Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

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

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

AUTORES

José Antonio CASTILLO ÁLVAREZ

Juleisi Lucero DOMINGUEZ DOMINGUEZ

ASESORES

Dr. Q.F Mesías Moisés GARCÍA ORTIZ

Dr. Q.F José Alfonso APESTEGUÍA INFANTES (Coasesor)

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Castillo J, Dominguez J. 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 de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2021.

Metadatos complementarios

Datos de autor 1	
Nombres y apellidos	Juleisi Lucero Dominguez Dominguez.
DNI	47149393
URL de ORCID	---------
Datos de autor 2	
Nombres y apellidos	José Antonio Castillo Álvarez
DNI	45760056
URL de ORCID	----------
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Mesías Moisés García Ortiz
DNI	07200816
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-7340-4757
Datos de coasesor	
Nombres y apellidos	José Alfonso Apesteguia Infantes
DNI	09359857
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6546-2298
Datos de investigación	
Línea de investigación	Toxicología y Química Legal
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin Financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Metropolitana Longitud: O77°1'41,66" (longitud Oeste) Latitud: S12°2'35.45" (latitud Sur) del Meridiano de Greenwich

Año o rango de años en que se realizó la investigación	2 de enero 2019 – 2 Setiembre 2020
URL de disciplinas OCDE	Toxicología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.07 Farmacología, Farmacia https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.05

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de 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"

Que presentan los Bachilleres en Farmacia y Bioquímica:

JULEISI LUCERO DOMINGUEZ DOMINGUEZ Y
JOSÉ ANTONIO CASTILLO ÁLVAREZ

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado Evaluador, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

----------DIECISEIS----------

en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Farmacia y Bioquímica y Título Profesional de Químico Farmacéutico (a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

JURADO EVALUADOR (R.D. N.° 000110-2021-D-FFB/UNMSM)

- Mg. Jesús Victor Lizano Gutiérrez
- Dra. Gladys Constanza Arias Arroyo
- Mg. Gloria Marina Marín Vallejos
- Mg. Celia Bertha Vargas de la Cruz

Lima, 14 de setiembre de 2021.

Mg. Jesús Victor Lizano Gutiérrez
Presidente

INFORMACIÓN GENERAL	
Título del Proyecto	" Determinación de los niveles de plomo y arsénico en zapallo macre *(Cucúrbita maxima Duchesne)* y tomate *(Solanum lycopersicum var. Saladette)* y Evaluación del riesgo toxicológico en la salud de la población de Lima Metropolitana"
Área de investigación (*)	Toxicología y Química Legal
Líneas de Investigación (*)	Toxicología y Química Legal
Ubicación geográfica donde se desarrolla la investigación (incluir localidades y/o coordenadas geográficas)	Ciudad de Lima (Perú)
Institución que financia si corresponde	Ninguna
Año o rango de años que abarcó	2 de Enero 2019 – 2 Setiembre 2020
DATOS DEL TESISTA	
Apellidos y Nombres	Dominguez Dominguez Juleisi Lucero
Número de matrícula	12040065
Indicar si es egresado o si aún está cursando estudios, de ser así especificar el año de estudios	Egresada
Código ORCID (opcional)	----------
DATOS DEL TESISTA	
Apellidos y Nombres	Castillo Álvarez José Antonio
Número de matrícula	12040053
Indicar si es egresado o si aún está cursando estudios, de ser así especificar el año de estudios	Egresado
Código ORCID (opcional)	----------
DATOS DEL ASESOR I	
Apellidos y nombres	García Ortiz Mesías Moisés
Código docente: 028592	Categoría: Principal Clase: TC 40h.
Máximo grado alcanzado	Doctor en Farmacia y Bioquímica

Código ORCID (obligatorio)	0000-0002-7340-4757
Título profesional	Químico Farmacéutico
Departamento Académico al que pertenece	Farmacología, Bromatología y Toxicología
Instituto de Investigación al que pertenece	Recursos Naturales
Grupo de investigación al que pertenece indicar si es coordinador, miembro o adherente del grupo de investigación	Investigación Toxicología Ambiental (ITOXAM)
DATOS DEL ASESOR II	
Apellidos y nombres	Apesteguia Infantes José Alfonso
Código docente: 093165	Categoría: Principal Clase: TC 40h.
Máximo grado obtenido	Doctor en Farmacia y Bioquímica
Título profesional	Químico Farmacéutico
Código ORCID (obligatorio)	0000-0001-6546-2298
Centro laboral (si es que fuera externo a la UNMSM)	----------
Departamento Académico al que pertenece	Farmacología, Bromatología y Toxicología
Instituto de Investigación al que pertenece	CLEIBA
Grupo de investigación al que pertenece	Inocal /Metosmod
Indicar si es coordinador, miembro o adherente del grupo de investigación	Miembro

DEDICATORIA

Quiero agradecer a Dios por darme una hermosa familia a la cual dedico con mucho énfasis este trabajo. En especial quiero dedicarles a mis queridos padres, que gracias a su gran esfuerzo hicieron que todo esto se haga realidad, muchos de mis logros se los debo a ellos porque con enseñanzas y mano dura forjaron mi camino para alcanzar mis metas.

A mis queridos hermanos por su gran apoyo incondicional, compartirme sus alegrías, tristezas y sus enseñanzas cotidianas para ser una mejor persona día a día.

A mi estimada tía Luz por su incondicional ayuda para mi camino hacia el éxito, mis logros también son tus logros; a mi persona favorita por tus grandes deseos, por tu apoyo, cariño y comprensión a pesar de nuestras caídas y errores, seguimos adelante superando todos los retos de la vida.

A mis profesores por darme las herramientas necesarias para crecer profesionalmente y forjar un futuro en la vida, a mis amigos de mi querida universidad San Marcos por brindarme su amistad, sus alegrías, compañerismo y formar parte de mi segunda familia.

Juleisi Lucero Dominguez Dominguez

DEDICATORIA

A Dios por guiar mi camino y darme una familia maravillosa, por cuidar de ellos en cada momento por permitirme crecer junto a personas con grandes valores, llenos de optimismo como lo son mi familia

A mis queridos y amables padres Julio César Castillo y Dominga Claudia; a mi abuelita Martina; a mi razón de ser mi compañera de toda la vida, mi novia Malú quienes con todo el amor, paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional hacen posible este logro, a ellos les doy las mil gracias.

A mis estimados hermanos, a toda mi familia que día a día estuvieron y están conmigo en cada momento, son ellos mi mayor ejemplo de inspiración constante

A mis estimados asesores Dr. Moisés García y Dr. José Apesteguia por todo la orientación, ayuda incondicional a mis profesores, amigos y mi querida universidad San Marcos por darme la oportunidad de seguir creciendo día a día no solo como profesional sino como una gran persona.

José Antonio Castillo Álvarez

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darnos la salud, fortaleza, motivación, por acompañarnos en todo momento hasta la finalización de nuestra tesis.

A nuestra gloriosa facultad Farmacia y Bioquimica, UNMSM, que desde el primer día supo formarnos en valores, a ser no solo excelentes profesionales sino también ejemplo de personas que obran en valores.

A nuestros estimados asesores, Dr. García Mesías Moisés y al Dr. Apesteguia Alfonso José por toda la confianza, paciencia, motivación, esfuerzo y todo el apoyo incansable en todo momento, desde el primer día hasta el último, las mil gracias a ellos por la culminación de esta tesis.

Agradecemos enormemente a nuestros honorables y distinguidos integrantes del Jurados examinador y calificador.

Presidente: Mg. Víctor Lizano Gutiérrez

Miembros del jurado: Dra. Gladys Arias Arroyo
Mg. Gloria Marina Marín Vallejos
Mg. Celia Vargas de la Cruz

Por la impecable revisión de la tesis y los valiosos aportes y sabios consejos en la culminación de la misma.

ÍNDICE GENERAL

1.- INTRODUCCIÓN 1

2.- HIPÓTESIS 2

2.1.- Hipótesis 2

3.- OBJETIVOS 2

3.1.- Objetivo general 2

3.2.- Objetivos específicos 3

4.- MARCO TEÓRICO 3

4.1.- Tomate (*Solanum lycopersicum*) 3

4.1.1 Orígenes 3

4.1.2.- Cultivo en el mundo y en el Perú 3

4.1.3.-Taxonomía 5

4.1.4.- Descripción botánica 5

4.1.5.- Variedades de tomate 6

4.2.- Zapallo macre (*Cucúrbita máxima Duchesne*) 9

4.2.1.- Origen 9

4.2.2.- Cultivo en el mundo y en el Perú 9

4.2.3.- Taxonomía 10

4.2.4.- Variedades de zapallo 11

4.2.5.- Descripción botánica 12

4.3.- Arsénico (As) 13

4.3.1.- Características fisicoquímicas 13

4.3.2 Límites de exposición 15

4.3.3.- Derivados del arsénico 15

4.3.4 Fuentes de exposición del arsénico 16

4.3.5.- Toxicocinética del arsénico 16

4.3.6.- Toxicodinamia del arsénico 18

4.3.7.- Manifestaciones clínicas 19
4.4.- Plomo (Pb) 20
4.4.1.- Características fisicoquímicas 20
4.4.2.- Fuentes de exposición del plomo 21
4.4.3.- Limites de exposición 21
4.4.4.- ADME del plomo 22
4.4.5.-Toxicodinamia del plomo 23
4.4.6.- Manifestaciones clínicas 24
4.5.- Evaluación del riesgo toxicológico 24
4.5.1.- Etapas de la evaluación de riesgos 25
4.5.2.-Valores de RDf y NOAEL para arsénico y plomo 28
4.6.- Espectroscopía de absorción atómica 29
4.6.1.- Fundamento de la metodología 29
4.6.2.- Tipos de espectroscopía de absorción atómica 29
5.- METODOLOGÍA 32
5.1.- Área de estudio (Lima Metropolitana) 32
5.2.- Población y muestra 33
5.2.1.- Población 33
5.2.2.- Muestra 34
5.3.- Tipos de investigación 37
5.4.- Encuesta 37
5.5. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información 38
5.5.1.- Reactivos, estándares, materiales y equipos utilizados 38
5.5.2. Determinación de plomo por absorción atómica con Horno de Grafito y arsénico por Generador de Hidruros 40
5.5.3. Elaboracion de la curva de calibracion de plomo y arsenico 44
6. RESULTADOS 46

6.1.- Resultados de los niveles de plomo en muestras de zapallo macre.....46
6.2.- Resultados de los niveles de arsénico en muestras de zapallo macre.....49
6.3.- Resultados de los niveles de plomo en muestras de tomate.....52
6.4.- Resultados de los niveles de arsénico en muestras de tomate.....55
6.5.- Análisis estadístico de los resultados.....58
6.5.1.- Análisis ANOVA.....58
6.5.2.- Encuesta:.....60
6.6.- Resultados de evaluación del riesgo toxicológico.....61
6.6.1.- Estimación de la dosis de exposición.....62
6.6.2.- Cálculo del indice de peligrosidad (IP).....63
6.6.3.- Cálculo de margen de exposición (ME).....64
7.- DISCUSIÓN.....65
8.- CONCLUSIONES.....68
9.- RECOMENDACIONES.....69
10.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....70
11.- ANEXOS.....81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Regulaciones y pautas aplicables para el límite de plomo 21

Tabla 2: Puntos de muestreo y cantidad muestra tomada 34

Tabla 3: Procedencia de la muestra de zapallo macre.....35

Tabla 4: Porcentaje según la procedencia de la muestra de zapallo macre.....35

Tabla 5: Procedencia de la muestra de tomate 36

Tabla 6: Porcentaje según procedencia de la muestra de tomate.....36

Tabla 7: Escala de incremento de temperatura en el Horno de Grafito (método propio).....41

Tabla 8: Concentración del estándar (STD) para la elaboracion de la curva de calibración.....43

Tabla 9: Elaboracion de la curva de calibración del plomo (Pb).....44

Tabla 10: Curva de calibración del arsénico (As) 45

Tabla 11: Niveles de plomo en zapallo macre en cada mercado muestreado 46

Tabla 12: Niveles de arsénico en zapallo macre en cada mercado muestreado..49

Tabla 13: Niveles de plomo en tomate en cada mercado muestreado.....52

Tabla 14: Niveles de arsénico en tomate en cada mercado muestreado.....55

Tabla 15: Resultados estadísticos de arsénico en muestras de tomate y zapallo macre.....58

Tabla 16: Resultados estadísticos de plomo en muestras de tomate y zapallo macre.....59

Tabla 17: Datos para la determinacion de la dosis de exposición.....62

Tabla 18: Resultado de la dosis de exposición (método propio) 62

Tabla 19: Resultados del índice de peligrosidad (método propio).....63

Tabla 20: Resultados del margen de exposición (método propio).....64

Tabla 21: pH del zapallo macre según procedencia.....86

Tabla 22: Cenizas sulfatadas del zapallo macre según procedencia 87

Tabla 23: Humedad del zapallo macre según procedencia.....87

Tabla 24: Solidos solubles en zapallo macre según procedencia 88

Tabla 25: pH del tomate según procedencia 88

Tabla 26: Peso promedio del tomate según procedencia.....88

Tabla 27: Cenizas sulfatadas del tomate según procedencia 89

Tabla 28: Humedad del tomate según procedencia 89

Tabla 29: Solidos solubles en tomate según procedencia.....90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Porcentaje de cultivada de tomate a nivel mundial 4

Figura 2: Cultivos de tomate 2017-2018; 2018-2019 en Perú por MINAGRI 4

Figura 3: Tipos de tomate según hábito de crecimiento 7

Figura 4: Tomate variedad Cherry.....8

Figura 5: Tomate variedad Saladette 8

Figura 6: Producción de principales cultivos, según región, 2018 por MINAGRI10

Figura 7: Flores masculinas y femeninas de *Cucurbita máxima* 12

Figura 8: Fruto de *Cucúrbita máxima*.....13

Figura 9: Tipos de compuestos de arsénico.....14

Figura 10: Ciclo del arsénico.....16

Figura 11: Metabolismo del arsénico 17

Figura 12: Toxicodinamia del arsénico.....19

Figura 13: Manifestaciones clínicas de intoxicación por arsénico 20

Figura 14: Distribución del plomo en el organismo humano 22

Figura 15: Toxicocinética de los compuestos y derivados de plomo.....23

Figura 16: Ribete de Burtón 24

Figura 17: Etapas de la evaluación de riesgo 25

Figura 18: Definición de las etapas de la evaluación de riesgo 25

Figura 19: Principios de análisis instrumental 29

Figura 20: Proceso de secado de la muestra.....30

Figura 21: Proceso de calcinación de la muestra.....30

Figura 22: Proceso de atomización de la muestra 31

Figura 23: Reacción química en absorción atómica con Generador de Hidruro..31

Figura 24: Absorción atómica con Generador de Hidruro 32

Figura 25: Provincias del departamento de Lima 33

Figura 26: Lima Metropolitana.....33

Figura 27: Procedencia del zapallo macre 36

Figura 28: Porcentaje según procedencia del tomate 37

Figura 29: Curva de calibración de plomo.....45

Figura 30: Curva de calibración arsénico 45

Figura 31: Niveles de plomo en zapallo macre (mg/kg) en cada mercado.....47

Figura 32: Niveles de plomo en zapallo macre (mg/kg) en cada uno de los mercados de referencia comparado con los LMP establecidos por Codex Alimentarius 48

Figura 33: Niveles de arsénico en zapallo macre (mg/kg) en Lima 50

Figura 34: Niveles de arsénico en zapallo macre (mg/kg en compración con los LMP estipulados por MERCOSUR.....51

Figura 35: Niveles de plomo en tomate (mg/kg) en cada mercado**.**.....53

Figura 36: Niveles de plomo en tomate (mg/kg) en cada uno de lo mercado en compración con los LMP establecidos por Codex Alimentarius 54

Figura 37: Niveles de arsénico en tomate (mg/kg) en Lima. 56

Figura 38: Niveles de arsénico en tomate (mg/kg) en compración con los LMP estipulados por MERCOSUR……...……...…….……...57

Figura 39: Resultados estadísticos de las medias de arsénico en muestras de tomate y zapallo macre 58

Figura 40: Resultados estadísticos de las medias de plomo en muestras de tomate y zapallo macre 59

Figura 41: Resumen de las 384 encuestas realizadas…….....60

ABREVIATURAS

Codex Alimentarius:	Código de los Alimentos
CICOTOX:	Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental
ATSDR:	Agencia para Sustancias Toxicas y el Registro de Enfermedades
EPA:	Asociación de Protección Ambiental
DRf:	Dosis de Referencia
IDA:	Ingesta Diaria Admisible
NOAEL:	Nivel de Efecto Adverso no Observado
SJL:	San Juan de Lurigancho
IDAL:	Dosis de Exposición por Ingesta de Alimento
TI:	Tasa de Ingesta de Alimento
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
fe:	Frecuencia de Exposición
USDA:	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
NAS:	Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos
INEI:	Instituto Nacional de Estadística e Informática
Minagri:	Ministerio de Agricultura y Riego
EFSA:	Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria
JEFCA:	Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios
Mercosur:	Mercado Común del Sur
OMS:	Organización Mundial de la Salud
OPS:	Organización Panamericano de Salud
ONU:	Organización de las Naciones Unidas

LDL:	Lipoproteína de Baja Densidad
LMP:	Límite Máximo Permisible
DEAs:	Dosis de exposición de arsénico
DEPb:	Dosis de exposición de plomo
H_o:	Hipótesis Nula
Et al :	Colaboradores
H_1:	Hipótesis Alternativa
DE:	Dosis de Estimación
F.E:	Factor de Exposición
IP:	Índice de Peligrosidad
MA:	Margen de Exposición
As:	Arsénico
iAs:	Arsénico Inorgánico
Pb:	Plomo
Fe:	Fierro
Co:	Cobalto

RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de determinar los niveles de arsénico y plomo presentes en zapallo macre y tomate luego se determinó la evaluación del riesgo toxicológico en la población de Lima Metropolitana, se trabajó con 60 muestras obtenidos 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 superan 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 superan 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). 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.

Palabras clave: Tomate, zapallo macre, arsénico, plomo, evaluación de riesgo toxicológico

SUMMARY

The research was carried out with the objective of determining the levels of arsenic and lead present in squash and tomato, then the evaluation of the toxicological risk in the population of Metropolitan Lima was determined, we worked with 60 samples obtained in the main markets of Metropolitan Lima, In CICOTOX, the levels of arsenic and lead were determined by atomic absorption spectroscopy with a hydride generator and with a graphite furnace respectively, obtaining an average levels of arsenic in tomatoes of 0.1908mg / Kg and 0.1312 mg / Kg in squash. These values exceed the maximum permissible limit (PML) mentioned by Mercosur 0.1mg / Kg, while the lead levels in tomato had an average of 0.0876mg / Kg and for squash 0.1047mg / Kg, these values exceed the PML established by the Codex Alimentarius 0.05mg / Kg, with these values the exposure dose was estimated, obtaining as a result for tomato DEAs: 0.00002967 mg / Kg / day (ppm / day) and DEpb: 0.00001004 ppm / day, in pumpkin DEAs: 0.00000801 ppm / day and DEpb: 0.00001314 mg / Kg / day (ppm / day), in the end the PI and ME were calculated, obtaining as results in pumpkin and tomato PI values lower than 1 (IP <1) and ME values greater than 1 (ME> 1). According to the methodology proposed by WHO / PAHO, it is concluded that no matter how much PML is exceeded, there is no toxicological risk due to consumption of said foods.

Keywords: Tomato, macre squash, arsenic, lead, toxicological risk assessment

1.- INTRODUCCIÓN

El Codex Alimentarius; 2015[1], menciona que la contaminación de los alimentos por plomo y arsénico podrían causar daños irreparables en la salud de la vida humana. Según la OMS; 2018[2], el arsénico se encuentra dentro del grupo de las 10 toxinas más dañinas para la salud de la población, ya que la exposición a largo plazo por consumo de alimentos contaminados, agua, y procesos industriales causa daños en la piel, cáncer, neurotoxicidad, enfermedades cardiovasculares e incluso diabetes. Por otra parte un problema de suma importancia es la contaminación por el plomo que según la OMS; 2018[3], es una sustancia altamente peligroso por su capacidad acumulativa en el ser humano, existen diferentes maneras de contaminación tales como el agua de consumo, partículas de polvo o alimentos todos ellos contaminados con los tóxicos mencionados. Según las investigaciones realizadas de Acevedo E; 2005[4], en el país de Chile, en los cultivos de arroz (*Oryza sativa L.*), un metal toxico fue el arsénico, el cual se absorbe como ácido dimetil arsénico presente en los brotes, mientras que el As^{+5} y As^{+3} se acumulan en las raíces, por otra parte en un estudio de investigación con el tomate (*Lycopersicum esculentum Mill.*) tanto el ácido dimetil como el ácido monometil de arsénico mostraron una alta acumulación hacia las aéreas superiores, valores colindantes al LMP, reduciendo significativamente el crecimiento y rendimiento del fruto, el arsénico se acumula generalmente en las raíces (85% del total de arsénico), el 14% es acumulable en los brotes y 1% en frutos. Por otra parte en un estudio realizado en México por Ruiz E; 2012[5], en plantas de maíz en suelos cercanos a residuos mineros, se cuantificó la niveles de los metales pesados como el Zinc, Plomo, Cu, y arsénico, obteniéndose como resultado niveles altos de arsénico en todas las unidades experimentales, el zinc y el Pb fueron los que presentaron mayor concentración en las plantas.

En Perú se determinó las concentraciones de pb y As en el jugo de caña de azúcar de los distritos de, La Victoria, SJL, Rímac y otros en Lima Metropolitana, en la que obtuvieron como resultado límites de plomo superiores al LMP establecidos por la OMS, FAO, además los niveles de arsénico y plomo se incrementan proporcionalmente en relación al tiempo de exposición[6]. El LMP que indica la norma general del Codex Alimentarius en las hortalizas, es de 0-20 ppm y 0,1 ppm para arsénico y plomo respectivamente[7]. La concentración de 0,1 fue ratificado en el año

2014 por el Codex Alimentarius ya que anteriormente se considera hasta 0,2mg/Kg en los alimentos, este valor fue avalado por Angélica Trischer, coordinadora principal de salud en los alimentaria de la ONU, esta decisión debido a la alta vulnerabilidad de los niños y los bebes ya que afecta al correcto desarrollo cerebral, según la OMS cada año ocurre unos 600 000 casos de discapacidad intelectual en niños por estar expuestos a este metal tóxico[8]. Existen muchos estudios en Perú que cuantifican los niveles tanto del arsénico como del plomo en los alimentos, verduras y productos de belleza, este trabajo se sumará a ellos para que las autoridades tomen medidas correctivas y preventivas protegiendo la salud de la población.

2.- HIPÓTESIS

H0: Los niveles de arsénico y plomo en zapallo macre (*Cucurbita máxima Duchesne*) y tomate (*Solanum lycopersicum Var. Saladette*), no superan los LMP fijados por el Codex Alimentarius y MERCOSUR y éstas no representan un riesgo toxicológico en la salud de las personas de Lima Metropolitana.

H1: Los niveles de arsénico y plomo en zapallo macre (*Cucurbita máxima Duchesne*) y tomate (*Solanum lycopersicum Var. Saladette*), superan los LMP fijados por el Codex Alimentarius y MERCOSUR y éstas representan un riesgo toxicológico en la salud de las personas de Lima Metropolitana.

3.- OBJETIVOS

3.1.- Objetivo General

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.

3.2.- Objetivos Específicos

1.- Cuantificar los niveles de arsénico en tomate variedad Saladette y zapallo macre en los principales mercados de Lima Metropolitana.

2.- Determinar los niveles de plomo en tomate variedad Saladette y zapallo macre en los principales mercados de Lima Metropolitana.

3.- Estimar el riesgo toxicológico en la salud de la población de Lima Metropolitana.

4.- MARCO TEÓRICO

4.1.- Tomate (*Solanum lycopersicum*)

4.1.1 Orígenes

Según Lesur L; 2006[9], el tomate es nativo de los Andes del continente Americano, ya que las primeras semillas del tomate silvestre se encontraron en la zona andina lo que vendría ser en la actualidad los países de Bolivia, Perú, Ecuador, Chile y Colombia. Por otra parte, según los últimos estudios del genoma del tomate realizados por Blanca J; 2015[10], concluyó que el tomate había sido domesticado en dos pasos, el primero habría sido en el norte del Ecuador y Perú, mientras que el segundo paso, en México.

4.1.2.- Cultivo en el Mundo y el Perú

Según FAO; 2013[11], el tomate es la hortaliza con mayor producción en todo el mundo, es el tomate, los 10 países productores con mayores porcentajes son China, Estados Unidos, Egipto, Turquía, India, España Italia, Irán, Brasil y México, que concentran más del 80% a nivel mundial.

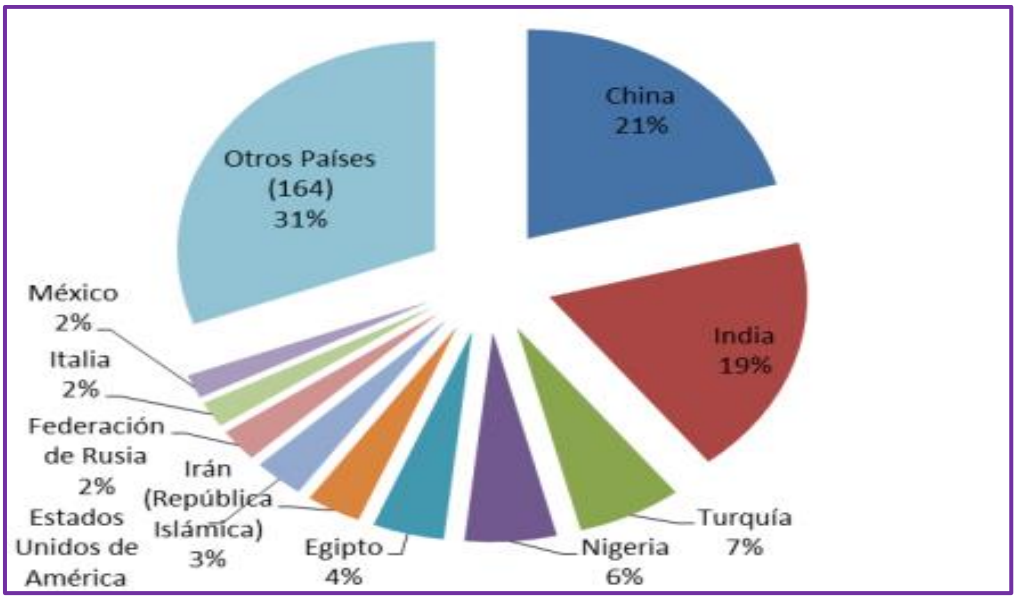


Figura 1: Porcentaje de cultivo de tomate a nivel mundial.
Fuente: FAO; 2012[12].

Según las tablas estadísticas realizadas por Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI); 2019[13], periodo 2017-2018; 2018-2019, el cultivo de tomate en Perú fue encabezado por la región de Ica, seguida de Lima, Arequipa, Ancash, Loreto, La Libertad y Lambayeque representando más del 69%, de un total de 5,4 mil hectáreas cultivadas hasta el periodo 2019. La mayor producción de tomate en Perú se da entre 2 temporadas al año, es decir de marzo a junio y de agosto a noviembre datos según MINAGRI.

