas presente en nuestro lote de siembra.

La aplicación de estos productos se debe de realizar el día antes de la siembra o inmediatamente después de la siembra. Si el cangre ya esta brotado cuando empezamos la siembra se debe aplicar el día antes. Con la yuca brotada no se pueden aplicar estos herbicidas así que no se debe dejar la labor de aplicación de herbicidas para después. ⁽¹⁴⁾

La aplicación de estos herbicidas se debe de realizar con boquillas de abanico plano con el traslape recomendado por el fabricante de la boquilla. Se debe utilizar un volumen de 300 litros de agua por hectárea para tener menos error en la aplicación. La mayoría de los herbicidas sellantes no ocupan adherente y no son muy sensibles a los diferentes pH.

La recomendación es usar Gesapax o Gesaprim + Prowl o Lasso el día antes de la siembra. El Prowl es para los lotes donde haya caminadora. Al usar estos productos siempre revisar que la aplicación sea uniforme ya que son productos sellantes y si hay mala cobertura va a presentarse escape de maleza. ⁽¹⁴⁾

Herbicidas post-emergentes se pueden usar selectivos o no selectivos. Por lo general los selectivos son para control de gramíneas (zacates).

2.7. Fertilización

En los programas de producción agrícola existen métodos convencionales (fertilizantes químicos) y no convencionales (abonos orgánicos), para recuperar, mantener y aumentar la fertilidad de los suelos. ⁽¹⁵⁾

En la estrategia de manejo integrado de plagas es recomendable utilizar abonos orgánicos como lombricomposta, mulch y estiércol (bovino, gallinaza), para mejorar y mantener la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola.

La utilización de abonos orgánicos como la gallinaza contribuye al mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, entre ella su estructura. Así mismo como ayuda a la agregación y aireación del suelo, y a mantener condiciones óptimas de temperatura y humedad. Los organismos del suelo (hongos, bacterias, etc.), actúan mejor, porque se benefician directamente del empleo de estos abonos orgánicos.

La yuca extrae grandes cantidades de nutrientes del suelo, especialmente potasio (K) y nitrógeno (N). Para una producción comercial sostenida, se hace necesario suministrar al suelo al menos la misma cantidad de nutrientes que el cultivo haya extraído. ⁽¹⁵⁾

2.2.8. Factores que influyen en la contaminación de la yuca

Las principales vías de entrada de los metales a las plantas son a través del aire, el agua y el suelo.

Aire: El viento es un agente que también produce la movilización o migración en forma particulada de los metales pesados que se encuentran en la superficie del suelo. En este caso, los factores que gobiernan el proceso son la naturaleza de las partículas que transporta y la intensidad del viento. El transporte de materia particulada puede suponer la contaminación de las aguas y de los terrenos cercanos, pero además, desde una perspectiva toxicológica, el material particulado es transportado por el aire y tiene importantes implicaciones desde el punto de vista de la salud, básicamente a través de la inhalación de pequeñas partículas de 10 micras de diámetro o menos que pueden ser absorbidas en la región alveolar del pulmón, por lo que representa una amenaza para la salud pública. ⁽¹⁵⁾

Agua: La circulación de metales con las aguas está influenciada por el balance hídrico del agua en el suelo, donde interviene la cantidad de precipitación, evaporación, escorrentía e infiltración del agua, en función de las propiedades fisicoquímicas del suelo. ⁽¹⁵⁾

Suelo: Los principales peligros ambientales de la transferencia de metales pesados desde el suelo a las plantas son la entrada de éstos a la cadena trófica, pérdida de cobertura vegetal o cosecha por su fitotoxicidad y la absorción de metales desde el suelo por plantas tolerantes.

Las plantas han desarrollado mecanismos altamente específicos para absorber, translocar y acumular sustancias; sin embargo, algunos metales y metaloides no esenciales para los vegetales son absorbidos, translocados y acumulados en la planta debido a que presentan un comportamiento electroquímico similar a los elementos nutritivos requeridos. ⁽¹⁵⁾

En los suelos contaminados con plomo se suele encontrar también cadmio y zinc, por analogía entre sus propiedades y características metálicas. Sin embargo, en estos casos la barrera suelo-planta limita la translocación del plomo a la cadena alimenticia (inmovilización química en el suelo o limita crecimiento de la planta) antes de que el plomo alcance valores que puedan dañar al hombre. ⁽¹⁵⁾

2.2.9. Interacción de los metales con la yuca

El cadmio se encuentra en el suelo siempre de forma divalente (Cd^{+2}) y su disponibilidad depende del pH del suelo (solubilidad casi nula a pH de 9,5), de la estructura del suelo y del contenido de materia orgánica. Además, entre los factores de la planta que pueden influir en la

cantidad de cadmio absorbido se encuentran: la especie, la edad y el desarrollo radicular. La concentración de cadmio no es la misma en las diferentes partes de la planta, observando la siguiente secuencia: raíces > tallos subterráneos > hojas > frutas > semillas. Ingreso, transporte y acumulación del cadmio. ⁽¹⁵⁾

El cadmio puede ingresar a la planta de dos formas: forma pasiva mediante difusión iónica del suelo a la raíz y de formas activa mediante transportadores y canales usados por metales esenciales debido a la baja especificidad de estos. ⁽¹⁶⁾

El cadmio y el zinc presentan una gran similitud química, por lo que los mecanismos mediante los cuales el zinc (metal esencial) entra a la planta permiten la entrada del cadmio. Se cree que el cadmio ingresa a la planta mediante transportadores de cationes divalentes como Zn^{2+} , Cu^{2+} y Fe^{2+} , o mediante canales de Ca^{2+} y Mg^{2+} . Dentro de los transportadores que están involucrados en la toma de cadmio, están los de cationes de las familias ZIP (Zn y Fe) y NRAMP (puede que su función sea en la movilización del metal y no en la entrada), el transportador de cationes de baja afinidad o transportador específico de calcio (LCT1), proteínas tipo CDF, al igual que canales y transportadores de Ca^{2+} .

Una vez dentro de la célula el cadmio puede coordinarse con ligandos de azufre como glutatión (GSH) o fitoquelatinas (PCs) y ácidos orgánicos como el citrato. Otras posibles moléculas responsables de la quelación del cadmio son pequeñas proteínas ricas en cisteína denominadas metalotioneínas. ⁽¹⁶⁾

De esta forma, los complejos Cd-ligando pueden ser transportados al interior de la vacuola o a otras células. Generalmente el cadmio tiende a acumularse principalmente en la raíz y esto es más marcado cuando se presentan altos contenidos de cadmio en la planta. ⁽¹⁶⁾

Interacción del plomo con la yuca, el plomo no es un tóxico sistémico en el reino vegetal, ya que no se difunde por el sistema vascular de la planta y no contamina, o contamina poco las partes aéreas consumibles. Esta característica añadida a su efímera persistencia en las aguas, contribuye a explicar su bajo poder de biomagnificación a través de la cadena alimentaria. En cambio, las hojas o los frutos se pueden ver más expuestos a este metal por la cercanía a las industrias o autopistas. ⁽¹⁷⁾

Ingreso, transporte y acumulación del plomo El mucílago (segregado por la cofia) puede retener en sus cargas negativas cationes como el Pb^{+2} , previniendo la entrada de este metal al ápice radicular. Sin embargo, al ser biodegradado, el sistema radicular queda desprotegido y el plomo

ingresa uniéndose con los grupos carboxilo del ácido urónico del mucílago. Una posible vía del transporte del plomo a través de la membrana plasmática parece que es a través de los canales catiónicos de la misma, tales como los canales de calcio. Así mismo, el Ca^{+2} bloquea el transporte del Pb^{+2} dentro de la raíz, apreciando así una mayor acumulación del metal en esta parte. El plomo se mueve en el apoplasto de la raíz en una forma radial a través del córtex y se acumula en la endodermis. La endodermis actuará como una barrera parcial para evitar el paso del metal hacia la parte aérea. Y es la banda de Caspari, que se encuentra en la endodermis, el responsable de restringir el transporte del plomo. Se ha demostrado que el plomo se retiene más en la membrana citoplasmática que en la pared celular. Así mismo, la distribución del plomo en la raíz dependerá de la concentración de plomo, resultando que a bajas concentraciones de plomo predomina el flujo de iones plomo en el apoplasto, mientras que a altas concentraciones del metal la barrera funcional de la membrana plasmática es dañada y una gran cantidad de plomo ingresa al interior de las células. La pared celular y las vacuolas juntas suman 96% del plomo absorbido. ^(18,19)

2.2.10. Metales Estudiados

Los metales se definen como un conjunto de elementos de elevada densidad (superior a 7 g/cm^3) ampliamente distribuidos en la corteza terrestre.

El aire, el agua y el suelo constituyen las principales vías de entrada de metales a los vegetales. La importancia de estas vías de distribución de metales depende del elemento en cuestión, de la localización y tipo de suelo, de la especie vegetal y de las prácticas agrícolas aplicadas. Asimismo, la capacidad de absorber y acumular metales difiere notablemente, teniendo en cuenta la variedad del vegetal. La absorción de metales por los vegetales es el primer paso para la entrada de éstos en la cadena alimentaria. ⁽²⁰⁾

La absorción y posterior acumulación de los metales en los vegetales es debida principalmente al movimiento desde el suelo a las raíces de las mismas. En general, la composición mineral de los suelos puede influir en la composición metálica de los tubérculos pudiéndose acumular altas concentraciones de elementos metálicos en los mismos.

Diversas líneas de investigación han demostrado que variando las propiedades del suelo (pH, materia orgánica, potencial redox y capacidad de cambio catiónico), como consecuencia de los procesos agrícolas, se pueden producir cambios en la movilidad y disponibilidad de metales. ⁽²⁰⁾

Los alimentos son el principal medio de traslocación de los metales para llegar a los seres vivos.

2.2.10.1. Plomo

2.2.10.1.1. Generalidades

La presencia de plomo (Pb) en la corteza terrestre no solo es debida a la extracción de minerales de plomo del suelo empleando el calor en los afloramientos naturales sino por diversas actividades antropogénicas (fundición de minerales, gases contaminantes urbanos, deposición de residuos sólidos urbanos, combustión incompleta de carburantes, entre otros). Asimismo, los suplementos de calcio, las cerámicas y los vidriados fabricados con este metal son fuentes adicionales. El plomo se emplea principalmente en la fabricación de baterías, conducciones, aditivos para pinturas, antidetonantes para la gasolina, municiones militares y fertilizantes. ⁽²¹⁾

2.2.10.1.2. Propiedades Fisicoquímicas

El plomo pertenece al grupo de elementos metálicos conocido como metales del bloque p que están situados junto a los metaloides o semimetales en la tabla periódica. Este tipo de elementos tienden a ser blandos y presentan puntos de fusión bajos, propiedades que también se pueden atribuir al plomo, dado que forma parte de este grupo de elementos.

El estado del plomo en su forma natural es sólido. El plomo es un elemento químico de aspecto gris azulado y pertenece al grupo de los metales del bloque p. El número atómico del plomo es 82. El símbolo químico del plomo es Pb. ⁽²¹⁾

2.2.10.1.3. Usos y aplicaciones

El plomo es un metal muy usado en la industria, como puede ser en la fabricación de pigmentos, recubrimientos, recipientes, ungüentos, pilas eléctricas, fertilizantes e incluso algunos licores. Además, el plomo tiene hoy en día numerosas aplicaciones en metalurgia (munición de armas, metal para cojinetes, cobertura de cables, compuestos de calafateo, plomo laminado, soldaduras, pigmentos, vidriado de cerámica y ciertos tipos de cristal). ⁽²²⁾

El plomo y sus derivados se encuentran en todas partes del medio ambiente, como, por ejemplo, en las plantas y animales de uso alimentario, en el aire, en el agua de la bebida, en los ríos, océanos y lagos, en el polvo, en el suelo, etc.

2.2.10.1.4. Fuentes de exposición.

El agua de mar contiene entre 0,003 mg/L y 0,20 mg/L de plomo. Las concentraciones de este metal en aguas marinas contribuyen a la contaminación de los peces que habitan en ellas.

En terrenos no cultivados se han encontrado de 8 mg/Kg a 20 mg/Kg mientras que en terrenos cultivados puede llegar a encontrarse por encima de 360 mg/Kg y cerca de fuentes de contaminación industrial, el suelo alcanza contenidos de 10 g/Kg o más. En áreas rurales, los niveles de plomo en el aire son del orden de 0,1 mg/m³ o menos.

