

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



DETERMINACION DE PLOMO EN *Lycopersicon esculentum* (TOMATE) POR
ESPECTROMETRIA DE ABSORCION ATOMICA CON HORNO DE GRAFITO

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR

DIANA MARISOL MARTINEZ PEREZ

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADA EN QUIMICA Y FARMACIA

JULIO 2019

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

MAESTRO CRISTOBAL HERNAN RIOS BENITEZ

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIO

MAE. ROBERTO EDUARDO GARCIA ERAZO

DIRECCIÓN DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

DIRECTORA GENERAL

MSc. Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez

TRIBUNAL CALIFICADOR

ASESORA DE AREA EN INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y TOXICOLOGIA

MsD. Nancy Zuleyma González Sosa

ASESORA DE AREA EN APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES

MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez

DOCENTE ASESOR

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de graduación es la suma de los esfuerzos de muchas personas que de manera directa o indirecta colaboraron a la materialización de este trabajo de graduación. Por lo tanto quiero agradecer de manera especial a cada persona que se sumó a mi esfuerzo en todo este proceso.

En primer lugar a mi docente asesor: Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras, quien con su experiencia, conocimientos y dedicación me guio en todo este proceso para la realización de este trabajo. Gracias por su valioso tiempo y por su confianza.

A la Asociación Jardín Botánico La Laguna, en especial al Lic. Pablo Olmedo Galán, por su colaboración en la identificación botánica de los Tomates y a Don Mario por permitirme tomar muestras de sus tres variedades de Tomate o zonas de cultivos.

Al Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, por brindarme la oportunidad de realizar parte de la etapa experimental en mi trabajo de graduación.

Agradezco de manera especial a todo el personal del laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en especial al jefe del departamento MSc. Fredy Alexander Carranza, por su apoyo incondicional y la confianza que me brindo para llevar acabo la otra parte del proceso experimental de mi trabajo de graduación.

Gracias de todo corazón a la directora de procesos de graduación MSc. Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez, por sus consejos y animarme siempre a

continuar para terminar este trabajo de graduación. A los asesores de área por sugerir, corregir y aportar opiniones, para un mejor desarrollo de mi investigación.

A toda mi familia que nunca me dejaron declinar y que en cambio me brindaron su apoyo, amor y consejos durante todo este proceso.

Diana Marisol Martínez Pérez

DEDICATORIA

“Esta es mi orden: Sé valiente y ten ánimo; no tiembles ni tengas miedo; Yavé tu Dios está contigo adonde quieras que tú vayas” (Josué 1, 9).

Este logro profesional es gracias a Dios, Él es mi roca y mi fortaleza, estuvo conmigo en las buenas y en las malas, gracias a su misericordia he terminado este proceso de aprendizaje; también gracias a mi madre del cielo la Virgen María por su divina intercesión.

A mis amados padres: Oscar Antonio Martínez Sánchez y Blanca Marisol Pérez de Martínez, por brindarme todo su apoyo, consejos, ayuda, ánimos y por nunca dejar de creer en mí e impulsarme a soñar en grande, pero sobre todo por amarme. Los amo con todo mi corazón y nunca me cansaré de agradecerles.

A mis queridos hermanos: Jhon Michael Martínez Pérez y Anghela Marcela Martínez Pérez, porque cuando me sentía cansada me animaban y nunca perdieron la fe en mí. Los amo.

A mí amado novio: Carlos Alberto Morales Torres, por enseñarme lo bello que es la vida, brindarme su apoyo incondicional y celebrar mis logros. Te amo hoy y siempre.

A todas mis amistades: Wilfredo Granados, Irma Azahar, Rosa Morales y Lourdes Marroquín, que con su compañía hicieron que el tiempo de estudio fuera ameno y se convirtieron en familia en estos últimos años, gracias por su apoyo y confianza depositada, los quiero mucho.

Diana Marisol Martínez Pérez

INDICE GENERAL

Resumen

Capítulo	NºPág.
CAPITULO I	
1.0 Introducción	xxii
CAPITULO II	
2.0 Objetivos.	
CAPITULO III	
3.0 Marco Teórico.	25
3.1 Verduras y hortalizas.	25
3.1.1 Generalidades.	25
3.1.2 Valor nutritivo.	25
3.1.3 Clasificación	25
3.1.4 Importancia de los vegetales en la salud humana.	28
3.2 Tomate.	28
3.2.1 Origen.	28
3.2.2 Taxonomía.	28
3.2.3 Aspectos botánicos.	29
3.2.3.1 Semilla	29
3.2.3.2 Germinación	29
3.2.3.3 Raíz	30
3.2.3.4 Floración	30
3.2.3.5 Patrón de fructificación	30
3.2.4 Etapas fenólicas	31
3.2.5 Variedad	32
3.2.6 Valor Nutricional	33

3.3 Generalidades de las buenas prácticas agrícolas (BPA)	34
3.3.1 Objetivos de las Buenas Prácticas Agrícola.	34
3.3.2 Tipos de riesgos potenciales de contaminación de cultivos.	34
3.4 Generalidades del plomo.	35
3.4.1 Características.	35
3.4.2 Obtención	36
3.4.3 Usos.	36
3.5 Contaminación por plomo.	36
3.5.1 Fuentes Naturales.	36
3.5.2 Fuentes antropogénicas.	37
3.6 Efectos del plomo.	38
3.6.1 Efectos ambientales.	39
3.6.2 Nivel máximo de plomo permitido en productos alimenticios.	39
3.6.3 Efectos en la población humana.	42
3.6.4 Fuentes y vías de exposición	42
3.6.5 Toxicocinética.	43
3.6.6 Dosis tóxica.	43
3.7 Tipos de intoxicación	43
3.7.1 Intoxicación aguda.	44
3.7.2 Intoxicación crónica.	45
3.8 Carga de morbilidad debida a la exposición al plomo.	45
3.9 Espectrometría de absorción atómica (AAS).	47
3.9.1 Fundamento.	48
3.9.2 Instrumentación.	50
3.9.3 Métodos analíticos de absorción atómica para identificar el plomo.	50
3.9.4 Espectrometría de absorción atómica por horno de grafito	
CAPITULO IV	53

4.0 Diseño metodológico.	53
4.1 Tipo de estudio.	53
4.2 Investigación Bibliográfica.	54
4.3 Investigación de Campo.	57
4.4 Parte experimental	
CAPITULO V	68
5.0 Resultados y discusión de resultados.	68
5.1 Resultado de la prueba piloto en una muestra de Tomate.	68
5.2 Identificación botánica de la muestra de Tomate.	68
5.3 Resultados de la cuantificación de plomo en las muestras de <i>Lycopersicum esculentum</i> L. (Tomate).	72
5.4 Comparación de las concentraciones de Plomo en ppm por cada variedad o zona de cultivo y el límite permitido de Plomo por la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación/Organización Mundial Salud (FAO/OMS) Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius.	75
5.5 Comparación de los promedios de plomos en ppm entre cada variedad (3064, Toliman y Tocayo) zona de cultivo con el límite permitido por la Normativa del Comité Mixto Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y Alimentación / Organización Mundial de Salud (FAO/OMS) Expertos en Aditivos	77 77 78 81 85

Alimentarios

(JECFA) y Codex Alimentarius.

5.6 Resultados de los 5 controles de calidad.

5.7 Resultado del análisis del agua de riego del pozo de los cultivos

5.8 Análisis de varianza de un factor (ANOVA).

CAPITULO VI

6.0 Conclusiones

CAPITULO VII

7.0 Recomendaciones

Bibliografía.