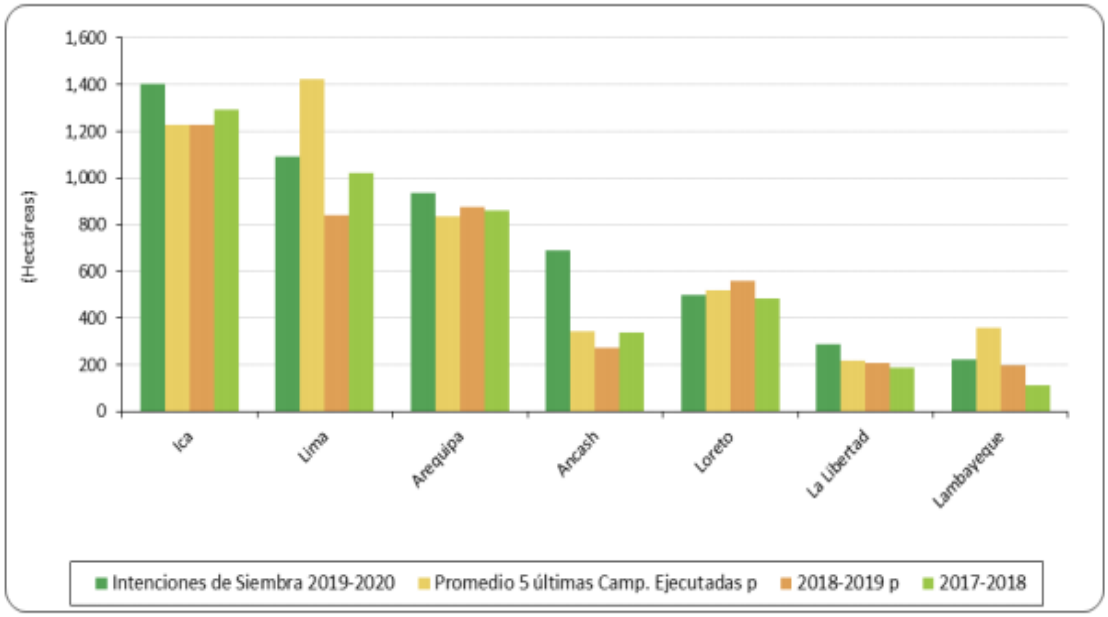


Figura 2: Cultivos de tomate 2017-2018; 2018-2019 en Perú.
Fuente: MINAGRI; 2019[13].

4.1.3.-Taxonomía

Según el Código Internacional de Nomenclatura; 2000[14], al tomate se le ubica dentro del:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Asteridae
Orden: Solanales
Familia: Solanaceae
Género: *Solanum**
Especie: *S. lycopersicum Var. Saladette**

*Tanto el género como especie según las investigaciones de Spooner D; 2005[15].

4.1.4.- Descripción Botánica

Según Rodríguez R; 2001[16], el tomate se caracteriza por ser de cultivo continuo, durante todo el año, puede crecer como planta, rastrera, semirrecta o erecta, posee las siguientes partes:

A.- Raíz

Según Baudoin A; 2017[17], el sistema radical está formado por la raíz principal, adventicias y las raíces pivotantes, la raíz principal puede alcanzar hasta una profundidad de 2 metros al perjudicar la raíz pivotante durante el trasplante la planta resulta en un sistema radical fasciculado de 30 cm de profundidad.

B.- Tallos

Según Escalona V; 2009[18], el tallo es pubescente de color verde y anguloso, mide aproximadamente de 2-4 cm de ancho, en las primeras etapas del crecimiento, es herbáceo, frágil y pubescente, posterior a ello el tallo es semileñoso con pelos glandulares denominadas comúnmente tricomas, en la primera inflorescencia la ramificación es monopodial posterior a ello la ramificación es simpodial.

C.- Hojas

Según Baudoin A; 2017[17], las hojas son compuestas con bordes dentados, opuestos y alterno, con presencia de pelos glandulares, de color verde.

D.- Flores

Se agrupan en racimos ramificados o simples, provistos de cáliz con pedúnculos cortos, la corola consta de cinco pétalos, las flores son hermafroditas y se autofecundan[16].

E.- Fruto

Según Escobar H; 2009[19], es una baya de color amarillo o rojo de forma ligeramente cónica, consta de un diámetro que va de 3 a 16 cm, con un peso promedio de 150-180 mg.

F.-Semilla

Posee entre 3 a 5 mm de diámetro, es reniforme aplastada de color amarillo, anaranjado recubierto de pelos, las partes de la semilla están constituidas por tres partes que de afuera hacia adentro son cubierta seminal, endospermo y finalmente el embrión[16].

4.1.5.- Variedades de tomate

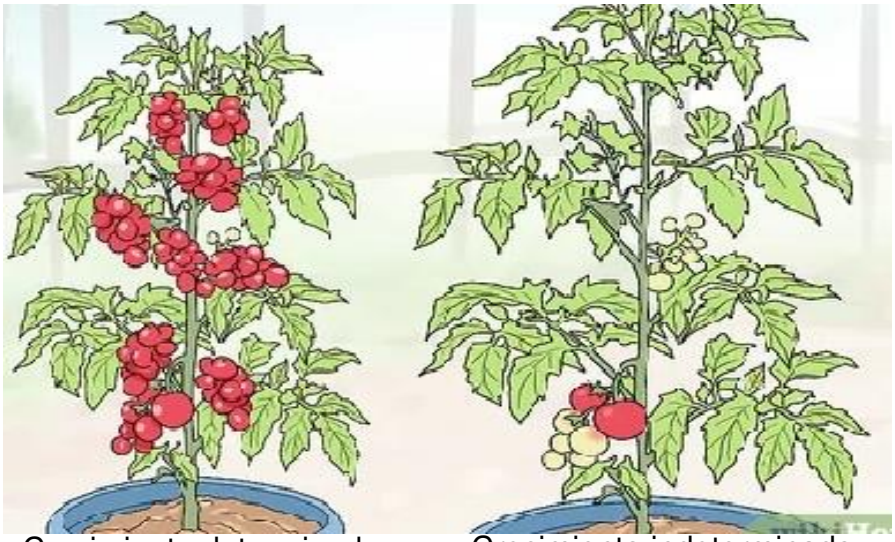
Baudoin A; 2017[17], menciona que los tipos de tomate según su hábito de crecimiento se clasifican en 2 grupos:

A.-) Crecimiento Determinado

Se caracterizan por ser pequeñas, arbustivas, de inflorescencias netamente apical, posee una producción de corto tiempo y es homogéneo, de una sola producción[17].

B.-) Crecimiento indeterminado

Su crecimiento es extensivo, desordenado, postrado y sin límite, la primera inflorescencia aparece generalmente entre las hojas seis a doce de allí en cada tres hojas, se caracteriza por tener un crecimiento continuo, alcanzando tañamos de tallo muy extensos, la floración y su posterior cosecha se alargan por largos periodos, se emplea para fines agroindustriales[18].



Crecimiento determinado. Crecimiento indeterminado.

Figura 3: Tipos de tomate según hábito de crecimiento.
Fuente: Baudoin A; 2017[17].

Según la Agencia Norteamérica Destinada a la Agricultura (USDA); 2019[20], la cantidad de variedades de tomate a nivel mundial llegaba a las 10 000, aunque en la actualidad se mantienen los cultivos de aproximadamente 2000 variedades.

Las variedades de tomate pueden ser salvajes o cultivadas, las principales variedades a nivel mundial cultivadas son:

A.- Tomate Cherry. – Son de pequeño tamaño, de diámetro de uno a tres cm, son tomates que poseen un peso promedio de 10 gramos, la coloración de sus frutos puede ser amarillo, naranja o rojo[19].



Figura 4: Tomate variedad Cherry.
Fuente: Escobar H; 2009[19].

B.- Variedad Saladette. - Sus frutos son alargados, muy buenos para frituras, procesamiento industrial, posee un peso promedio que oscila entre 120g- 180g; su consumo es en fresco, es el tomate típico para la industria, de coloración generalmente rojo o anaranjado[21].



Figura 5: Tomate variedad Saladette.
Fuente: Cuya C; 2018[21].

C.- Variedad Kumato. - Sus frutos son de forma redondo, posee una tonalidad verdosa, que incluso le suelen llamar tomates negros, son muy jugosos y sabor dulce delicioso se le suele usar en la preparación de ensaladas frescas[21].

Cuya C; 2018[21], menciona que en Perú se cultivan principalmente tres tipos de tomates; Saladette, Bola y Cherry tipo cereza.

4.2.- Zapallo macre (*Cucurbita máxima Duchesne*)

4.2.1.- Origen

Según Suquilanda M; 2012[22], el consumo de zapallo fue por los pueblos americanos yace varios miles de años, el consumo del zapallo data de la época preincaica entre los años 4200 y 2500 A.C este según los restos hallados en Lima-Perú; la familia *Cucurbitaceae* conforma un importante grupo de plantas muy comunes y utilizadas en la alimentación, tiene de 750 a 1300 especies[23,24].

4.2.2.- Cultivo en el mundo y en el Perú

Según Salama A; 2006[25], las *Cucúrbitas* son oriundas del continente americano, consta aproximadamente de 27 especies, su fruto se consume maduro o inmaduro, en algunos países se consumen las flores, hojas y semillas, lo podemos encontrar tanto en la sierra como en la costa, se desarrolla más en climas templados, llegando a pesar más de 50 kg.

Según el MINAGRI; 2018[26], la mayor producción de zapallo en Perú en toneladas, periodo 2018, fue en la región de: Arequipa (51 417), Ica (41 974), Lima (16 196), La libertad (16 077) y Cajamarca (13 781).

Región	Sorgo grano	Soya	Tarhui	Tomate	Trigo	Zapallo	Zarandaja
Nacional	**209**	**1,530**	**16,481**	**252,998**	**195,088**	**207,267**	**1,959**
Amazonas	0	498	89	301	456	563	0
Áncash	0	0	386	7,093	12,911	12,342	0
Apurímac	0	0	2,437	2,881	9,114	3,202	0
Arequipa	200	0	0	41,192	9,362	51,417	0
Ayacucho	0	0	444	1,280	14,169	537	0
Cajamarca	0	14	415	775	28,238	13,781	505
Callao	0	0	0	0	0	0	0
Cusco	0	151	3,329	905	16,483	2,943	0
Huancavelica	0	0	279	974	6,190	1,764	0
Huánuco	0	0	1,024	1,254	10,257	12,659	0
Ica	0	0	0	138,863	61	41,974	0
Junín	0	47	595	181	10,163	2,043	0
La Libertad	9	0	6,083	5,657	62,601	16,077	260
Lambayeque	0	0	0	2,690	1,132	814	1,193
Lima	0	0	0	31,396	690	16,196	0
Lima Metropolitana	0	0	0	1,791	15	761	0
Loreto	0	0	0	1,634	0	2,800	0
Madre de Dios	0	0	0	0	0	75	0
Moquegua	0	0	0	289	116	1,212	0
Pasco	0	0	0	0	314	12,901	0
Piura	0	639	0	1,942	11,126	303	0
Puno	0	44	1,401	0	1,669	955	0
San Martín	0	69	0	2,064	0	0	0
Tacna	0	0	0	9,619	21	11,713	0
Tumbes	0	24	0	48	0	68	0
Ucayali	0	44	0	169	0	168	0

Figura 6. Producción de zapallo en Perú en el año 2018 según región.

Fuente: MINAGRI; 2018[26].

4.2.3.- Taxonomía

Parson D; 1986[27], define la clasificación taxonómica:

Reino: Vegetal

División: Fanerógamas

Sub división: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitaceae

Género: *Cucurbita*

Especie: *máxima Duchesne*

Nombre científico: *Cucurbita máxima Duchesne*

Nombre común: Zapallo macre

4.2.4.- Variedades de Zapallo

Podemos encontrar miles de variedades de zapallo del género *Cucurbita*, donde podemos destacar cinco especies: *Cucurbita argyrosperma, C. máxima Duchesne, C. moschata, C. ficifolia, C. pepo* las cuales se domesticaron en el Nuevo Mundo[28].

- C. argyrosperma. - Según Vallejo C; 2004[29], la especie consta por dos subespecies: *Sonora y argyrosperma,* el sembrado de ambas subespecies va desde el nivel del mar hasta una altura de 1900 msnm, en zonas secas y cálidas, no soportan temperaturas bajas.

- C. ficifolia.- Crece en las cordilleras de Sudamérica, entre 1000 - 3000 msnm, es la especie con la menor diversidad del género en relación a los demás, no existe información que mencione que hayan sido sembradas con fines comerciales posee semillas de color negro, tiene un fruto blanco con tendencia a verde, de un tamaño considerable.[25,29].

-C. moschata; Según Salama A; 2006[25], se cultiva en cantidades grandes en el continente americano con características de climas tropicales en altitudes que van hasta un máximo de 1800 msnm de clima cálido y con alta humedad, posee ujn tael tallo rígido, con raíces de carácter fibrosa.

-C. maxima Duchesne*;* Según Vallejo C; 2004[29], se cultivó en América del Sur, los hallazgos de restos arqueológicos van del Perú hasta el norte de Argentina. Las dos especies de mayor relevancia son *C. andreana y C. ecuadorensis* . Salama A; 2006[25], menciona que tiene tallo, engrosado, suave, redondeado o ligeramente anguloso, posee unas flores aromáticas, sus semillas son de color blanco.

-C. pepo; Según Vallejo C; 2004[29], *Cucurbita pepo* una de las primeras en haber sido cultivada fue esta especie, los restos de mayor antigüedad han sido encontrados en México, específicamente en el valle de Oaxaca, que data de los años 8 750 A.C.

Según Salama A; 2006[25], esta especie es cultivada frecuentemente en zonas altas con climas fríos y templados, presenta tallo cilíndrico, sulcado, con pelos largos, agudos, hojas acorazonadas, denticuladas, con espinas finas.

4.2.5.- Descripción Botánica

Según la FAO; 2012[30], posee frutos de gran tamaño de forma redonda, cuyas cascaras son de color verde o amarillenta esto dependerá del grado de madurez o el tipo de zapallo.

A.-Hojas: Suelen ser de color verde oscuro, pero en la cara superior presenta manchas descoloridas, de un aspecto plateado, hojas redondeadas, con bordes ligeramente dentados, que presenta vaso y nervaduras bien marcadas sobre el limbo[31].

B.-Flores: Según *Vigliola M*; 1986[31], posee flores de color amarillo, con corola y cáliz de 5 unidades. Jaramillo J; 1983[32], menciona que florece después del mes y medio en haber sido cultivadas si nos masculinos, mientras que las flores femeninas florecen al cabo de un mes.



Figura 7. Flores masculinas y femeninas de *Cucurbita máxima.*
Fuente: *Vigliola M*; 1986[31].

C.- Frutos: *Vigliola M*; 1986[31], indica que los frutos de zapallo poseen paredes externas duras, con variedades enormes en forma, tamaño o color del fruto, generalmente alcanza tamaños grandes.



Figura 8. Fruto de *Cucurbita máxima.*
Fuente: *Vigliola M*; 1986[31].

D.- Tallo: Según Jaramillo J; 1983[32], son trepadores por los zarcillos que poseen, existen 2 tipos de tallos, el arbustivo y rastreros, los tallos y el follaje poseen suave pubescencia, posee tallos que alcanzan gran longitud, llegando inclusive a los 15 metros de largo.

E.- Semillas: Tienen la peculiaridad de ser de naturaleza variables que van desde el blanco hasta el color negro, generalmente tienen forma elíptica[31].

4.3.- Arsénico (As)

4.3.1.- Características Fisicoquímicas

Según Klaassen C; 2010[33], el arsénico posee el símbolo de As, en la tabla periódica se ubicado en el grupo (VA), su número atómico es 33, posee 74,92 g/mol, de peso atómico, un 817,85 °C de punto de ebullición. Richards I; 2007[34], menciona sobre la configuración electrónica, la cual es [Ar]3d104s24p3, el arsénico posee cuatro los estados de oxidación (3, 5, -3 y 0). Wilkins W; 1997[35], menciona que el arsénico al entrar en combinación con la humedad del aire se oxida adoptando la forma de trióxido, generalmente está asociado a otros metales tales como cinc, cobre, plomo u oro, pocas veces se encuentra en la naturaleza en estado puro. Por otra parte Ramírez A; 2013[36], menciona que el grado de toxicidad del arsénico es

dependiente de la forma química; así los compuestos inorgánicos son altamente tóxicos en especial la el arsénico en su valencia de +3, (iAs^{+3}) el cual es más letal que la forma (iAs^{+5}) y estas más tóxicos que las otras formas, sin lugar a duda la forma más tóxica, según el autor mencionado anteriormente es la arsina.

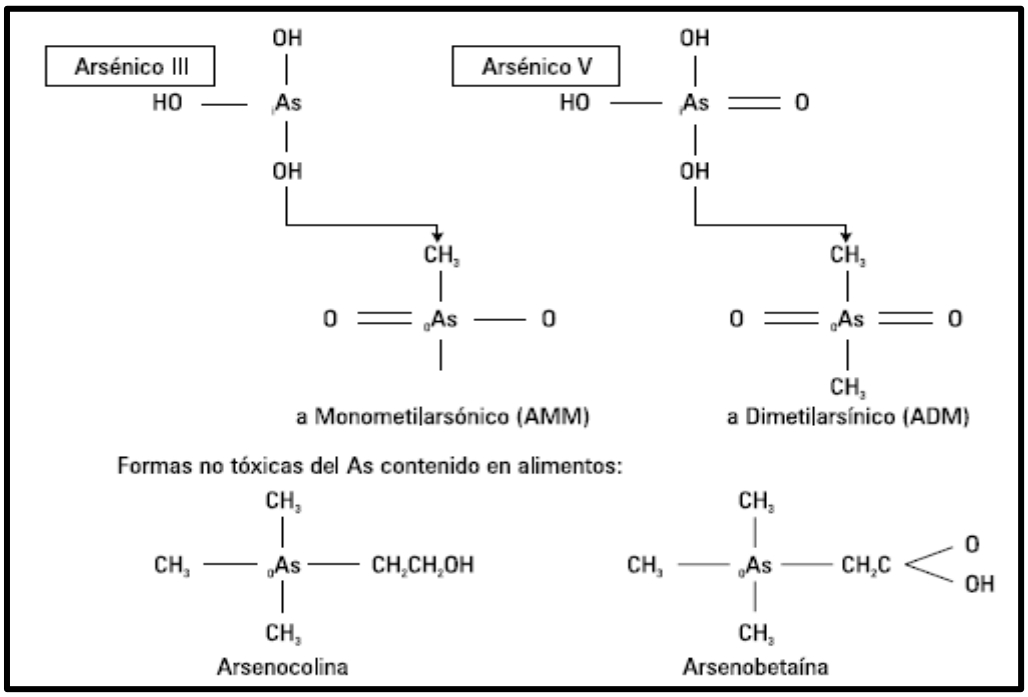


Figura 9: Tipos de compuestos de arsénico.
Fuente: Ramírez A; 2013[36].

- **Clasificación de los grupos de arsénico[37].**
  - Arsénicos inorgánicos
  - Arsénico orgánico
  - Arsina, que es el más tóxico de todos

Según Kumaresan M; 2001[37], los compuestos de mayor frecuentemente son: arsenito As (III) y el As(V), el As (III) es 10 veces más letal que el As(V) y en comparación con los compuestos metilados es 70 veces más letal el As (III).

4.3.2 Límites de Exposición

La OMS; 2018[38], establece un máximo de 10 ug/L (0,01mg/Kg) de arsénico en agua para consumo humano, por otra parte, el Codex Alimentarius; 2019[39], establece un máximo permisible de 0,1mg/Kg de arsénico en los alimentos. La intoxicación aguda por arsénico ocasiona un colapso cardiovascular acompañado de un shock hipovolémico, la dosis que podría causar la muerte en humanos de As (III) es de 0,6mg/kg/día según ATSDR; 2007[40].

4.3.3.- Derivados del Arsénico

A.- Arsénico Elemental

Según lo mencionado por Hughes F; 2011[41], el arsénico elemental posee un color gris, se usa en aleaciones para aumentar la resistencia al calor y dureza, un claro ejemplo de ello son las aleaciones que se realizan con el plomo para la elaboración de baterías de polarización y municiones o elaboración de ciertos tipos de vidrio.

B.- Compuesto Inorgánico

Hughes F; 2011[41], menciona que se puede encontrar en su forma en rocas sedimentarias, aguas geotermales y rocas volcánicas, en la naturaleza se puede encontrar frecuentemente en su forma libre o unido a otros minerales, el (As2O3) es el compuesto más toxico de los inorgánicos, que se caracteriza por ser un polvo fino, con sabor acre, la reacción con el agua es lenta, pero da como producto el ácido arsenioso, mientras que el (As2O5) otro compuesto inorgánico se utilizaba frecuentemente como insecticida o para conservar la madera.

C.- Derivados Orgánicos

Según la OMS; 2018[38], el arsénico posee una estabilidad muy alta por el enlace As-C (AsC), razón por la cual se puede encontrar en varios compuestos, se clasifican en dos grupos; los pentavalentes y los trivalentes, compuestos orgánicos de arsénico son poco tóxicos, a excepción del ácido monometil arsenioso y el ácido dimetilarsénico, este último usado como conservador de maderas y herbicidas, pero ya en desuso por su toxicidad para el ser humano.

4.3.4 Fuentes de exposición del arsénico

Según las investigaciones de Alam M; 2014[42], la tercera parte del As en la atmósfera es producto de las fuentes naturales, tales como, la emisión de volcanes, actividad biológica, otras reacciones propias del ambiente, mientras que el 66,6% de As es producto de actividades antropogénicas.

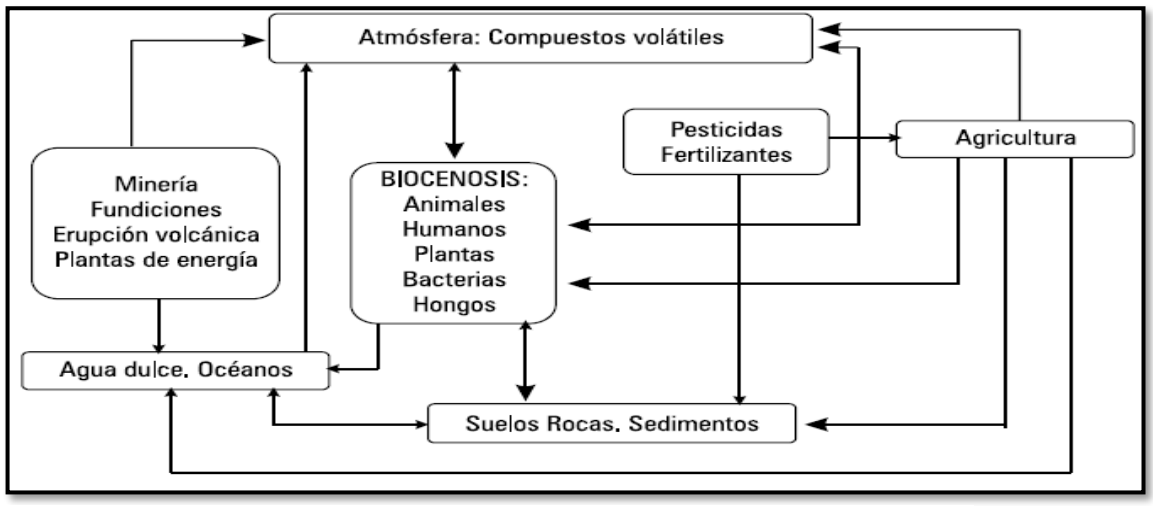


Figura 10: Ciclo del arsénico.
Fuente: Ramírez A; 2013[36].

Según Ravenscroft P; 2009[43], el As se encuentra presente en todo el ambiente, como el agua, el aire y la tierra, los efectos más notorios de intoxicación son los daños cutáneos y en muchos casos ocasionantes de cáncer de la piel. Según la OMS existen 3 grupos de fuentes de exposición, estas son[38]:

A.- Consumo de agua y alimentos

B.- Procesos industriales y

C.- Tabaco

4.3.5.- Toxicocinética del arsénico

A.- Absorción: Medina M; 2018[44], menciona que los compuestos de arsénico de carácter hidrofílico, orgánico se absorben mucho mejor que los liposolubles, inorgánicos respectivamente. Según Albores A; 1997[45], las principales vías de absorción son cutánea, digestiva y el sistema respiratorio, la absorción es de 95% tanto de arsenito (As^{+3}) y As^{+5} por la vida digestiva, disueltos en agua, mientras

que la absorción por la vía cutánea dependerá del medio, en medio húmedo se absorben bastante bien, mientras que en medio seco la absorción solo llega al 2%; por la vía pulmonar la absorción es bastante considerable, si son menores de 7 micras se absorben entre 75 y 85%. Estudios realizados en ratas afirman una absorción de 95% de arsénico inorgánico si se encuentra en el agua consumo, mientras que en arroz fue del 89%[46].

B.-Distribución: Ramírez A; 2013[36], menciona que después de la absorción del arsénico e ingreso al torrente sanguíneo se une básicamente a las globulinas, llegando a las 24 horas al hígado, bazo, pulmón y riñón, en la que se acopla a las proteínas específicamente en los grupos sulfhidrilo. Albores A; 1997[45], señala que dentro del tejido óseo el arsénico desplaza al fósforo y puede permanecer en ello años, atraviesa en pocas cantidades la barrera hematoencefálica y placentaria, después de las 30 horas de su absorción, se deposita en cabello y uñas.

C.- Metabolismo: Según García S; 2013[47], la metilación del arsénico da como resultado a monometilarsénico y dimetilarsénico, primero el arsenato (As^{+5}) se reduce a As^{+3}, para su posterior metilación, para esta reacción es necesario el glutatión, que actúa cediendo electrones, el hígado metila un porcentaje de As^{+3} esto se da por la S-adenosilmetionina originando el arsenato de dimetilo (DMA V) y el arsenato de metilo (MMA V).

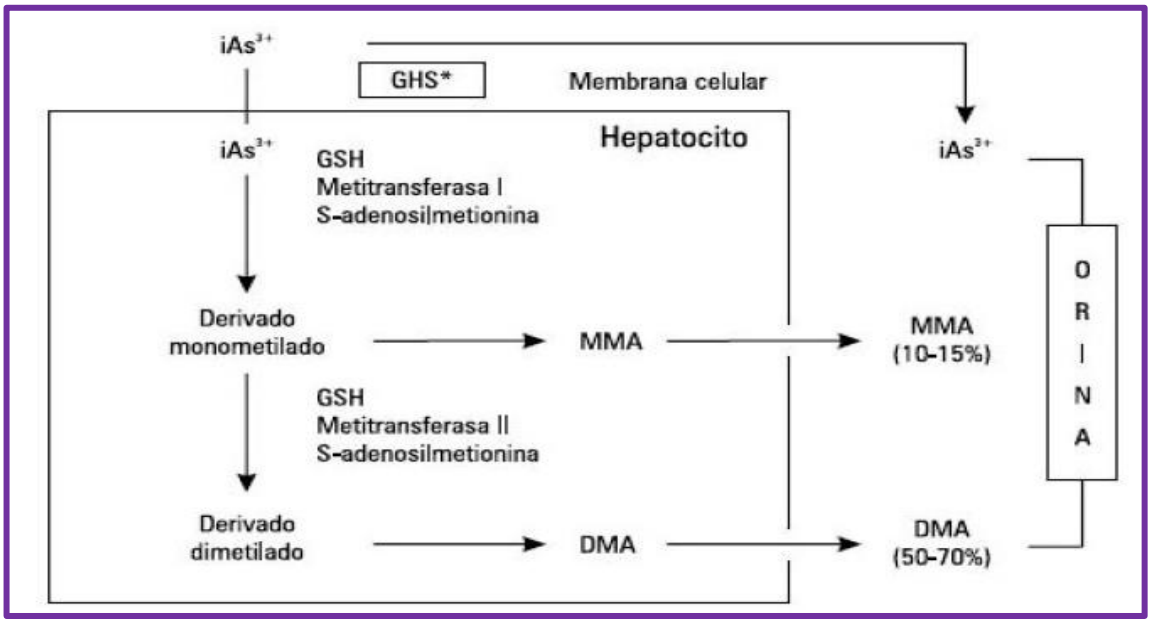


Figura 11: Metabolismo del arsénico.
Fuente: Albores A; 1997[45].