Este metal es considerado un importante contaminante debido a su potencial de acumulación y persistencia. Aunque en pequeñas cantidades, las fuentes más importantes de plomo son las bebidas alcohólicas, cereales, el despojo cárnico, pescados, frutas y verduras. La ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) establecida por la FAO es 25 µg/Kg referido a una persona de 60 Kg de peso. ⁽²²⁾

Otras fuentes de ingestas de plomo importantes son las provenientes de las cerámicas con vidriados a base de sales de plomo para el envase de alimentos artesanales, que se preparan en cacerolas de barro. La FDA calculó en 1979 que aproximadamente el 20% del plomo presente en la dieta diaria de las personas de más de un año procedía de los alimentos envasados. Por eso son tan interesantes los envases metálicos por embutición de las planchas metálicas, que evitan, por lo menos, las soldaduras laterales de los botes. ⁽²²⁾

2.2.10.1.5. Toxicocinética

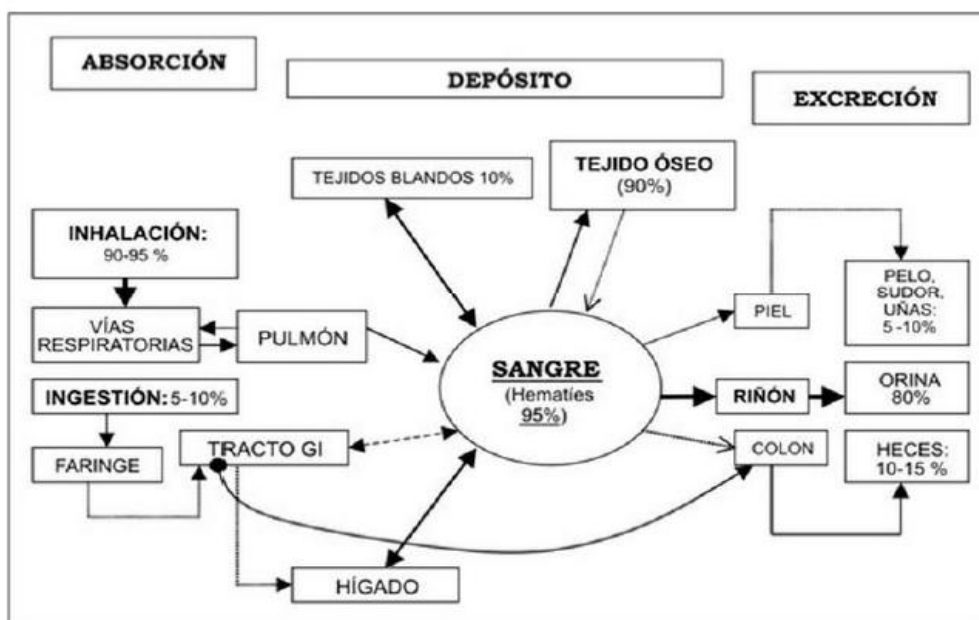
El plomo es capaz de penetrar en el organismo humano por vía oral, inhalatoria y dérmica siendo ésta última de escasa entidad.

La absorción en el tracto gastrointestinal en un adulto es aproximadamente el 20% - 30% mientras que en los niños se incrementa hasta el 50% dependiendo de la solubilidad del compuesto que se trate y del tamaño de las partículas. Por vía respiratoria, el plomo es absorbido en forma de humos o partículas finas fagocitadas por los macrófagos alveolares.

El plomo absorbido llega al torrente sanguíneo y es distribuido a los distintos órganos alcanzándose las concentraciones mayores en los huesos, dientes, hígado, pulmones, riñones y bazo. ⁽²²⁾

Además, es capaz de atravesar la placenta y la barrera hematoencefálica llegándose a concentrar en la sustancia gris de la misma. Por otro lado, inhibe la síntesis de la hemoglobina reduciendo de este modo la vida media de los eritrocitos. Se excreta fundamentalmente por orina y en menor medida, heces y saliva. Ver gráfico N° 3

Gráfico 3: Toxicocinética del Plomo



Fuente: Tomado de Sanin, Helena y cols. Acumulación de plomo en huesos y sus efectos para la salud. Salud Pública Mex 1998; 40:359-368. ⁽²⁰⁾

2.2.10.1.6. Toxicodinamia

Pueden existir dos tipos de intoxicación: efectos tóxicos agudos y crónicos. Los efectos tóxicos más frecuentes producidos por una intoxicación aguda por plomo son: insuficiencia renal, cuadro clínico gastrointestinal y hemólisis

El plomo es capaz de afectar al sistema nervioso, renal y reproductivo, así como a la producción de las células sanguíneas. El daño del sistema nervioso central (SNC) puede producir deterioro mental y conducta agresiva.

La intoxicación crónica por plomo o saturnismo presenta una sintomatología muy variada que refleja su acción en los diferentes órganos (cefalea, astenia, insomnio, irritabilidad, pérdida de la libido, ataxia, coma y convulsiones). En el SNC puede producirse encefalopatía subaguda y crónica con afectación cognitiva mientras que en el SNP se produce polineuropatía periférica principalmente en las extremidades superiores y en el lado dominante. También es afectado el tracto gastrointestinal, con anorexia, estreñimiento y, en su fase más crítica “*cólico del plomo*” o “*cólico saturnino*”, es decir, calambres abdominales intensos acompañados de náuseas y vómitos. ⁽²¹⁾

2.2.10.2. Cadmio

2.2.10.2.1. Generalidades

El cadmio (Cd) se encuentra distribuido de forma natural en la corteza terrestre en concentraciones relativamente bajas y cuya presencia se debe principalmente fuentes antropogénicas (combustión de carburantes y carbón, incineración de los residuos sólidos municipales, fundiciones, fertilizantes, aplicaciones de fangos procedentes de las estaciones depuradoras, humo del tabaco, y otros). Entre las aplicaciones que presenta el cadmio destacan la fabricación de baterías, pinturas, plásticos y recubrimientos.

2.2.10.2.2. Propiedades Fisicoquímicas

Elemento químico relativamente raro, símbolo Cd, número atómico 48; tiene relación estrecha con el zinc, con el que se encuentra asociado en la naturaleza. Es un metal dúctil, de color blanco con un ligero matiz azulado. Es más blando y maleable que el zinc, pero poco más duro que el estaño. Peso atómico de 112,40 y densidad relativa de 8,65 °C a 20°C (68°F). Hay ocho isótopos estables en la naturaleza y se han descrito once radioisótopos inestables de tipo artificial. El cadmio es miembro del grupo II b (zinc, cadmio y mercurio) en la tabla periódica, y presenta propiedades químicas intermedias entre las del zinc metálico en soluciones ácidas de sulfato. El cadmio es divalente en todos sus compuestos estables y su ion es incoloro. ⁽²¹⁾

2.2.10.2.3. Usos y aplicaciones

Los principales usos y aplicaciones del cadmio o sus compuestos son:

- Como pigmento en pinturas, esmaltes, plásticos, textiles, vidrios, tintas de impresión, caucho, lacas, etc.
- En aleación con cobre, aluminio y plata.
- En la producción de pilas de cadmio-níquel.
- Como estabilizador de termoplásticos, como el PVC.
- En fotografía, litografía y procesos de grabado. Como “endurecedor” de ruedas y llantas de automóvil. ⁽²¹⁾

2.2.10.2.4. Fuentes de exposición

El cadmio es un problema medioambiental con repercusiones sobre la salud debido a su persistencia en el medioambiente y su larga vida media biológica (10 años - 40 años) en el cuerpo humano, especialmente en los riñones.

La presencia de cadmio en la atmósfera es consecuencia de la polución natural, producida por la capacidad de las plantas de concentrar el cadmio de origen geoquímico y tras su descomposición dispersarlo en el medio ambiente. También se produce contaminación a partir de las manipulaciones de extracción y refinado del metal, así como de sus múltiples usos industriales. La gran variedad de fuentes de emisión, por otra parte, da lugar a sensibles diferencias del contenido en cadmio de la atmósfera de las áreas urbanas e industriales con respecto a áreas rurales. También ha existido una gran preocupación acerca de la lluvia ácida y de su capacidad para aumentar la biodisponibilidad de cadmio en el suelo y por tanto, en los productos agrícolas. ⁽²²⁾

La exposición laboral, la dieta, el hábito de fumar (una caja de cigarrillos contiene de 2 mg a 4 mg de cadmio) y el agua de bebida son las principales fuentes de cadmio para el hombre.

La utilización industrial del cadmio es también el origen de su presencia en los alimentos, particularmente en los de origen vegetal, lo que a su vez repercute en los animales, que consumen productos vegetales para su alimentación. Los fertilizantes y plaguicidas, las aguas residuales utilizadas para el riego, así como la deposición atmosférica, hacen del cadmio un elemento común en los suelos de cultivo, de donde es fácilmente absorbido por las plantas. En los alimentos industrializados también se han citado como posibles fuentes de contaminación las operaciones de elaboración y los materiales de envasado. ⁽²²⁾

En la tabla N° 1 se resumen las principales causas de la presencia de Cadmio en los alimentos:

Tabla 1: Principales causas de la presencia de cadmio en los alimentos

Principales causas de la presencia de cadmio en los alimentos	
Residuos de usos industriales	Electro recubrimiento de aceros. Aleaciones de propiedades específicas. Soldaduras para material electrónico de bajo punto de fusión. Pigmentos (de uso en porcelana, vidrio, cerámica y plásticos). Catalizadores de polimerización de materiales plásticos. Semiconductores. Fococélulas. Baterías de cadmio. Estabilizante de plásticos.
Residuos de usos agrícolas	Fertilizantes Plaguicidas y fungicidas Riego con aguas residuales
Suplementación mineral de los piensos	
Migración a partir de materiales de envasado	

Fuente: Ingesta dietética de contaminantes metálicos (Hg, Pb, Cd, Fe, Cu, Zn y Mn) en la Comunidad Autónoma Canaria. Evaluación toxicológica. España. Universidad de la Laguna; 2009. (7)

Alguna cerámica vidriada, especialmente artesanal y que no haya sido horneada a una temperatura suficientemente alta, es capaz de ceder cantidades tóxicas de cadmio al alimento que contiene. En conservas con envase metálico este riesgo parece despreciable, pero si es considerable en piezas de cerámica, barro o plástico empleadas en el tratamiento culinario y en el envasado de ciertos alimentos. Si, además, estas piezas van recubiertas de esmaltes con pigmentos de Cadmio, cuando se ponen en contacto con productos de reacción ácida, se liberan unas cantidades considerables de este elemento. (23)

A pesar de que el cadmio es un elemento tóxico, se encuentra presente en muchos alimentos en bajas concentraciones.

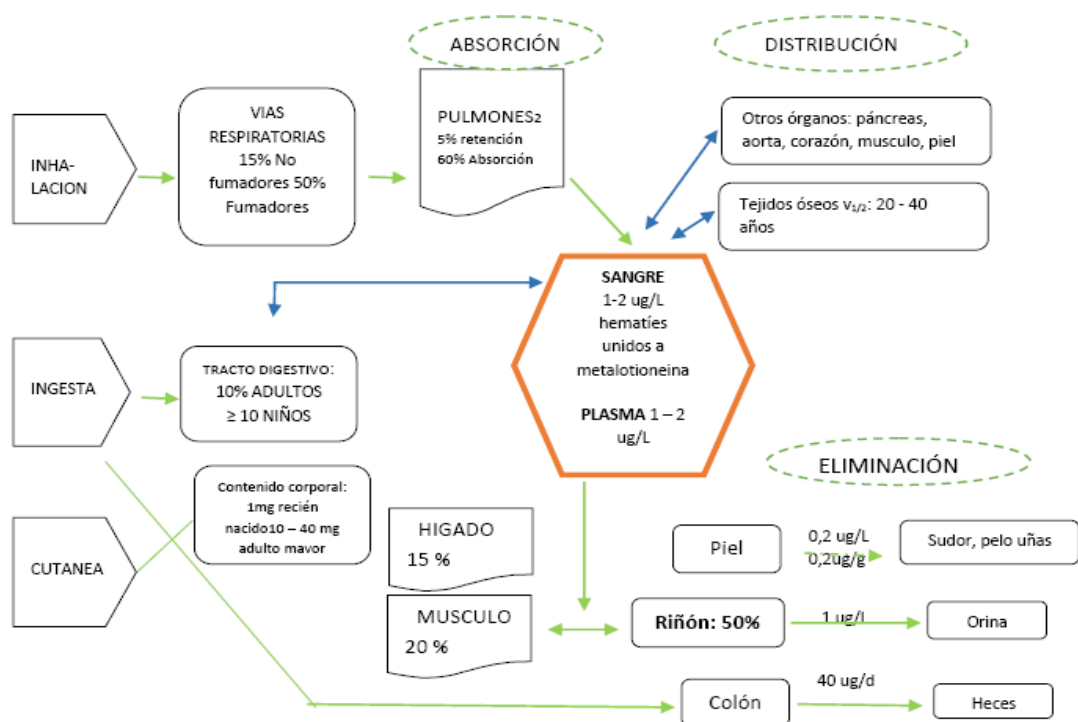
En particular, en los alimentos de origen vegetal, los niveles de cadmio pueden variar en función de la especie y de las distintas partes anatómicas del vegetal.

La ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) establecida por la FAO es 5,8 µg/Kg. (2.7)

2.2.10.2.5. Toxicocinética

El 90% del cadmio absorbido se acumula en el hígado y en la corteza renal pudiéndose encontrar pequeñas cantidades de este metal en el páncreas, los pulmones, los testículos y las glándulas salivares. En el hígado, se fija a las metalotioneínas (sintetizadas en dicho órgano) formándose el complejo metalotioneína-cadmio. Aunque la liberación al torrente sanguíneo del complejo es lenta, éste llega a ser filtrado por el glomérulo renal siendo reabsorbido posteriormente por las células que constituyen el túbulo proximal provocando finalmente la liberación del metal al citoplasma. Su eliminación en el organismo es muy lenta produciéndose principalmente por las heces y, en menor medida, a través de la orina. ⁽²³⁾ Ver gráfico N°4

Gráfico 4: Distribución de cadmio en el organismo



Fuente: Ruiz N, Méndez A. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio) Arch. Neurocién (Mex), 16(3), 140 – 147. 2011 ⁽²⁰⁾

2.10.2.6. Toxicodinamia

Las manifestaciones clínicas producidas como consecuencia de la toxicidad de este elemento están asociadas con una etiología que engloba una serie de enfermedades principalmente

cardiovasculares y renales. La ingesta de grandes cantidades de cadmio a largo plazo puede conducir a una acumulación del mismo en los riñones provocando hipertensión, daños gastrointestinales (náuseas y vómitos), pulmonares (tos, respiración entrecortada, irritación del sistema respiratorio, edemas, proliferación celular y fibrosis) y óseos (dolores, fracturas, osteomalacia y osteoporosis) desórdenes neurológicos y alteraciones en el aparato reproductor (carcinogénesis, mutagénesis y teratogénesis). La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, IARC, ha clasificado los compuestos de cadmio como cancerígenos pertenecientes al grupo 2A. ⁽²³⁾

2.2.11. Marco Legal

2.2.11.1. Marco Legal Nacional

❖ **Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM del 13 de enero de 1996.**

“Aprueba los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos para las actividades minero – metalúrgicas”.

La presente resolución establece los Niveles Máximos Permisibles de los elementos contenidos en los efluentes líquidos de la industria minero-metalúrgica con la finalidad de controlar los vertimientos producto de sus actividades y contribuir efectivamente a la protección ambiental.

Los efluentes Líquidos son los flujos descargados al ambiente, que provienen:

- a) De cualquier labor, excavación o trabajo efectuado en el terreno, o de cualquier planta de tratamiento de aguas residuales asociadas con labores, excavaciones o trabajos efectuados dentro de los linderos de la Unidad Minera.
- b) De depósitos de relaves u otras instalaciones de tratamiento que produzcan aguas residuales.
- c) De concentradoras, plantas de tostación, fundición y refinerías, siempre que las instalaciones sean usadas para el lavado, trituración, molienda, flotación, reducción, lixiviación, tostación, sinterización, fundición, refinación, o tratamiento de cualquier mineral, concentrado, metal, o subproducto.
- d) De campamentos propios.
- e) De cualquier combinación de los antes mencionados.

Dentro de los parámetros que se analizan en los efluentes líquidos tenemos: pH, sólidos suspendidos (mg/l), plomo (mg/l), cobre (mg/l), zinc (mg/l), fierro (mg/l), arsénico (mg/l) y cianuro total (mg/l).^(25, 26, 27)

❖ **DECRETO SUPREMO N° 002-2013-MINAM del 25 de marzo de 2015.**

“Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo”

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo son aplicables a todo proyecto y actividad, cuyo desarrollo dentro del territorio nacional genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia.

Los ECA para Suelo son referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental, lo que incluye planes de descontaminación de suelos o similares.

En el anexo I se enumeran los estándares de calidad ambiental para el suelo, dentro de los cuales se aprecia parámetros con sustancias orgánicas e inorgánicas (plomo y cadmio entre ellos), así como los límites establecidos para ellos, dependiendo del uso del suelo y el método de ensayo.^(25, 26, 27)

❖ **Decreto Supremo 023-2009 – MINAM del 18 de diciembre del 2009**

“Aprueban disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua”

El MINAM establecerá los procesos, metodologías, lineamientos y planes necesarios para la revisión de los ECA para Agua, según corresponda; considerando las evidencias técnicas, los resultados de vigilancia, control y monitoreo de la calidad ambiental del agua, entre otros. Dicha acción la realizará de manera permanente y cuando el caso lo amerite.^(25, 26, 27)

2.2.11.2. Marco Legal Internacional

❖ **Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos (Codex Stan 193-1995 Revisado 1999, Modificado 2015)⁽²⁶⁾**

Contiene los principios recomendados por el Codex Alimentarius en relación con los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos; se indican también los

niveles máximos y planes de muestreo relacionados de los contaminantes y las sustancias tóxicas naturales que se encuentran en los alimentos y piensos que, por recomendación de la Comisión del Codex, deben aplicarse a los productos que circulan en el comercio internacional.

Normas Internacionales del contenido de plomo, cadmio y arsénico

Dada la importancia que tiene la concentración del plomo y cadmio en las variedades de yuca (*Manihot esculenta*) y papas, y su incidencia en salud pública, alrededor del mundo se han fijado regulaciones que fijan parámetros establecidos para este tubérculo. Ver tabla N° 2.

Tabla 2: Medidas regulatorias de contenido de plomo y cadmio

AGENTES	DESCRIPCIÓN	VALOR LIMITE (ppm, mg/kg, µg/g)
Codex Alimentarius	Raíces y Tubérculos Patatas (papas)	Pb: 0,1 mg/kg Cd: 0,1 mg/kg

III. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- Descriptiva: Se basa en las situaciones, actitudes predominantes a través de la descripción de las actividades, objetos y procesos conocidos, describe los datos y este debe tener un impacto en las vidas de la gente que lo rodea.
- Transversal: Las variables del estudio en la determinación de los metales mencionados se medirán en un momento y tiempo definido.
- Prospectivo: Los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 se recolectarán después de la planeación.

3.2. MÉTODO

La determinación de los niveles de concentración de plomo y cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*), se hizo mediante el método de Espectrometría de Absorción Atómica en Horno de grafito, lo cual nos permite una determinación cuantitativa de los metales mencionados, utilizando en la actualidad con éxito para reducir los límites de detección. Los datos obtenidos serán analizados y comparados con el límite máximo establecido, para finalmente determinar si los valores hallados en la investigación superan o no a los parámetros establecidos en el Codex Alimentarius.

3.2.1. Espectrometría de Absorción Atómica

La espectrometría de absorción atómica es un método instrumental que se basa en la absorción, emisión y fluorescencia de radiación electromagnética por partículas atómicas.

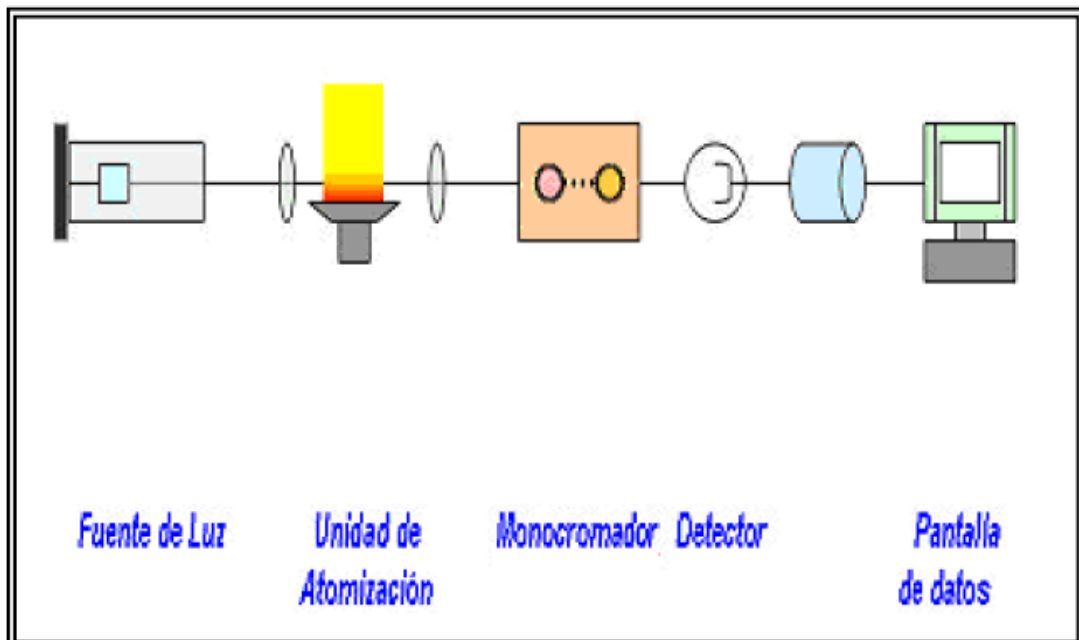
La espectrometría de absorción atómica consiste en la medición de las especies atómicas por su absorción a una longitud de onda particular. La especie atómica se logra por atomización de la muestra. La técnica de atomización más usada es la absorción atómica con flama o llama, que nebuliza la muestra y luego la disemina en forma de aerosol dentro de una llama de aire de acetileno u óxido nitroso-acetileno, la absorción atómica es una técnica capaz de detectar y determinar cuantitativamente la mayoría de los elementos químicos, por lo que sus campos de aplicación son variados. Este método se puede aplicar para la determinación de ciertos metales

tales como: antimonio, cadmio, calcio, cesio, cromo, cobalto, oro, plomo, níquel, entre otros. Se emplea en análisis de agua, de suelos, bioquímica, toxicología, medicina, industria farmacéutica, alimenticia, petroquímica, etcétera. ⁽³⁴⁾

Este método utiliza un espectrofotómetro el cual es un aparato que mide la cantidad de luz absorbida cuando ésta atraviesa una muestra. Las principales partes de un espectrofotómetro son:

- Fuente de radiación. - Emite radiación electromagnética discontinuas, en las zonas visibles o UV, característica del elemento que recubre el cátodo. Las más comúnmente utilizadas son las lámparas de cátodo hueco. Estas lámparas están constituidas por un cátodo metálico capaz de emitir radiaciones de las mismas longitudes de onda que son capaces de absorber los átomos del elemento que se desea analizar.
- Atomizador. - La muestra se ha de volatilizar y atomizar para producir un vapor atómico. El tipo de atomizador más utilizado es la llama.
- Sistema óptico. - Selecciona una longitud de onda de la radiación policromática que proviene de la fuente.
- Detector. - Transforma la señal óptica que le llega en una señal eléctrica que permite medir la radiación absorbida. ⁽³⁵⁾ Ver gráfico N° 5

Gráfico 5: Componentes fundamentales de un equipo de Absorción Atómica



Fuente: Tomado de Polo M. Análisis de concentración de arsénico en tres alimentos. *Solanum tuberosum* (papa), *Daucus carota* (zanahoria) y leche cruda producidos en las zonas afectadas por el volcán Tungurahua (MOCHA-QUERO). Ecuador, 2009.

Espectroscopía de Horno de Grafito

La finalidad en el Horno de Grafito es la producción de una nube de átomos de un elemento específico y medir su concentración en función de la cantidad de radiación que es absorbida por la especie.

En la técnica de Horno de Grafito (HG) se utiliza un tubo de grafito como medio de atomización. La muestra es colocada en este tubo y por calentamiento por el paso de una corriente eléctrica por el sistema de horno de grafito, la temperatura del tubo se aumenta gradualmente, de tal forma que los procesos de: evaporación del solvente, calcinación, formación de compuestos volátiles y atomización, ocurren en un tiempo mayor, y es posible acortar o alargar estos periodos a voluntad. ⁽³⁵⁾

Como consecuencia de esto se pueden eliminar antes de la atomización las sustancias que se encuentran en la matriz de la muestra. Un gas inerte (generalmente argón) se utiliza como gas de acarreo, para desalojar continuamente del tubo de grafito: el solvente evaporado, los gases formados en la calcinación de la muestra, etc.

Cuando se llega el momento de atomizar la muestra se detiene el paso de gas inerte, si se desea que los átomos formados tengan un mayor tiempo de residencia en el tubo de grafito. ⁽³⁶⁾

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

- Después del secado y la calcinación de la muestra la cantidad de elementos susceptibles de atomizar quedan concentrados. Cuando se llega al paso de atomización se forma un gran número de elementos atómicos, en mayor cantidad y en forma eficiente.
- En la técnica de Horno de Grafito (HG) es posible suprimir el paso de gas de acarreo, por lo que los átomos formados permanecen más tiempo en el trayecto del haz de la lámpara y consecuentemente se tiene una mayor señal en la lectura de absorbancia.
- En Horno de Grafito (HG) se dispone de más tiempo y de una forma más eficiente de transferir energía térmica a la muestra. De esta forma también el proceso de formación de átomos a partir de la muestra es completo

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

3.3.1. Población

La población que se tomó es el 100% de las muestras de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas que se expenden en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 .