Anexos.

INDICE DE FIGURAS

Figura N°		N°Pág.
1	Ilustración de <i>Lycopersicon esculentum</i> L. (Tomate).	28
2	Etapas fenológicas del tomate.	32
3	Espectroscopia de absorción atómica. Procesos durante la atomización.	46
4	Los principales componentes de un espectrofotómetro de absorción atómica.	48
5	Puntos de muestreo en forma de zigzag para la recolección del material vegetal	56
6	Gráfica de las concentraciones de Plomo (ppm) en 32 muestras de <i>Lycopersicon esculentum</i> (Tomate) de la variedad o zona de cultivo (3064) por el método de espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito.	73
7	Gráfica de las concentraciones de Plomo (ppm) en 32	74

- muestras de *Lycopersicon esculentum* (Tomate) de la variedad o zona de cultivo (Toliman) por el método de espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito.
- 8 Gráfica de las concentraciones de Plomo (ppm) en 32 muestras de *Lycopersicon esculentum* (Tomate) de la variedad o zona de cultivo (Tocayo) por el método de espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito. 75
- 9 Gráfica de las concentraciones de Plomo promedio en *Lycopersicon esculentum* (Tomate) por variedad o zona de cultivo por el método de espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito. 76
- 10 Ubicación satelital de las variedades o zonas de cultivos del Valle de Zapotitán (A = 3064, B = Toliman y C = Tocayo)
- 11 Recolección, identificación y transporte de las muestras.
- 12 Limpieza de las muestras.
- 13 Deshidratación de las muestras.
- 14 Trituración de las muestras.
- 15 Incineración por secado.
- 17 Procedimiento para la cuantificación de Plomo.
- 18 Esquema de dilución de la solución stock.
- 19 Esquema de dilución de las soluciones estándares.

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°		N°Pág.
1	Partes comestibles de las verduras y hortalizas.	27
2	Taxonomía <i>Lycopersicon esculentum</i> L. (Tomate).	28
3	Riesgos potenciales según la BPA.	35
4	Complementos de Excel	
5	Análisis de datos Excel	
6	Análisis de varianza de un factor	

INDICE DE TABLAS

Tabla N°		N°Pág.
1	Valor nutricional según el Instituto Nutricional de Centroamérica y Panamá.	33
2	Límite máximo de plomo según la normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius.	40
3	Concentraciones de Plomo en las muestras de Tomate.	70
4	Resultados obtenidos de los 5 controles de calidad.	77
5	Resumen del análisis de varianza de un factor para la matriz Tomate.	79
6	Análisis de varianza de un factor para la matriz Tomate.	79
7	Composición de Alimentos de Centroamérica y Panamá (Segunda Edición).	
8	Letras de código para el tamaño de la muestra.	
9	Inspección normal: muestreo simple.	
10	Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense norma para la clasificación de los recursos hídricos NTON 05 007.	
11	Ley Federal Mexicana de Derechos en Materia de Agua.	
12	Norma Salvadoreña de Agua y Agua Potable, valores para sustancias químicas de tipo inorgánico de alto riesgo para la salud.	
13	Recolección de datos.	

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°

- 1 Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica y Panamá (Segunda Edición).
- 2 Resultado de la prueba piloto en la muestra (Tomate 12-03).
- 3 Ubicación geográfica del Valle de Zapotitán y las variedades o zonas de cultivos.
- 4 Recolección, limpieza y preparación de las muestras de *Lycopersicon esculentum L* (Tomate).
- 5 Identificación botánica realizada en el Jardín Botánico La Laguna.
- 6 Reactivos, material y equipo.
- 7 Preparación de reactivos.
- 8 Planteamiento de cálculos para la preparación de la solución stock 20 ppb y soluciones estándares de Plomo.
- 9 Cascadas de dilución, esquemas de dilución para la preparación de solución stock 20 ppb, soluciones estándares y cálculos para la determinación de Plomo
- 10 Certificado de Calidad de Spectroquant® Test Plomo.
- 11 Aplicación del Análisis de varianza de un factor a través de Excel 2016
- 12 Tablas de muestreo militar estándar.
- 13 Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense norma para la clasificación de los recursos hídricos NTON 05 007-98, Ley Federal Mexicana de Derechos en Materia de Agua y la Norma Salvadoreña de Agua y Agua Potable.
- 14 Certificado de análisis del estándar de Plomo.
- 15 Formato para la recolección de datos.

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

OMS	Organización Mundial de la Salud.
FDA	Administración de Alimentos y Drogas (Food and Drug Administration).
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería.
°C	Grados Celsius.
ppm	Partes Por Millón
ppb	Partes Por Billón
JECFA	Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios.
Pb	Plomo
NTON	Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense
EAA	Espectrometría de Absorción Atómica
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura
m	Metros
g	Gramos
mg	Miligramos
mcg	Microgramos
L	Litro
%	Porcentaje
GFAAS	Espectrometría de absorción atómica por horno de grafito
BPA	Buenas Prácticas Agrícolas

UV	Ultra Violeta
Cmx	Concentración de la alícuota de la muestra.
Cst	Concentración de la solución estándar.
Ast	Absorbancia de la solución estándar.
Amx	Absorbancia de la alícuota de la muestra.
FD	Factor de dilución.
mL	Mililitros.
µL	Microlitros.
mA	Miliamperios.
nm	Nanómetros.
S	Desviación típica estándar.
Xi	Muestra individual.
X	Promedio de muestras.
n	Numero de muestras.
Σ	Sumatoria desde muestra 1 a “n” número de muestras.
Kg	Kilogramos.
ANOVA	Análisis de Varianza de un Factor
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo cuantificar las concentraciones de Plomo en 96 muestras de *Lycopersicon esculentum* (Tomate), obtenidas de tres variedades diferentes de Tomate o zonas de cultivos (3064, Toliman, Tocayo) del valle de Zapotitán que pertenece al Sitio del Niño.

Las muestras se analizaron por Espectrometría de Absorción Atómica con horno de grafito comparando cada muestra y el promedio por variedad o zona de cultivo con el valor de la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius de 0.1 ppm. El agua de pozo utilizada para riego de los cultivos o variedades se analizó para determinar si el agua era una de las posibles fuentes de contaminación de los Tomates utilizando un Test de Plomo Método fotométrico 0.010 - 5.00 mg/L Pb Spectroquant.

Las 96 muestras de Tomate tienen Plomo, dos de ellas, las muestras Toliman B₂₉ (0.1050 ppm) y B₃₀ (0.1035 ppm) superan el límite permitido por la Normativa y ninguno de los tres promedios de las variedades o zonas de cultivos lo sobrepasa. El agua del pozo está contaminado de Plomo con 1.27mg/L superando el valor permitido en las tres normativas con las que se comparó convirtiéndolo en la principal fuente de contaminación de los cultivos de Tomate. Se recomienda realizar tratamientos al agua del pozo o dejar de utilizar para el riego de los cultivos.

El Análisis de Varianza de un Factor confirmó que las concentraciones de Plomo no difieren según el lugar de recolección de las muestras. También se analizó las muestras de Tomates por la técnica de muestro Militar Estándar,

rechazando este lote de Tomates, debido a que da como resultado 2 unidades rechazadas cuando solo permite 1.