Excreción: Según Ramírez A; 2013[36], el arsénico se elimina por la orina, pero también se elimina por el sudor, piel, heces, uñas e incluye por la leche materna, se excreta una mezcla de arsénico, es decir se elimina por la orina como la forma dimetilado en un 50%- 70%, como monometilado en un 15% - 20%, lo restante (20%) como inorgánica.

4.3.6.- Toxicodinamia del arsénico (mecanismo de acción)

Según Ramírez A; 2013[36], la toxicidad de todas las formas de arsénico depende básicamente de:

- La vía de ingreso
- De su forma química y
- De su valencia

El blanco principal de toxicidad del arsénico son específicamente las proteínas, estas por poseer, los aminoácidos metionina y cisteína que contienen átomos de azufre en su estructura. Ramírez A; 2013[36], nos menciona que una vez que el arsénico ingresa a la célula, forma enlaces covalentes con el sulfidrilotiol de las proteínas, el As inorgánico $^{+3}$, el mecanismo de ingreso al sistema piruvato – oxidasa es justamente esta formación de enlaces covalentes que dan origen a un complejo muy estable. Según Gisbert J; 1998[48], los principales mecanismos de acción del arsénico son:

- Afectación de organelas celulares: Lisosomas, mitocondrias microtúbulos.
- Origen de una completa proteína con el metal.
- interacción con minerales esenciales del cuerpo humano por similitud electrónica.
- Inhibición enzimática de proteína con grupos SH-

En las reacciones de fosforilación, el fosfato inorgánico es desplazado por el As inorgánico produciendo ésteres inestables, inhibiendo de esta manera la fosforilación oxidativa[48]. Ravenscroft P; 2009[43], indica que el mecanismo de toxicidad se debe a la inhibición enzimática de proteínas con grupos SH, como el dihidrolipoato, cofactor primordial de la enzima piruvato deshidrogenasa, esta inhibición trae como consecuencia la inhibición del ciclo de Krebs interrumpiendo de esa manera la fosforilación oxidativa.

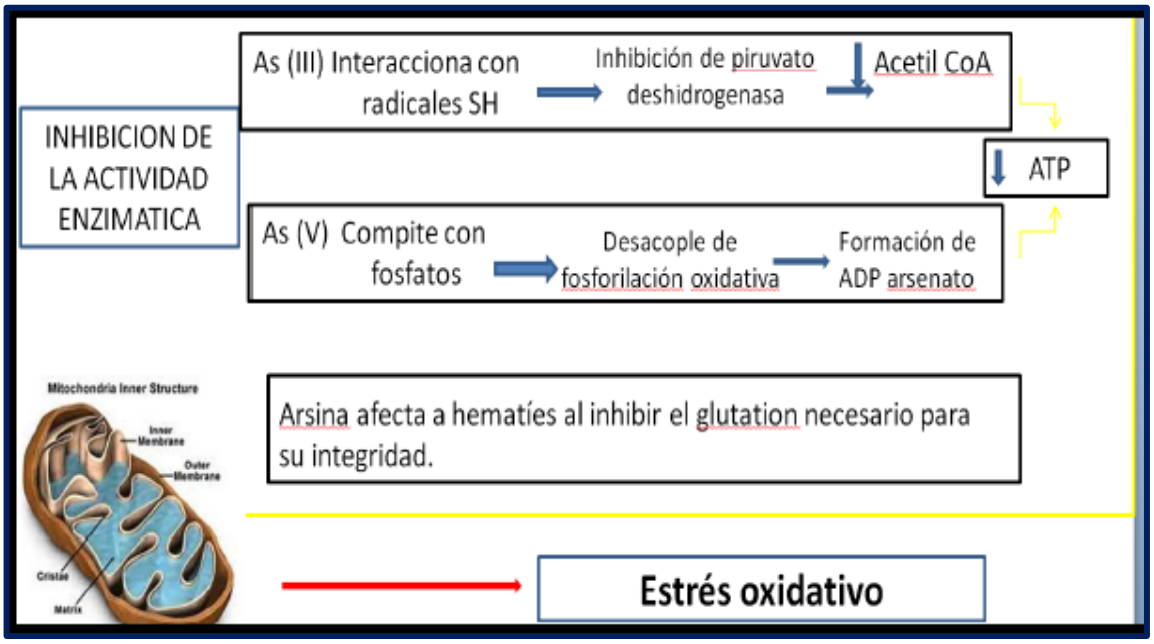


Figura 12: Toxicodinamia del arsénico.
Fuente: Gisbert J; 1998[48].

4.3.7.- Manifestaciones Clínicas

Según lo mencionado por Karagas A; 2015[49], la contaminación alimenticia por el arsénico trae consecuencias severas para la salud humana, tales como el cáncer de piel. La OMS; 2018, establece que las concentración de arsénico superiores a 10 µg/L en el agua puede ocasionar cáncer de piel.

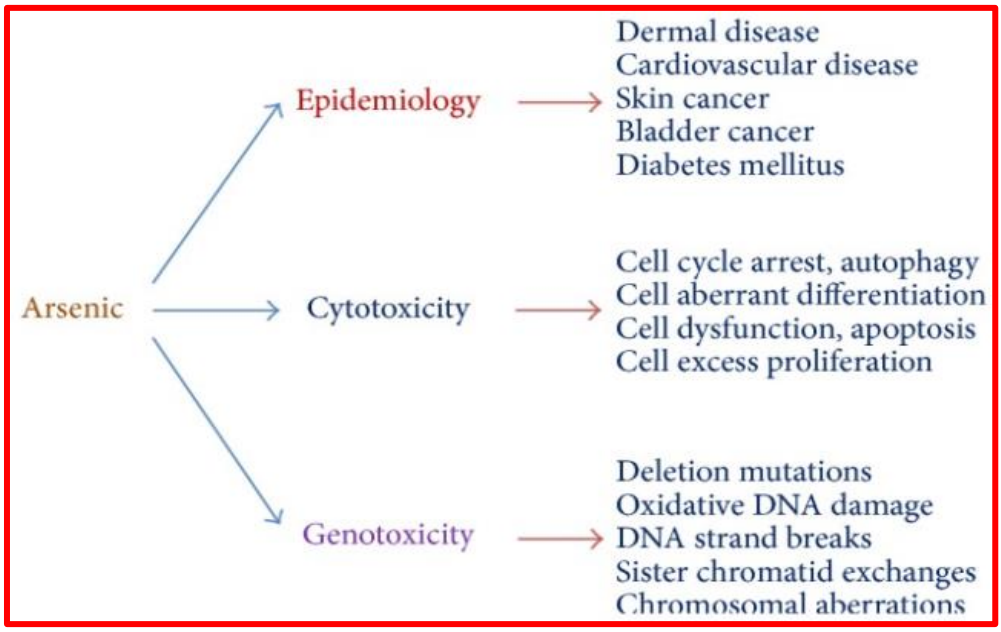


Figura 13: Manifestaciones clínicas de intoxicación por arsénico.
Fuente: Karagas A; 2015[49].

4.4.- Plomo (Pb)

Para la OMS; 2019[50], el Pb aparte de ser un metal tóxico se le puede encontrar en forma natural en la corteza terrestre.

4.4.1.- Características Fisicoquímicas

Es de color gris azulado, posee gran peso atómico 207,19, numero atómico de 82, posee alta capacidad de flexibilidad, se funde con facilidad a una temperatura de 327,4ºC y una temperatura de ebullición de 1725ºC [51]. En pocas veces se encuentra en su estado elemental, se encuentra asociados a los sulfuros, el más común de ellos es la galena, sulfuro de plomo (PbS), otros de uso industrial son la cerusita (PbCO3), y el sulfato de plomo llamada comúnmente anglesita (PbSO4)[52], el estado de oxidación del plomo es +2 y +4; de estas +2 es la más común de naturaleza iónica mientras que Pb^{+4} son covalentes. Encontramos gran variedad de aleaciones del plomo aproximadamente un 25 %, como plomo en forma metálica un 40 % y el resto un 35% como mixtura química. Por otra parte, se encuentran los óxidos de plomo, (PbO) presente en las placas de las baterías eléctricas, en la elaboración de pinturas (Pb3O4)[53].

4.4.2.- Fuentes de exposición del Plomo

- Fuentes Naturales: Se encuentra en pocas cantidades en la capa superficial de la tierra (de 10 - 20 ug/g), la mayor concentración se encuentra en su forma de óxido de plomo denominada galena[54].

- Fuentes Antropogénicas: Una de los principales contaminantes es el humano ya que utiliza el plomo para la producción de acumuladores, insecticidas, baterías, pigmentos, reactivos químicos explosivos, soldaduras, aditivos antidetonantes para gasolina, entre otros[55].

4.4.3.- Límites de Exposición

Las autoridades internacionales crearon regulaciones y recomendaciones para sustancias toxicas, estas son aplicadas por la ley, entre ellas tenemos:

- Environmental Protection Agency (EPA)
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA)
- Food and Drug Administration (FDA)

EE-UU cuenta con 2 organizaciones que desarrollaron recomendaciones en temas de agentes tóxicas que afectan al ser humano, estas no son aplicables por la ley, entre ellas son:

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)
- National Institute for Occupational Safety and Health

Tabla 1. Pautas y regulaciones aplicables para el límite de plomo.

Organización	Descripción	Nivel de exposición
EPA	Aire	No más de 1,5 (µg / m ^{3}) como promedio durante 3 meses
ATSDR	Nivel de acción para niños	10 µg / dL
FDA	Ingredientes alimentarios	Entre 0.1 a 10 ppm

Fuente: ATSDR; 2014[56].

4.4.4.- ADME del plomo

A.- Absorción:

Existen dos principales vías de ingreso del plomo inorgánico en el cuerpo humano, sistema pulmonar y digestivo, la absorción por sistema pulmonar es de 30 - 50%, mientras que, por el sistema digestivo, es aproximadamente el 10% pero 50% en niños, una vez absorbido es llevado por la sangre para fijarse en un aproximado del 90% en los glóbulos rojos[57].

B.- Distribución:

Se distribuye principalmente en los tejidos blandos como el hígado y riñones, se distribuye en la misma sangre y en los huesos, siguiendo un modelo llamado tricompartimental. El primer compartimento es considerado la sangre, en la que un 90% del plomo circula unido a glóbulos rojos, con una vida media ($t_{1/2}$) de 30 días, el compartimento dos está conformado por el riñón y el hígado y contienen un promedio que oscila entre 0,3 a 0,9 mg de plomo, con un $t_{1/2}$ de 40 días, el último compartimento son los huesos, en éste la cantidad de Pb se incrementa de acuerdo a la edad pasando de un 70% en la infancia hasta un 95% en la adulta, una vez fijado en los huesos (zona metáfisis y epífisis)[58].

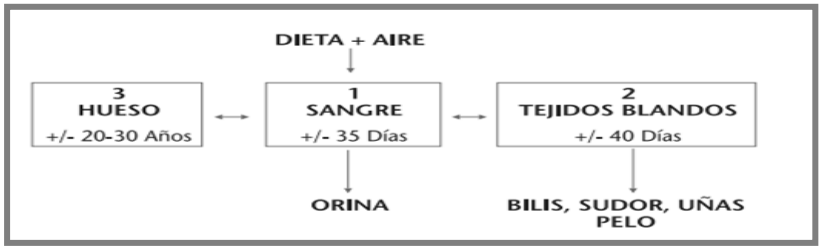


Figura 14: Distribución del plomo según el modelo de tres compartimentos.
Fuente: *Valdiva M*; 2005[58].

C.- Excreción:

Las principales vías de eliminación de importancia toxicológica son la vía renal y gastrointestinal; otras de menor importancia son la leche materna, el sudor, entre otros, el plomo no absorbido se elimina por las heces, pero sin embargo no queda duda que la principal vía de eliminación del plomo es la vía renal, esto ocurre por la filtración glomerular, aunque la eliminación es muy lenta ya que la vida media oscila entre 15 y 27 años en adultos[59].

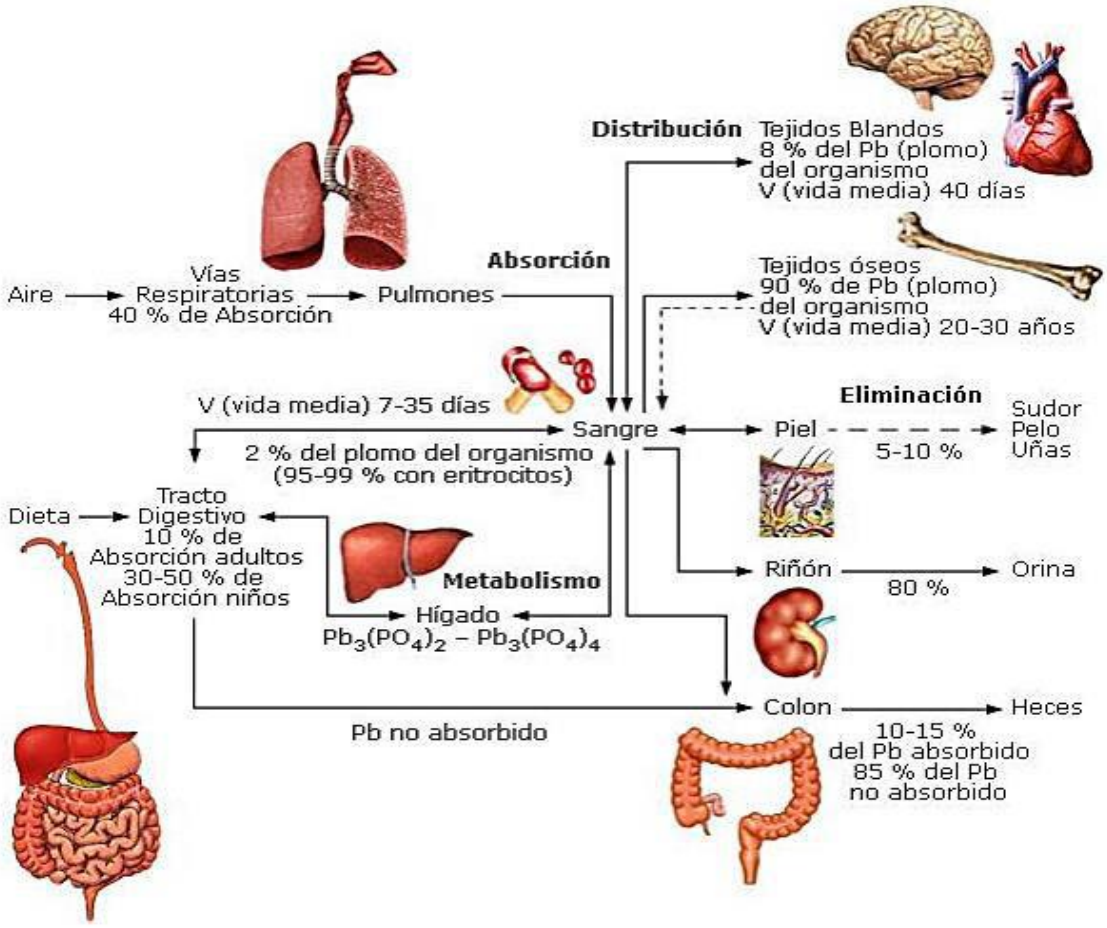


Figura 15. Toxicocinética general de los compuestos y derivados de plomo.
Fuente: OMS;2000[60].

4.4.5.-Toxicodinamia del plomo

Aunque no se conoce muy bien de como el plomo causa toxicidad en el organismo, debido al desconocimiento de la diana principal , sin embargo, se sospecha que actúa adhiriéndose al grupo tiol de las proteínas y a las enzimas que requieren del zinc para cumplir sus funciones , también que reemplaza al calcio, también se une a la proteína reguladora, la calmodulina[61], el reemplazo del calcio trae como consecuencia graves problemas de salud tales como en la transmisión de neuronas y tono vascular ocasionado patologías como la neurotoxicidad, Hipertensión arterial[59].

4.4.6.- Manifestaciones Clínicas

Las manifestaciones clínicas se observan en mayor proporción en niños que adultos. Afecta principalmente a los siguientes órganos[62]:

- **Sistema renal:** Por un periodo corto, afecta la función tubular proximal. Un periodo continuo o repetitivo puede causar una nefropatía crónica.
- **Sistema cardiovascular:** A niveles elevados de exposición al plomo, aumenta el riesgo de sufrir de enfermedad cerebrovascular y de hipertensión arterial.
- **El sistema sanguíneo:** Se produce anemia porque la exposición al plomo al organismo ocasiona la disminución de la producción de los glóbulos rojos. La línea de Burton indica exposición y mala higiene bucal, se caracteriza por presentar una línea pardo – oscuro entre la encía y la base de los dientes[62].



Figura 16. Ribete de Burton.
Fuente: Ramírez A; 2005[59].

4.5.- Evaluación del Riesgo Toxicológico

La evaluación de riesgos parte de un concepto más general, el análisis de riesgos, la cual está formado por la evaluación de riesgos y su manejo, la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NAS); 1983[63], es la que define más claramente este concepto[63].

4.5.1.- Etapas

Según la NAS; 1983[63], la evaluación de riesgo consta de 4 etapas:

- Identificación del peligro
- Evaluación de la dosis respuesta
- Evaluación de la exposición
- Caracterización del riesgo

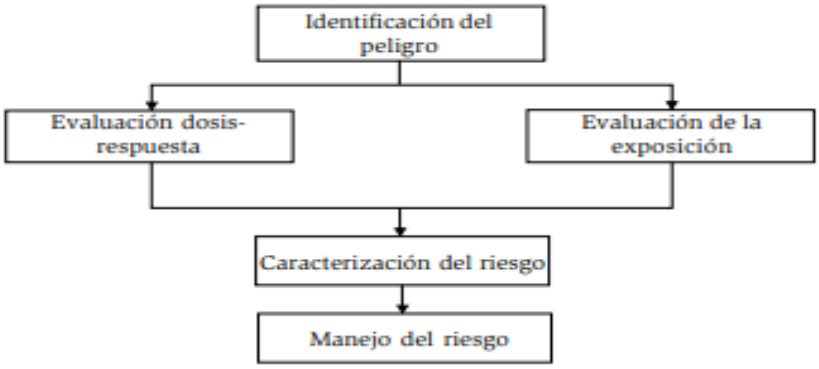


Figura 17: Etapas de la evaluación de Riesgo
Fuente: Academia Nacional de Ciencias de los EE-UU;1983[63].

Términos	Definición
Identificación del peligro	¿Causará el agente un efecto dado en humanos?
Evaluación dosis - respuesta	¿A cuál dosis aparecerá el efecto?
Evaluación de la exposición	¿Cuáles niveles de exposición existe o podría existir?
Caracterización del riesgo	¿Cuál es la probabilidad de que el riesgo se produzca?

Figura 18: Definición de las etapas de la evaluación de riesgo.
Fuente: OMS; 2000[60].

Tarazona J; 2001[65], define que el peligro es la posibilidad, amenaza u ocasión de que un agente cause un daño. Según la (ATSDR); 2007[40], la identificación del peligro consta de la recolección y su posterior evaluación de la data toxicológica.

B.- Evaluación Dosis Respuesta

Para la evaluación del riesgo toxicológico en la salud se hizo uso del método propuesto por la ATSDR;1992[64], para la estimación de la dosis por ingesta de alimento, se utilizó los siguientes cálculos matemáticos[64].

Ecuación matemática

$$IDAL = \sum_{i=1}^{1} \frac{C \ x \ TI \ x \ FE}{\mathrm{P.C}}$$

Donde:

- IDAL = Dosis de exposición por ingesta de alimento (mg/Kg/día)
- C = Niveles del contaminante en el grupo de alimentos i (mg/g)
- TI = Tasa de consumo de alimento del grupo i (g/día)
- FE = Factor de exposición
- P.C = Peso corporal (Kg)

Si bien es cierto la exposición se puede dar en algunos días en forma irregular o intermitente, es por ello que se hizo uso de otra variable matemática llamada factor de exposición (FE) el cual promediara la dosis en el intervalo de tiempo que dure la exposición.

El factor de exposición se calculó de la siguiente forma[64].

$$F.E = \frac{Fe \ x \ de}{\mathrm{T}}$$

En donde:

- FE: Factor de exposición
- fe: Frecuencia de exposición
- de: Duración de la exposición
- T: Periodo de exposición de la dosis promediada

la EPA usa una metodología de datos ambientales para la estimación de un impacto ambiental en la salud de la población; la ATSDR; 2007[40], evalúa las emanaciones de todo tipo de sustancias químicas peligrosas, con el objetivo de activar medidas preventivas y/o correctivas en la salud de la población[66]**.** Existen complicaciones para la región de América Latina para la aplicación de las dos metodologías mencionadas, debido a la escasa información con las que cuentan los países de esta este continente es por ello que la OPS y la OMS implementaron para que sea aplicable en estos países[64].

C.- Evaluación de la Exposición

Según la ATSDR; 1992[64], la exposición hace referencia a la conexión del contaminante con el individuo, en un periodo determinado. El proceso por el cual se da el contacto entre el organismo y las sustancias toxicas se le conoce con el nombre de ruta de exposición la cual consta de cinco componentes:

1.- Fuente de toxicidad
2.- Entorno ambiental y su respectivo mecanismo de transporte
3.- Punto de exposición
4.- Vías de exposición (ruta de ingreso, dérmico, ingestión, inhalación)
5.- Población receptora.

D.- Caracterización de Riesgo

El riesgo se define como la posibilidad que se produzca un daño, mientras que la caracterización de riesgo es la evaluación de esa probabilidad y su naturaleza de todos los efectos que ocasiona en el ser humano[66]**.**

La caracterización de riesgo se determina por el:

- Índice de peligrosidad
- Margen de exposición

A.- Índice de Peligrosidad (IP)

Según la ATSDR; 1992[64], el IP, se determina como el cociente de la dosis estimada con RDf o ingesta diaria admisible, propuesta por EPA. El índice de peligrosidad (IP) indica peligrosidad o seguridad con respecto a la dosis de exposición estimada, mientras más grande sea el IP, valor mayor a la unidad mayor es el riesgo de sufrir los daños del toxico presente en el alimento consumida por la población. Cuando IP adquiere un valor < 1 la población se encuentra en condiciones seguros de tóxicos dañinos que pudieran estar en el alimento consumido.

$$IP = \frac{\text{Dosis de exposición estimada}}{\text{Dosis de referencia o IDA}}$$

B.- Margen de Exposición (ME)

Por otra parte, se habla del NOAEL (nivel de efecto adverso no observado), la cual es la maxima dosis de una sustancia que ha mostrado en las pruebas no presentar efectos perjudiciales para la salud en personas o animales, el ME se obtiene del cociente del NOAEL con la dosis de exposición estimada, a menor valor de ME, valores por debajo de 1 mayor riesgo de sufrir daños por consumo de los alimentos contaminados con tóxicos, por lo contrario, si ME>1 y mientras mayor sea el valor de esta mayor seguridad para la población en relación a la dosis de exposición del toxico[64].

$$M.E = \frac{\text{NOAEL}}{\text{Dosis de exposición estimada}}$$

4.5.2.-Valores de RDf y NOAEL para arsénico y plomo

EPA; 2010[67], estableció un rango de dosis de referencia (RDf) de 0,0002 a 0,0008mg/Kg/día para arsénico, para el caso del plomo la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA); 1997[68], recomienda usar un valor de RDf de 0,006mg/kg/día. En lo que respecta al NOAEL el plomo no posee un valor definido,

pero sí el arsénico que según U.S.EPA; 2010[67], establece un valor de 0,0008 mg/Kg/día. Por otra parte, como el plomo no cuenta con un NOAEL, Madhvan S; 1989[69], recomendó usar un valor de 250 mg/kg/día.

4.6.- Espectroscopía de Absorción Atómica (AAS)

4.6.1.- Fundamento de la Metodología

Según Skoog A; 2001[70], el fundamento de la (AAS), es la absorción de la radiación electromagnética de un átomo que pasa a un estado excitado (mayor energía), de un estado fundamental, pero este estado excitado es de poca estabilidad por ello los átomos regresan a su estado inicial emitiendo la misma cantidad de luz absorbida.

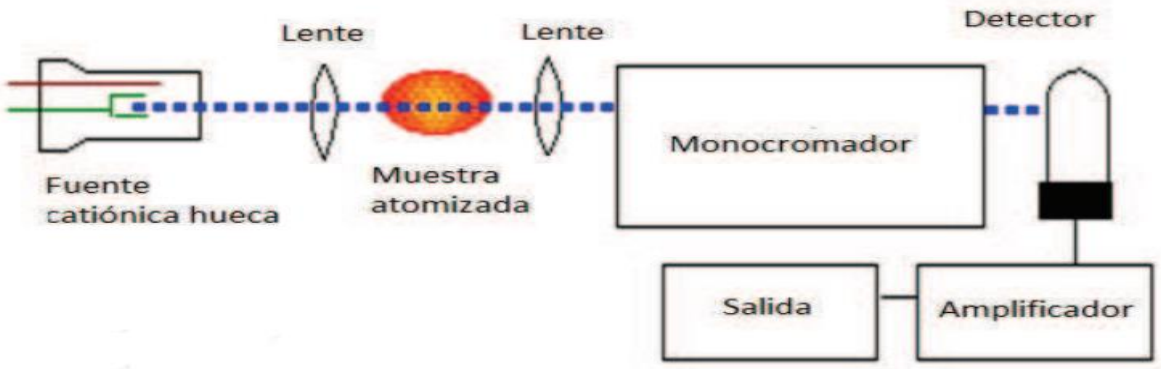


Figura 19: Principios de análisis Instrumental.
Fuente: Skoog A; 2001 [70].

4.6.2.- Tipos de Espectroscopía de Absorción Atómica (AAS)

4.6.2.1.- Espectroscopía de Absorción Atómica en Horno de Grafito

Según Littler M; 2009[71], se fundamenta en dos etapas:

A.- Primera etapa: En esta etapa se atomiza las muestras hasta el estado atómico.

B.- **Segunda etapa:** En esta etapa los átomos libreados absorben la luz, para lo cual se sigue tres etapas, el cual sigue un programa de temperatura, estas etapas son:

I.- Secado

La muestra es introducida automáticamente en el tubo de grafito cuya medida es de aproximadamente 5cm de dimensión, la cantidad de muestra introducida varía entre (2- 20) uL, en este proceso se elimina el solvente, producto de incrementar la temperatura que puede ir desde los 80°C a 180 °C (temperatura promedio 100°C). Se da flujo de gas argón dentro del tubo de grafito[71].