Se tomaron 10 muestras, el tamaño de muestra se realizó extrayendo 1 kilogramo de cada una de los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 y analizadas por duplicado.

3.3.2. Materiales.

- Pipetas de 5 mL y 10 mL aforados
- Beaker de 1000 mL y 500 mL aforados
- Fiola de 25 mL y 100 mL aforados
- Papel Whatman 0,45u
- Matraz de 100 mL aforado
- Matraz de 1000 mL aforado
- Pipetas automáticas de 100 uL – 1000 uL calibradas
- Pipetas automáticas de 500 uL – 5000 uL calibradas
- Tips de 100 uL – 1000 uL
- Tips de 500 uL – 5000 uL
- Cooler mediano
- Bolsas Ziplog

3.3.3. Equipos.

- Espectrofotómetro de absorción atómica con sistema de doble haz – modelo ANALYST 600 PERKIN ELMER.
- Generador de Hidruros ANALYST 600 PERKIN ELMER
- Campana extractora de marca LABCONCO
- Balanza electrónica de marca SARTORIUS
- Destilador de agua de marca LABCONCO

- Equipo nano puré para agua ultra pura de marca LABCONCO
- Lámpara de Cátodo para Plomo
- Lámpara de Cátodo para Cadmio

3.3.4. Reactivos.

- Agua ultra pura Tipo I.
- Ácido nítrico ultrapuro, marca MERCK.
- Ácido clorhídrico ultra puro, marca MERCK.
- Peróxido de hidrogeno al 30%. Ultra puro, marca MERCK.
- Solución estándar de Plomo 1000ug/mL en HNO₃ 1%, marca MERCK
- Solución estándar de Cadmio 1000ug/mL en HNO₃ 1%, marca MERCK

3.4. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.4.1. Técnica Operatoria

Espectroscopia de Absorción Atómica.

3.4.2. Instrumentos.

El instrumento viene a ser el protocolo en donde se mandaron a analizar las muestras, así como, los programas usados en la investigación: Excel o SPSS.

Finalmente se procedió a la interpretación de los datos para plasmarlos en la Tesis como resultado de la investigación.

3.4.3. Procesamiento de la muestra

3.4.3.1. Limpieza y acondicionamiento del material

Todo el material de vidrio utilizado en este análisis, después de su lavado es enjuagado con ácido nítrico 5% y con agua ultra pura y finalmente secado en estufa.

Limpieza de la muestra

Las muestras, son lavadas con agua potable con objeto de eliminar los restos de tierra y otras partículas que pudieran estar adheridas al tubérculo y agua desionizada. Posteriormente se realiza el pelado de los mismos.

3.4.3.2. Toma de la cantidad de muestra a utilizar

El estudio se realizó en la masa (parte comestible) de cada uno de los tubérculos. Para ello, se pesaron 20 gramos de masa del tubérculo fresco, seguidamente se tomó 0,5 gramos de la muestra.

3.4.3.3. Digestión por Microondas

La primera etapa consiste en la digestión de las muestras, es decir, la destrucción de la materia orgánica (DMO) por oxidación con la ayuda del digestor de microondas, con el fin de romper la unión entre los metales y la materia orgánica y obtener cenizas con la presencia de metales.

Se pesó 0,5 gramos de la muestra en un tubo de teflón al que se le adicionó 6 mL ácido nítrico ultra puro más 2 mL ácido clorhídrico ultra puro y 0,5 mL de agua oxigenada ultra pura al 30% se selló y se llevó a Digestión Asistida por Microondas. ⁽³⁶⁾

Se usó el digestor de marca MARS 6 a una potencia de 1600w, a un tiempo de digestión de 15 minutos, a una temperatura de 180°C, 40 bar de presión y 45 minutos de enfriamiento, se realiza lo mismo para la determinación de plomo y cadmio.

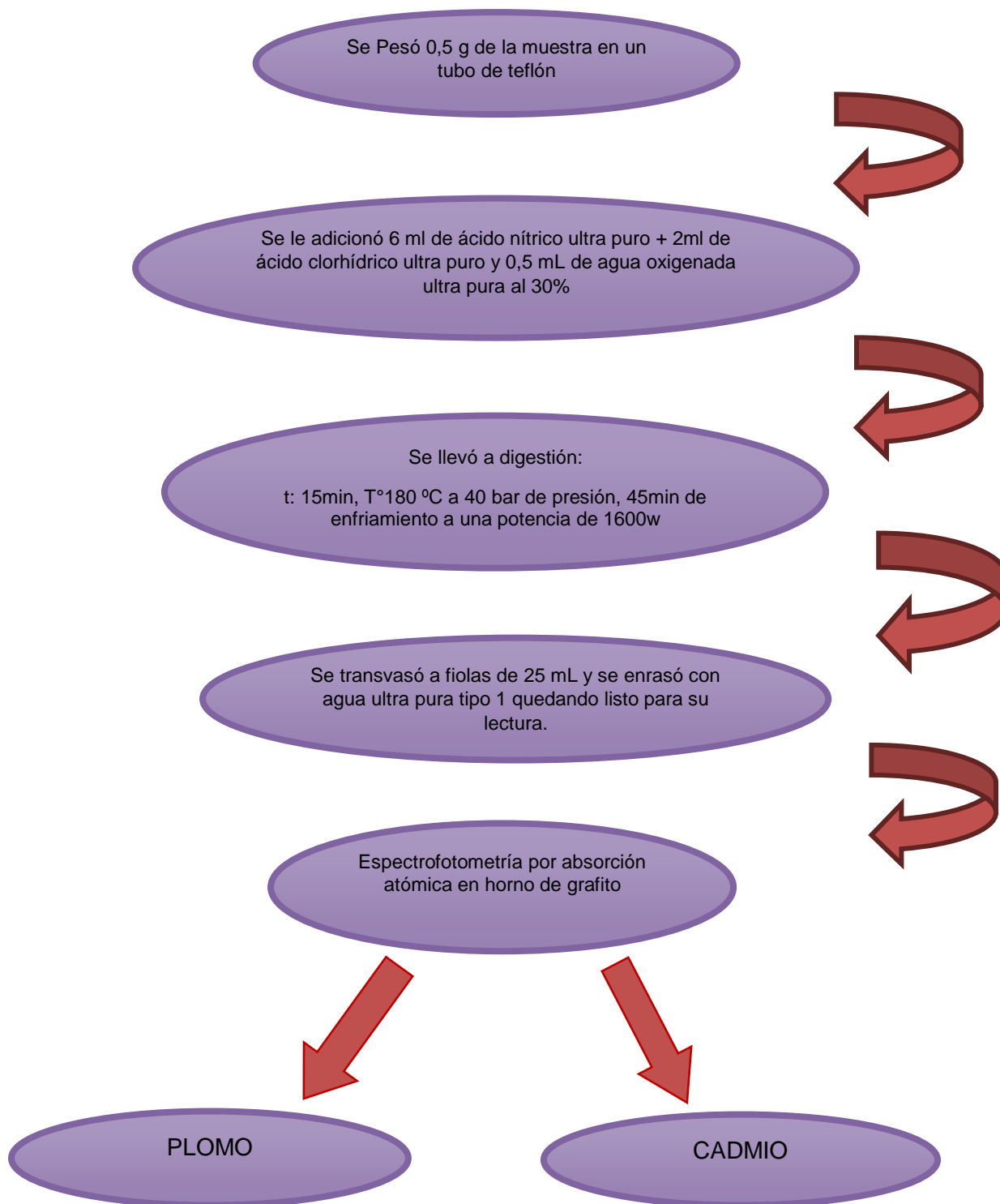
Luego fueron transvasados a fioles de 25 mL y enrasados con agua ultra pura tipo I quedando listos para su correspondiente lectura.

El equipo previamente estandarizado de acuerdo a los parámetros correspondientes para la determinación de cada uno de los diferentes metales, motivo de estudio, se verificó en cada corrida de los análisis realizados. ⁽³⁶⁾

Espectrofotometría de Absorción Atómica asociado a Horno de Grafito para plomo y cadmio.

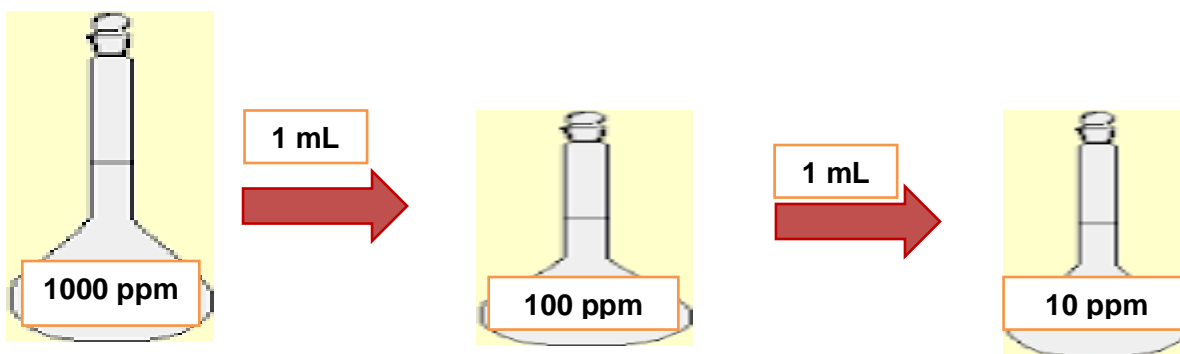
El plomo fue cuantificado a una longitud de onda de 217,00 nm y el cadmio fue cuantificado a una longitud de onda de 228,8 nm; ambos metales por medio del Equipo de Espectrometría de Absorción Atómica de marca Perkin Elmer modelo AAnalyst 600 con Horno de Grafito.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL ANALISIS CUANTITATIVO



PREPARACION DE LA SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE PLOMO y CADMIO EN CONCENTRACIÓN DE 1000 µg/ml

Se tomó 1 mL de la solución estándar de 1000 µg/mL = 1000 ppm, se aforó en una fiola de 10 mL con ácido nítrico al 1% obteniéndose una solución estándar de 10 µg/L (ppm), de esta solución.



$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$
$$1000 \text{ ppm} \times 1 \text{ mL} = C_2 \times 10 \text{ mL}$$
$$100 \text{ ppm} = C_2$$

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$
$$100 \text{ ppm} \times 1 \text{ mL} = C_2 \times 10 \text{ mL}$$
$$10 \text{ ppm} = C_2$$

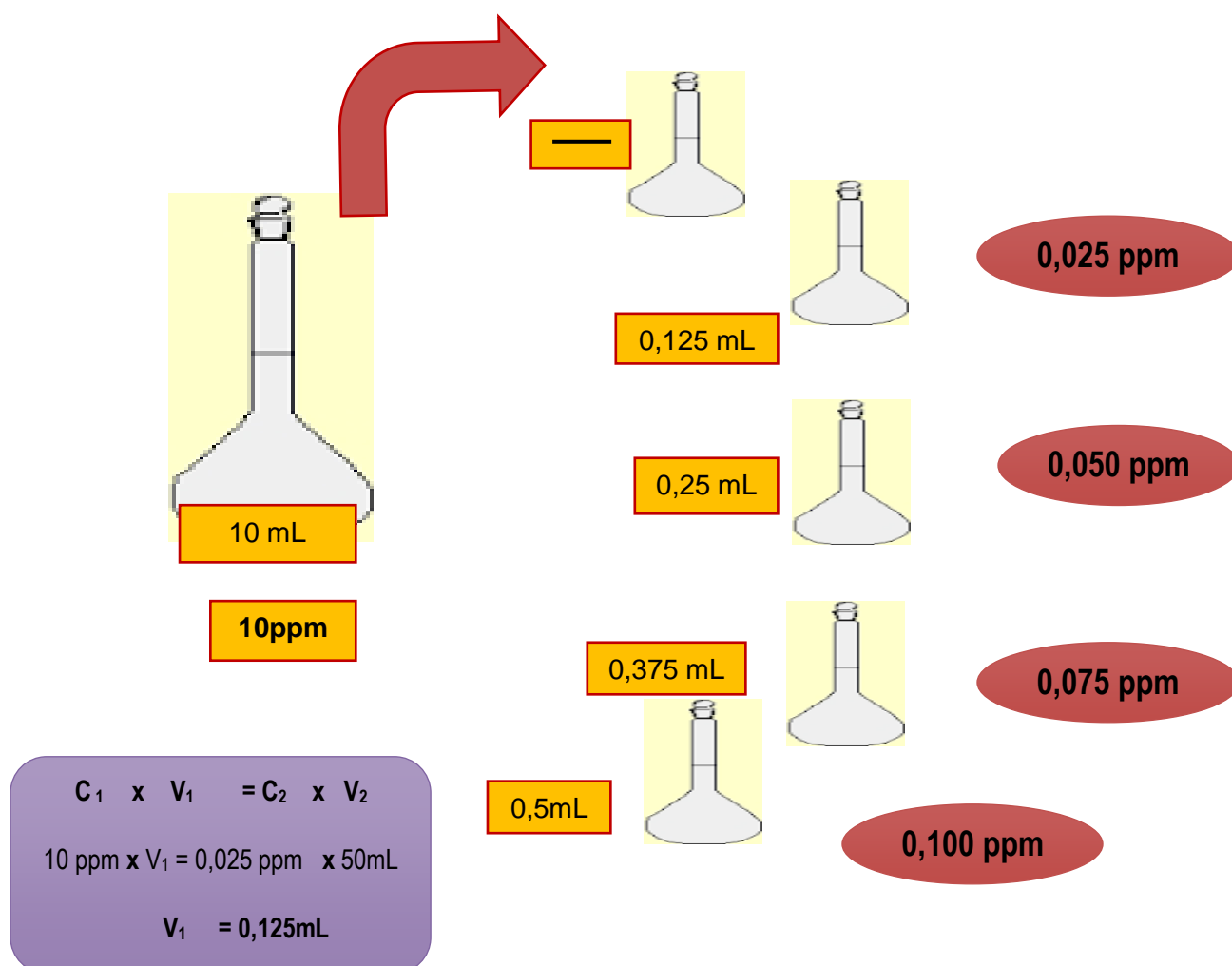
DETERMINACIÓN DE PLOMO POR ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA POR HORNO DE GRAFITO