Este estudio se realizó en un periodo de un año en los laboratorios de Análisis Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia y en los Laboratorios de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

CAPITULO I
INTRODUCCION

1.0 INTRODUCCION

Se considera que los alimentos de procedencia vegetal constituye un hábito de vida más sano debido a su contenido bajo en calorías, bajo colesterol además de presencia de ácidos grasos poliinsaturados (omega). Sin embargo se debe tomar en cuenta el posible riesgo de que sustancias tóxicas; como los metales pesados, se adhieran en su proceso de plantación, obtención, distribución y comercialización del mismo. Debido a que el Plomo es uno de los metales pesados altamente acumulativo y prevalente, se consideró determinar dicho metal en una especie vegetal de alto consumo para el humano y que a la vez se cosecha en el país, como lo es el Tomate de cocina.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el Plomo es una de las diez sustancias químicas que representan un riesgo para la salud pública, debido a los daños que genera a nivel de riñones, huesos e hígado; y a las diferentes maneras en las que las verduras y hortalizas lo pueden absorber y acumular, a través de aire, suelo y agua contaminado.

La demanda de Tomate aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio, el pueblo Salvadoreño no se queda atrás; según datos del Censo Agropecuario 2012-2013, para este período se cultivaron un total 14,527.40 toneladas métricas; esta cantidad no logro satisfacer la demanda nacional, por lo que fue necesario importar. A pesar de la alza del cultivo del Tomate, el sector agrícola de El Salvador aún no cuenta con normas de producción, comercialización y manejo de estos productos, el único Organismo encargado de formular, proponer y controlar la legislación referente al sector es el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), quien, a la fecha, únicamente tiene un Reglamento de Buenas Prácticas Agrícolas que aún no se pone en

práctica por falta de recursos para llevar a cabo las verificaciones y evaluaciones.

En esta investigación se exponen características, así como una identificación botánica de la especie, para asegurar que se está evaluando la especie conocida como *Lycopersicon esculentum*, posibles formas de contaminación por Plomo y riesgos toxicológicos, basados en la Organización Mundial de la Salud (OMS), Food and Drug Administration (FDA) y Codex Alimentarius, que a su vez establecen límites máximos permitidos del metal pesado en cuestión y que servirá para comparar los datos obtenidos entre cada muestra y entre los tres promedios de las variedades o zonas de cultivos. También con la finalidad de ampliar criterios en la investigación se realizó un muestreo puntual y dirigido al agua del riego de un pozo de la zona de los cultivos de las variedades analizadas, para determinar si el agua era una de las posibles fuentes de contaminación de los Tomates. Se utilizó un Test de Plomo Método fotométrico 0.010 - 5.00 mg/L Pb Spectroquant®, comparando el resultado con la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para la clasificación de los recursos hídricos NTON 05 007-98, Ley Federal de Derechos Mexicana en Materia de Agua y la Norma Salvadoreña de Agua y Agua Potable.

Para la investigación, la especie vegetal se recolectó de tres cultivos de variedades diferentes de Tomate en cada uno, del Sitio de Niño que a su vez pertenecen al Valle de Zapotitán, en muestras fueron 96 más 5 controles de calidad, fueron deshidratadas, trituradas, calcinadas y tratadas con reactivos específicos para obtener la solución con los clorhidratos de plomo que posteriormente se analizaron por medio del método de Espectrometría de Absorción Atómica (EAA) con horno de grafito de la Facultad de Ciencias Agronómicas, debido a que es el método más eficaz para determinar y cuantificar Plomo. Este estudio se realizó en un periodo de 1 año en los laboratorios de Análisis Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y

Farmacología y en los Laboratorios de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar Plomo en *Lycopersicon esculentum* (Tomate) por espectrometría de absorción atómica con horno de grafito.

2.2 Objetivos Específicos

- 2.2.1 Identificar Botánicamente las muestras recolectadas de *Lycopersicon esculentum* (Tomate).
- 2.2.2 Cuantificar el Plomo en *Lycopersicon esculentum* (Tomate) por espectrometría de absorción atómica con horno de grafito.
- 2.2.3 Comparar las concentraciones de Plomo con los valores establecidos por los organismos reguladores a nivel mundial, la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivo Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius.
- 2.2.4 Comparar los resultados entre cada sitio de recolección de las muestras.

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEORICO

3.1 VERDURAS Y HORTALIZAS.

3.1.1 Generalidades. ⁽⁸⁾

Este término se aplica a las plantas comestibles que almacenan alimento de reserva en las raíces, tallos, hojas o frutos y que se comen crudas o cocidas. Las verduras u hortalizas constituyen un amplio y variado grupo de alimentos.

3.1.2 Valor nutritivo. ⁽⁸⁾

Las hortalizas contienen gran cantidad de agua del 70 al 95 por ciento. A pesar de ello, siguen en importancia a los cereales como fuente de hidratos de carbono. Estos suelen presentarse en forma de almidón, azúcar, celulosa, pectinas y otras sustancias. Las proteínas son escasas y las grasas están almacenadas en muy pequeña cantidad. Sin embargo, el valor alimenticio de las hortalizas aumenta por la presencia de sales minerales y vitaminas.

3.1.3 Clasificación. ⁽⁸⁾

Las hortalizas se pueden clasificar en tres grupos, según la parte comestible:

- **Hortalizas que acumulan el alimento en órganos subterráneos. ⁽⁸⁾**

Morfológicamente los órganos de almacenamiento pueden ser muy diferentes. Algunos son raíces verdaderas mientras que otros representan tallos modificados tales como los rizomas, tubérculos y bulbos. Todas estas estructuras están bien adaptadas al

almacenamiento por su especial situación. Muchas plantas tanto silvestres como cultivadas, poseen órganos subterráneos carnosos. A pesar de que almacenan menos material nutritivo que los frutos secos y semillas, las hortalizas resultan muy valiosas por ser fácilmente digeribles y por contener gran cantidad de energía. Las raíces y tubérculos son ricos en carbohidratos y pobres en proteínas, grasa, minerales y vitaminas.

- **Hortalizas cuya parte nutritiva son los órganos verdes.** ⁽⁸⁾

Estas hortalizas acumulan el alimento en las partes que se desarrollan sobre el suelo. Son las verduras y las plantas para ensalada. Casi todos los órganos del aparato aéreo de la planta pueden emplearse para almacenamiento. Por su composición química y su valor nutritivo estas hortalizas no difieren mucho de las anteriores; sin embargo, contienen más agua y, en consecuencia, menor proporción de hidratos de carbono. Su contenido proteínico es mayor. Poseen también una considerable cantidad de sales minerales y de vitaminas que las hace indispensables en la dieta del hombre. La vitamina A se encuentra en las verduras en forma de caroteno. El grupo de hortalizas según sus características y su valor nutritivo, se subdivide en tres subgrupos: vegetales verdes y amarillos, otros vegetales. Al hacer esta clasificación se tomó en cuenta el uso que se hace de los mismos en los distintos países y su valor nutritivo. Por ser la deficiencia de vitamina A uno de los problemas nutricionales más serios en algunas áreas de Latinoamérica, se dividieron los vegetales en dos clases, de acuerdo con su contenido de esta vitamina.

En la primera clase se encuentran la mayoría de las hojas verdes y algunos vegetales amarillos; se llama a este subgrupo vegetales verdes y amarillos. Este término incluye los alimentos de origen vegetal, ricos en vitamina A, hierro, calcio y vitamina C. contienen además, riboflavina y niacina, pero en menor cantidad. Se utilizan corrientemente en el almuerzo y la cena, como parte de platos salados ya sean cocidos o crudos.