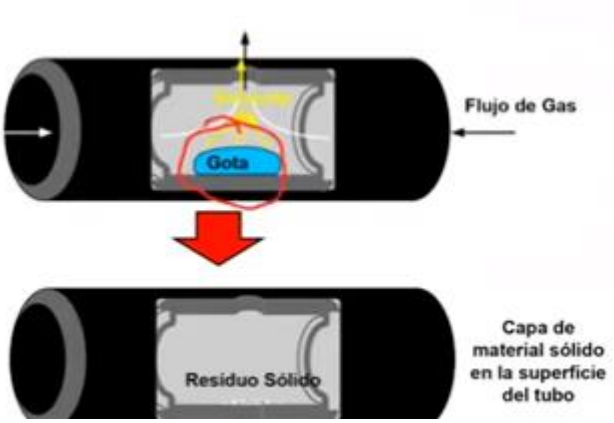


Figura 20: Proceso de secado de la muestra.
Fuente: Litter M; 2020[71]

II.- Calcinamiento

También denominada pirolisis se da el incremento de la T° que oscila entre 350 a 1600 ºC esto con el objetivo de eliminar la materia orgánica (interferencias), es decir eliminación de la matriz orgánica, se incrementa la mayor temperatura posible, pero por debajo de punto de evaporación del analito en análisis, se da flujo de gas argón dentro del tubo de grafito cuya función es arrastrar la matriz gaseosa formada[72].

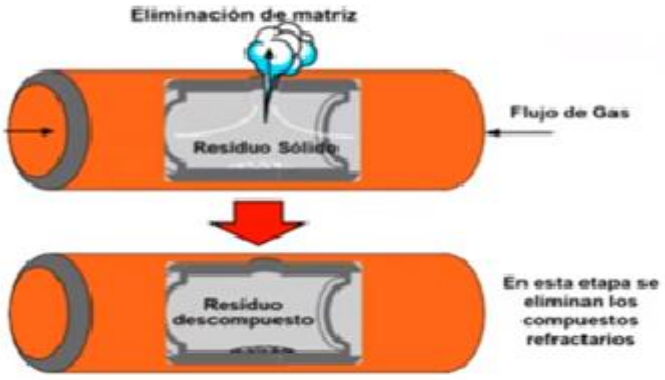


Figura 21: Proceso de calcinación de la muestra.
Fuente: Litter M; 2020[71].

III.- Atomizado

Según Littler M; 2009[71], ocurre la liberación de átomos, por la ruptura de enlaces iónicos, esto ocurre a temperaturas superiores al de evaporación del analito, la temperatura oscila entre 1600 °C hasta 3000 °C, en esta etapa se corta el flujo de gas, en esta etapa se realiza el registro de la lectura de la absorbancia.



Figura 22: Proceso de atomización de la muestra.
Fuente: Litter M; 2001[71].

4.6.2.2.- AAS con Generador de Hidruros

Según Gallarta F; 1992[73], se basa en la generación de una reacción en la que se genera un hidrógeno (hidrogeno naciente), esto ocurre por la disolución del analito, la reaccionan con un agente reductor con la muestra en análisis, que generalmente es sodio borohidruro, generando de esta manera un producto gaseoso, el producto originado es transportado hacia un separador gas-liquido en la que se drena el líquido y los óxidos gaseosos (hidruros volátiles) hacia el tubo atomizador, en la celda calentado ocurre la disociación del gas hidruro hasta átomos individuales, los átomos liberados absorben el haz de luz electromagnético proporcionado por la celda, la longitud de onda es propio para cada analito a determinar[73].

Liberación de iones Hidruros: $NaBH_4 + 2H^+(Acido) = 2H^- + 2H_2 + ...$

Hidruración de Analito trivalente: $A^{+3} + 3H^- = AH_3$

Atomización del Analito: $AH_3 + Calor \text{ -----}\rightarrow A^{o}\uparrow + H_2\uparrow$

Figura 23: Reacción Química en Absorción atómica con generador de hidruro.
Fuente: Asto J: 2020[74].

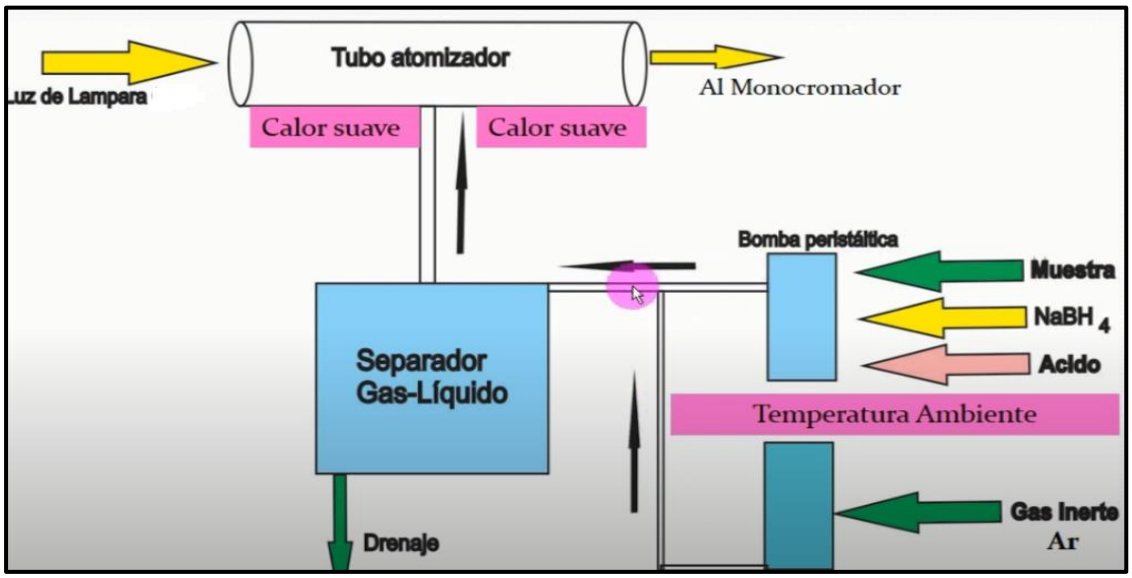


Figura 24: Absorción atómica con generador de hidruro.
Fuente: Asto J: 2020[74].

5.- METODOLOGÍA

5.1.- Área de estudio (Lima Metropolitana)

Según el INEI; 2017[75], Lima Metropolitana consta de 50 distritos (7 distritos pertenecientes a la provincia constitucional del Callao y 43 pertenecientes a la provincia de Lima), la ubicación de Lima Metropolitana es en la costa central occidental peruana, por el occidente limita con el océano Pacífico, norte con Huaral, Canta y Huarochirí por el este y por el sur con Cañete, consta con una extensión de 2 mil 819 kilómetros cuadrados.

Según INEI; 2001[76], Lima Metropolitana se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas:

- Longitud: O77°1'41,66" (longitud Oeste)
- Latitud: S12°2'35.45" (latitud Sur) del Meridiano de Greenwich



Figura 25: Provincias del de Lima.
Fuente: INEI; 2017[75].



Figura 26: Lima Metropolitana.
Fuente: INEI; 2017[75].

5.2.- Población y muestra

5.2.1.- Población

Según el último censo realizado por INEI, Lima Metropolitana consta de una población de 9 569 468 de habitantes[75]. Según las estimaciones INEI para el 2020 fue un aproximado de 10 775 738 habitantes de un total de 32 625 948 habitantes en todo Perú, que representaría un aproximado de 33,03%[77].

5.2.2.- Muestra

Se muestreo en los diferentes distritos de Lima Metropolitana, se realizó un muestreo probabilístico aleatorio conglomerado[78], se tomó en cuenta la división política, es decir Cono Norte, Cono Sur, Centro y Este de Lima Metropolitana, tal como figura en la siguiente tabla.

Tabla 2: Puntos de muestreo y cantidad de muestra tomada.

Punto de Muestreo	Distrito	Mercado	Cant. Muestra
Cono Norte	Puente piedra	Huamanatanga	8
	Comas	Unicachi	6
Cono Sur	Chorrillos	Santa Rosa	6
	Villa El Salvador	Juan Velazco Alvarado	8
Cono Este	Santa Anita	Gran mercado mayorista	8
	San Juan de Lurigancho	San Juan de Lurigancho	8
Centro	Rimac	Caqueta	8
	La Victoria	La Parada	8
Cantidad Total muestreada			**60**

Fuente: método propio.

El muestreo se realizó, del Cono Norte de los distritos Puente Piedra, Comas, de los siguientes mercados, Huamantanga y Unicachi respectivamente, del Centro de Lima del distrito de Rímac (mercado Caquetá) y La Victoria del mercado La Parada; de Lima Este el punto de muestreo se realizó del distrito Santa Anita, del gran Mercado Mayorista y del distrito de San Juan de Lurigancho (SJL) del mercado que lleva el mismo nombre, mientras que de Lima Sur se muestreo de los distritos del Villa El Salvador y Chorrillos de los mercados Juan Velazco Alvarado y Mercado de Santa Rosa respectivamente. Un total de 60 muestras (30 muestras para determinar plomo y 30 muestras para, arsénico), se tomó 8 muestras por cada mercado seleccionado como puntos de muestreo, excepto del mercado de Unicachi y Santa Rosa en las que se tomó 6 muestras por cada mercado, se hizo un muestreo de peso aproximado de 200 gramos por cada muestra. Al mismo tiempo se realizó una encuesta a los vendedores sobre la procedencia del origen del zapallo y del tomate muestreado, Las muestras se tomaron el día 4 y 5 de agosto del 2019 en bolsas de polietileno inerte que tiene

una cerradura hermético, adecuadamente identificadas según el distrito de procedencia y fueron almacenadas y transportadas en cooler al laboratorio de análisis CICOTOX- UNMSM Facultad de Farmacia y Bioquímica manteniendo las condiciones adecuadas de almacenamiento y trasporte (temperatura de 5-10°). Las muestras fueron recepcionadas y almacenadas según los protocolos estandarizados para su posterior análisis.

- **Procedencia de las muestras (procedencia del zapallo macre)**
  Para saber la procedencia de las muestras se hizo una encuesta a los vendedores sobre el origen del zapallo y tomate muestreado.

Tabla 3: Procedencia de la muestra de zapallo macre.

Procedencia de la Muestra de Zapallo				
Punto de Muestreo	**Distrito**	**Mercado**	**Procedencia de la muestra**	**Cant. de Muestras (Bolsa)**
Cono Norte	Puente piedra	Huamanatanga	Ica	3
			Arequipa	1
	Comas	Unicachi	Ica	2
			Huanuco	1
Cono Sur	Chorrillos	Santa Rosa	Ica	3
	Villa El Salvador	Juan Velazco Alvarado	Arequipa	2
			Ica	2
Cono Este	Santa Anita	Gran mercado mayorista	Arequipa	1
			Ica	3
	San Juan de Lurigancho	San Juan de Lurigancho	Arequipa	1
			Lima	3
Centro	Rimac	Caqueta	Huanuco	1
			Ica	3
	La Victoria	La Parada	Arequipa	2
			Lima	2
Cantidad total de muestras				**30**

Fuente: método propio.

Tabla 4: Porcentaje según la procedencia de la muestra de zapallo.

Procedencia	Cant. Muestras (Bolsa polietileno)	Porcentaje
Ica	16	53,3%
Arequipa	7	23,3%
Lima	5	16,7%
Huánuco	2	6,7%
Total	**30**	**100,0%**

Fuente: método propio

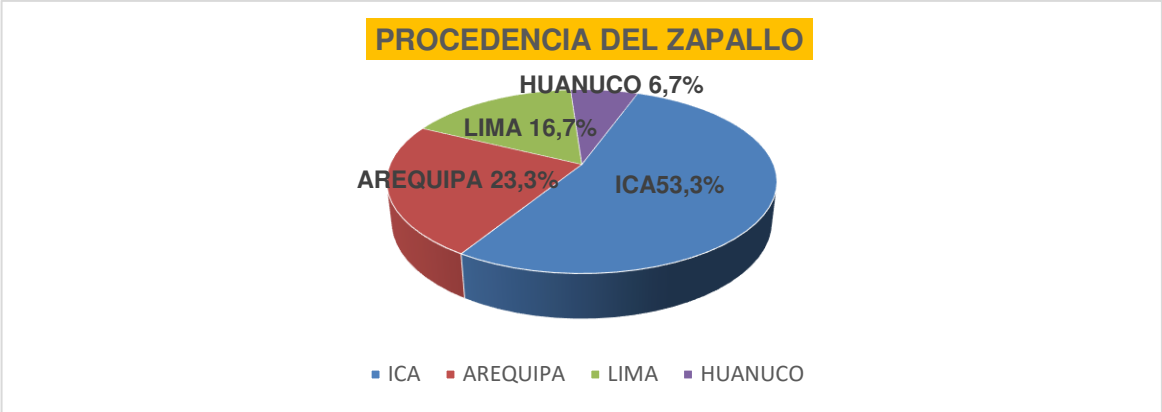


Figura 27: Procedencia del zapallo macre.
Fuente: método propio.

Tabla 5: Procedencia de la muestra de tomate.

Procedencia de la Muestra de Tomate (*Solanum lycopersicum*)				
Punto de Muestreo	**Distrito**	**Mercado**	**Procedencia de la muestra**	**Cant. de Muestras (Bolsa)**
Cono Norte	Puente piedra	Huamanatanga	Lima	1
			Arequipa	3
	Comas	Unicachi	Lima	1
			Ica	2
Cono Sur	Chorrillos	Santa Rosa	Arequipa	2
			Ica	1
	Villa El Salvador	Juan Velazco Alvarado	Lima	3
			Arequipa	1
Cono Este	Santa Anita	Gran mercado mayorista	Lima	2
			Arequipa	2
	San Juan de Lurigancho	San Juan de Lurigancho	Ica	3
			Lima	1
Centro	Rimac	Caqueta	Lima	2
			Ancash	2
	La Victoria	La Parada	Ica	3
			Lima	1
Cantidad total de muestras				30

Fuente: método propio.

Tabla 6: Porcentaje según procedencia de la muestra de tomate

Procedencia	Cant. Muestras (Bolsa)	Porcentaje
Lima	11	36,7%
Ica	9	30,0%
Arequipa	8	26,7%
Ancash	2	6,7%
Total	**30**	**100,0%**

Fuente: método propio.

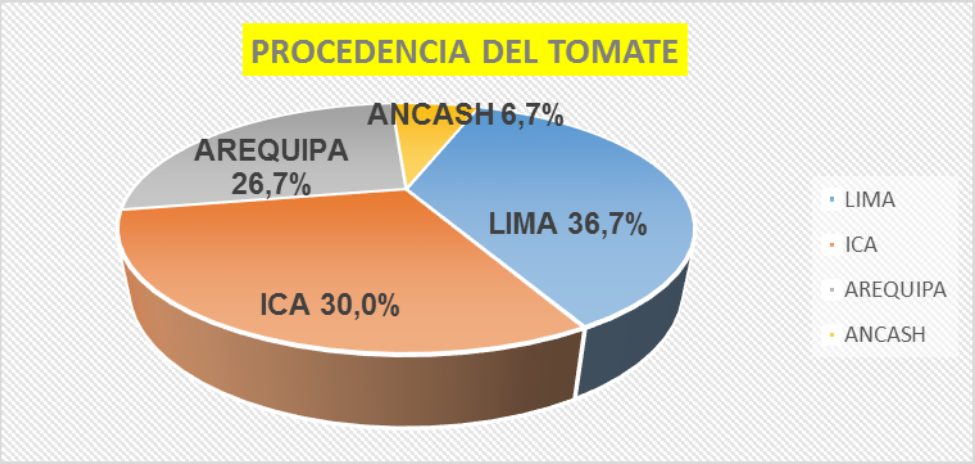


Figura 28: Porcentaje según procedencia del tomate.

Fuente: método propio.

5.3.- Tipo de Investigación

La investigación presentada corresponde a un diseño descriptivo de corte transversal cuasi experimental, prospectivo analítico[79].

5.4.- Encuesta

Entre los días 10 y 11 de agosto del 2019 y 1 y 2 marzo del 2020 se realizó un total de 384 encuestas (ver cálculo estadístico) a los compradores (consumidores) en los distritos más poblados de Lima Metropolitana, datos necesarios para la estimación del riesgo toxicológico en las hortalizas de estudio.

- **Cálculo estadístico para determinar la cantidad de encuestas a realizar**

Según Triola M; 2012[79], el cálculo estadístico para determinar la cantidad de encuestas a realizar en la población de Lima Metropolitana y que esta sea representativa es**:**

$$N = \frac{n*\sigma^2*Z^2}{(n-1)*e^2 + \sigma^2*z^2}$$

Donde:

- **N:** Cantidad representativa de encuesta a tomar
- **n**: Cantidad total de la población de Lima Metropolitana: (9 569 468 hab.)
- **σ**: Desviación estándar: (0,5)
- **Z:** Puntuación estándar, es el número de desviación estándar que hay por encima o por debajo de la media de la población: (1,96)
- **e:** Error estadístico: (0,05)

$$N = \frac{9\,569\,468 * (0,5)^2 * (1,96)^2}{(9\,569\,467 * (0,05)^2) + ((0,5)^2 * (1,96)^2)}$$

N= 384 encuestas

5.5.- Procedimientos, instrumentos y técnicas de recolección de información

5.5.1.- Reactivos, estándares, materiales y equipos utilizados

A.- Reactivos y Estándares

- Ácido clorhídrico 37% Q.P marca JT Baker
- Fosfato de amonio 98% marca JT Baker
- Nitrato de magnesio 99% marca Merck
- Yoduro de potasio 99% marca JT Baker
- Borohidruro de sodio 96% marca Sigma Aldrich
- Hidróxido de sodio pellets 99% marca Merck
- Ácido ascórbico 99% marca Merck
- Gas argón UHP.
- Agua ultrapura.
- Solución estándar de plomo de 1000 mg/L (1000ppm) y arsénico de 1000 mg/L (1000ppm).

B.- Materiales

- Viales de polipropileno de 1,5 mL.
- Micropipeta 2000uL
- Micropipeta 1000 uL
- Micropipeta 500uL
- Tips de micropipeta
- Crisoles de porcelana
- Beaker de 250 mL
- Fiolas (matraz volumétrico) de 10 mL Clase A
- Fiolas (matraz volumétrico) de 25 mL Clase A
- Fiolas (matraz volumétrico) de 50 mL Clase A
- Fiolas (matraz volumétrico) de 100 mL Clase A
- Crisoles de porcelana
- Beaker de 250 mL
- Pipetas volumétricas de 2 mL
- Pipetas volumétricas 3mL
- Pipetas volumétricas 5mL
- Pipetas volumétricas de 10 mL

C.- Equipos utilizados

Características

- Espectrofotómetro de absorción atómica Thermo Scientific marca y modelo: THERMO SCIENTIFIC iCE 3000, equipado con Horno de Grafito y Generador de Hidruros.
- Mufla eléctrica Naberthrm 30-3000
- Plancha de calentamiento VELP Scientifica
- Balanza analítica H.Q.Kessel S.A

5.5.2.- Determinación de Pb por espectroscopía de absorción atómica con Horno de Grafito y arsénico por Generador de Hidruros

5.5.2.1.- Análisis de plomo por método espectroscopía de absorción atómica por Horno de Grafito[70].

5.5.2.1.1.- Curva de Calibración de plomo

A.- Solución estándar de plomo

Se tomó con micropipeta 1 mL del estándar stock de plomo de una concentración de 1000 mg/L (1000ppm) y se llevó a un matraz volumétrico de 100 mL, para luego enrazar con agua ultrapura a volumen y posterior homogenización. Se obtuvo una concentración de 10ppm (10mg/L), equivalente a 10 000ppb.

Concentración: 10 000ppb de estándar de plomo.

$$\frac{1000mg}{1000mL} X \frac{1mL}{100mL} = \frac{1mg}{100mL} = \mathbf{10mg/L}$$

B.- Preparación estándar de plomo.

Se tomó con micropipeta 50uL, 100uL, 200uL y 300uL de la solución estándar de plomo en fiolas de 10mL se llevó con agua ultrapura a volumen y se homogenizo obteniendo una concentración de 50ppb, 100ppb, 200ppb y 300ppb respectivamente[70].

10 000ppb sol. STD	**50Ul**	**100uL**	**200uL**	**300uL**
[] Obtenido	50ppb	100ppb	200ppb	300ppb

5.5.2.1.2.- Preparación de la muestra de plomo[70].

Se prosiguió de la siguiente manera:

I.- Se lavó con agua purificada y se secó las muestras, se cortó en trozos pequeños, se homogenizó y se tomó un aproximado de 6 gramos y transfirió a un crisol de porcelana.

II.- Se agregó 3 mL de nitrato de magnesio al 50 % P/V luego se secó en una estufa a 105 °C por 3 horas.

III.- Luego se colocó los crisoles en plancha de calentamiento a 350 °C hasta completar la pre calcinación y luego se llevó las muestras pre calcinadas en una mufla y calcinar a 500 °C por 3 horas.

I**V.-** Una vez cumplido se dejó enfriar y se adicionó 10 mL de una solución de ácido clorhídrico al 6 M, para su posterior calentamiento en plancha termostática por 5 minutos y se transfirió cuantitativamente a una fiola de 25 mL para su posterior enrase con agua ultra pura, se agitó y dejó reposar.

V.- Se filtró un volumen necesario por un filtro de membrana de 0.45 µm y esta fue considerado nuestra **solución A.**

5.5.2.1.3.- Preparación de la solución modificadora

Se preparó fosfato de amonio al 10% en agua ultrapura, se tomó 2mL de la preparación anterior en un matraz volumétrico de 100, luego se enrazó con agua ultrapura.

5.5.2.1.4.- Condiciones Espectroscópicas

- Longitud de onda: 217,0 nm
- Corrección de fondo: Lámpara de deuterio (D2)
- Corriente de lámpara: 10mA
- Tipo de grafito: Normal
- Ranura (Slit): 1nm

Tabla 7: Escala de incremento de temperatura en el Horno de Grafito

Fase	Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Rampa (°C/s)	Flujo de Gas
1	105	18,0	60	0,1L/min
2	400	5,0	150	0,1L/min
3	400	0,5	50	Apagado
4	1800	2,0	0	Apagado
5	2600	4,0	0	0,1L/min

Fuente: método propio

- **Lectura en el equipo de Absorción Atómica**

Se tomó una alícuota de 500 uL de la solución modificadora de plomo y 500uL de blancos, estándares y muestras en un vial de polipropileno, luego de homogenizar se colocaron los viales conteniendo las muestras en el automuestreador del horno de grafito para su posterior lectura manteniendo las condiciones espectroscópicas ya mencionados.

5.5.2.2.- Análisis de arsénico por método espectroscopía de absorción atómica por Generador de Hidruros[70].

5.5.2.2.1.- Curva de Calibración de Arsénico

A.- Solución Estándar de Arsénico

Se tomó con micropipeta 1 mL del estándar stock de arsénico de una concentración de 1000 mg/L (1000ppm) y se llevó a un matraz volumétrico de 100 mL, seguidamente se pasó a diluir a volumen usando agua ultrapura y se homogenizó, de esta se tomó 1mL y se llevó a una fiola de 10mL Se obtuvo una concentración de 1ppm (1mg/L), equivalente a 1000ppb.

Concentración: 1000ppb de estándar de arsénico.

$$\frac{1000mg}{1000mL} X \frac{1mL}{100mL} \mathbf{x} \frac{1mL}{10mL} = \mathbf{1mg/L}$$

B.- Preparación estándar de arsénico

Se tomó alícuotas de 250uL, 500uL, 1000uL y 2000uL con micropipeta de la solución estándar de arsénico para preparar soluciones de 5 ppb, 10 ppb, 20 ppb, 40 ppb respectivamente, en fiolas de 50mL, luego se adicionó 5mL de ácido clorhídrico 37% Q.P y 5mL de una solución reductora (solución al 5% de yoduro de potasio y 5% de ácido ascórbico), Se dejó a reposo por 45 minutos a temperatura ambiente luego de trascurrido el tiempo se llevó a volumen con agua ultrapura y se homogenizó.

Tabla 8: Concentración de STD para la curva de Calibración[70].

1000ppb sol. STD	250uL	500uL	1000uL	2000uL
[] Obtenido	5 ppb	10 ppb	20 ppb	40 ppb

5.5.2.2.2.- Preparación de la Muestra[70].

Se prosiguió de la siguiente manera:

I.- Se lavó con agua purificada la muestra y se secó a temperatura ambiente, se cortó en trozos pequeños, se homogenizó y se tomó un aproximado de 6 gramos y trasvasó a un crisol de porcelana.

II.- Se agregó 3 mL de nitrato de magnesio al 50 % P/V, se secó en una estufa a 105 °C por 3 horas.

III.- Luego se colocó los crisoles en plancha de calentamiento a 350 °C hasta completar la pre-calcinación y luego se llevó las muestras pre calcinadas en una mufla para su calcinación a 500 °C por 3 horas.

IV.- Una vez cumplido se dejó enfriar y se adicionó 10 mL de una solución de ácido clorhídrico al 6 M, para su posterior calentamiento en plancha termostática por 5 minutos y se transfirió cuantitativamente en fiola de 25 mL para su posterior enrase con agua ultra pura, se agitó y dejó reposar.

V.- Se filtró un volumen necesario por un filtro de membrana de 0.45 µm.

VI.- Se tomó 5mL de la solución filtrada a una fiola de 50 mL, se adiciono 5mL de ácido clorhídrico Q.P. y 5mL de una solución reductora (Yoduro de potasio 5% y ácido ascórbico al 5%, se prosiguió de manera similar con los estándares y el blanco.

VII.- Se dejó reposar 45 minutos a temperatura ambiente luego se prosiguió con el enrase con agua ultrapura para su posterior lectura en la espectroscopia de absorción atómica con Generador de Hidruros.

5.5.2.2.3.- Condiciones Espectroscópicas[70].

- Longitud de onda: 193,7nm
- Corrección de fondo: Lámpara de deuterio (D2)
- Modo vapor: Calentamiento eléctrico
- Lámpara de cátodo hueco de arsénico
- Tiempo de lectura: 4 segundos
- Flujo del gas argón: 200mL/min
- Temperatura. 900°C
- Corriente de lámpara: 12mA
- Ranura :0,5 nm

5.5.2.2.4.- Lectura en el equipo de Absorción Atómica

Se pasó directamente las soluciones (aspiración); Blanco, estándares y las muestras por el generador de hidruros. Se usó como como agente oxidante ácido clorhídrico al 10% V/V. Se usó como agente reductor, una solución de 0,5% de NaOH y 1,5% de borohidruro de sodio y se prosiguió según las condiciones descritas anteriormente.

5.5.3. Elaboración de la Curva de Calibración de plomo y arsénico

Tabla 9. Curva de calibración del plomo.