- **A.- Procedimiento para la Lectura de la Muestras**
- Siguiendo con los pasos mencionados para la destrucción de la materia orgánica se realizó el procedimiento para la lectura de las muestras.
- Se colocó el líquido transparente a una fiola de 50 mL tipo A, luego se llevó a volumen con agua ultra pura tipo 1.
- Se colocó la solución anterior a una cubeta de cuarzo con una capacidad de 2mL y se llevó al automuestreador del equipo PERKIN ELMER ANALYST 600.
- Para la lectura se empleó una lámpara de cátodo hueco de plomo a una longitud de onda de 283,3 nm con Horno de grafito y tubo de grafito con plataforma de L'vov, con corrección de fondo con lampa de Deuterio. Se procede a la lectura de las muestras.

B.- Obtención de la Curva Estándar De Calibración

Elaboración de la curva patrón de Pb

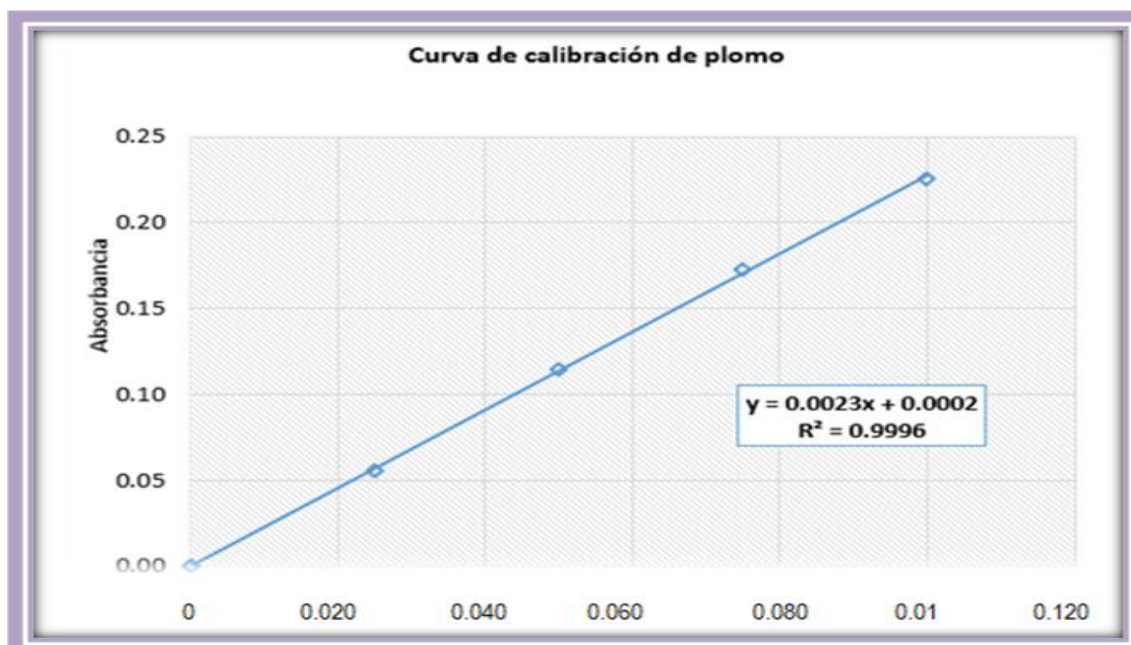
1.- A partir de la solución estándar se prepara 5 fioles y se toma alícuotas de: 0,0 (blanco), 0,125 mL, 0,25mL, 0,375mL y 0,5mL. Y se lleva a un volumen de 50mL, el blanco solo tiene HNO₃ 0.2M.



2.- Después se anotan las absorbancias frente a las concentraciones. Seguidamente la curva de calibración.

SOLUCIÓN PATRÓN: pesar 1,599 g de nitrato de plomo y se diluyó en un litro de ácido nítrico al 1% partiendo de una solución madre de 1000 ppm

MUESTRA ETIQUETADA	[] PLOMO (PPM)	MEDIA ABSORBANCIA
Cal blanco	-----	0,0000
Estándar 1	0,025	0,0557
Estándar 2	0,050	0,1145
Estándar 3	0,075	0,1145
Estándar 4	0,1	0,2261



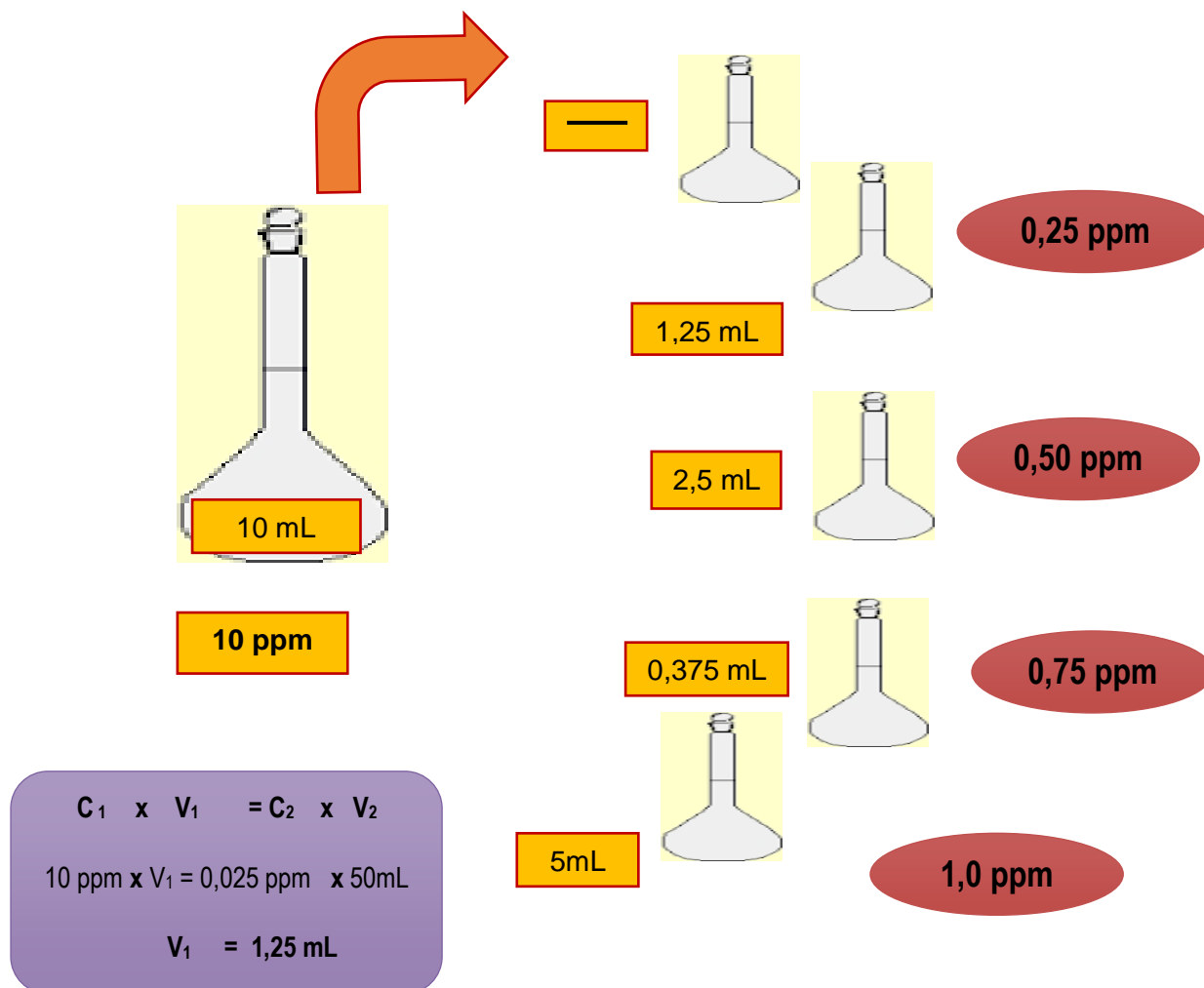
DETERMINACIÓN DE CADMIO POR ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA EN HORNO DE GRAFITO

- **A.- Procedimiento para la Lectura de las muestras**
- Después de realizar los pasos mencionados para la destrucción de la materia orgánica se realizó el procedimiento para la lectura de las muestras
- Se colocó el líquido transparente a una fiola de 50 mL tipo A, luego se llevó a volumen con agua ultra pura tipo 1
- Se colocó la solución anterior a una cubeta de cuarzo con una capacidad de 2mL y se llevó al automuestreador del equipo PERKIN ELMER ANALYST 600
- Para la lectura se empleó una lámpara de cátodo hueco de cadmio a una longitud de onda de 228,8nm con Horno de grafito y tubo de grafito con plataforma de L'vov, con corrección de fondo con lámpara Deuterio. Se procedió a la lectura de las muestras.

B.- Obtención de la Curva Estándar De Calibración

Elaboración de la curva patrón de Cd

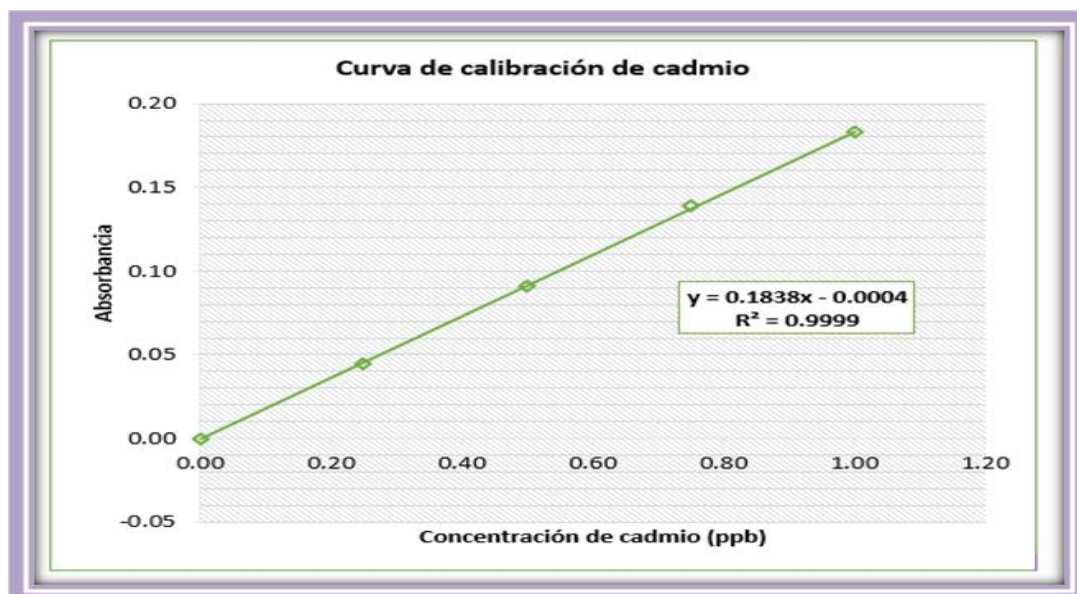
1.- A partir de la solución estándar se prepara 5 fioles y se toma alícuotas de: 0,0 (blanco) 1,25 mL, 2,5mL, 3,75mL y 5mL. Se lleva a un volumen de 50mL, el blanco solo tiene HNO₃ 0.2M.