Otros vegetales. El término “otros vegetales “se emplea para designar los alimentos de origen vegetal que son consumidos en forma de platos salados como parte del almuerzo y cena, y cuyo valor nutritivo es inferior, especialmente en lo referente a vitamina A, al de los incluidos en el grupo de vegetales verdes y amarillos. Por lo general, estos alimentos contienen gran cantidad de agua, pequeñas cantidades de calcio y hierro y cantidades apreciables de vitamina C.

- **Hortalizas cuya parte nutritiva son los frutos.** ⁽⁸⁾

Estos frutos raramente se comen crudos, excepto en ensaladas; por lo general deben ser cocinados. Es decir, se utilizan más bien como verduras que como frutos. En cuanto a su valor nutritivo y a otras propiedades se parecen a las demás hortalizas.

Cuadro N° 1 Partes comestibles de las verduras y hortalizas. ⁽¹¹⁾

Parte comestible	Ejemplos
Hojas	Chipilín, lechuga, hierva mora, amaranto, repollo, etc.
Tallos	Apio, hinojo, perejil , etc.
Flores	Izote, brócoli, ayote, coliflor, loroco, alcachofa, etc.
Semillas	Ajonjolí, amaranto, guisantes, etc.
Raíces	Zanahoria, nabo, rábano, remolacha, etc.

Tubérculos	Papa, yuca, camote, etc
Bulbos	Cebolla, ajos, etc.

3.1.4 Importancia de los vegetales en la salud humana. ⁽⁸⁾.

Generalmente, los vegetales son bajos en energía y son buena fuente de fibra, vitaminas, minerales y otros micros constituyentes bioactivos, los cuales pueden tener un efecto positivo en la prevención de diferentes enfermedades.

3.2 *Lycopersicon esculentum* L. (TOMATE)



Figura N° 1: Ilustración de *Lycopersicon esculentum* L. (Tomate). ⁽²⁸⁾

3.2.1 Origen. ⁽²⁸⁾

El Tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) es una planta originaria de la planicie costera occidental de América del Sur. Fue introducido por primera vez en Europa a mediados del siglo XVI; a principios del siglo XIX se comenzó a cultivar comercialmente, se inició su industrialización y la diferenciación de las variedades para mesa y para industria.

3.2.2 Taxonomía.

Cuadro N° 2: Taxonomía *Lycopersicon esculentum* L. (Tomate). ⁽¹¹⁾

Nombre común	Tomate
Género	<i>Lycopersicon</i>
Especie	<i>Esculentum</i>

Familia	Solanaceae
Subfamilia	Solanoideae
Tribu	Solaneae

3.2.3 Aspectos botánicos. ⁽²⁸⁾

La planta de Tomate es anual, de porte arbustivo. Se desarrolla de forma rastrera, semierecta o erecta, dependiendo de la variedad. El crecimiento es limitado en las variedades determinadas y es ilimitado en las indeterminadas.

13.2.3.1 Semilla. ⁽²⁸⁾ ⁽²⁴⁾

La Semilla de tomate es aplanada y de forma lenticelar con dimensiones aproximadas de 3 x 2 x 1 mm.

Si se almacena por periodos prolongados se aconseja hacerlo a humedad del 5.5%. Una semilla de calidad deberá tener un porcentaje de germinación arriba del 95%

3.2.3.2 Germinación. ⁽²⁸⁾

El proceso de germinación comprende tres etapas:

- a) Rápida absorción, que dura 12 horas, se produce una rápida absorción de agua.
- b) Reposo, dura 40 horas, durante la cual no se observa ningún cambio; la semilla comienza a absorber agua de nuevo.
- c) Crecimiento: asociada al proceso de germinación de la semilla.

Este proceso necesita elevadas cantidades de oxígeno; cuando la oxigenación es deficiente se reduce drásticamente la germinación, como suele ocurrir en suelos anegados.

La temperatura óptima oscila entre los 20 y 25 ° C; se produce mejor en la oscuridad, en algunas variedades resulta inhibida por la luz.

3.2.3.3 Raíz. ⁽²⁸⁾

El sistema radicular del tomate está constituido por: la raíz principal, las raíces secundarias y las adventicias.

Generalmente se extiende superficialmente sobre un diámetro de 1.5 m y alcanza más de 0.5 m de profundidad; sin embargo, el 70% de las raíces se localizan a menos de 0.20 m de la superficie.

3.2.3.4 Floración. ⁽²⁸⁾

La flor del tomate es perfecta, de color amarillo, consta de 5 o más sépalos, 5 o más pétalos y de 5 a 6 estambres; se agrupan en inflorescencias de tipo racimo cimoso, compuesto por 4 a 12 flores.

Temperaturas superiores a los 30°C ocasionan que el polen no madure, por lo tanto no hay fecundación, observándose aborto floral o caída de flor. Por lo que se recomienda seleccionar variedades que se adapten a este tipo de condiciones ambientales.

Las variedades de tomate de crecimiento determinado inician su floración entre los 55 a 60 días después de sembrados; mientras que las de crecimiento indeterminado, entre los 65 a 75 días después de la siembra.

3.2.3.5 Patrón de fructificación. ⁽²⁸⁾

Para que ocurra una buena fecundación (cuaje) de frutos, se requiere que la temperatura nocturna sea menor que la diurna, en aproximadamente 6° C. La temperatura nocturna debe oscilar entre el rango de los 13 - 26°C, para la mayoría de las variedades, pues si la temperatura interna del fruto es mayor a 30°C, se inhibe la síntesis de licopeno (compuesto responsable del color rojo del fruto) produciéndose frutos con maduración y coloración no uniforme.

El inicio de la fructificación ocurre entre los 60 a 65 días después de la siembra, y la primera cosecha puede realizarse entre los 75 a 80 días, si la variedad es de crecimiento determinado. Si es indeterminada la fructificación da inicio entre los 70 a 80 días, y la primera cosecha se realiza entre los 85 a 90 días después de siembra.

El número de cortes dependerá del manejo dado al cultivo de tomate, de las condiciones climáticas imperantes durante su ciclo de cultivo y de su hábito de crecimiento. Sin embargo, pueden realizarse en promedio de 7 a 8 cortes en las variedades de crecimiento determinado, y de 12 a 15 cortes en las indeterminadas.

3.2.4 Etapas fenológicas. (28)

La fenología del cultivo comprende las etapas que forman su ciclo de vida. Dependiendo de la etapa fenológica de la planta, así son sus demandas nutricionales, necesidades hídricas, susceptibilidad o resistencia a insectos y enfermedades.

En el cultivo del tomate, se observan 3 etapas durante su ciclo de vida:

- Inicial.

Comienza con la germinación de la semilla. Se caracteriza por el rápido aumento en la materia seca, la planta invierte su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis.

- Vegetativa.

Esta etapa se inicia a partir de los 21 días después de la germinación y dura entre 25 a 30 días antes de la floración. Requiere de mayores cantidades de nutrientes para satisfacer las necesidades de las hojas y ramas en crecimiento y expansión.

- Reproductiva.

Se inicia con el fructificación, dura entre 30 o 40 días, y se caracteriza porque el crecimiento de la planta se detiene y los frutos extraen los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración.