Concentración (ppb)	Absorbancia
50	0,18
100	0,288
200	0,518
300	0,783

Fuente: método propio

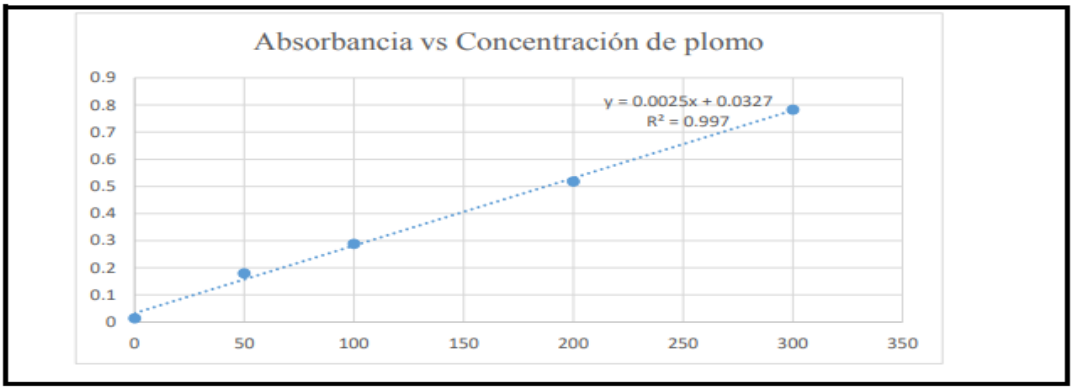


Figura 29. Curva de calibración de plomo.
Fuente: método propio.

Tabla 10. Curva de calibración del arsénico.

Concentración (ppb)	Absorbancia
5	0,08
10	0,162
20	0,296
40	0,610

Fuente: método propio.

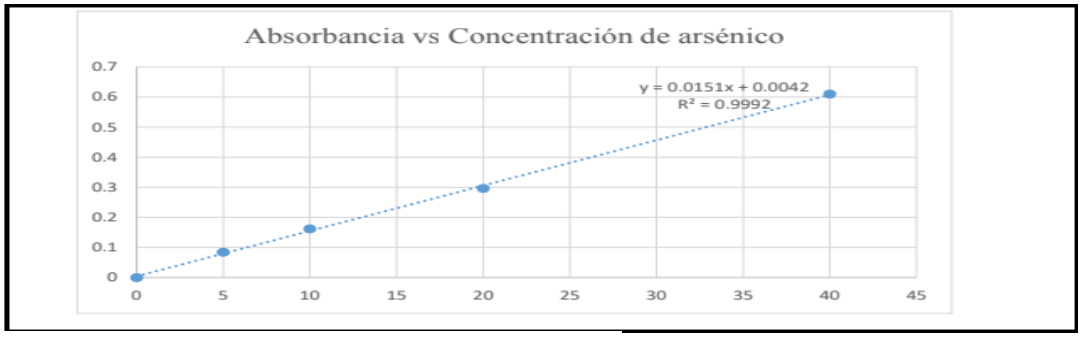


Figura 30. Curva de calibración de arsénico.
Fuente: método propio.

5.5.4.- Análisis estadístico

- Para el análisis estadístico se hizo uso del método ANOVA, y programa Microsoft Excel 2010.
- También se hizo las estimaciones usando la metodología propuesta por la OMS/OPS para la evaluación del riesgo toxicológico.

6. RESULTADOS

6.1.- Resultados de los niveles de plomo en zapallo macre

Los resultados se encuentran en tablas estadísticos, las tablas expresan los niveles hallados tanto de plomo como del arsénico respectivamente en las muestras analizadas de la misma forma el lugar de procedencia del zapallo macre y tomate.

Tabla N°11. Niveles de plomo en zapallo macre en cada mercado muestreado

Código	Mercado	Distrito	Procedencia	Cono	[Pb]mg/kg
NPPZ3	Huamantanga P1	Puente Piedra	Ica	Norte	0,140
NPPZ4	Huamantanga P2	Puente Piedra	Arequipa	Norte	0,100
NCZ2	Unicachi P1	Comas	Ica	Norte	0,064
NCZ3	Unicachi P2	Comas	Huánuco	Norte	0,020
SCZ3	Santa Rosa P1	Chorrillos	Ica	Sur	0,042
SVSZ3	Juan Velazco Alvarado P1	Villa El Salvador	Arequipa	Sur	0,168
SVSZ4	Juan Velazco Alvarado P2	Villa El Salvador	Ica	Sur	0,076
ESAZ3	Gran mercado mayorista P1	Santa Anita	Arequipa	Este	0,073
ESAZ4	Gran mercado mayorista P2	Santa Anita	Ica	Este	0,182
ESJLZ3	SJL	SJL	Arequipa	Este	0,101
ESJLZ4	SJL.	SJL.	Lima	Este	0,038
CRZ3	Caquetá P1	Rímac	Huánuco	Centro	0,173
CRZ4	Caquetá P2	Rímac	Ica	Centro	0,019
CLVZ3	La Parada P1	La Victoria	Arequipa	Centro	0,259
CLVZ4	La Parada P2	La Victoria	Lima	Centro	0,115

Fuente: método propio

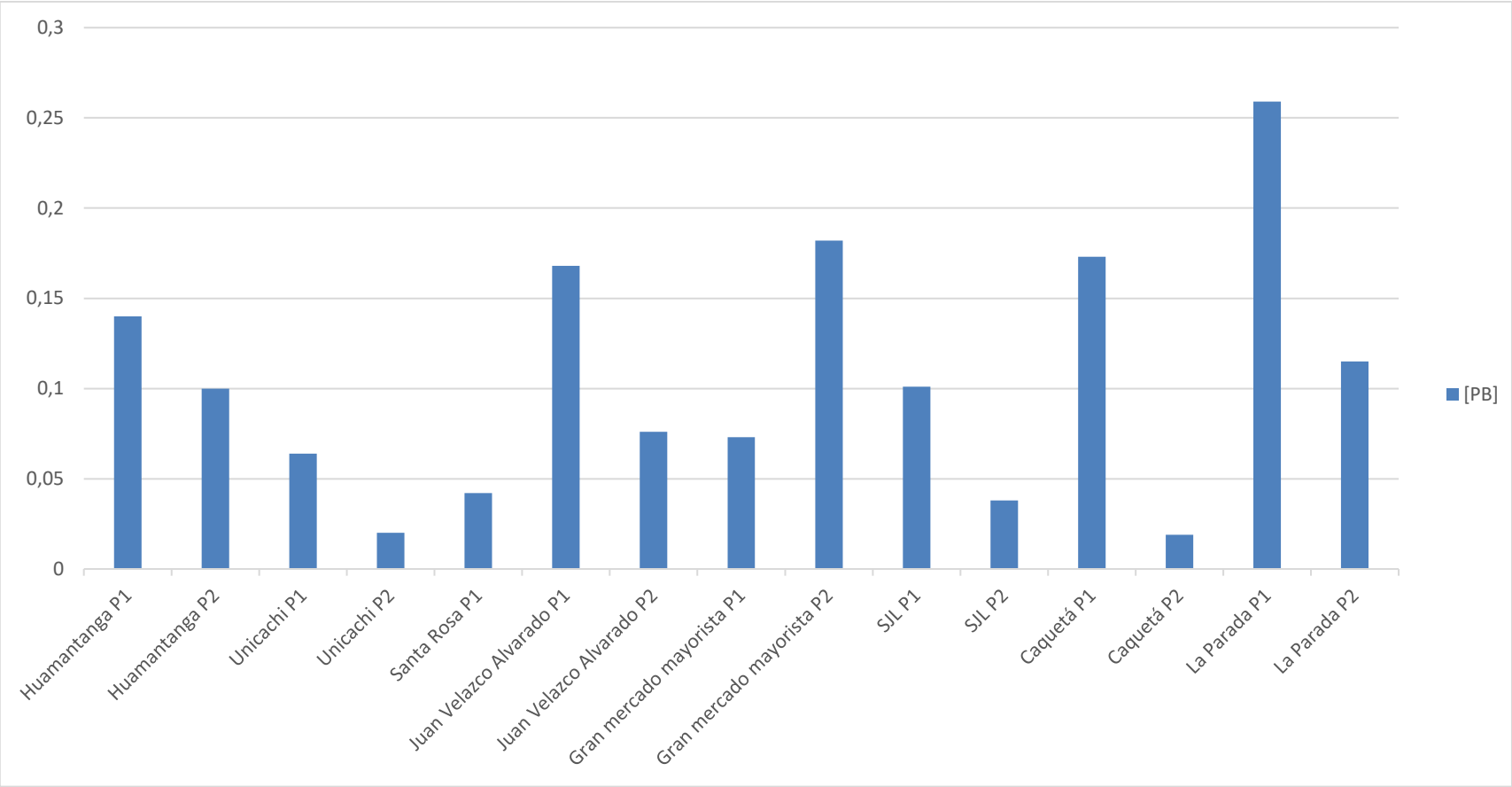


Figura N°31. Niveles de plomo en zapallo macre (mg/kg) en cada mercado.
Fuente: método propio.

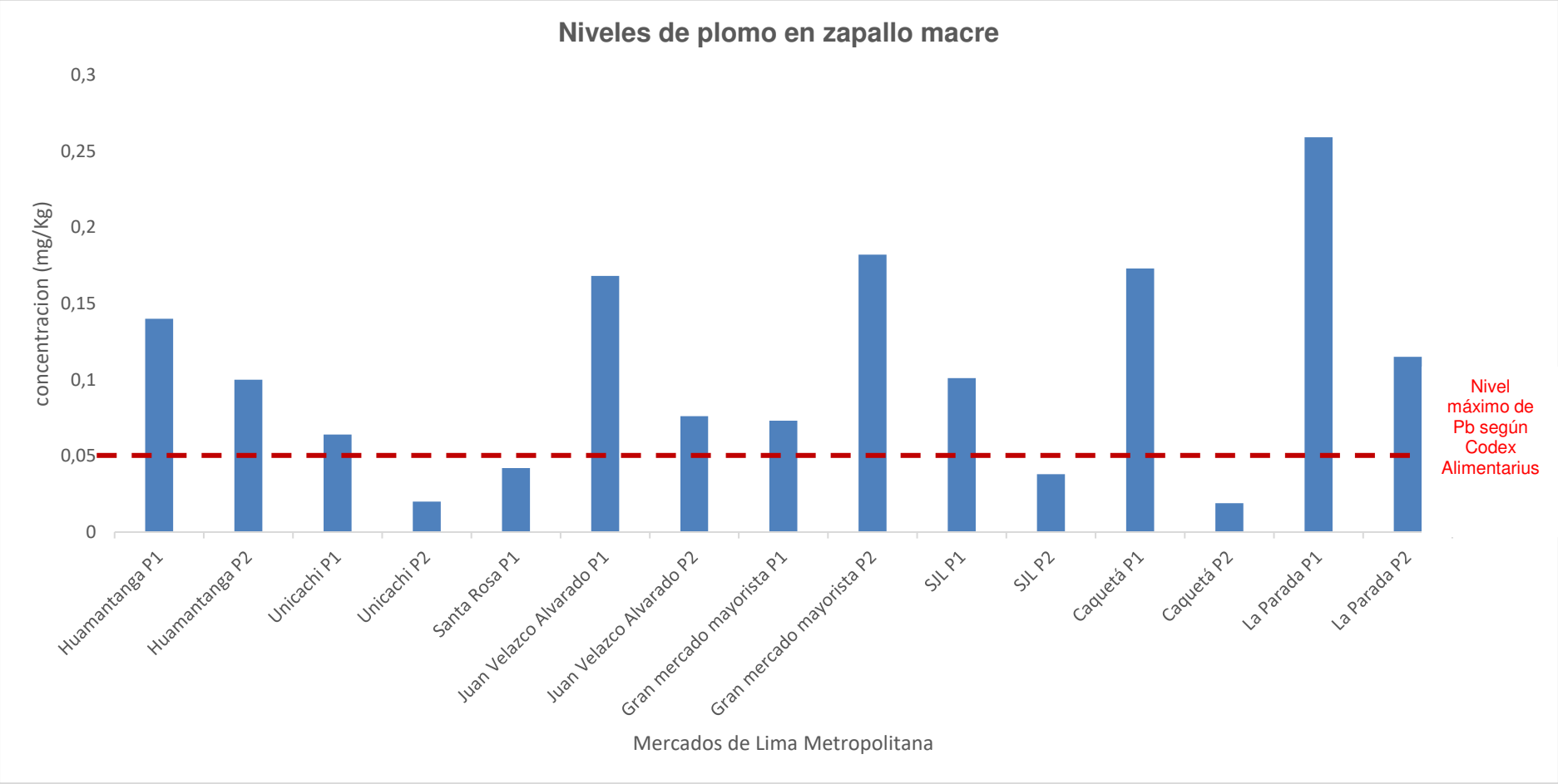


Figura N°32. Niveles de plomo en zapallo macre (mg/kg) por cada mercado en comparación con los límites máximos permisibles (0,05mg/Kg), establecidos por Codex Alimentarius; 2019[34].
Fuente: método propio.

6.2.- Resultados de los niveles de arsénico en muestras de zapallo macre

Tabla N°*12*. Niveles de Arsénico en zapallo macre en cada mercado muestreado

Código	Mercado	Distrito	Procedencia	Cono	[As] mg/kg
NPPZ1	Huamantanga P1	Puente Piedra	Ica	Norte	0,036
NPPZ2	Huamantanga P2	Puente Piedra	Arequipa	Norte	0,092
NCZ1	Unicachi P1	Comas	Ica	Norte	0,096
SCZ1	Santa Rosa P1	Chorrillos	Ica	Sur	0,160
SCZ2	Santa Rosa P2	Chorrillos	Ica	Sur	0,096
SVSZ1	Juan Velazco Alvarado P1	Villa El Salvador	Arequipa	Sur	0,067
SVSZ2	Juan Velazco Alvarado P2	Villa El Salvador	Ica	Sur	0,075
ESAZ1	Gran mercado mayorista P1	Santa Anita	Arequipa	Este	0,168
ESAZ2	Gran mercado mayorista P2	Santa Anita	Ica	Este	0,106
ESJLZ1	SJL- P2	SJL	Arequipa	Este	0,436
ESJLZ2	SJL- P2	SJL	Lima	Este	0,0091
CRZ1	Caquetá P1	Rímac	Huánuco	Centro	0,219
CRZ2	Caquetá P2	Rímac	Ica	Centro	0,116
CLVZ1	La Parada P1	La Victoria	Arequipa	Centro	0,081
CLVZ2	La Parada P2	La Victoria	Lima	Centro	0,130

Fuente: método propio.

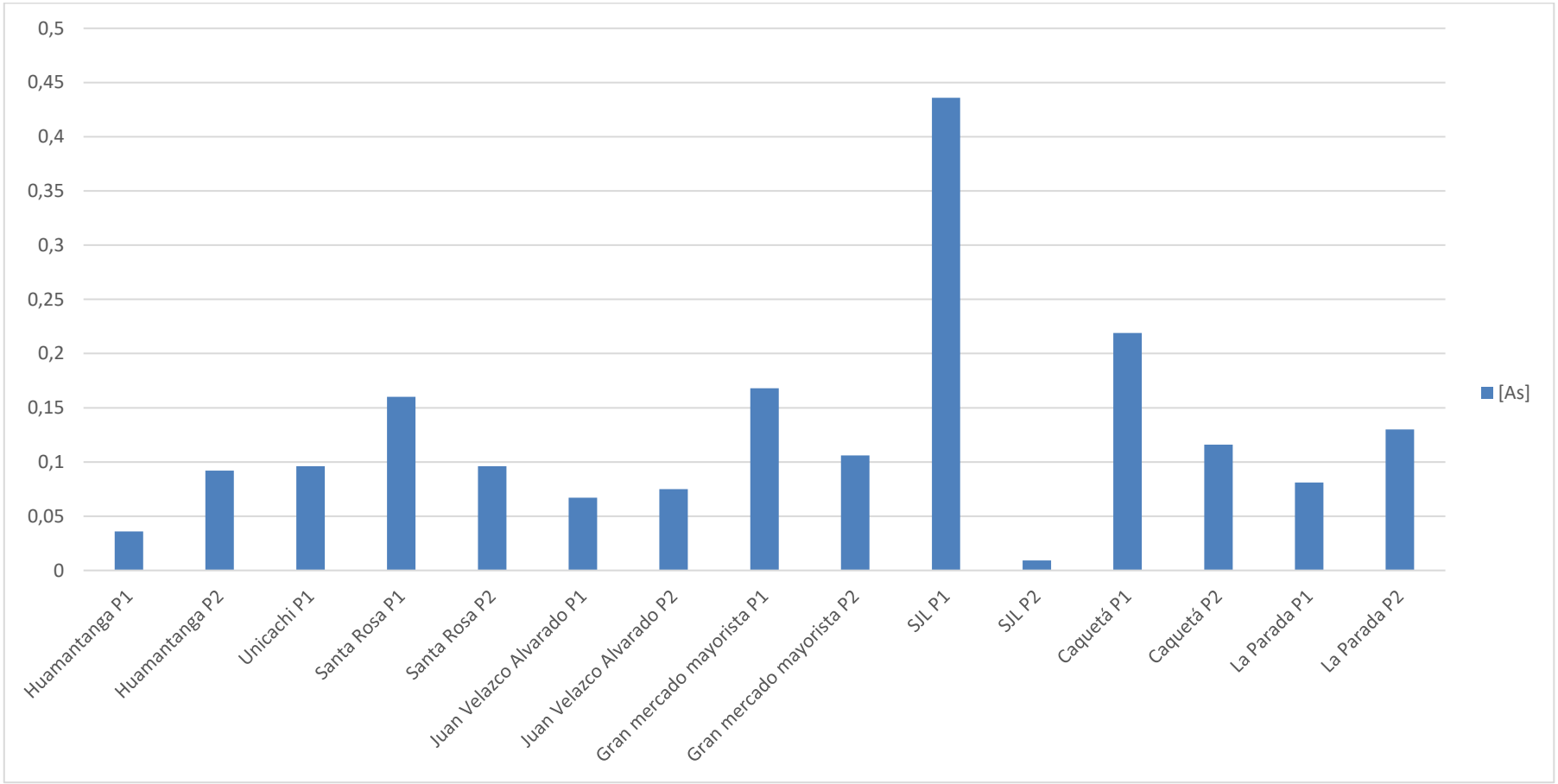


Figura N°33. Niveles de arsénico en zapallo macre (mg/kg) en cada mercado.
Fuente: método propio.

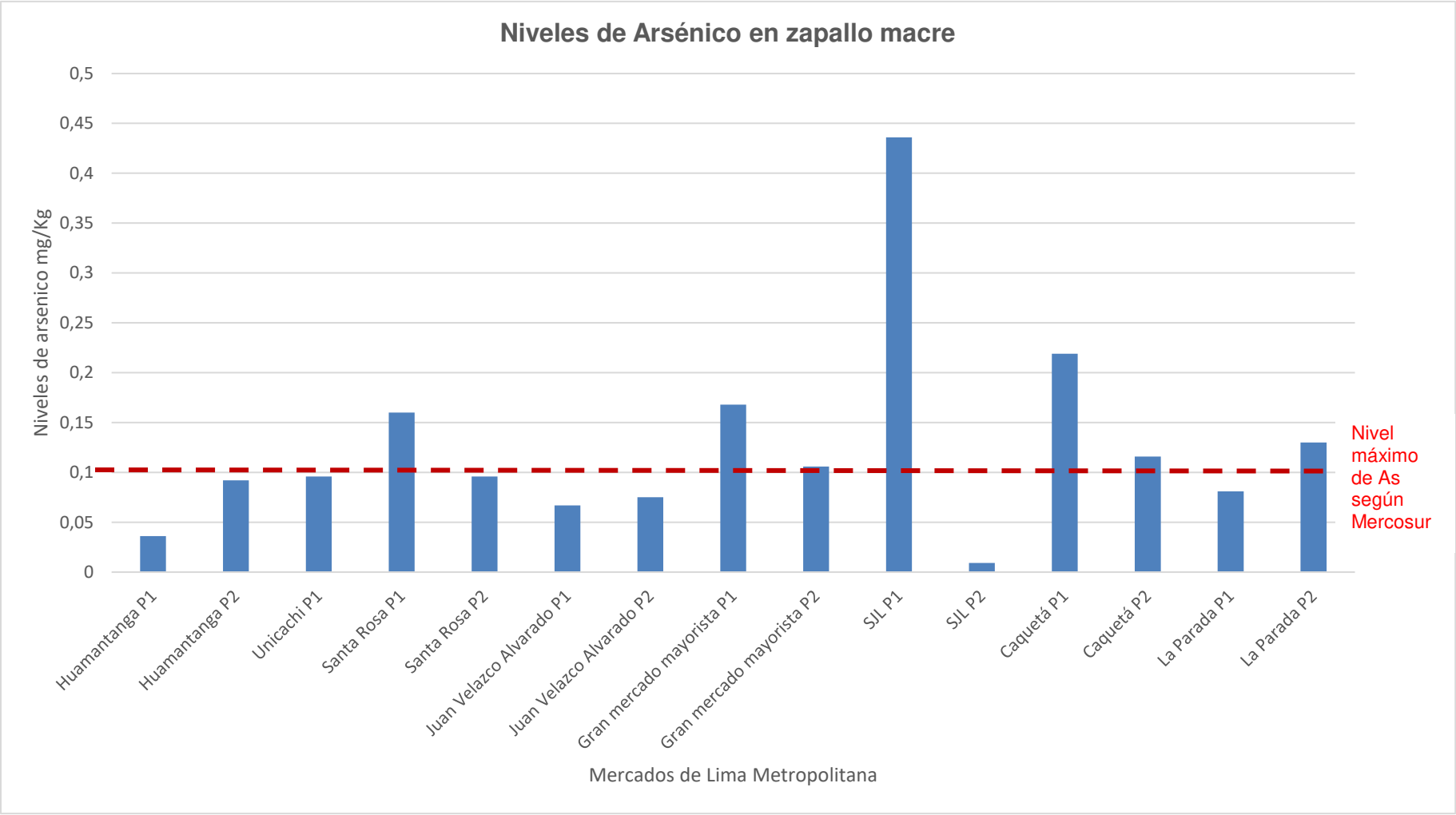


Figura N°34. Niveles de arsénico en zapallo macre (mg/kg) en cada mercado comparado con los límites máximos permisibles (0,1mg/Kg) , establecidos por MERCOSUR; 2011[80].
Fuente: método propio.

6.3.- Resultados de los niveles de plomo en tomate

Tabla N°13. Niveles de plomo en tomate en cada mercado muestreado.

Código	Mercado	Distrito	Procedencia	Cono	[Pb] mg/kg
NPPT3	Huamantanga P3	Puente Piedra	Lima	Norte	0,020
NPPT4	Huamantanga P4	Puente Piedra	Arequipa	Norte	0,027
NCT2	Unicachi P3	Comas	Lima	Norte	0,057
NCT3	Unicachi P4	Comas	Ica	Norte	0,199
SCT3	Santa Rosa P2	Chorrillos	Arequipa	Sur	0,135
SVST3	Juan Velazco Alvarado P3	Villa El Salvador	Lima	Sur	0,047
SVST4	Juan Velazco Alvarado P4	Villa El Salvador	Arequipa	Sur	0,141
ESAT3	Gran mercado mayorista P3	Santa Anita	Lima	Este	0,099
ESAT4	Gran mercado mayorista P4	Santa Anita	Arequipa	Este	0,218
ESJLT3	SJL P3	SJL	Ica	Este	0,053
ESJLT4	SJL P4	SJL	Lima	Este	0,036
CRT3	Caquetá P3	Rímac	Lima	Centro	0,083
CRT4	Caquetá P4	Rímac	Ancash	Centro	0,022
CLVT3	La Parada P3	La Victoria	Ica	Centro	0,109
CLVT4	La Parada P4	La Victoria	Lima	Centro	0,068

Fuente: método propio.

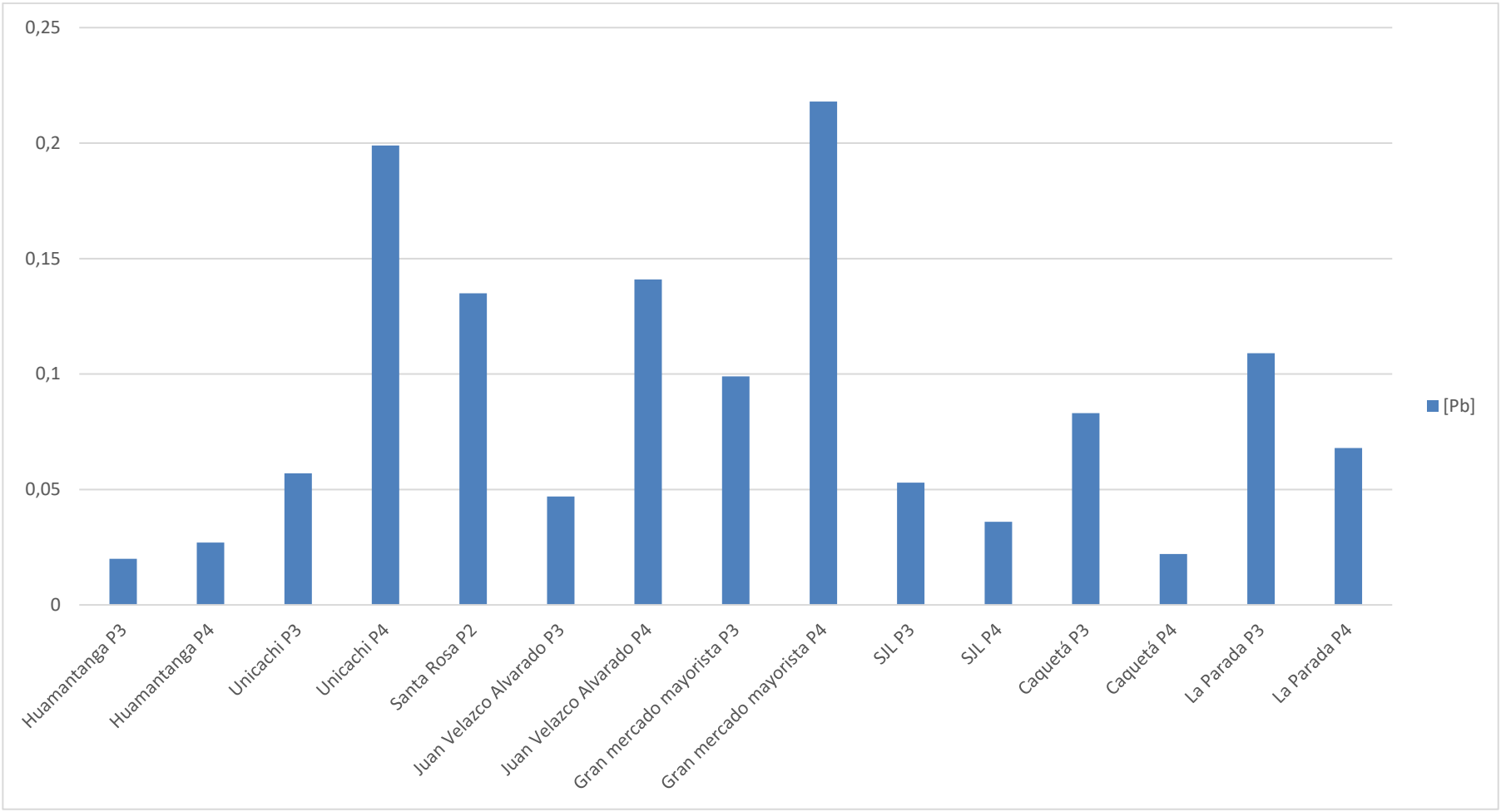


Figura N°35. Niveles de plomo en tomate (mg/kg) en cada mercado.
Fuente: método propio.