2.- Después se anotan las absorbancias frente a las concentraciones seguidamente la curva de calibración.

SOLUCIÓN PATRÓN: pesar 2,282 g de sulfato de cadmio y disolver con agua destilada desionizada hasta 1 litro.

MUESTRA ETIQUETADA	[] CADMIO (PPM)	MEDIA ABSORBANCIA
Cal blanco	-----	0,0000
Estándar 1	0,25	0,0448
Estándar 2	0,50	0,0913
Estándar 3	0,75	0,1388
Estándar 4	1,00	0,1827



IV. RESULTADOS

Análisis de los datos obtenidos

Los niveles de plomo y cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017: Ver cuadro N°1

CUADRO N° 1: Referencia de códigos y niveles de concentración de plomo y cadmio que presentan los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017.

MUESTRA	CODIGO	PLOMO (mg/Kg)	CADMIO(mg/Kg)
1	M-01	0,12	0,08
2	M-01-A	0,13	0,06
3	M-02	0,09	0,09
4	M-02-A	0,08	0,05
5	M-03	0,14	0,08
6	M-03-A	0,15	0,05
7	M-04	0,17	0,06
8	M-04-A	0,16	0,07
9	M-05	0,01	0,09
10	M-05-A	0,13	0,07
11	M-06	0,16	0,02
12	M-06-A	0,19	0,03
13	M-07	0,11	0,07
14	M-07-A	0,13	0,02
15	M-08	0,17	0,01
16	M-08-A	0,12	0,07
17	M-09	0,22	0,06
18	M-09-A	0,24	0,01
19	M-10	0,09	0,05
20	M-10-A	0,14	0,03

CUADRO N° 2: Niveles de concentración de plomo que presentan los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017.

MUESTRA	MARCA	PLOMO(mg/Kg)
1	M-01	0,12
2	M-01-A	0,13
3	M-02	0,09
4	M-02-A	0,08
5	M-03	0,14
6	M-03-A	0,15
7	M-04	0,17
8	M-04-A	0,16
9	M-05	0,01
10	M-05-A	0,13
11	M-06	0,16
12	M-06-A	0,19
13	M-07	0,11
14	M-07-A	0,13
15	M-08	0,17
16	M-08-A	0,12
17	M-09	0,22
18	M-09-A	0,24
19	M-10	0,09
20	M-10-A	0,14

FIGURA N° 1: Niveles de concentración de plomo que presentan los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017.

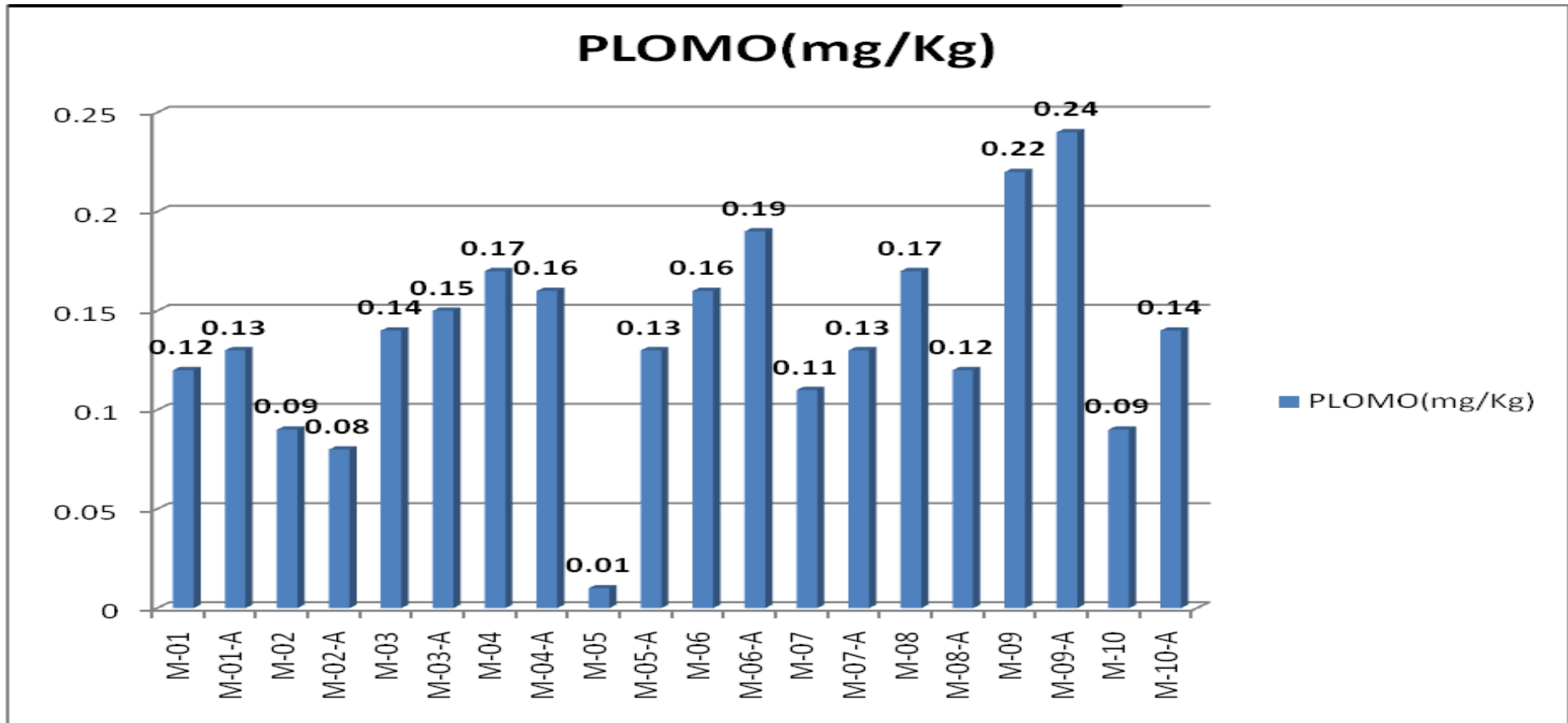


FIGURA N°2: Niveles de concentración de plomo que presentan los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 versus el Codex Alimentarius.

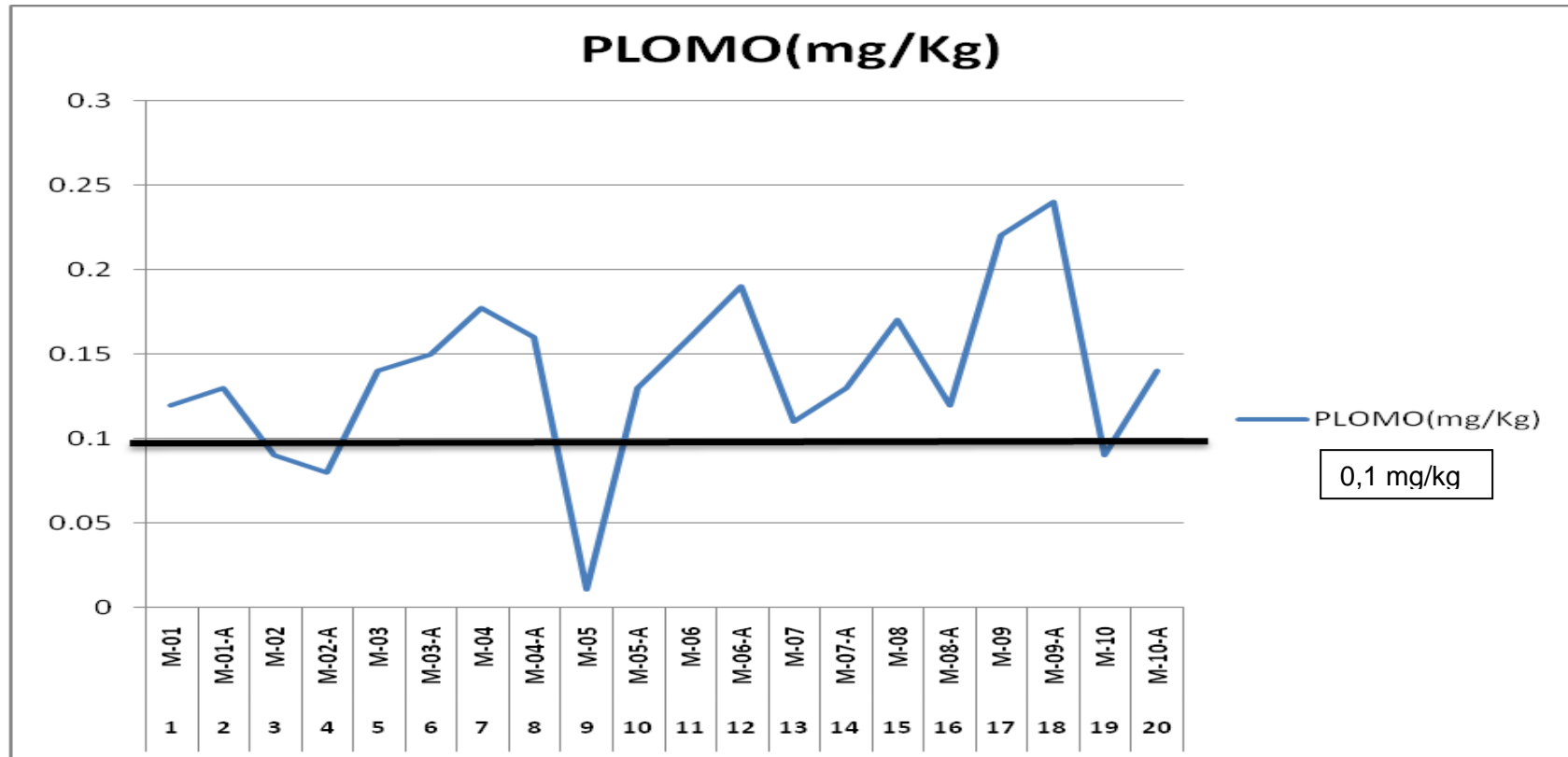
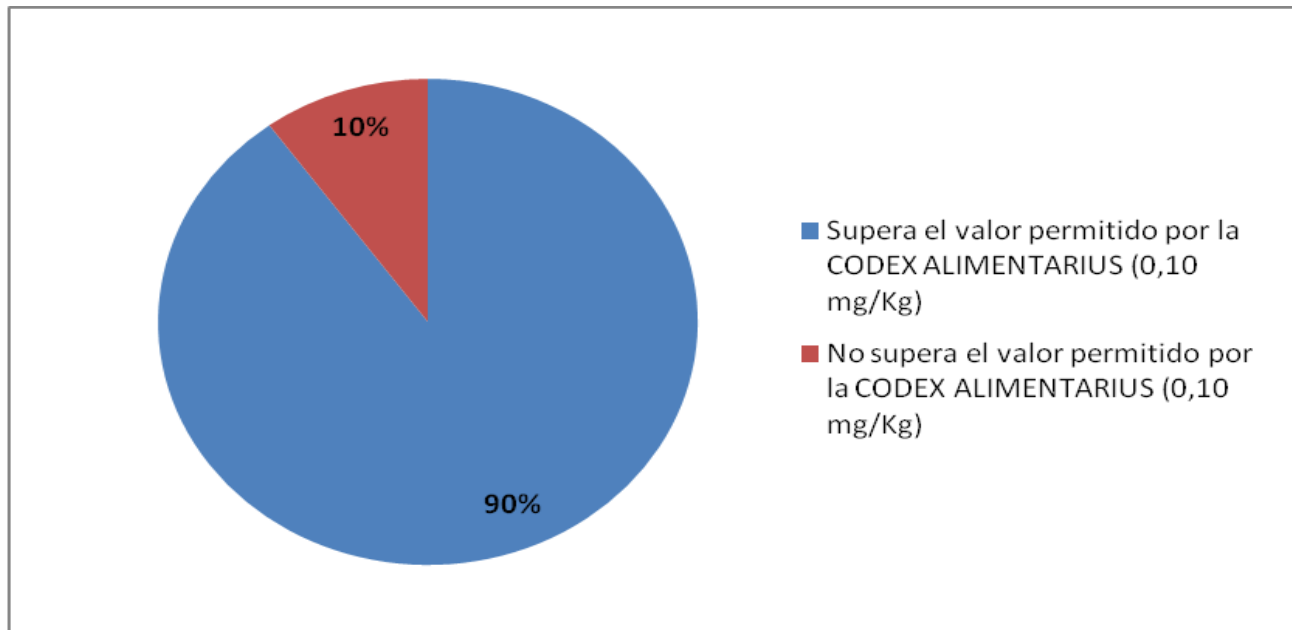