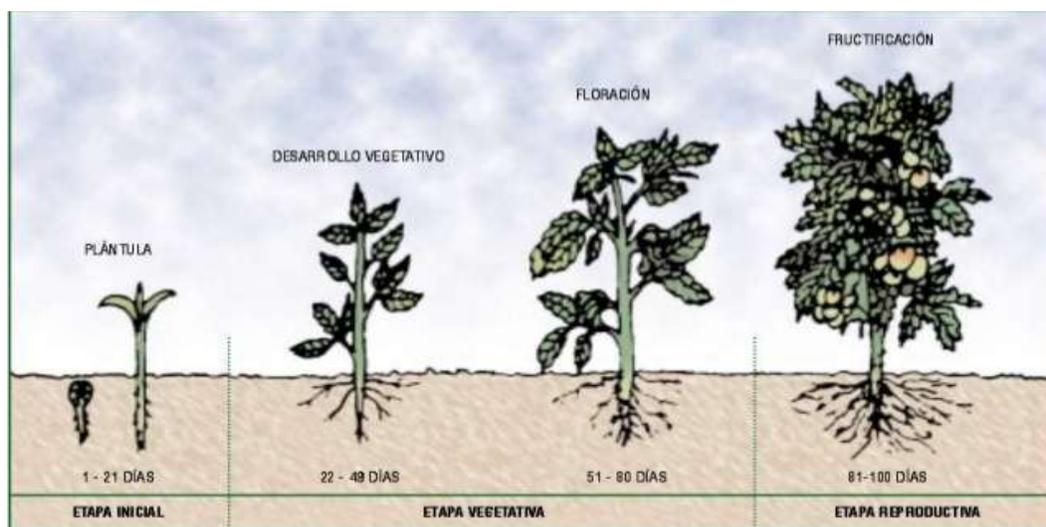


Figura N°2: Etapas fenológicas del tomate (28).

3.2.5 Variedad. (28) (36)

Santa Clara, Butte, Peto 98, Gem Pride, Trinity Pride. Gem star, Heat Master, Maya, Tolstoi, Sheriff, Silverado, 3064, Toliman, Tocayo.

La disponibilidad de material genético en el mercado es mayor.

De las variedades antes mencionadas las que fueron parte del muestreo son 3064, Toliman y Tocayo.

3.2.6 Valor nutricional. ⁽¹⁸⁾

Tabla N° 1 Valor nutricional de *Lycopersicon esculentum* L (Tomate) según el Instituto Nutricional de Centroamérica y Panamá (Ver Anexo N°1)

Parámetro	Valor
Agua	93.80 %
Energía	21 kcal
Proteína	0.80 g
Grasa total	0.30 g
Carbohidratos	4.60 g
Fibra Dietética Total	1.20 g
Ceniza	0.50 g
Calcio	7 mg
Fosforo	24 mg
Hierro	0.60 mg
Tiamina	0.06 mg
Riboflavina	0.05 mg
Niacina	0.70 mg
Vitamina C	23 mg
Vitamina A Equivalente Retinol	42 mcg
Ácidos Grasos Monoinsaturados	0.05 g
Ácidos Grasos Poliinsaturados	0.14 g
Ácidos Grasos Saturados	0.05 g
Colesterol	0 mg
Potasio	237 mg
Sodio	5 mg
Zinc	0.17 mg
Magnesio	-
Vitamina B6	0.08 mg
Vitamina B12	0.00 mcg
Ácido Fólico	0 mcg

Folato Equivalente FD	15 mcg
Fracción Comestible	0.98%

3.3 GENERALIDADES DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA). ⁽¹⁾

La globalización del comercio de productos agrícolas exige una adecuada realización de las actividades productivas y de manejo, para el caso del sector agrícola y así evitar la posibilidad de que estos productos presenten contaminación de sustancias químicas o microorganismos que afecten a los consumidores.

Es así como surge la necesidad de aplicar un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas (BPA) aplicables a las diversas etapas de producción de productos frescos, con el fin de brindar un producto inocuo para el consumo directo o su proceso agroindustrial.

3.3.1 Objetivos de las Buenas Prácticas Agrícola. ⁽¹⁾

El objetivo de las BPA consiste en reducir la probabilidad de contaminación del cultivo que pueda poner en riesgo la inocuidad de las hortalizas y frutas o su aptitud para el consumo en etapas posteriores de la cadena alimentaria.

3.3.2 Tipos de riesgos potenciales de contaminación de cultivos. ⁽¹⁾

La importancia de conocer los riesgos de contaminación de los cultivos radica en la posible identificación de las fuentes que los emiten.

Es por ello que se deben considerar todas las etapas que conforman el ciclo del cultivo desde la preparación del terreno hasta su cosecha.

En el siguiente cuadro se clasifica los tipos de riesgos a los que están expuestos los cultivos, su clasificación y algunos ejemplos.

Cuadro N° 3 Riesgos potenciales según la BPA ⁽¹⁾.

Riesgos	Clasificación	Ejemplos
Físicos	Metal	Medallas, utensilios y alambre
	Vidrio	Botellas y Frascos
	Plástico	Material de empaque y botellas
	Otros	Piedra, Papel, etc.
Químicos	Naturales	Toxina de hongos
	Agrícolas	Plaguicidas, Fertilizantes y hormonas
	Metales pesados	Plomo, arsénico, mercurio y cadmio
Microbiológicos	Bacterias	<i>Salmonella</i> y <i>Vibrio cholerae</i>

3.4 GENERALIDADES DEL PLOMO. ^{(24) (26)}

En la tabla periódica lo podemos encontrar con el símbolo Pb con el número atómico 82 y un peso atómico de 207.2.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera al plomo como una de las diez sustancias químicas que constituye una preocupación para la salud pública, causando problemas ambientales y de salud en muchas partes del mundo, ya que este se acumula y afecta a diversos sistemas del cuerpo, como por ejemplo el sistema nervioso, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular y renal. Los niños son más vulnerables a los efectos neurotóxicos. Además por su toxicidad la administración de alimentos y droga (FDA) regula el contenido del plomo en alimentos y pinturas para los hogares.

3.4.1 Características. ⁽³⁴⁾

Es un metal de color gris azulado, brillante en las superficies recientes, muy blando, muy maleable y es el menos tenaz de los metales, posee una gran densidad y punto de fusión bajo, cristaliza en octaedros y deja en el papel una mancha gris. La densidad es de 11.85, este valor, es el más alto dentro de la familia IV A, es uno de los factores, que lo convierte en un metal denso, toxico y acumulativo.

3.4.2 Obtención. ⁽¹⁷⁾

Es adquirido principalmente de la galena (PbS). Industrialmente, sus compuestos más importantes son los óxidos de plomo y el tetraetilo de plomo, además forma aleaciones con muchos metales y en general, se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Todas las aleaciones formadas con estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, cadmio y sodio tienen importancia industrial. Forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos.

3.4.3 Usos. ⁽¹⁷⁾

Empleado en baterías, munición, soldadura, tuberías, pigmentos, insecticidas, y aleaciones. También fue usado en gasolina por muchos años como un agente antidetonador en la forma de plomo tetraetil; su uso extendido ha causado una extensa contaminación.

3.5 CONTAMINACIÓN POR PLOMO

3.5.1 Fuentes naturales. ⁽¹⁷⁾

El plomo se encuentra presente de forma natural en la corteza terrestre, su abundancia promedio es 13 ppm; en suelos de 2.6 a 25 ppm; en corrientes

acuáticas de $3\mu\text{g/L}$, y aguas subterráneas es generalmente $<0.1\text{ mg/L}$. pero rara vez se encuentra en su estado elemental, el mineral más común es el sulfuro, la galeana, los otros minerales de importancia comercial son el carbonato, cerusita, y el sulfato, anglesita, que son mucho más raros. También se encuentra plomo en varios minerales de uranio y de torio, ya que proviene directamente de la desintegración radiactiva (decaimiento radiactivo). Los minerales comerciales pueden contener tan poco plomo como el 3%, pero lo más común es un contenido de poco más o menos el 10%. Los minerales se concentran hasta alcanzar un contenido de plomo de 40% o más antes de fundirse.