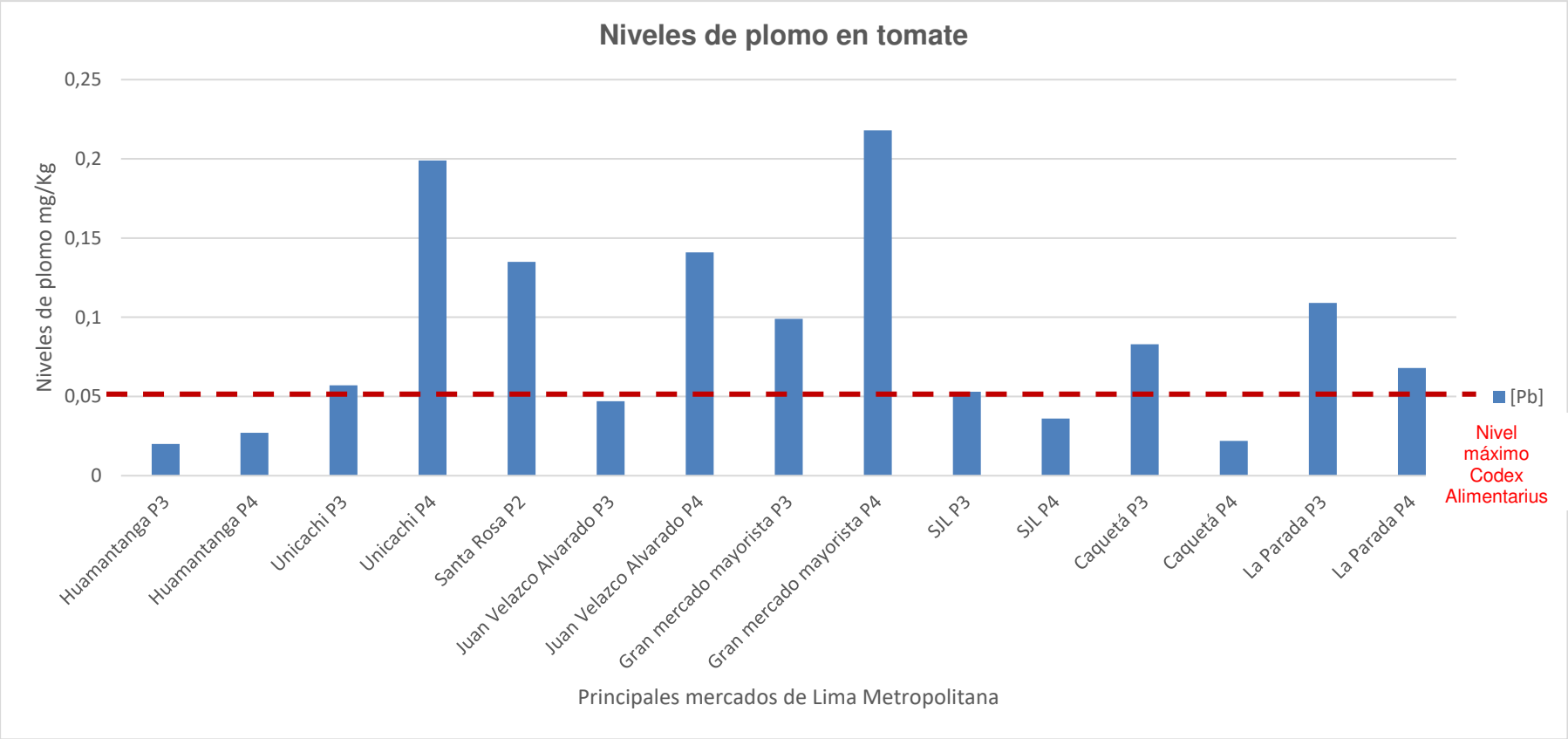


Figura N°36. Niveles de plomo en tomate (mg/kg) en cada mercado en comparación con los límites máximos permisibles (0,05mg/Kg), establecidos por Codex Alimentarius; 2019[34].
Fuente: método propio.

6.4.- Resultados de los niveles de arsénico en muestras de tomate

Tabla N°14. Niveles de arsénico en tomate en cada mercado muestreado

Código	Mercado	Distrito	Procedencia	Cono	[As] mg/kg
NPPT1	Huamantanga P3	Puente Piedra	Lima	Norte	0,104
NPPT2	Huamantanga P4	Puente Piedra	Arequipa	Norte	0,065
NCT1	Unicachi P3	Comas	Ica	Norte	0,079
SCT1	Santa Rosa P3	Chorrillos	Arequipa	Sur	0,440
SCT2	Santa Rosa P4	Chorrillos	Ica	Sur	0,195
SVST1	Juan Velazco Alvarado P3	Villa El Salvador	Lima	Sur	0,286
SVST2	Juan Velazco Alvarado P4	Villa El Salvador	Arequipa	Sur	0,116
ESAT1	Gran mercado mayorista P3	Santa Anita	Lima	Este	0,310
ESAT2	Gran mercado mayorista P4	Santa Anita	Arequipa	Este	0,175
ESJLT1	SJL	SJL	Ica	Este	0,132
ESJLT2	SJL	SJL	Lima	Este	0,316
CRT1	Caquetá P3	Rímac	Lima	Centro	0,239
CRT2	Caquetá P4	Rímac	Ancash	Centro	0,240
CLVT1	La Parada P3	La Victoria	Ica	Centro	0,123
CLVT2	La Parada P4	La Victoria	Lima	Centro	0,147

Fuente: método propio.

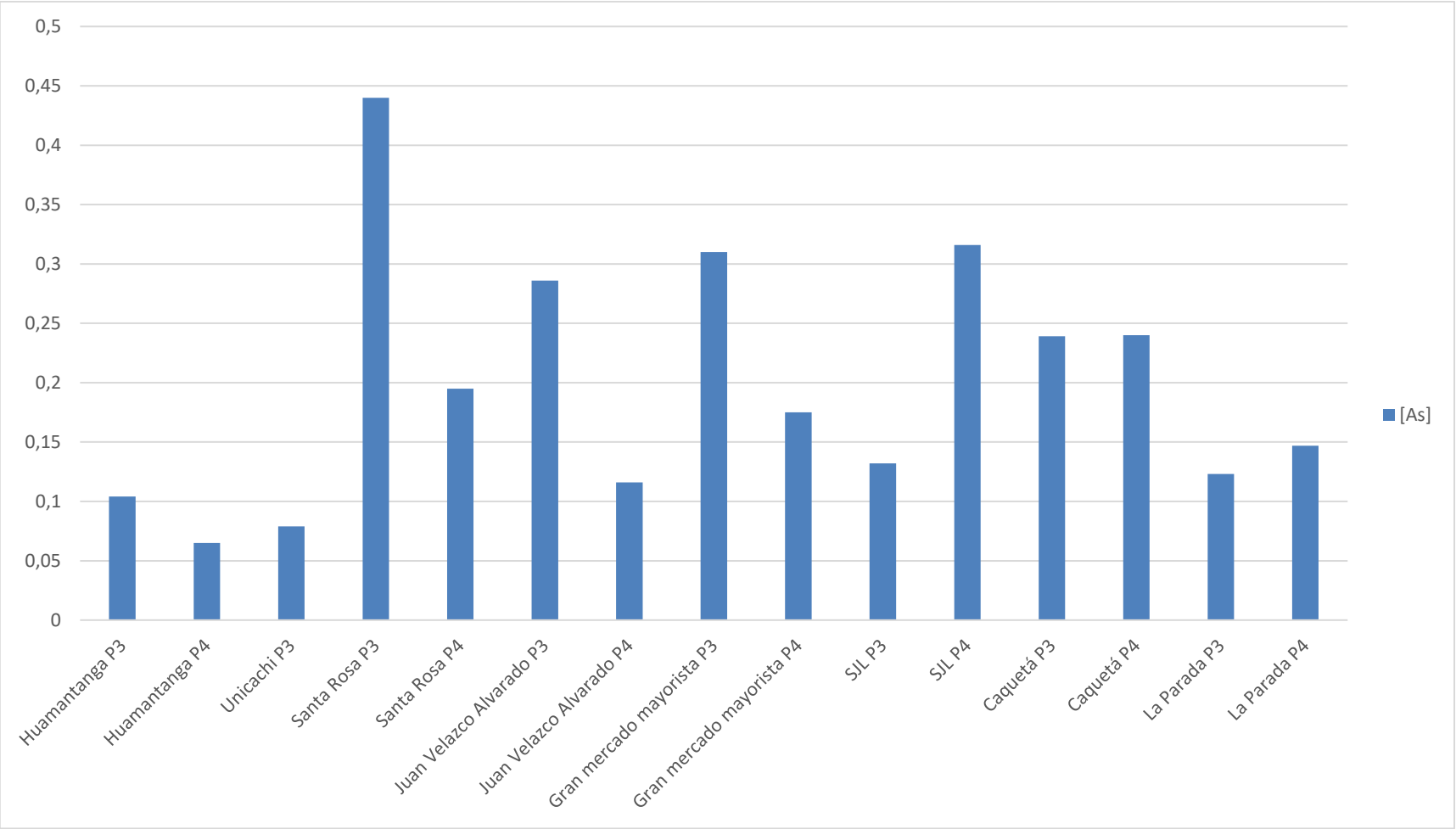


Figura N°37. Niveles de arsénico en tomate (mg/kg) en cada mercado.

Fuente: método propio.

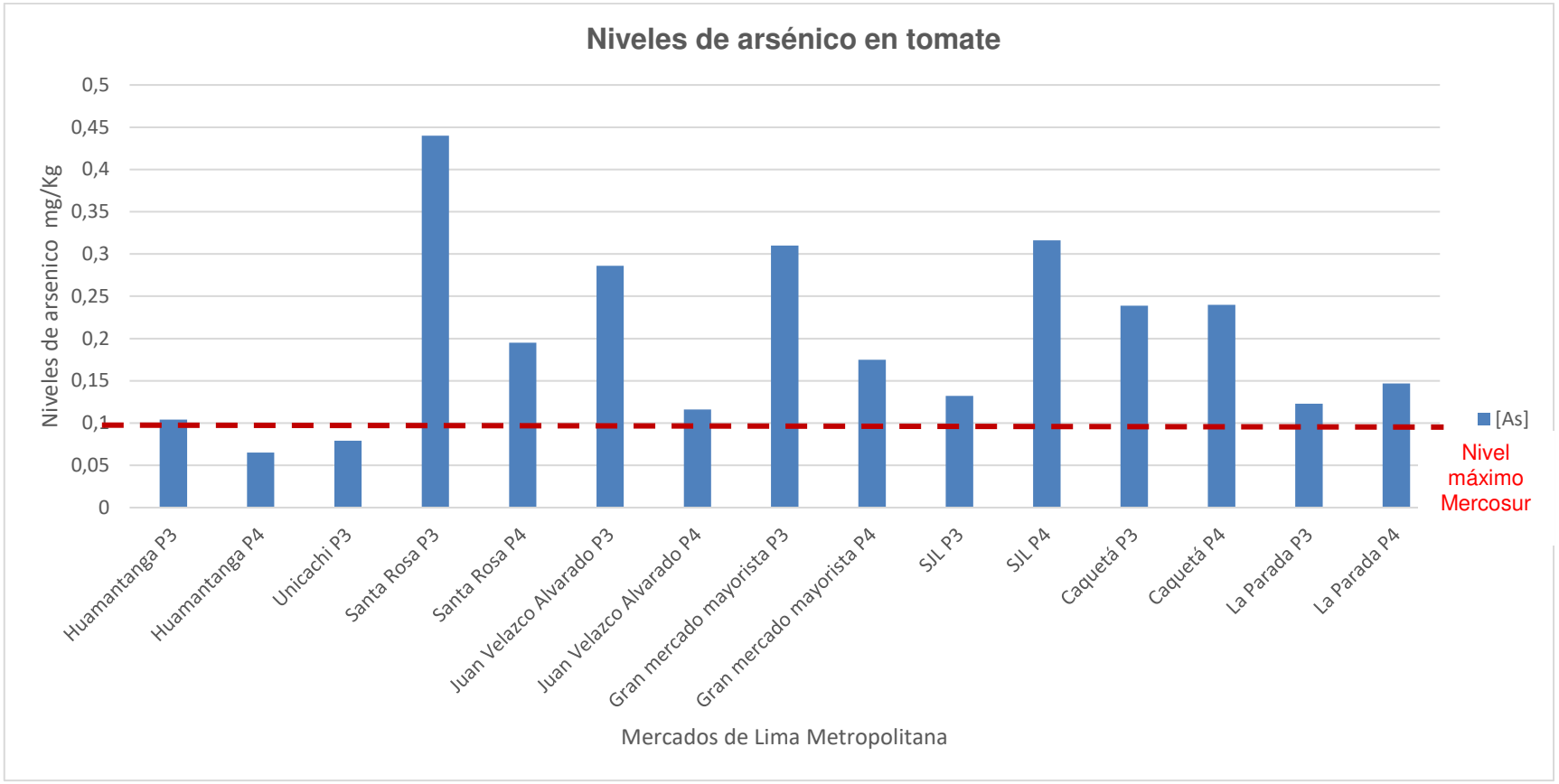


Figura N° 38. Niveles de arsénico en tomate (mg/kg) en cada mercado en comparación con los límites máximos permisibles (0,1mg/Kg) , establecidos por MERCOSUR; 2011[80].
Fuente: método propio.

6.5.- Análisis Estadístico de los Resultados

6.5.1.- Análisis ANOVA

Comparación de los resultados de los niveles medias de arsénico en tomate y zapallo macre en relación a los valores referenciales establecidos según MERCOSUR; 2011[80], los valores de las medias del arsénico tanto del tomate (0,1978 mg/Kg) como del zapallo (0,1312mg/Kg) superan los límites máximos permisibles (0,1mg/Kg).

Tabla N° 15: Resultados estadísticos de As en muestras de tomate y zapallo

Muestra	N	Valores Ref.	Media	Valor de p
Resultados tomate [1]	15	0,1mg/Kg	0,1978mg/Kg	**0,03**
Resultados zapallo[2]	15	0,1mg/Kg	0,1312mg/Kg	**0,22**

Fuente: método propio.

1: Ho μ As $_{tomate}$: =0,1 mg/Kg vs H1: μ As $_{tomate}$: >0,1 mg/Kg

2: H1 μ As $_{zapallo}$: =0,1 mg/Kg vs H1: μ As $_{zapallo}$: >0,1 mg/Kg

Los niveles de arsénico determinados en tomate en la población de Lima Metropolitana posee un valor de probabilidad (valor de p), p= 0,03 el cual es p< 0,05 siendo este resultado estadísticamente significativo por consiguiente la hipótesis nula queda rechazada, mientras que los niveles de arsénico en zapallo p> 0,05 lo cual es estadísticamente no significativo.

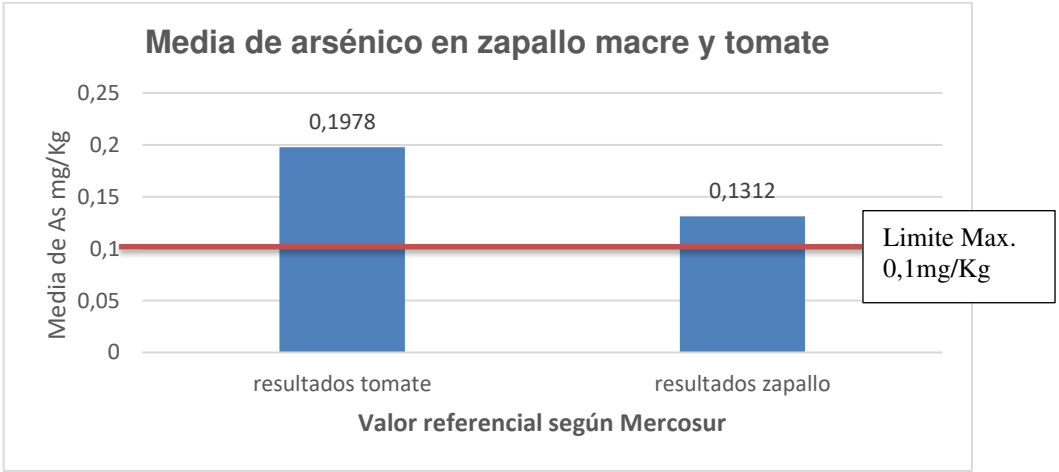


Figura 39: Resultados estadísticos de las medias de arsénico en muestras de tomate y zapallo macre. **Fuente:** método propio.

Comparación de los resultados de los niveles medias de plomo en tomate y zapallo macre en relación a los valores referenciales establecidos según Codex Alimentarius; 2019[39], los valores de las medias de plomo tanto del tomate (0,0876 mg/Kg) como del zapallo macre (0,1046mg/Kg) superan los límites máximos permisibles (0,05mg/Kg).

Tabla N° 16: Resultados estadísticos de plomo en muestras de tomate y zapallo macre.

Muestras	N	Valores Ref.	Media	Valor de p
Resultados tomate [1]	15	0,05mg/Kg	0,0876 mg/Kg	**0,04**
Resultados zapallo[2]	15	0,05mg/Kg	0,1046 mg/Kg	**0,008**

Fuente: método propio.

1: Ho: μ Pb $_{tomate}$: =0,05 mg/Kg vs H1 : μ Pb $_{tomate}$: >0,05 mg/Kg

2: Ho: μ Pb $_{zapallo}$: =0,05 mg/Kg vs H1 : μ Pb $_{zapallo}$: >0,05 mg/Kg

Los niveles de Pb determinados en tomate en la población de Lima Metropolitana poseen un valor de probabilidad (Valor de p), p= 0,04 mientras que del zapallo p= 0,008 el cual es p< 0,05 siendo este resultado estadísticamente significativo.

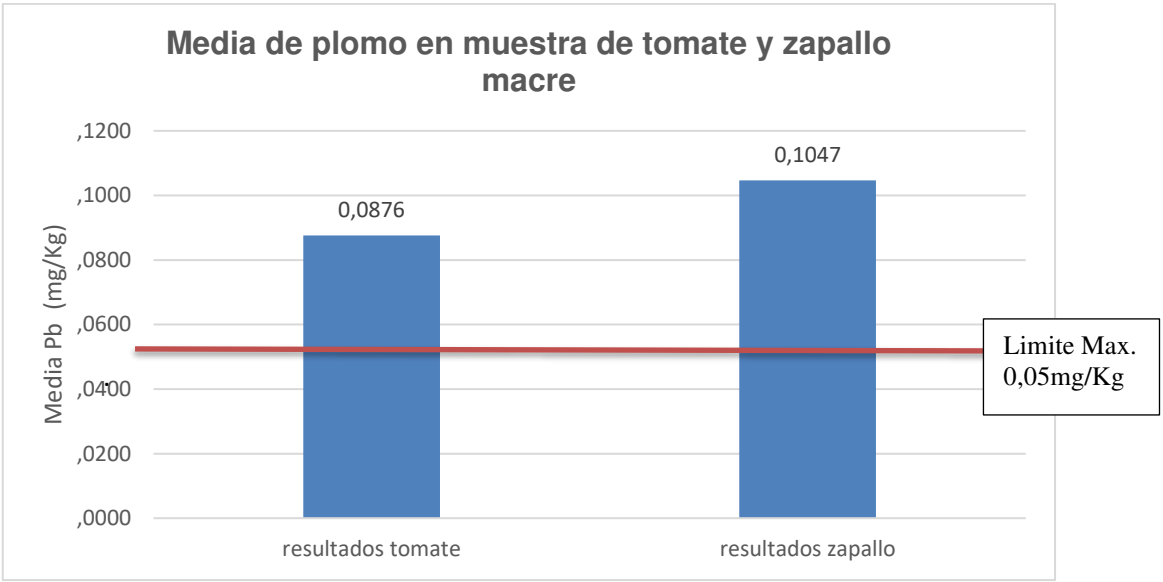


Figura 40: Resultados estadísticos de las medias de plomo en muestras de tomate y zapallo macre. **Fuente:** método propio.

6.5.2.- Encuesta: Se realizó en total 384 encuestas según los cálculos estadísticos (ver anexo 4) en la población de Lima Metropolitana.

I.-. CRITERIO DE EXCLUSIÓN

I.I.- ¿CUÁNTOS AÑOS LLEVA VIVIENDO EN LIMA METROPOLITANA?

(Si su respuesta es más de 1 año proseguir con las demás preguntas)

Más de 1 año ☐ menos de 1 año ☐

II.-. CRITERIO DE INCLUSIÓN

1.- ¿Cuántas personas viven en su casa, incluido Usted?

1 persona	2 personas	3 personas	4 personas	5 personas	6 personas	de 7 a más	Promedio por casa
18	104	147	94	16	3	2	**3,0**

2.- ¿Generalmente cuántas veces a la semana incluye el tomate en la preparación de sus alimentos

1 vez	2 veces	3 veces	4 veces	5 veces	6 veces	7 veces	Promedio
2	43	173	125	41	0	0	**3,5**

3. ¿Cuántos gramos de tomate incluye en la preparación de sus alimentos? (peso aproximadamente de 1 tomate 130g)

65g	130g	260 g	390 g	520 g	780 g	Aprox. 1000g	TC x día x persona
2	31	52	106	153	32	8	**21,3**

4.- ¿Cuántos Kg pesa usted aproximadamente?

30 - 40Kg	40,1 - 50 Kg	50,1 - 66 Kg	66,1 - 82Kg	82,1-97 Kg	97,1 - 120 Kg	120,1 - 180Kg	Peso Promedio
3	14	126	162	73	6	0	**71,0**

5.- ¿Generalmente cuántas veces a la semana incluye el zapallo Macre en la preparación de sus alimentos?

No Consume	1 veces	2 veces	3 veces	4 veces	5 veces	6 veces	Promedio
3	126	203	52	0	0	0	**1,8**

6. ¿Cuántos gramos de zapallo Macre incluye en la preparación de sus alimentos?

No Consume	50g - 200g	200.1g -600g	600.1g -1000 g	1000,1g-1500g	1500,1g-3500g	3500,1g - 5000g	TC x día x persona
83	58	138	64	38	3	0	**20,9**

Figura 41: Resumen de las 384 encuestas realizadas en Lima Metropolitana.
Fuente: método propio.

6.6.- Resultados de Evaluación del Riesgo Toxicológico

A.- Ecuación matemática

$$IDAL = \sum_{i=1}^{1} \frac{C \ x \ TI \ x \ FE}{\text{P. C}}$$

Donde:

- IDAL = Dosis de exposición por ingesta de alimento (mg/Kg/día)
- C = Concentración del contaminante en el grupo de alimentos i (mg/Kg)
- FE = Factor de exposición (No posee unidades)
- TI = Tasa de ingesta, unidad (mg/día)
- P.C = Peso promedio corporal (Kg)

$$FE = fe * de / T$$

- fe : frecuencia de exposición
- de: Duración de la exposición
- T: Tiempo de la exposición

Determinación de Factor de exposición para tomate en la población de Lima Metropolitana.

$$\textbf{FE} = \frac{[(3{,}5\text{dias/semana}) * (52\text{ semanas/año}) * (1{,}67\text{ años})}{(1{,}67\text{ años}) * (365\text{ días/año})}$$

$$\textbf{FE} = 0{,}50$$

Determinación del Factor de exposición para el zapallo macre en la población de Lima Metropolitana

$$\textbf{FE} = \frac{[(1{,}8\text{días/semana}) * (52\text{ semanas/año}) * (1{,}67\text{ años})}{(1{,}67\text{ años}) * (365\text{ días/año})}$$

$$\textbf{FE} = 0{,}26$$

6.6.1.- Cálculo (estimación) de la Dosis de Exposición

Los siguientes datos, tasa de ingesta y peso corporal han sido determinados por una encuesta realizada en la población de Lima metropolitana en el periodo 2019-2020, más los resultados de las lecturas de los niveles de Pb y As ya mencionados se determinó las estimaciones de la dosis de exposición de arsénico y plomo en las muestras de tomate y zapallo macre en la población de Lima Metropolitana.

Tabla 17: Datos para la determinación de la dosis de exposición.

Variable	**Arsénico**		**Plomo**	
Muestra	**Tomate**	**Zapallo**	**Zapallo**	**Tomate**
F. Exposición	0,50	0,26		0,50
T. Ingesta	21,3g/día	20,9g/día		21,3g/día
[] Determinada	0,0001978mg/g	0,0001312mg/g	0,0001046mg/g	0,0000876mg/g
Peso Corporal	71 Kg (dato obtenido de la encuesta realizada)			

Fuente: método propio.

Con estos datos se calculó la dosis de exposición usando la siguiente ecuación matemática

$$IDAL = \sum_{i=1}^{1} \frac{C \ x \ TI \ x \ FE}{\mathrm{P.C}}$$

Tabla 18: resultado de la dosis de exposición.

Parámetro	**Arsénico**		**Plomo**	
Dosis de Exposición (mg/Kg/día)	**Tomate**	**Zapallo**	**Zapallo**	**Tomate**
	0,00002967	0,00001004	0,00000801	0,00001314

Fuente: método propio. La unidad de dosis de exposición según recomendado por la OMS/OPS es mg/Kg/día.

6.6.2.- Cálculo del Índice de Peligrosidad (IP)

Con los resultados de la dosis de exposición tanto del As como del Pb en zapallo macre y tomate más la dosis de referencia se calculó el índice de peligrosidad, para lo cual se usó la siguiente ecuación matemática.

$$IP = \frac{\text{Dosis de exposición estimada}}{\text{Dosis de referencia o IDA}}$$

En donde:

- **Si IP<1:** La presencia de toxinas en los alimentos consumidos por la población no representa un riesgo toxicológico.
- **Si IP> 1:** La población se encuentra en un nivel alto en presentar un riesgo toxicológico por el consumo de alimentos estudiados.

Tabla 19: Resultados del índice de peligrosidad.

Parámetro	**Arsénico**		**Parámetro**	**Plomo**	
Muestra	Tomate	Zapallo	Muestra	Zapallo	Tomate
RfD (mg/Kg/día	0,0003		RfD	0,006	
D. Exposición (mg/Kg/día)	0,00002967	0,00001004	Exposición (mg/Kg/día)	0,00000801	0,00001314
Cálculo de IP	0,09890	0,03347	**Cálculo de IP**	0,00134	0,00219

Fuente: método propio.

- RfD arsénico: 0,0003 mg/Kg/día según: Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos (U.S. EPA); 2010[67].
- RfD Plomo: 0,006mg/Kg/día según: Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA); 1997[68].

6.6.3.- Cálculo de Margen de Exposición (ME)

Con los valores de NOAEL y la dosis de exposición se determinó el ME, para lo cual se usó la siguiente ecuación matemática.

$$M.E = \frac{NOAEL}{Dosis\ de\ exposición\ estimada}$$

En donde:

ME< 1: Mayor riesgo toxicológico para la población en relación a la dosis de exposición del toxico presente en el alimento estudiado.

ME>1: Mayor seguridad para la población en relación a la dosis de exposición del toxico presente en el alimento estudiado.

Tabla 20: Resultados del margen de exposición.