FIGURA N°3: Concentración de plomo (ppm) con el Codex Alimentarius

Supera el valor permitido por la CODEX ALIMENTARIUS (0,10 mg/Kg)	90%
No supera el valor permitido por la CODEX ALIMENTARIUS (0,10 mg/Kg)	10%

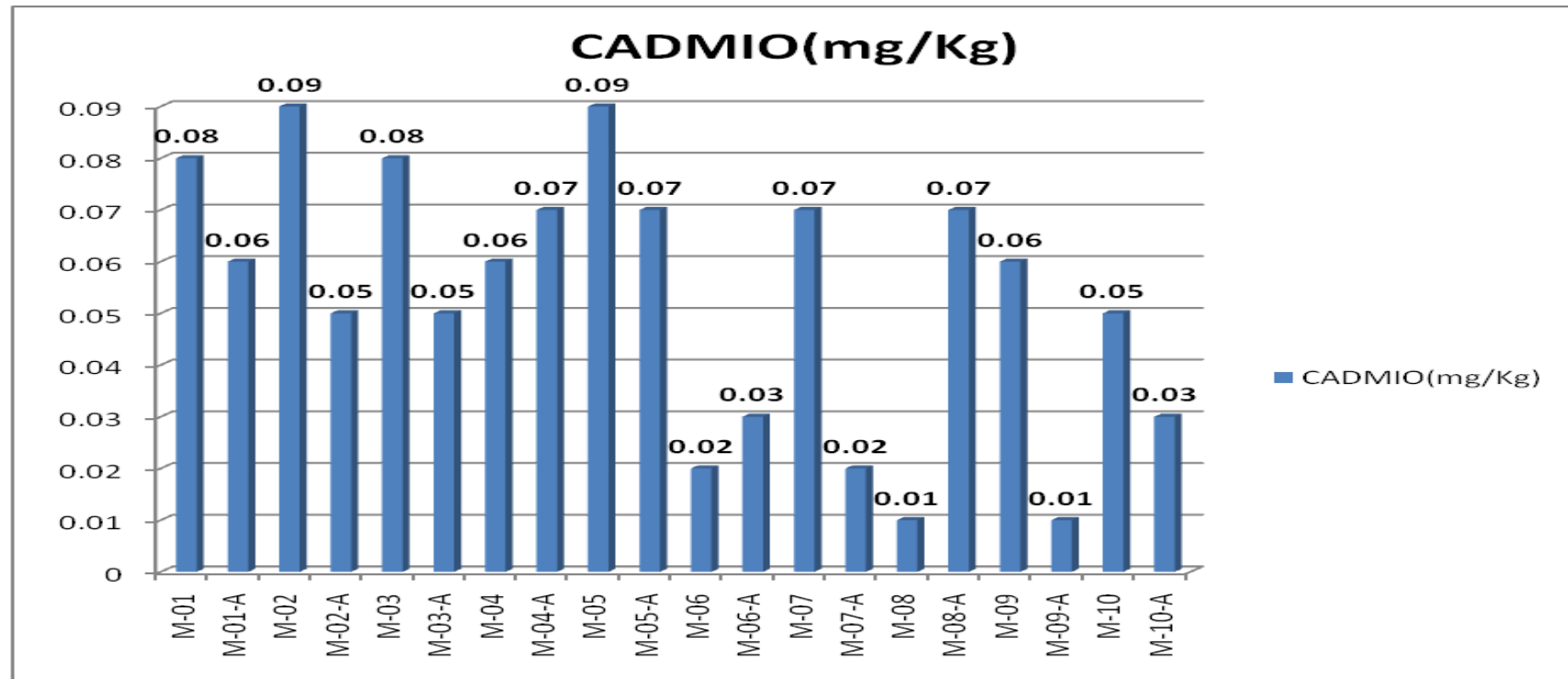


En este gráfico podemos apreciar que el 90 % las muestras analizadas de papa (*Solanum tuberosum*), expandidas en Coracora - Ayacucho superan el parámetro establecido en el Codex Alimentarius y el 10% no lo supera.

CUADRO N° 3: Niveles de concentración de cadmio que presentan los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017.

MUESTRA	MARCA	CADMIO(mg/Kg)
1	M-01	0,08
2	M-01-A	0,06
3	M-02	0,09
4	M-02-A	0,05
5	M-03	0,08
6	M-03-A	0,05
7	M-04	0,06
8	M-04-A	0,07
9	M-05	0,09
10	M-05-A	0,07
11	M-06	0,02
12	M-06-A	0,03
13	M-07	0,07
14	M-07-A	0,02
15	M-08	0,01
16	M-08-A	0,07
17	M-09	0,06
18	M-09-A	0,01
19	M-10	0,05
20	M-10-A	0,03

FIGURA N° 4: Niveles de concentración de cadmio que presentan los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017.



Los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) no superan el parámetros establecidos en el Codex Alimentarius.

FIGURA N° 5: Niveles de concentración de cadmio que presentan los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 versus Codex Alimentarius.

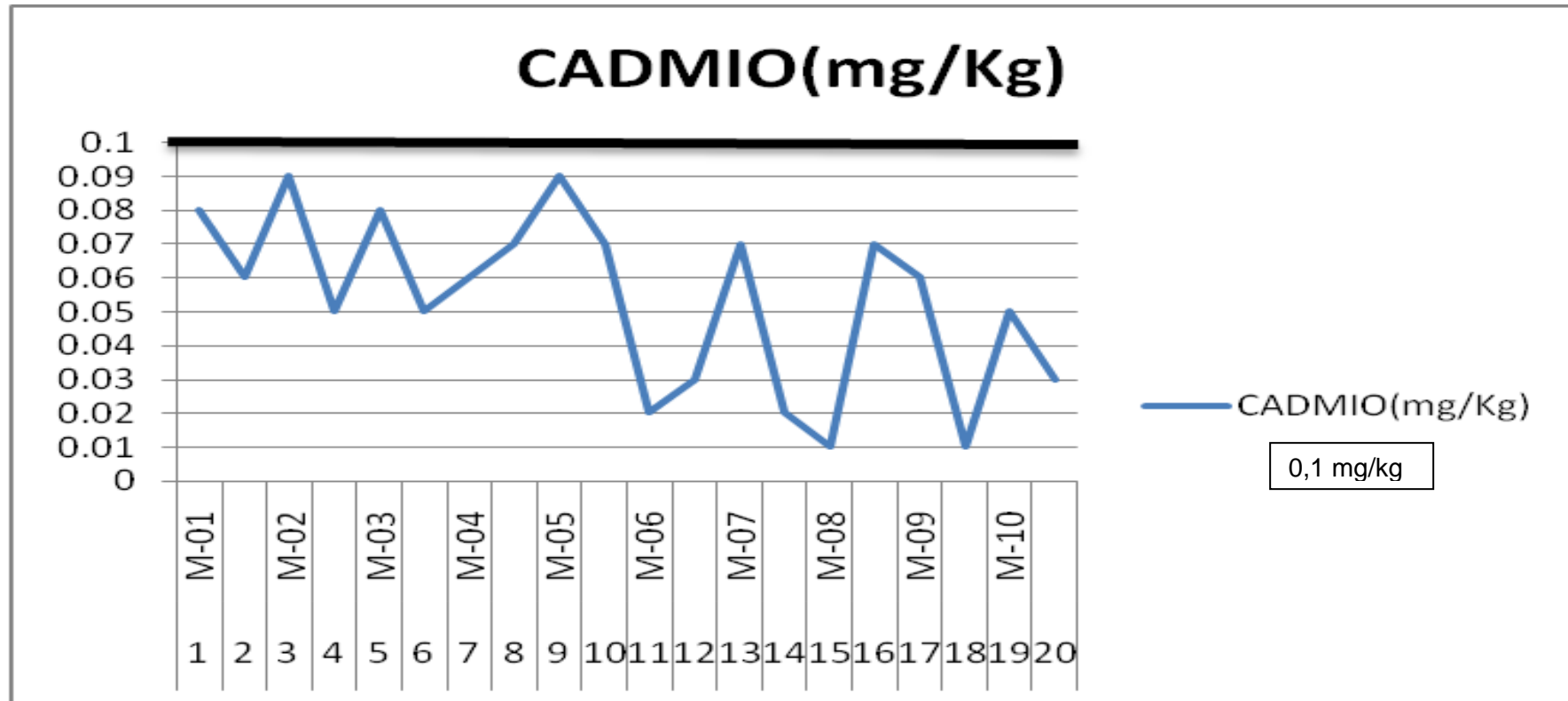


FIGURA N° 6: Niveles de concentración de cadmio que presentan los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 versus Codex Alimentarius.

Supera el valor permitido por CODEX ALIMENTARIUS (0,10 mg/Kg)	0%
No supera el valor permitido por CODEX ALIMENTARIUS (0,10 mg/Kg)	100%

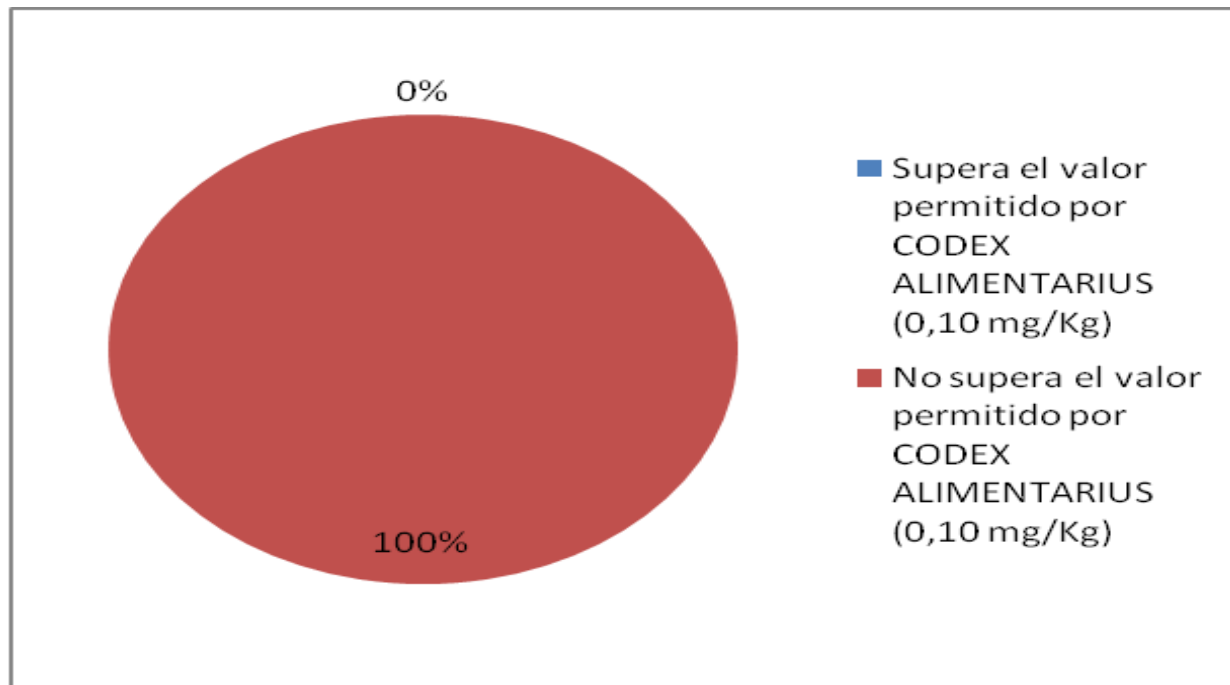
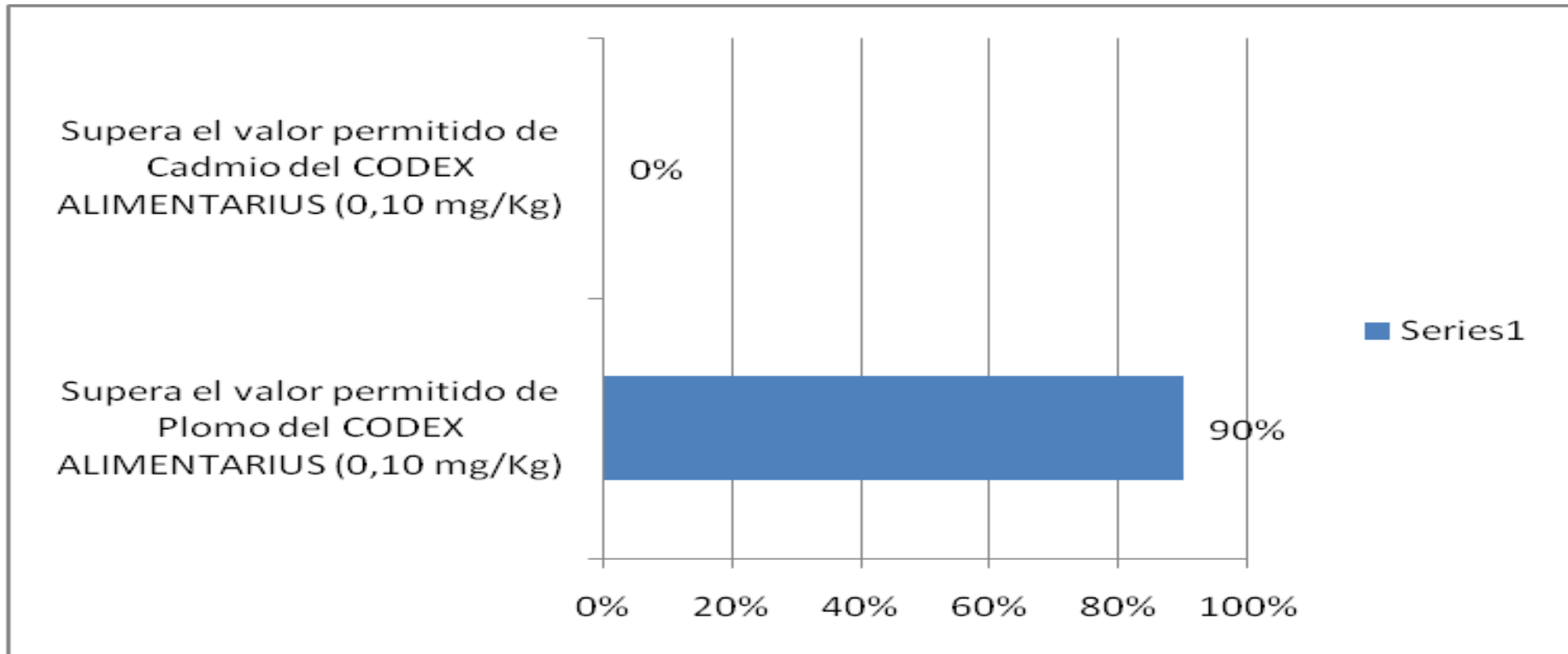