3.5.2 Fuentes antropogénicas. ⁽¹⁷⁾

El uso más amplio del plomo, como tal, se encuentra en la fabricación de acumuladores. Otras aplicaciones importantes son:

- La fabricación de tetraetilplomo.
- Forros para cables.
- Elementos de construcción.
- Pigmentos.
- Soldadura suave y municiones.
- Amplio uso en la construcción, en particular en la industria química. Es resistente al ataque por parte de muchos ácidos, porque forma su propio revestimiento protector de óxido.
- Se utilizan una gran variedad de compuestos de plomo, como los silicatos, los carbonatos y sales de ácidos orgánicos, como estabilizadores contra el calor y la luz para los plásticos de cloruro de polivinilo.
- Se usan silicatos de plomo para la fabricación de fritas de vidrio y de cerámica.

- El azuro de plomo, $Pb(N_3)_2$, es el detonador estándar para los explosivos
- Los arsenatos de plomo se emplean en grandes cantidades como insecticidas para la protección de los cultivos.
- El litargirio (óxido de plomo) se emplea mucho para mejorar las propiedades magnéticas de los imanes de cerámica de ferrita de bario.
- Más de tres cuartas partes del consumo mundial de plomo corresponden a la fabricación de baterías de plomo-ácido para vehículos de motor.
- Su presencia en abastecimientos de agua puede provenir de descargas industriales, mineras, de hornos de fundición o de la disolución de algunas tuberías.

3.6 EFECTOS DE PLOMO.

3.6.1 Efectos ambientales. ⁽¹⁷⁾

Debido a la aplicación del plomo en gasolinas, un ciclo no natural del plomo, este tiene lugar en los motores, cuando es quemado genera sales de plomo (cloruros, bromuros, óxidos) y estas sales de plomo entran en el ambiente a través de los tubos de escape de los coches. Las partículas grandes precipitarán en el suelo o la superficie de aguas, las pequeñas partículas viajarán largas distancias a través del aire y permanecerán en la atmósfera. Parte de este plomo caerá de nuevo sobre la tierra cuando llueva. Este ciclo causado por la producción humana está mucho más extendido que el ciclo natural del mismo, otras actividades humanas, como la combustión del petróleo, procesos industriales, combustión de residuos sólidos, también contribuyen, dañando la vida silvestre.

- **Efecto en el reino animal.**

El plomo se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y organismos del suelo, estos experimentarán efectos en su salud por envenenamiento. Los efectos sobre la salud de los crustáceos pueden tener lugar incluso cuando sólo hay pequeñas concentraciones de plomo presente. El fitoplancton es una fuente importante de producción de oxígeno en mares y animales marinos grandes lo comen, pero las funciones de este pueden ser perturbadas cuando se ven en contacto con dicho elemento, llevándolo a entrar en las cadenas alimenticias.

- **Efecto en el reino vegetal.**

En sitios contaminados con plomo y otros metales pesados, la estructura de la vegetación se encuentra reducida, las altas concentraciones inhiben la germinación de semillas, el crecimiento y desarrollo, además de alterar muchos procesos bioquímicos y fisiológicos. Su presencia daña las membranas de las células, reduce la transpiración, impide la síntesis de proteínas, daña e inhibe la fotosíntesis, afecta la actividad de varias enzimas y la radícula saliente, por ende el crecimiento de la planta. El efecto en la germinación de semillas puede depender de su penetración a través de la cubierta de la semilla, lo cual puede alterar una serie de procesos fisiológicos involucrados, dicha penetración se da con mayor facilidad en ciertas especies.

3.6.2 Nivel máximo de plomo permitido en productos alimenticios. ^{(1), (6) y (7)}

Los metales se encuentran en todos los organismos vivos y poseen diferentes roles, pueden ser elementos estructurales, estabilizadores de estructuras biológicas, componentes de mecanismos de control y activadores de los sistemas redox; por ello algunos metales son elementos esenciales y su deficiencia afecta a las funciones biológicas, sin embargo, cuando estos se presentan en exceso pueden llegar a ser tóxicos. Los efectos que estos

elementos tienen sobre la salud del ser humano dependen de la naturaleza del compuesto, ruta de exposición, tiempo de exposición y dosis de exposición.

El Codex Alimentarius, órgano de las Naciones Unidas, es la entidad responsable de regular los alimentos y ha acordado nuevas normas para proteger la salud de los consumidores en todo el mundo, entre ellas, normas referentes a las frutas, hortalizas, pescado, productos pesqueros y piensos. La Comisión del Codex gestionada conjuntamente por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), establece normas internacionales de inocuidad y calidad de los alimentos a fin de fomentar la producción de alimentos más sanos y nutritivos para los consumidores en todo el mundo. Las normas del Codex sirven en muchos casos para fundamentar la legislación nacional y como criterio de referencia en materia de inocuidad de los alimentos.

A continuación se hace referencia al nivel máximo de plomo permitido en hortalizas de hojas y hortaliza de flor, representados en la tabla N° 2 según normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius..

Tabla N° 2 Límite máximo de plomo según la normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius ⁽⁴⁾

Nombre científico	Nombre común	Nivel (mg/Kg)
<i>Lycopersicon esculentum L.</i>	Tomate	0.1

3.6.3 Efecto en la población humana. ^{(1), (7), (17), (25)}

Tanto los niños como los adultos son susceptibles de sufrir efectos adversos por la exposición al plomo, aunque hay diferencias entre ellos en cuanto a las vías típicas de exposición y sus efectos.

Los fetos en desarrollo también están en riesgo de sufrir consecuencias adversas en su salud (menos del 1% tienen niveles mayores o iguales a 10 $\mu\text{g/dL}$), pues los niveles que representan un riesgo para el feto no necesariamente representan un riesgo para la madre. El desarrollo incompleto de la barrera hemato-encefálica en los fetos y en niños muy pequeños (hasta 36 meses de edad) aumenta el riesgo de que el plomo ingrese al sistema nervioso en desarrollo, lo cual puede dar como resultado desórdenes permanentes o prolongados, a nivel neurológico y de comportamiento.

Debido a su comportamiento y a su fisiología, los niños se ven más afectados que los adultos por la exposición al plomo, debido a que los niños absorben con más facilidad que los adultos, ya que ellos ingieren tierra y polvo caseros contaminados con plomo a tasas mayores que los adultos por su costumbre de llevarse continuamente las manos a la boca, esta población tienen una tasa de ventilación mayor que los adultos, por lo que inhalan un mayor volumen de aire por kilogramo de peso. Además, se estima que el porcentaje de plomo absorbido en el aparato digestivo, especialmente en un estómago vacío, es de 5 a 10 veces mayor en los infantes y en los niños pequeños que en los adultos, el exponer a los niños al plomo puede afectar adversamente el desarrollo del cerebro, sistema nervioso, sistema excretor, endocrino y hematológico.

La mayor parte de los casos en adultos son de naturaleza ocupacional y ocurren en las industrias relacionadas con el plomo, tales como las industrias manufactureras y de refinación. También aumentan su riesgo de exposición al

plomo las personas que usan pinturas, pigmentos, maquillaje facial, o tintes para el cabello que tengan plomo o acetato de plomo.