Parámetro	**Arsénico**		**Parámetro**	**Plomo**	
Muestra	Tomate	Zapallo	Muestra	Zapallo	Tomate
NOAEL (mg/Kg/día)	0,0008		NOAEL Mg/Kg/día	250	
D. Exposición (mg/Kg/día)	0,00002967	0,00001004	Exposición (mg/Kg/día)	0,00000801	0,00001314
Cálculo del ME	26,96326	79,68127	**Cálculo del ME**	31210986,3	19025875,2

Fuente: método propio.

- NOAEL arsénico: 0,0008 mg/Kg/día según: Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos (U.S. EPA); 2010[67].
- NOAEL Plomo: 250mg/Kg/día según: Madhvan S; 1989[69].

7.- DISCUSIÓN

Según la OMS; 2018[81], uno de las principales vías de ingreso de arsénico al organismo humano, es el consumo de alimentos que hayan sido contaminados, de esta una de las principales hortalizas consumidas no solamente en Perú sino a nivel mundial es el tomate, según los resultados de la tabla 16, el nivel promedio de arsénico en tomate (0,1978mg/Kg) supera el límite máximo permisible (0,1mg/Kg) establecidos por Mercosur; 2011[80], estos resultados concuerdan con los obtenidos por Prieto F; 2005[82], en un estudio realizado en estado de Hidalgo- México en la que determinaron una concentración promedio de 1,55mg/Kg de arsénico en el tomate rojo, este valor supera el límite máximo permisible por las autoridades sanitarias, en otro estudio realizado en Ecuador por Vásquez S; 2020[83], en la que obtuvo resultados mayores a 6 veces al valor permitido establecido por Mercosur. Los resultados de la tabla 15 con un 95% de intervalo de confianza son estadísticamente significativos para el tomate, estos niveles elevados de arsénico en tomate y zapallo pueden deberse a varios motivos tales como, los niveles de metales del suelo en la que se cultiva, el uso de insecticidas y pesticidas o por el agua de regadío usado, tal como lo menciona Franco M; 2013[84], en la que obtuvieron resultados significativos, a medida que iba incrementado la concentración de As en el agua de regadío mayores niveles de As presentes en la rúcula. Si bien es cierto que los niveles de arsénico admisible por la OMS; 2011[85], se ha ido reduciendo con el transcurrir de los años, en 1958 concentración máxima admisible de 0,2mg/L, de allí se redujo a 0,05mg/L en el año de 1963 y finalmente en 1993 se fijó un valor de 0,01mg/L, este mismo valor se mantiene hasta la actualidad. Por otra parte los niveles de plomo en el zapallo macre como en el tomate superan los LMP (0,05mg/Kg) establecidos por el Codex Alimentarius; 2019[34], de la tabla 16 el valor de P tanto para el tomate como para el zapallo macre es $P<0,05$ (valor de $P<0,04$ para tomate, valor de $P<0,008$ para zapallo macre), según Triola M; 2012[79], se rechazaría la hipótesis nula es decir las concentraciones de plomo en tomate y zapallo macre no solo superan los límites máximos permisibles sino también son estadísticamente significativos, con un 95% de veracidad. Según la tabla 16 se observa que los niveles de plomo en tomate sobrepasan los LMP (0,05mg/Kg) establecidos por el Codex Alimentarius; 2019[34], similares resultados obtuvo Calderón E; 2016[86], en un estudio realizado en

Lambayeque-Perú en la que se investigó la concentración de Pb en diferentes hortalizas, se reportó niveles de plomo en tomate (1,934mg/Kg) que sobrepasan los límites máximos permisibles, la presencia de plomo como contaminante al igual que el arsénico va en incremento no solo en el tomate y zapallo sino también en otros tipos de alimentos una de ellos es el tubérculo más consumido a nivel mundial, papa, que según los resultados obtenidos por Moreno M; 2016[87], mostraron niveles de (0,150mg/Kg), este valor sobrepasa los LMP para tubérculo establecidos por el Codex Alimentarius y la Unión Europea (0,1mg/Kg). En otro estudio realizado en Perú- Ayacucho, por Córdova A; 2018[88], en la que se determinó las concentraciones de plomo en, lechuga, rabanito y espinaca, obtuvieron como resultado niveles por encima de los límites permitidos. Pero no solo se trata en determinar los niveles de toxinas presentes en los alimentos, sino también en determinar si las concentraciones determinadas representan o no un riesgo para la salud de la población de Lima Metropolitana, por ello aparte de determinar los niveles de los tóxicos, arsénico y plomo, en esta investigación se evaluó el riesgo toxicológico, esto nos permite determinar la seguridad o peligrosidad al consumir dichos alimentos. Para ello se usó la metodología propuesta por la OMS/OPS para países de Latinoamérica que es una adaptación de la metodología propuesta por la ATSDR, aplicando esta metodología se hizo la estimación de la dosis de exposición y la caracterización del riesgo es decir determinación del IP Y ME. Según las tablas 18 y 19 la dosis de exposición e índice de peligrosidad de arsénico en el tomate es aproximadamente el triple que del zapallo, esto podría deberse a muchos factores tales como la mayor contaminación de arsénico, la mayor tasa de ingesta, mayor frecuencia de consumo en tomate que en zapallo macre, por ende mayor factor de exposición casi el doble en tomate que en el zapallo macre, tal como se observa en la tabla 17. A diferencia en lo que respecta en la estimación de la dosis de exposición y determinación del índice de peligrosidad del plomo en tomate si bien es cierto fue mayor pero no llego a duplicarlo al del zapallo, esto según la tabla 19, Esto principalmente debido a que los niveles determinados de plomo por absorción atómica en horno de grafito en zapallo estaban cercanos a los del tomate, tabla 16, y la dosis de referencia una leve diferencia mayor para el plomo 0,006mg/Kg/día (según FDA; 1997[68]) que para el arsénico 0,0003mg/Kg/día (según U.S EPA.; 2010[67]), ya que los demás variables se mantienen constante o

igual que del arsénico. Complementario a ello se determinó el margen de exposición, según la tabla 20, el margen de exposición del arsénico del zapallo macre fue aproximadamente el triple que, del tomate, esto debido a que la estimación de la dosis de exposición fue mayor en tomate que en el zapallo, esto nos indica mayor seguridad al consumir zapallo que el tomate, debido a que a mayor margen de exposición mayor seguridad esto según la ATSDR**.** Según la metodología de la OMS/OPS en la caracterización de riesgo en la población de Lima metropolitana los niveles encontrados de Pb y As en tomate y zapallo no presentan un riesgo toxicológico esto según los resultados obtenidos del índice de peligrosidad de la tabla 19 y del margen de exposición tabla 20, similar resultado obtuvo Tello M; 2015[89], en la que se evaluó el riesgo toxicológico por plomo y cadmio en suelo del entorno del parque Industrial en la Ciudad de Cuenca, obtuvo como resultado un riesgo mínimo para niños y ausencia de riesgo en adultos, en otro estudio realizado en Perú por Ynocente C; 2018[90], en la que se evaluó también el riesgo toxicológico en personas en los seres humanos en un parque en la ciudad de Lima, obtuvieron un riesgo toxicológico mínimo. Si bien es cierto a pesar de los resultados que se obtuvo en este estudio, ausencia de riesgo toxicológico, cabe resaltar que la dieta diaria de la población se basa en el consumo de diferentes alimentos, en cada una de ellos existe una determinada concentración tanto de arsénico como de plomo y que la sumatoria de todos ellos darían resultados muy diferentes de índice de peligrosidad y margen de exposición, más aun sabiendo que la contaminación por plomo en un 90% es a través de los alimentos ingeridos de esta un 60 a 70% provienen de origen vegetal[91]. Según Hites R; 2007[91], a una concentración de 40 µg/dL de plomo afecta la conducta y el coeficiente intelectual, a 70 µg/dL ocasiona neuropatía periférica, y niveles mayores de 190 µg/dL produce confusión y convulsiones. Es por ello de vital importancia vigilar de cerca los niveles de estos tóxicos presentes en los alimentos que ingerimos en la vida cotidiana.

8.- CONCLUSIONES

1.- Se determinó los niveles de plomo en zapallo macre (*Cucúrbita máxima Duchesne*), y tomate (*Solanum lycopersicum Var. Saladette*), en los principales mercados de Lima Metropolitana, obteniendo como resultado una media de 0,0876mg/Kg en zapallo y 0,1047mg/Kg en tomate.

2.- Se determinó los niveles de arsénico en zapallo macre y tomate, en los principales mercados de Lima Metropolitana, obteniendo como resultado una media de 0,1312mg/Kg en zapallo y 0,1978mg/Kg en tomate

3.- Los niveles de arsénico y plomo en zapallo macre y tomate, en los principales mercados de Lima Metropolitana superan los LMP establecidos por Mercosur (0,1mg/Kg) y el Codex Alimentarius, OMS (0,05mg/Kg) .

4.- Se determinó el riesgo toxicológico en la salud de la población de Lima Metropolitana en relación a los niveles arsénico y plomo presentes en zapallo macre y tomate, obteniendo como resultado que el consumo de dichas hortalizas no representa un riesgo toxicológico.

9.- RECOMENDACIONES

1. Para la disminuir la absorción del plomo presentes en zapallo y tomate a nivel gastrointestinal se aconseja tener una buena concentración sanguínea de calcio, hierro y zinc.

2. Realizar más investigaciones haciendo uso de la metodología implantada por la OMS/OPS en otros alimentos, el aire, agua, suelo esto con el objetivo para la determinación de las estimaciones totales de la dosis de exposición.

10.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Codex Alimentarius. Norma General para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los alimentos y piensos. Adoptada en 1995 Revisión: 1997, 2006, 2008, 2009 Enmienda: 2010, 2012, 2013, 2014, 2015 Pág.1-8. [Citado 23 octubre del 2020]. Disponible en: file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/CXS_193s_2015%20(5).pdf.

2. Organización Mundial de la Salud (OMS) Arsénico, [Citado 15 de febrero 2018]. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic.

3. Organización Mundial de la Salud (OMS), intoxicación por plomo y Salud; datos, cifras, fuentes de Contaminación 2018. [Citado 23 de agosto del 2018]. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health.

4. Acevedo E; Carrasco M; León O, Martínez E; Silva E; Castillo G. Criterios de calidad de suelo agrícola. Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura (SAG), Santiago. 2005.

5. Ruiz E; Armienta M. Acumulación de Arsénico y metales pesados en maíz en suelos cercanos a jales o residuos mineros. Rev. Int. Contam. Ambient. 2012; 28(2):56-64.

6. Huanri J. Determinación de plomo y arsénico en jugo de caña de azúcar (Saccharum officinarum) por espectroscopia de absorción atómica en Lima Metropolitana [Tesis pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014.

7. Codex Alimentarius. Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. CODEX STAN 193-1995; 193(7):34-36.

8. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura, (FAO). Límite de la cantidad de plomo en alimentos infantiles. Rev. de Salud y Bienestar [Citado 23 de Julio del 2014]. Disponible en: https://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/alimentacion-en-las-etapas-de-la-vida/la-fao-limita-la-cantidad-de-plomo-en.

9. Lesur L. Manual del cultivo del Tomate, Editorial Trillas.2006 Pág. 90.

10. Blanca J; Montero-Pau J; Sauvage C; Bauchet G; Diez M. J. Francis D; Cañizares J. Variación genómica en tomate, desde ancestros silvestres hasta accesiones reproductoras contemporáneas. Rev. BMC Genómicas. 2015;16(5): 257-265.

11. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura (FAO). 2013.

12. FAO, Food Agricultural Organization Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2013.

13. Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri) 2019 Campaña Agrícola agosto 2019 – Julio 2020 Dirección General de seguimiento y evaluación de políticas Dirección de estadística Agraria. Perú. 2019.

14. Turland N. Código Internacional de Nomenclatura para algas, hongos y plantas. Berlin. 2018.

15. Spooner D; Peralta I; Knapp S. Comparación de AFLPS con otros marcadores para la inferencia filogenética en tomate salvaje (*Solanum L. Sección Lycopersicum (Mill.)* Rev. Wettst. 2005; 54(3): 43-61.

16. Rodríguez R; Tabares J & Medina J. Cultivo moderno del tomate. 2ª edición, Ediciones Mundi -Prensa, Madrid 2001.

17. Baudoin A. Manual técnico de producción de tomate con enfoque de Buenas Prácticas Agrícolas. La Paz - Bolivia. Diciembre 2017.

18. Escalona V; Alvarado P; Monardes H; Urbina C; Martín A. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). Universidad de Chile. 2009.

19. Escobar H; Lee R. Manual de producción de tomate bajo invernadero. 2°edición. Colombia. Editorial Jaime Melo. 2009.[citado 17 febrero del 2019].

20. Cristina S. Agencia Norteamérica Destinada a la Agricultura (USDA), Estados Unidos. 2019.

21. Cuya C. Selección de acciones promisorias de tomate silvestre, (*Lycopersicum* sp.). Lima 2018.

22. Suquilanda M. Producción orgánica de cultivos andinos (manual técnico). FAO, 2012.

23. Merino M & Otiniano G. Estudio para instalar una planta procesadora de puré instantáneo de zapallo Macre. Rev. Industrial. 2014. 32(4): 173-195.

24. Delgado G; Rojas C; Vásquez L. Caracterización de frutos y semillas de algunas cucurbitáceas en el norte de Perú. Rev. Fitotec. 2014; 37(1): 45:51.

25. Salama A. Las cucurbitáceas, importancia económica, bioquímica y medicinal. Universidad Nacional de Colombia. 2006.

26. MINAGRI, Ministerio de Agricultura y Riego. Anuario estadístico de producción agrícola. 2018.

27. Parson D. Manual para educación agropecuaria. Cucurbitáceas. (Quinta edición.). Chile: Trillas.1986.

28. Carnide V; Barroso M. Cucurbitáceas bases para su mejora genética Rev. Horticom. Horticultura internacional. 2006; 53(1): 16-21.

29. Vallejo C.; Estrada S. Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Imágenes Gráficas. ISBN. 2004; 28(3):191-198.

30. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Zapallo fuente de alimentación. 2012. [Citado el 06 agosto del 2020]. Disponible en: http://www.fao.org/home/search/es/?q=zapallo.

31. *Vigliola M*. Manual de horticultura. Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina.1986.

32. Jaramillo J. Hortalizas Manual de Asistencia Técnica. Instituto Colombiano Agropecuario IICA. Colombia.1983.

33. Klaassen CD & Watkins J. Eds. Casarett and Doull's Essentials of Toxicology 2th ed. McGraw- Hill; 2010.

34. Richards S. Principles and Practice of Toxicology in Public Health. MA: Jones and Bartlett Publisher. 2007.

35. Wilkins, W. Ellen horn is Medical Toxicology: Diagnosis and Treatment of Human Poisoning. 2nd Ed. Baltimore. 1997.

36. Ramírez A. Exposición ocupacional y ambiental al arsénico. Actualización bibliográfica para investigación científica, American Collage of Ocupacional and Environmental Medicine. Facultad de Medicina. 2013; 74(3):37-47.

37. Kumaresan M and P. Riyazuddin. Overview of speciation chemistry of arsenic. Curr. Sci. 200; 80(14): 837-846.

38. Organization Mundial de Salud (OMS) Arsénico, [Citado 15 de febrero 2018]. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic

39. Codex Alimentarius. Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. CODEX STAN 193-1995.58. Enmienda 2010, 2012, 2013, 2014, 2015,2017,2018,2019.

40. Evaluación de Riesgos a la Salud por Exposición a Residuos Peligrosos (ATSDR). (Agency for Toxic Substance and Disease Registry). (Manual): Atlanta, EEUU; 2007.

41. Hughes F; Beck D; Chen Y; Lewis A; Thomas D. Arsenic exposure and toxicology: a historical perspective. Toxicology Sci. 2011; 42(18):123-305.

42. Alam M and Cheng T. Silicate minerals as a source of arsenic contamination in groundwater. Water, Air, Soil Pollute. 2014; 225(2):2201-2215.

43. Ravenscroft P; Brammer H; Richards K. Arsenic Pollution Global Synthesis, Editorial Wiley-Blackwell; February USA 2009.

44. Medina M; Robles P; Mendoza M; Torres C. Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. Rev. Perú. Med. Exp. Salud pública. 2018 ; 35(1): 93-102.

45. Albores A; Quintanilla B; Del Razo L; Cebrian M. Arsénico. En: OPS, OMS, CPEHSPA, editores. Introdución a la toxicología ambiental. Editorial Metepec; 1997.

46. Molin M; Ulven SM; Meltzer HM; Alexander J. Arsenic in the human food chain, biotransformation and toxicology - Review focusing on seafood arsenic. J Trace Elem Med Biol. 2015;31(6): 249-59.

47. García S. Estudios de Especialización de Arsénico y Acumulación de metales en muestras de interés medioambiental. Universidad Politécnica de Madrid, España. 2013.

48. Gisbert J. Medicina Legal y Toxicología. Barcelona. Editorial Masson S.A. Quinta Edicion.1998.

49. Karagas A; Gossai B; Pierce H. Ahsan Drinking water arsenic contamination skin lesions, and malignancies: A systematic review of the global evidence Curr Environ Heal reports. 2015; 2(5): 52-68.

50. Organización Mundial de la Salud (OMS). Intoxicación por plomo y Salud; datos, cifras, fuentes de Contaminación. [Citado el 6 de agosto del 2020], disponible en : https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health.

51. Lenntech. Propiedades químicas del plomo- efectos del plomo sobre la salud, 2020 [Citado el 6 de agosto del 2020], disponible en: https://www.lenntech.es/periodica/elementos/pb.htm#ixzz5pqgsWXTV

52. Hoja de seguridad XXIII - plomo y sales de plomo 2020. [Citado el 10 de agosto del 2020], disponible en: http://www.regenciaquimica.ucr.ac.cr/sites/default/files/0010%20%20Plomo.pdf

53. Metales, propiedades químicas y toxicidad, Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo 2020 [Citado el 10 de agosto del 2020] disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+63.+Metales+propiedades+qu%C3%ADmicas+y+toxicidad

54. Ubillus J. Estudio sobre la presencia de plomo en el medio ambiente de Talara. [tesis de pregrado], Universidad Nacional mayor de San Marcos. Facultad de ingeniería química. Lima- Perú.2003.

55. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Intoxicación por plomo y salud. 2019. [Citado el 10 de agosto del 2020], disponible en: https://www.who.int/ipcs/lead_campaign/objectives/es/

56. Agency for Toxic Substance and Disease Registry. U.S Department of Health and Human Services. Toxicological profile for lead. Atlanta: 2014.

57. Morán I; Baldirá Martínez J; Marruecos L; Nogué S. Toxicología Clínica. 1ª ed. Madrid: Grupo difusión; 2011.

58. Valdivia M. Intoxicación por plomo. Revista Sociedad Peruana de Medicina Interna. 2005;18 (1):22-27.

59. Ramírez A. El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo. Anales de la Facultad de Medicina UNMSM. 2005; 66(1):57-70.

60. World Health Organization. Air quality guidelines for Europe [Internet]. 2th ed. Copenhagen, Denmark: World Health Organization Regional Office for Europe. 2000[citado el 06 de agosto del 2020]. Disponible en: en: http://www.euro.who.int/ data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf

61. Azcona M; Ramírez R; Vicente G. Efectos tóxicos en plomo. Rev. España Med Quir. 2015; 20(1):72-77.

62. Salas C; Garduño M; Mendiola P; Vences J; Zetina V; Martínez O, Ramos M. Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. Rev. Iber. Tec. Post-cosecha.2019; 20(1): 2-14.

63. National Academy of Sciences. Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process. National Academy Press: Washington D.C., EE. UU; 1983.

64. Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR). Evaluación de Riesgos a la Salud por Exposición a Residuos Peligrosos. (Manual): Atlanta, EEUU; 1992.

65. Tarazona J; Pla A; García AJ. Evaluación de riesgos toxicológicos en ecosistemas terrestres. Rev. de Toxicología. 2001; 18(3):137-139.

66. Ize, I. La evaluación del riesgo por sustancias toxicas. México: Gaceta Ecológica. Instituto Nacional de Ecología; 2003.

67. Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos (U.S. EPA.) IRIS Toxicological Review of Inorganic Arsenic (Cancer) (External Review Draft, 2010). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/635/R-10/001, 2010. [Citado 23 marzo del 2020]. Disponible en: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=278#tab-1

68. Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA). Código de alimentos, Servicio de Salud Pública de EEUU. Publicación del Servicio nacional de Información Técnica PB97-133656. 1997.

69. Madhvan S; Rosenman K; Shethata T. Lead in Soil: Recomendad máximum permisibke levels. Emviron. Res. 1989; 49(27):136-142.

70. Skoog A; Crouch S. Principios de Análisis Instrumental, Quinta Edición. Editorial Mc. Graw Hill. Madrid, España. 2001.

71. Litter M; Armienta M; Farías S. Absorción atómica con horno de grafito. Metodologías analíticas para la determinación y especiación de as en aguas y suelos. Argentina. 2009.

72. Naturaleza de la ciencia para todos. Clase 28 horno de Grafito [Fichero de video] 2 junio de 2020. [Citado 15 de agosto del 2020][36:50]. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=jX22lq_6nKk.

73. Gallarta F; Sanz J; Galbán J. Generador de hidruros – Espectroscopia de absorción molecular Uv-Visible en fase gas. Determinación de arsénico, antimonio y selenio. España 1992.

74. Julio A. Técnica 3 Generador de Hidruros [Fichero de video] 31 mayo de 2020. [Citado 20 de agosto del 2020] [1:10]. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=nKl6Z9AxOqQ.

75. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Censo 2017. Perú; 2017.

76. Instituto Nacional de Estadística e Informatice (INEI) Conociendo Lima, Guía estadística enero 2001.

77. Instituto Nacional de Estadística e Informatice (INEI) Estimaciones y Proyecciones de Población por Departamento, provincia y distrito 2018-2020. [Citado 25 de enero del 2020. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1715/Libro.pdf.

78. Hernández A; Carpio N. Introducción a los tipos de muestreo. Rev. Alerta. 2019; 2(1):75-79.

79. Triola M. Estadística, Décima edición; Editorial Pearson Educación, México. 2012.

80. Reglamento Técnico MERCOSUR Sobre Limite Máximos de contaminantes Inorgánicos en alimentos (DEROGACIÓN DE LAS RES. GMC Nº 102/94 y Nº 35/96). Pág. 6 [Citado 23 de febrero 2020]. 2011. Disponible en: http://www.puntofocal.gov.ar/doc/r_gmc_12-11.pdf

81. Organización Mundial de la Salud (OMS), Arsénico; datos, cifras, fuentes de Contaminación y toxicidad por Arsénico 2018. [Citado 15 de febrero del 2019]. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic.

82. Prieto F. Callejas J. Gaytán J. Acumulación en tejidos vegetales de arsénico proveniente de aguas y suelos de Zimapán, Estado de Hidalgo, México. Bioagro Barquisimeto 2005. v.17 N°.3 Pág. 129-136.

83. Vásquez S. Determinación de la concentración de metales pesados cadmio y arsénico en hortalizas lechuga (*Lactuca sativa*) y tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) de la zona agrícola del sector Machachi.[Tesis Pregrado]. Ecuador. Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Químicas Carrera de Química de Alimentos. 2020.

84. Franco M; Castillo M; Santillán J; Vázquez M; Botto I. Efecto del riego con aguas ricas en arsénico sobre un cultivo de rúcula (*Eruca sativa L.*). 2013; 5(1): 1852-2181.

85. Organización Mundial de la Salud (OMS). Guías para la calidad del Agua de Consumo Humano. Cuarta edición, Incorpora la Primera Adenda. Ginebra: OMS.2011. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1

86. Calderón E; Calderón P. Concentración de metales pesados en hortalizas que se comercializan en el mercado modelo de Piura. Piura 2016.

87. Moreno M; García C; Chaparro A. Cuantificación voltamétrica de plomo y cadmio en papa fresca: Metales pesados en papa. Rev. U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica.2016;19 (1): 97-104..

88. Córdova A. Efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales totora y la contaminación de las hortalizas por metales pesados en la comunidad de totora, Ayacucho. Perú 2018.

89. Tello M. Evaluación del Riesgo Toxicológico de plomo y cadmio en suelos del entorno del parque Industrial de La Ciudad de Cuenca. Ecuador 2015.

90. Ynocente C, Olortegui D. Evaluación del riesgo toxicológico en personas expuestas a suelos con plomo (Pb) y cadmio (Cd) en los alrededores del Parque Industrial Infantas en [Tesis Pregrado] Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú 2018.