FIGURA N° 7: Correlación de presencia de plomo y cadmio que presentan los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 versus Codex Alimentarius.



V. DISCUSIONES

En la figura N° 1 las concentraciones promedio de plomo son mayores según el Codex Alimentarius 0,1 ppm. el nivel de plomo en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 presentan valores de un nivel promedio de 0,13 ppm de plomo, con un valor mínimo de 0,01 y un valor máximo de 0,24 ppm, superan el parámetro establecido en el Codex Alimentarius en 9 muestras, es decir el 90 %.

En la figura N° 4 las concentraciones promedio de cadmio son menores según el Codex Alimentarius 0,1 ppm. el nivel de cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 presentan valores de un nivel promedio de 0,05 ppm de plomo, con un valor mínimo de 0,01 y un valor máximo de 0,09 ppm no superan el parámetro establecido en el Codex Alimentarius, las 10 muestras no presentan cadmio es decir el 100 %.

Se realizó la determinación de plomo y cadmio de los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 comparándose con parámetros establecidos en enteros como Codex Alimentarius. En la investigación de la concentración de contaminantes de los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017, se puede deber a diferentes factores como: el medio ambiente, los regadíos, el suelo, la calidad de agua, la tierra entre otros, que influye en la actividad agrícola.

Las concentraciones promedio de plomo son mayores que el cadmio en el Codex Alimentarius es 0,1 ppm, el nivel de plomo en las diez muestras de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 presentan valores de un nivel promedio de 0,13 ppm de plomo, con un valor mínimo de 0,01 y un valor máximo

de 0,24 ppm, superan el parámetro establecido en el Codex Alimentarius de plomo 0,1 ppm en un 90%, esto se debe posiblemente a los fertilizantes utilizados.

Teniendo como valores para el cadmio en las muestras de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017 hallado en la investigación presentan un nivel promedio de 0,05 ppm de cadmio, un valor mínimo de 0,01 ppm y un valor máximo de 0,09 ppm, no superan el parámetro establecido en el Codex Alimentarius de Cadmio 0,1 ppm, no encontrándose cadmio en ninguna de los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017.

El porcentaje de cadmio hallado en la investigación, no superan parámetro establecido en el Codex Alimentarius.

VI. CONCLUSIONES

1. Los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017, presentan un nivel promedio de 0,13 ppm de plomo, con un valor mínimo de 0,01 ppm y un valor máximo de 0,24 ppm, superan el parámetro establecido en el Codex Alimentarius de plomo 0,1 ppm en 9 muestras siendo 90%.
2. EL 90 % superan el parámetro establecido en el Codex Alimentarius para plomo (0,1 ppm).
3. Los diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín de Enero – Marzo del 2017, presentan un nivel promedio de 0,05 ppm de cadmio, un valor mínimo de 0,01 ppm y un valor máximo de 0,09 ppm en yuca, no superan el parámetro establecido en el Codex Alimentarius de Cadmio de 0,1 ppm siendo un 100% que no presentan cadmio.
4. El 100 % de las muestras no exceden el parámetro para el cadmio establecido por el Codex Alimentarius (0.1ppm).
5. El 90 % de las muestras exceden el parámetro establecido de plomo y el 100% de las muestras no presentan cadmio en relación a los valores permitidos por el Codex Alimentarius.

VII. RECOMENDACIONES

1. Las organizaciones e instituciones de salud deben implementar un sistema de control de calidad de yuca (*Manihot esculenta*), que se comercializan en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín, de acuerdo al Codex Alimentarius.
2. Se recomienda realizar una NTP, sobre la concentración de metales pesados como los analizados en la presente investigación en yuca (*Manihot esculenta*), por ser uno de los tubérculo de alto consumo en el Perú.
3. Continuar realizando estudios en alimentos tanto de origen animal como de origen vegetal para que sirvan de base para establecer límites permisibles de metales pesados, ya que están destinados al consumo humano y pueden ser dañinos aun en pequeñas concentraciones.
4. Realizar trabajos de investigación referente a la presencia de plomo y cadmio en suelos y agua ya que estos forman parte del desarrollo de los cultivos.
5. Identificar los niveles de plomo y cadmio que se encuentran presentes en aquellas personas que adquieren este tubérculo en “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín, expuestas a este metal por medio de análisis de sangre, pelos y uña. Lo cual permitirá evaluar si existe una intoxicación crónica con estos metales pesados.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Cuevas G, Walter I. Metales pesados en Maíz (*Zea mays* L.) cultivado en un suelo enmendado con diferentes dosis de compost de lodo residual. *Int. Contam. Ambient*, 20 (2), 59-68, 2004.
2. Singh S, Zacharias M, Kalpana S, Mishra S. Heavy metals accumulation and distribution pattern in different vegetable crops. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 4 (10), 170-177, 2012.
3. Sanders JR, Mc Grath SP, Adams T (1987). Zn, Cu, and Ni concentration in soil extracts and crops grown on four soils treated with metal loaded sewage sludges. *Environ. Pollut.* 44:193-210.
4. Singh S, Aggarwal PK (2006). Effect of heavy metals on biomass and yield of different crop species. *Indian J. Agric. Sci.*, 76: 688-691.
5. Sheila MR (1994). Source and forms of potentially toxic metals in soil-Plant systems. Wiley, New York. pp. 247-273.
6. Rattan RK, Datta SP, Chandra S, Sharan N (2002). Heavy metals and Environmental Quality. *Fert. News* 47:21-40.
7. Logan T.J., Lindsay B.J., Goins L.E. y Ryan J.A. (1997). Field Assessment of sludge metal bioavailability to crops: sludge rate response. *J. Environ. Qual.* 26, 534-550.
8. Florijin PJ, Van Beusichem ML (1993). Uptake and distribution of Cd in Maize inbred line. *Plant Soil* 150:25-193.
9. Cobb GP, Sands K, Waters M, Wixon BG, Dorward-King E (2000). Accumulation of heavy metals by vegetables grown in mine wastes. *Environ. Toxicol. Chem.* 19:600-607.
10. Gideon J. Levels of heavy metals (lead, cadmium, zinc, magnesium and copper) in cassava from Niger Delta of Nigeria as an indication of soil environmental pollution. *Science laboratory technology*, 2008.
11. Idodo-Umeh G and Ogbeibu A. Bioaccumulation of the Heavy Metals in Cassava Tubers and Plantain Fruits Grown in Soils Impacted with Petroleum and Non-Petroleum Activities. *Research Journal of Environmental Sciences*, 4,33-41,2010.
12. Akinyele I, Shokunbi O. Concentrations of Mn, Fe, Cu, Zn, Cr, Cd, Pb, Ni in selected Nigerian tubers, legumes and cereals and estimates of the adult daily intakes. *Food Chem.* 5: 173:702-8,2014.

13. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Raíces y Tubérculos. Roma: INADES; 1979.
14. Cartay R, Difusión y Comercio de la Yuca (Manihot Esculenta) en Venezuela y en el mundo. Agroalimentaria 2004; 18:13-22.
15. Casaca A, El Cultivo de la Yuca. Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales. PROMOSTA; 18: 3-12; 2005.
16. Lancaster, P.A y Brooks, J.E 1983. Cassava leaves as human food. Economic Botany 37: 349-10.
17. Montaldo, A. 1994. La yuca frente al hambre del mundo tropical. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 570 p.
18. Olusula O Y y Yemisi A. 2003. Improving traditional cassava processing for nutritional enhancement. Second International Workshop: Food-based approaches for a healthy nutrition. Ouagadougou.
19. Marin J. Carotenos en Yuca: Mapeo Genético y Análisis de QTLs en una Población S1 de Yuca (Manihot esculenta Crantz). [Tesis de grado]. Colombia: Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Posgrados, Universidad Nacional de Colombia; 2008.
20. Llobet, J. M.; Schuhmacher, M.; Domingo. L. Toxicological and environmental chemistry. 2000, 77, 119-129.
21. Rodrigues, M.; Formoso, M. Environmental geochemistry and health. 2005, 27, 397-408.
22. Boffetta, P.; Nyberg, F. Br Med Bull. 2003, 68, 71-94.
23. Domingo, J. L. J Toxicol environ health.1994, 42, 123-141.
24. Chapman, P. M.; Wang, F.; Janssen, C. R.; Goulet, R.; Kamunde, C. Human and ecological risk assessment. 2003, 9, 641-697.
25. Ouyang, T. P.; Zhu, Z. Y.; Kuang, Y. Q.; Huang, N. S.; Tan, J. J.; Guo, G. Z.; Gu, L. S.; Sun, B. Environmental geology.2006, 49, 733-742
26. Zhao, B.; Maeda, M.; Zhang, J.; Zhu, A.; Ozaki, Y. Environmental science and pollution research. 2006, 13, 90-97
27. Bocio, A.; Nadal, M.; Domingo, J. L. Biol Trace Elem Res. 2005, 104, 193-201
28. Falco, G.; Llobet, J. M.; Bocio, A.; Domingo, J. L. J Agric food chem. 2006, 54, 6106-6112.
29. ¿Cómo llegan los metales pesados a los alimentos?[en línea]. [Fecha de acceso 30 de Noviembre];URL disponible en:
<http://www.issea.gob.mx/Formatos/Sobrepeso%20y%20Obesidad/Como%20llegan%20los%20metales%20pesados%20a%20los%20alimentos.pdf>

30. Pérez-López, M.; Bellón Rouco, E.; Alonso Díaz, J.; Melgar Riol, M. J. 2003b. Niveles de metales pesados
31. WHO/FAO. 1999. Summary report of the 53rd meeting of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). FAO, Roma.
32. WHO/FAO. 1993. Summary report of the 41st meeting of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). FAO, Roma.
33. Méndez J. Metales pesados en alimentación animal. FEDNA 2001; 1-5.
34. Absorción y Emisión atómica. [en línea]. [Fecha de acceso 02 de Diciembre]; URL disponible en:
<http://www.qo.fcen.uba.ar/quimor/wp-content/uploads/Teorica%20168%20Absorci%C3%B3n%20y%20emisi%C3%B3n%20at%C3%B3mica.pdf>
35. Espectroscopia atómica-El Principio analítico- Merck Millipore. [en línea]. [Fecha de acceso 03 de Diciembre de 2014]. Disponible en: http://www.merckmillipore.es/chemicals/the-analytical-principle/c_K2eb.s1OFCYAAAE dye1RbT2M?CountryName=Spain
36. Espectrofotometría de absorción atómica en horno de grafito (GFAAS). [En línea]. [Fecha de acceso 05 de Diciembre de 2014]. Disponible en: <http://w3.ua.es/ite/proyectos/proyectoGFAAS/teoria/fundamentos.html>
37. Espectroscopia de emisión y absorción atómica. Vol. 7 pág. 7.1-7.7. [en línea]. [Fecha de acceso 06 de Diciembre 2014], URL disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8252/4/T7Abasorc.pdf>

IX. ANEXOS



“Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín





Comprando yuca en el “Mercado del Distrito de San Martín de Pangoa” de la ciudad de Satipo departamento de Junín