El plomo también puede causar varios efectos no deseados, como son:

- Perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia.
- Incremento de la presión sanguínea.
- Daño a los riñones.
- Abortos y abortos sutiles.
- Perturbación del sistema nervioso.
- Daño al cerebro.
- Disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma.

3.6.4 Fuentes y vías de exposición. ⁽¹⁷⁾

Las personas pueden verse expuestas al plomo en su puesto de trabajo o en su entorno, principalmente a través de:

- La inhalación de partículas de plomo generadas por la combustión de materiales que contienen este metal (por ejemplo, durante actividades de fundición, reciclaje en condiciones no seguras o decapado de pintura con plomo, o al utilizar gasolina con plomo).
- La ingestión de polvo, agua o alimentos contaminados (por ejemplo, agua canalizada a través de tuberías de plomo o alimentos envasados en recipientes con esmalte de plomo o soldados con este metal).
- Otra fuente de exposición al plomo es el uso de determinados productos cosméticos y medicamentos tradicionales.

3.6.5 Toxico-cinética. ^{(20) (26)}

1. Absorción

Las vías de entrada del plomo inorgánico en el organismo son fundamentalmente la respiratoria y la digestiva. Por la vía respiratoria se absorbe entre el 30 y el 50% del plomo inhalado. Por la vía digestiva se absorbe el 10% (50% en los niños).

2. Distribución y vida media

El plomo absorbido es vehiculizado por la sangre y alrededor del 90% se fija en los glóbulos rojos. El plomo en el organismo sigue un modelo tricompartmental: el sanguíneo (el 2 % del contenido total, con una vida media de unas 5 semanas), el de los tejidos blandos (el 8%, con una vida media de unas semanas) y el óseo (representa el 90% del contenido total y con una vida media que oscila entre los 10 y 28 años).

3. Eliminación

La vía principal de eliminación es la renal. El plomo que se elimina por la saliva puede llegar a pigmentar el borde marginal de las encías.

3.6.6 Dosis toxica. ⁽¹⁷⁾

La dosis letal de plomo absorbida es de unos 0.5 gramos.

El riesgo de intoxicación crónica se considera a partir de 0.5 mg/día.

La concentración máxima permisible en el aire, en los puestos de trabajo es de 0.15 mg/m³.

3.7 TIPOS DE INTOXICACION.

3.7.1 Intoxicación aguda. ^{(1), (20)}

Es una exposición a cantidades elevadas de plomo durante un período breve de tiempo. La intoxicación aguda por compuestos de plomo actualmente es excepcional.

Las manifestaciones clínicas más importantes son:

- Alteraciones digestivas: dolores epigástricos y abdominales, vómitos, diarreas negruzcas y posteriormente la presencia de estreñimiento pertinaz. Excepcionalmente se han descrito casos de insuficiencia hepática aguda.
- Alteraciones hematológicas: anemia hemolítica.
- Alteraciones renales: insuficiencia renal aguda.
- Alteraciones neurológicas (encefalopatía saturnina). Es más frecuente en niños. Se manifiesta en forma de convulsiones, y coma, que puede conllevar a la muerte en días después de la intoxicación.

3.7.2 Intoxicación crónica. ^{(1), (20)}

Es una exposición a pequeñas cantidades de plomo durante un largo periodo de tiempo.

Los compuestos inorgánicos de plomo pueden ocasionar alteraciones: digestivas, hematológicas, neurológicas renales, endocrinas y del sistema reproductor.

- Las alteraciones digestivas se pueden manifestar en forma de un cuadro abdominal agudo ("cólico seco"), con dolores intensos y difusos, vómitos y constipación. También se han descrito casos de hepatitis tóxica.
- La anemia del saturnismo es debida a dos mecanismos: uno debido a la Inhibición de la síntesis de la hemoglobina (inhibiendo las enzimas delta-

50 aminolevulinico dehidrasa y la ferroquelatasa) y otro por hemólisis. Aparición de punteado basófilo.

- El plomo puede afectar al sistema nervioso central en forma de cefaleas, insomnio, alteraciones del carácter y de la memoria. También se ha relacionado la exposición al plomo con disminución del rendimiento escolar en niños. El plomo puede ocasionar una polineuropatía, de predominio motor que afecta principalmente a las extremidades superiores.
- La evolución crónica puede desencadenar una nefropatía plúmbica con destrucción de las células tubulares y aparición posterior de fibrosis. También se ha relacionado la exposición al plomo con la aparición de hipertensión arterial. La gota saturnina podría ser debida a la inhibición de la actividad de la guanasa (aumentando las concentraciones de guanina Insoluble y cristalizada en las articulaciones).
- Se han descrito casos de impotencia y alteraciones en los espermogramas (hipospermia, teratospermia y astenospermia), mientras que las mujeres expuestas al plomo presentan una mayor incidencia de esterilidad y abortos espontáneos.

3.8 CARGA DE MORBILIDAD DEBIDA A LA EXPOSICIÓN AL PLOMO. ⁽²⁰⁾

El Instituto de Sanimetría y Evaluación Sanitaria de los Estados Unidos de América, ha estimado que en 2013 la exposición al plomo causó 853 000 muertes debido a sus efectos a largo plazo en la salud, y que la mayor carga correspondió a los países de ingresos bajos y medianos. El Instituto estimó asimismo que la exposición al plomo fue responsable del 9,3% de la carga mundial de discapacidad intelectual idiopática, del 4% de la carga mundial de cardiopatía isquémica, y del 6,6% de la carga mundial de accidentes cerebrovasculares.

3.9 ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA (AAS). ⁽¹⁷⁾

Ésta técnica permite la determinación de, al menos, unos 70 elementos en cantidades tan bajas con razonable selectividad, pequeña manipulación y mínimo tamaño de muestra, además de la relativa facilidad y rapidez para utilizar el espectrofotómetro de absorción atómica. Aunque inicialmente se utilizó solo para la determinación de elementos metálicos, se han desarrollado métodos indirectos que permiten la cuantificación de una gran variedad de aniones y compuestos orgánicos.

La base de la espectroscopía de absorción atómica (EAA) la entregó Kirchhoff al formular su ley general: «cualquier materia que pueda emitir luz a una cierta longitud de onda también absorberá luz a esa longitud de onda». El significado práctico de esto fue recién desarrollado en 1955 por el australiano Walsh, apareciendo los primeros instrumentos comerciales a principios de 1960. Las técnicas espectroscópicas atómicas consisten en transformar la muestra en átomos libres. La absorción atómica es el proceso que ocurre cuando átomos en estado fundamental absorben energía radiante a una longitud de onda específica. La cantidad de radiación absorbida aumenta al número de átomos del elemento presente al hacerlo pasar por el camino óptico, utilizándose esto con fines analíticos cuantitativos. En la práctica las muestras se vaporizan y se convierten en átomos libres, proceso denominado atomización. Sobre el vapor atómico originado se hace incidir la radiación electromagnética que será absorbida parcialmente por el analito. Para la obtención del vapor atómico pueden utilizarse distintas fuentes, tales como una llama, energía eléctrica o un plasma, dando lugar a distintas técnicas.

A continuación se presenta un esquema que sintetiza el proceso que ocurre durante la atomización.