91. Hites R. Elements of Environmental Chemistry. John Wiley & Sons, U.S.A. 2007. Pag.204.

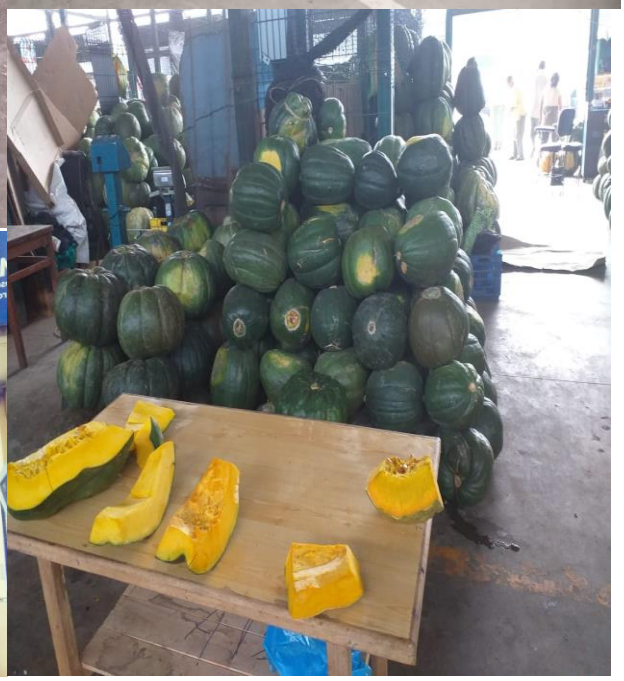
11.- ANEXOS

Anexo N° 1.- Evidencias fotográficas

Fotos de zapallo macre y tomate en el mercado Mayorista de Santa Anita









Fuente: método propio

Anexo N° 2.- Evidencias de análisis fisicoquímica del tomate y zapallo



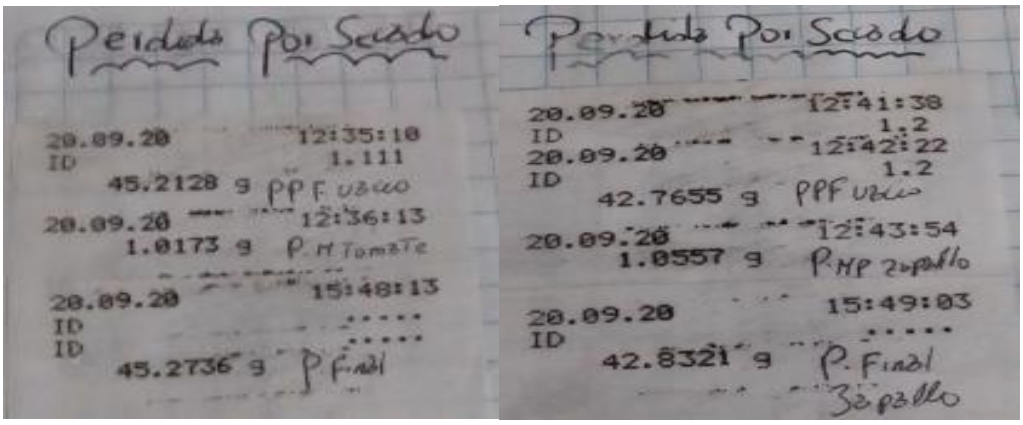
Fuente: método propio

A.- Determinación de Pérd. por Secado y C. Sulfatadas en tomate y zapallo



Fuente: método propio

Pérdida por secado en tomate y zapallo macre



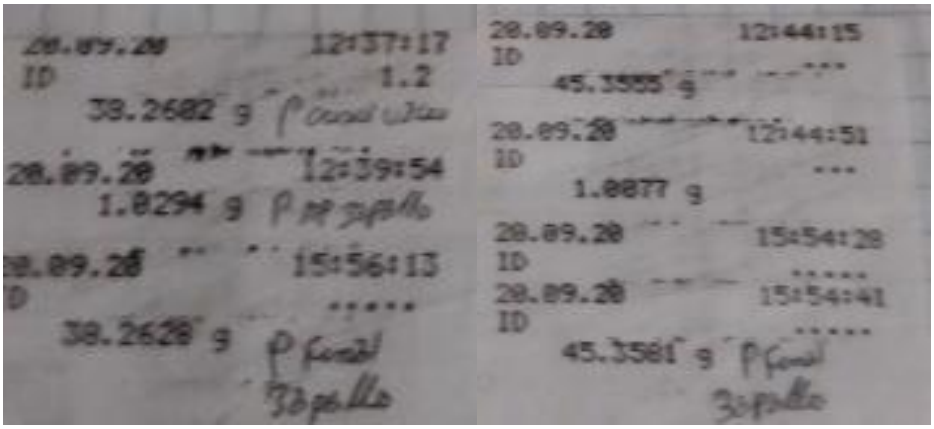
Fuente: método propio

Cenizas sulfatadas en tomate



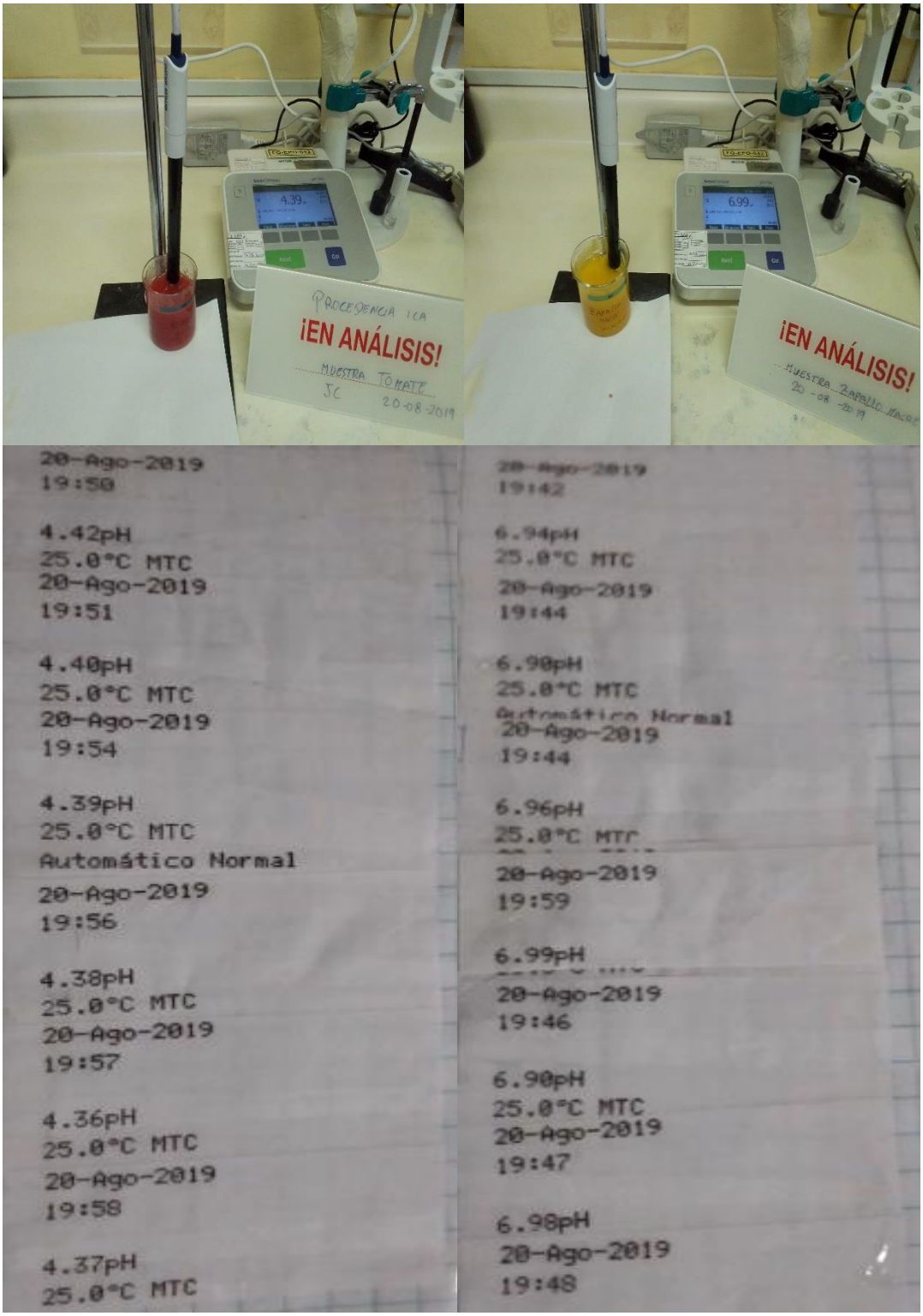
Fuente: método propio

Cenizas sulfatadas en zapallo macre



Fuente: método propio

B.- Determinación de pH en tomate y zapallo macre



Fuente: método propio

C.- Determinación del Índice de Refracción en tomate y zapallo macre



Fuente: método propio

ANEXO N° 3 .- Cálculos del Análisis Fisicoquímico del zapallo y tomate

A.- Análisis Fisicoquímico del zapallo macre

A.1.- Determinación del pH

Tabla 21: pH del zapallo macre según procedencia (método propio)

	Muestra de Ica		Muestra de Arequipa		Muestra de Lima		Muestra de Huánuco	
	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2
pH de la muestra	6.96	6.94	6.98	6.91	6.9	6.97	6.96	6.93
pH Promedio	**6.95**		**6.95**		**6.94**		**6.95**	

Fuente: método propio

A.2.- Determinación de Cenizas Sulfatadas

$$X = \frac{(\text{peso final} - \text{peso del crisol vacío}) \times 100}{\text{peso de la muestra problema (g)}}$$

$$X = \frac{(38.2628 - 38.2602) \times 100}{1.0294}$$

$$X = 0.253$$

Tabla 22: Cenizas Sulfatadas del zapallo macre según procedencia (método propio)

	Muestra de Ica		Muestra de Arequipa		Muestra de Lima		Muestra de Huánuco	
	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2
% Cenizas Sulfatadas	0.253	0.25	0.271	0.27	0.258	0.26	0.289	0.290
C. Sulfatadas Promedio	**0.253**		**0.271**		**0.259**		**0.290**	

Fuente: método propio

A.3.- Determinación de Humedad

Tabla 23: % Humedad del zapallo macre según procedencia (método propio)

	Muestra de Ica		Muestra de Arequipa		Muestra de Lima		Muestra de Huánuco	
	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2
% Humedad Muestra	93.69	94.10	93.40	93.6	94.20	94.80	93.25	93.5
% Humedad Promedio	**93.90**		**93.50**		**94.50**		**93.39**	

Fuente: método propio

A.4.- Determinación de Grados Brix

Tabla 24: Solidos Solubles del zapallo macre según procedencia (método propio)

	Muestra de Ica		Muestra de Arequipa		Muestra de Lima		Muestra de Ancash	
	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2
Grados Brix	4.95	4.98	4.93	4.91	4.97	4.98	4.96	4.97
Grados Brix Promedio	**4.97**		**4.92**		**4.98**		**4.97**	

Fuente: método propio

B.- Análisis Fisicoquímico del Tomate

B.1.- Determinación del pH

Tabla 25: pH del tomate según procedencia (método propio)

	Muestra de Ica		Muestra de Arequipa		Muestra de Lima		Muestra de Ancash	
	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2
pH de la muestra	4.39	4.36	4.39	4.40	4.38	4.42	4.36	4.37
pH Promedio	**4,38**		**4,40**		**4,40**		**4,37**	

Fuente: método propio

B.2- Determinación del Peso promedio de las muestras

Tabla 26: Peso promedio del tomate según procedencia (método propio)

	Muestra de Ica	Muestra de Arequipa	Muestra de Lima	Muestra de Ancash
Peso Promedio de la muestra	134g	129g	132g	126g

Fuente: método propio

B.3.- Determinación de Cenizas Sulfatadas

Tabla 27: Cenizas sulfatadas del tomate según procedencia (método propio)

	Muestra de Ica		Muestra de Arequipa		Muestra de Lima		Muestra de Ancash	
	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2
% Cenizas Sulfatadas	0.477	0.481	0.482	0.481	0.479	0.482	0.490	0.489
C. Sulfatadas Promedio	**0.479**		**0.482**		**0.481**		**0.490**	

Fuente: método propio

B.4.- Determinación de Humedad en tomate

$$X = \frac{[(\text{Peso del Pf. vacío} + \text{Peso de la Mp}) - \text{Peso final Total}] \times 100}{\text{Peso de la Muestra Tomada}}$$

$$X = \frac{[(45.2128 + 1.0173) - 45.2736] \times 100}{1.0173}$$

$$X = \mathbf{94.02}$$

Tabla 28: % Humedad del tomate según procedencia

	Muestra de Ica		Muestra de Arequipa		Muestra de Lima		Muestra de Ancash	
	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2
% Humedad Muestra	94.02	93.90	93.70	93.83	94.25	94.12	93.64	93.88
% Humedad Promedio	**93.96**		**93.77**		**94.19**		**93.76**	

Fuente: método propio

B.5.- Determinación de Grados Brix en tomate

Tabla 29: Solidos Solubles del tomate según procedencia

	Muestra de Ica		Muestra de Arequipa		Muestra de Lima		Muestra de Ancash	
	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2
Grados Brix	4.95	4.98	4.93	4.91	4.97	4.98	4.96	4.97
Grados Brix Promedio	**4.97**		**4.92**		**4.98**		**4.97**	

Fuente: método propio

ANEXO N°4.- Cálculo Estadístico para determ. la Cant. de encuesta a tomar

Según Triola M. Para determinar la cantidad de encuesta a tomar en la población de Lima metropolitana y que esta sea representativa es**:**

$$N = \frac{n*\sigma^2*Z^2}{(n-1)*e^2 + \sigma^2*z^2}$$

Donde:

- **N:** Cantidad representativa de encuesta a tomar
- **n**: Cantidad total de la población de Lima Metropolitana: (9 569 468 Hab.)
- **σ**: Desviación estándar: (0,5)
- **Z:** Puntuación estándar, es el número de desviación estándar que hay por encima o por debajo de la media de la población: (1,96)
- **e:** Error estadístico: (0,05)

ANEXO N°5.- Curva de calibración para arsénico y plomo respectivamente

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)
CENTRO DE INFORMACIÓN, CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN
CICOTOX

INFORME INTERNO DE LABORATORIO

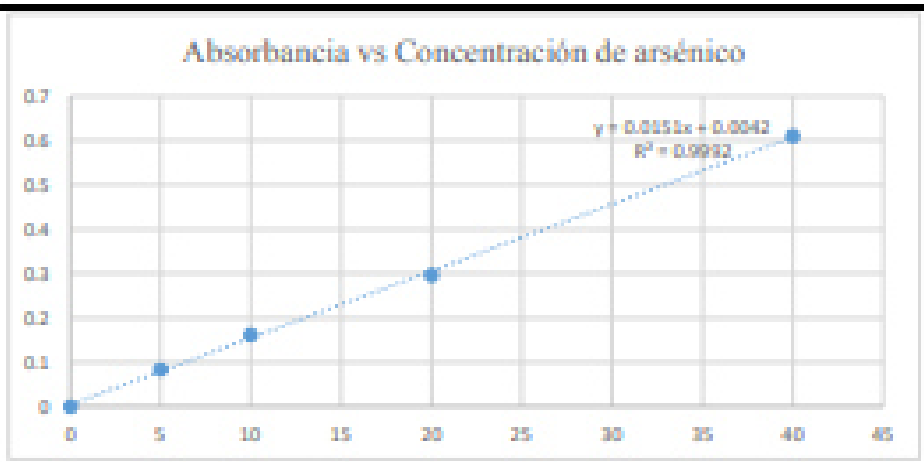
ANÁLISIS CUANTITATIVO

AAS - As

CÓDIGO	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	MUESTRA	ANÁLISIS
90465 - 90524	13/08/2019 al 27/08/2019	02:35 p.m.	7:15 p.m.	Tomate/Zapallo	Arsénico

VOLUMEN DE MUESTRA	Continuo	LONGITUD DE ONDA	193.7 nm	PRE TRATAMIENTO	Digestión vía seca

NOMBRE	CONCENTRACIÓN µg/L (ppb)	ABSORBANCIA
Blanco	0	0.000
Estándar 1	5	0.084
Estándar 2	10	0.162
Estándar 3	20	0.296
Estándar 4	40	0.610



Q.F. Americo Figueroa	Dr. Alfonso Apesteguia

Fuente: método propio

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)
CENTRO DE INFORMACIÓN, CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN
CICUTOX

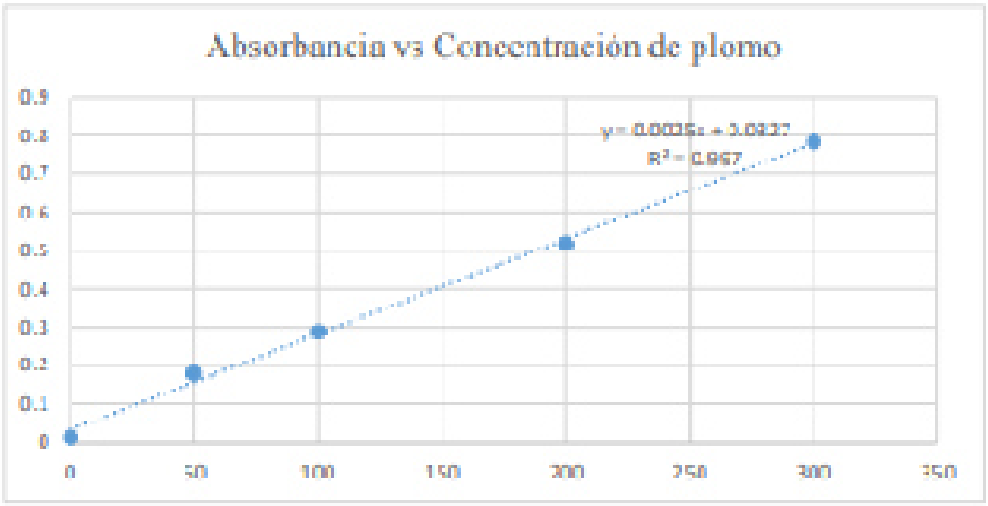
INFORME INTERNO DE LABORATORIO

ANÁLISIS CUANTITATIVO

AAS - Pb

CÓDIGO	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	MUESTRA	ANÁLISIS
90465 - 90524	18/08/2019 al 27/08/2019	02:35 p.m.	7:15 p.m.	Tomate/Zapallo	Plomo
VOLUMEN DE MUESTRA	20µL	**LONGITUD DE ONDA**	217.0 nm	**PRE TRATAMIENTO**	Digestión vía seca

NOMBRE	CONCENTRACIÓN µg/L (ppb)	ABSORBANCIA
Blanco	0	0.014
Estandar 1	50	0.180
Estandar 2	100	0.288
Estandar 3	200	0.518
Estandar 4	300	0.783



Q.F. Americo Figueroa	Dr. Alfonso Apesteguia

Fuente: método propio

ANEXO N°6 A.- Resultados de la lectura de absorción atómica de plomo en zapallo

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N°	90465	-	90478

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Juleisi Lucero Dominguez Dominguez y Sr. José Antonio Castillo Alvarez

TESIS: Determinación de los Niveles de Plomo y Arsénico en Zapallo macre *(Cucurbita maxima Duchesne)* y Tomate (Solanum *lycopersicum var. Saladette)* y Evaluación del Riesgo Toxicologico en la salud de la Población de Lima Metropolitana

FECHA DE RECEPCIÓN: 04 DE AGOSTO DE 2019 HORA: 03:40 p.m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 13 DE AGOSTO DE 2019 HORA: 02:35 p.m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 27 DE AGOSTO DE 2019 HORA: 07:15 p.m.

METODO: Espectrofotometria de Absorción Atómica con Horno Grafito
OBSERVACIONES: *La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.*

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
90465	Zapallo Código: NPPZ3	Cuantificación de Plomo	0.140 mg/kg
90466	Zapallo Código: NPPZ4	Cuantificación de Plomo	0.100 mg/kg
90467	Zapallo Código: NCZ2	Cuantificación de Plomo	0.064 mg/kg
90468	Zapallo Código: NCZ3	Cuantificación de Plomo	0.020 mg/kg
90469	Zapallo Código: SCZ3	Cuantificación de Plomo	0.042 mg/kg
90470	Zapallo Código: SVSZ3	Cuantificación de Plomo	0.168 mg/kg
90471	Zapallo Código: SVSZ4	Cuantificación de Plomo	0.076 mg/kg
90472	Zapallo Código: ESAZ3	Cuantificación de Plomo	0.073 mg/kg
90473	Zapallo Código: ESAZ4	Cuantificación de Plomo	0.182 mg/kg
90474	Zapallo Código: ESJLZ3	Cuantificación de Plomo	0.101 mg/kg
90475	Zapallo Código: ESJLZ4	Cuantificación de Plomo	0.038 mg/kg
90476	Zapallo Código: CRZ3	Cuantificación de Plomo	0.173 mg/kg
90477	Zapallo Código: CRZ4	Cuantificación de Plomo	0.019 mg/kg
90478	Zapallo Código: CLVZ3	Cuantificación de Plomo	0.259 mg/kg
90479	Zapallo Código: CLVZ4	Cuantificación de Plomo	0.115 mg/kg

Director del CICOTOX
Dr. José A. Apesteguia Infantes
Esp. Toxicología y Química Legal
CQFP N° 06538 RNE N° 0240
DNI N° 09359857

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS CENTRO INFORMACIÓN CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN AMBIENTAL CICOTOX FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Q.F. AMERICO A. FIGUEROA VARGAS
C.Q.F.P. 18579

RECOGE RESULTADO
NOMBRE: _____ **FIRMA:** _____
D.N.I: _____ **FECHA:** _____ **HORA:** _____

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"
Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima 1 – Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 – Lima 1
E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Fuente: método propio

B.- Resultados de la lectura de absorción atómica de arsénico en zapallo

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N°	90495	-	90509

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Juleisi Lucero Dominguez Dominguez y Sr. José Antonio Castillo Álvarez.

TESIS: Determinación de los Niveles de Plomo y Arsénico en Zapallo macre *(Cucurbita maxima Duchesne)* y Tomate (*Solanum lycopersicum var. Saladette)* y Evaluación del Riesgo Toxicologico en la salud de la Población de Lima Metropolitana

FECHA DE RECEPCIÓN: 04 DE AGOSTO DE 2019 HORA: 03:40 p.m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 13 DE AGOSTO DE 2019 HORA: 02:35 p.m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 27 DE AGOSTO DE 2019 HORA: 07:15 p.m.

MÉTODOS Arsenico: Espectrofotometria de Absorción Atómica por generador de hidruros
OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
90495	Zapallo Código: NPPZ1	Cuantificación de Arsénico	0.036 mg/kg
90496	Zapallo Código: NPPZ2	Cuantificación de Arsénico	0.092 mg/kg
90497	Zapallo Código: NCZ1	Cuantificación de Arsénico	0.096 mg/kg
90498	Zapallo Código: SCZ1	Cuantificación de Arsénico	0.160 mg/kg
90499	Zapallo Código: SCZ2	Cuantificación de Arsénico	0.096 mg/kg
90500	Zapallo Código: SVSZ1	Cuantificación de Arsénico	0.067 mg/kg
90501	Zapallo Código: SVSZ2	Cuantificación de Arsénico	0.075 mg/kg
90502	Zapallo Código: ESAZ1	Cuantificación de Arsénico	0.168 mg/kg
90503	Zapallo Código: ESAZ2	Cuantificación de Arsénico	0.106 mg/kg
90504	Zapallo Código: ESJLZ1	Cuantificación de Arsénico	0.436 mg/kg
90505	Zapallo Código: ESJLZ2	Cuantificación de Arsénico	0.091 mg/kg
90506	Zapallo Código: CRZ1	Cuantificación de Arsénico	0.219 mg/kg
90507	Zapallo Código: CRZ2	Cuantificación de Arsénico	0.116 mg/kg
90508	Zapallo Código: CLVZ1	Cuantificación de Arsénico	0.081 mg/kg
90509	Zapallo Código: CLVZ2	Cuantificación de Arsénico	0.130 mg/kg

Director del CICOTOX
Dr. José A. Apesteguía Infantes
Esp. Toxicología y Química Legal
CQFP N° 06538 RNE N° 0240
DNI N° 09359857

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS · CENTRO DE INFORMACIÓN, CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN AMBIENTAL · CICOTOX · FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Q.F. AMERICO A. FIGUEROA VARGAS
C.Q.F.P. 18579

RECOGE RESULTADO
NOMBRE: _____ **FIRMA:** _____
D.N.I: _____ **FECHA:** _____ **HORA:** _____

Fuente: método propio

C.- Resultados de la lectura de absorción atómica de plomo en tomate

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N°	90480	-	90494

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Juleisi Lucero Dominguez Dominguez y Sr. Jose Antonio Castillo Alvarez

TESIS: Determinación de los Niveles de Plomo y Arsenico en Zapallo macre *(cucurbita maxima Duschene)* y Tomate *(Solanum lycopersicum var. Saladette)* y Evaluación del Riesgo Toxicologico en la salud de la Población de Lima Metropolitana

FECHA DE RECEPCIÓN: 04 DE AGOSTO DE 2019 HORA: 03:40 p.m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 13 DE AGOSTO DE 2019 HORA: 02:35 p.m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 27 DE AGOSTO DE 2019 HORA: 07:15 p.m.

MÉTODOS Plomo : Espectrofotometria de Absorcion Atomica por horno de grafito
OBSERVACIONES: La contramuestra sera descartada a los 30 dias posteriores al analisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
90480	Tomate Código: NPPT3	Cuantificación de Plomo	0.020 mg/kg
90481	Tomate Código: NPPT4	Cuantificación de Plomo	0.027 mg/kg
90482	Tomate Código: NCT2	Cuantificación de Plomo	0.057 mg/kg
90483	Tomate Código: NCT3	Cuantificación de Plomo	0.199 mg/kg
90484	Tomate Código: SCT3	Cuantificación de Plomo	0.135 mg/kg
90485	Tomate Código: SVST3	Cuantificación de Plomo	0.047 mg/kg
90486	Tomate Código: SVST4	Cuantificación de Plomo	0.141 mg/kg
90487	Tomate Código: ESAT3	Cuantificación de Plomo	0.099 mg/kg
90488	Tomate Código: ESAT4	Cuantificación de Plomo	0.218 mg/kg
90489	Tomate Código: ESJLT3	Cuantificación de Plomo	0.053 mg/kg
90490	Tomate Código: ESJLT4	Cuantificación de Plomo	0.036 mg/kg
90491	Tomate Código: CRT3	Cuantificación de Plomo	0.083 mg/kg
90492	Tomate Código: CRT4	Cuantificación de Plomo	0.022 mg/kg
90493	Tomate Código: CLVT3	Cuantificación de Plomo	0.109 mg/kg
90494	Tomate Código: CLVT4	Cuantificación de Plomo	0.068 mg/kg

Director del CICOTOX
Dr. José A. Apesteguia Infantes
Esp. Toxicología y Química Legal
CQFP N° 06538 RNE N° 0240
DNI N° 09359857

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS · CENTRO DE INFORMACIÓN CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN AMBIENTAL · CICOTOX · FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Q.F. AMERICO A. FIGUEROA VARGAS
C.Q.F.P. 18579

RECOGE RESULTADO
NOMBRE: _____ **FIRMA:** _____
D.N.I: _____ **FECHA:** _____ **HORA:** _____

Fuente: método propio

D.- Resultados de la lectura de absorción atómica de arsénico en tomate

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N°	90510	-	90524

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Juleisi Lucero Dominguez Dominguez y Sr. José Antonio Castillo Álvarez

TESIS: Determinación de los Niveles de Plomo y Arsenico en Zapallo macre *(Cucurbita maxima Duchesne)* y Tomate *(Solanum lycopersicum var. Saladette)* y Evaluación del Riesgo Toxicologico en la salud de la Población de Lima Metropolitana

FECHA DE RECEPCIÓN: 04 DE AGOSTO DE 2019 HORA: 03:40 p.m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 13 DE AGOSTO DE 2019 HORA: 02:35 p.m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 27 DE AGOSTO DE 2019 HORA: 07:15 p.m.

MÉTODOS Arsenico: Espectrofotometria de Absorción Atómica por generador de hidruros
OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
90510	Tomate Código: NPPT1	Cuantificación de Arsénico	0.104 mg/kg
90511	Tomate Código: NPPT2	Cuantificación de Arsénico	0.065 mg/kg
90512	Tomate Código: NCT1	Cuantificación de Arsénico	0.079 mg/kg
90513	Tomate Código: SCT1	Cuantificación de Arsénico	0.440 mg/kg
90514	Tomate Código: SCT2	Cuantificación de Arsénico	0.195 mg/kg
90515	Tomate Código: SVST1	Cuantificación de Arsénico	0.286 mg/kg
90516	Tomate Código: SVST2	Cuantificación de Arsénico	0.116 mg/kg
90517	Tomate Código: ESAT1	Cuantificación de Arsénico	0.310 mg/kg
90518	Tomate Código: ESAT2	Cuantificación de Arsénico	0.175 mg/kg
90519	Tomate Código: ESJLT1	Cuantificación de Arsénico	0.132 mg/kg
90520	Tomate Código: ESJLT2	Cuantificación de Arsénico	0.316 mg/kg
90521	Tomate Código: CRT1	Cuantificación de Arsénico	0.239 mg/kg
90522	Tomate Código: CRT2	Cuantificación de Arsénico	0.240 mg/kg
90523	Tomate Código: CLVT1	Cuantificación de Arsénico	0.123 mg/kg
90524	Tomate Código: CLVT2	Cuantificación de Arsénico	0.147 mg/kg

Director del CICOTOX
Dr. José A. Apestegui Infantes
Esp. Toxicología y Química Legal
CQFP N° 06538 RNE N° 0240
DNI N° 09359857

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS · CENTRO DE INFORMACION CONTROL TOXICOLOGICO Y APOYO A LA GESTION AMBIENTAL · CICOTOX · FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA

Q.F. AMERICO A. FIGUEROA VARGAS
C.Q.F.P. 18579

RECOGE RESULTADO
NOMBRE: _____ **FIRMA:** _____
D.N.I: _____ **FECHA:** _____ **HORA:** _____

Fuente: método propio