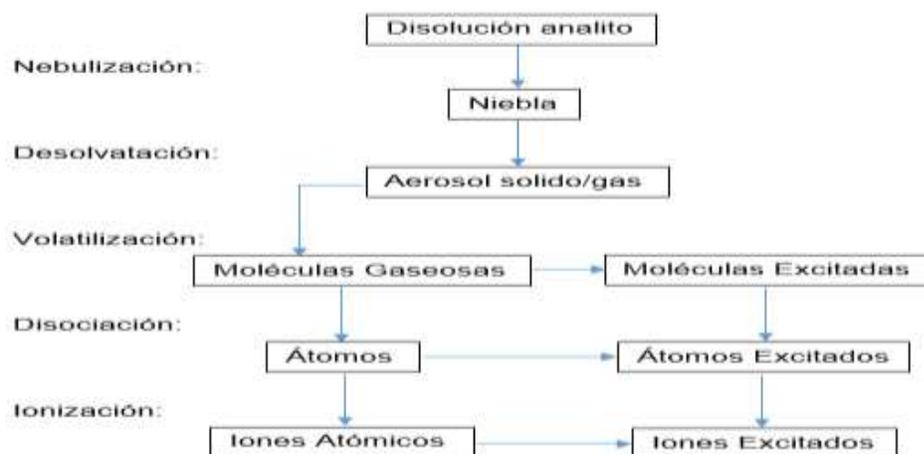


Figura N°3: Espectroscopia de absorción atómica. Procesos durante la Atomización. ⁽¹⁷⁾

3.9.1 Fundamento. ⁽¹⁷⁾

El átomo consiste de un núcleo y de un número determinado de electrones que llenan ciertos niveles cuánticos. La configuración electrónica más estable de un átomo corresponde a la de menor contenido energético conocido como “estado fundamental”. Si un átomo que se encuentra en un estado fundamental absorbe una determinada energía, éste experimenta una transición hacia un estado particular de mayor energía. Como este estado es inestable, el átomo regresa a su configuración inicial, emitiendo una radiación de una determinada frecuencia. La frecuencia de la energía radiante emitida corresponde a la diferencia de energía entre el estado excitado (E_1) y el estado fundamental (E_0) como se encuentra descrito en la ecuación de Planck:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

h = constante de Planck

ν = frecuencia

c = velocidad de luz

λ = longitud de onda

Según la teoría atómica, el átomo puede alcanzar diferentes estados (E_1 , E_2 , E_3, \dots) y de cada uno de ellos emitir una radiación (λ_1 , λ_2 , λ_3, \dots) característica, obteniéndose así un espectro atómico, caracterizado por presentar un gran número de líneas discretas. De la ecuación de Planck, se tiene que un átomo podrá absorber solamente radiación de una longitud de onda (frecuencia) específica. En absorción atómica interesa medir la absorción de esta radiación de resonancia al hacerla pasar a través de una población de átomos libres en estado fundamental. Estos absorberán parte de la radiación en forma proporcional a su concentración atómica.

La mayor parte de la información útil desde el punto de vista analítico se obtiene operando en las regiones del ultravioleta, visible y la correspondiente a los rayos X. A diferencia de los espectros moleculares en las regiones UV y visible, que suelen consistir en una serie de bandas anchas, los espectros atómicos están constituidos por picos estrechos y bien definidos, originados por transiciones entre distintos niveles de energía electrónica (en los átomos aislados no existen, evidentemente, niveles vibracionales ni rotacionales, esto explica la gran selectividad que suelen presentar estas técnicas). Así mismo, la sensibilidad también suele ser elevada y depende del número de átomos en estado fundamental (técnicas de absorción) y en estado activado (técnicas de emisión).

3.9.2 Instrumentación. ⁽¹⁵⁾.

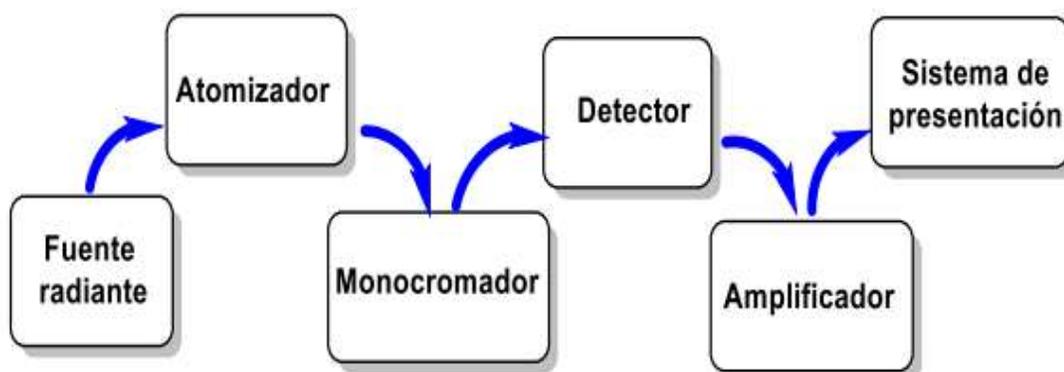


Figura N° 4: Los principales componentes de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Descripción de cada componente del Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

a) Fuente de radiación: Las fuentes de radiación empleadas en el espectrofotómetro de absorción atómica deben originar una banda estrecha, de intensidad adecuada y estabilidad suficiente, durante períodos de tiempo prolongados. Las más comúnmente utilizadas son las lámparas de cátodo hueco. Estas lámparas están constituidas por un cátodo metálico capaz de emitir radiaciones de las mismas longitudes de onda que son capaces de absorber los átomos del elemento que se desea analizar. En algunas ocasiones los cátodos están formados por más de un elemento, de manera que se pueden utilizar para su determinación sin necesidad de cambiar la lámpara. También puede disponerse de las llamadas lámparas de descarga gaseosa, en las cuales se produce la emisión por el paso de corriente a través de un vapor de átomos metálicos, y que se emplean tan solo para algunos elementos como el Hg (Ver Figura N° 4).

b) Sistema nebulizador-atomizador: El nebulizador y el sistema atomizador suelen estar integrados en uno, especialmente en los equipos de absorción atómica. En este sistema, la disolución de la muestra (o parte de ella) es inicialmente aspirada y dirigida como una fina niebla hacia la llama (atomizador), lugar donde se forman los átomos en estado fundamental. Para obtener la llama se requiere un combustible (por ejemplo, acetileno) y un oxidante (como el aire) La óptica de un espectrofotómetro de absorción atómica es similar a la de cualquier otro espectrofotómetro (Ver Figura N° 4).

c) Monocromador: El monocromador (prismas, redes de difracción) En general, dispone de una rendija o ranura de entrada que limita la radiación lumínica producida por la fuente y la confina en un área determinada, un conjunto de espejos para pasar la luz a través del sistema óptico, un elemento para separar las longitudes de onda de la radiación lumínica, que puede ser un prisma o una rejilla de difracción, y una rendija de salida para seleccionar la longitud de onda con la cual se desea iluminar la muestra. Parte de la radiación no absorbida es dirigida hacia el detector (Ver Figura N° 4).

d) Detector: El sistema de detección puede estar diseñado con fotoceldas, fototubos, fotodiodos o fotomultiplicadores. Depende de los rangos de longitud de onda, de la sensibilidad y de la velocidad de respuesta requeridas. El sistema de detección recibe la energía lumínica proveniente de la muestra y la convierte en una señal eléctrica proporcional a la energía recibida. La señal eléctrica puede ser procesada y amplificada, para que pueda interpretarse a través del sistema de lectura que una vez procesada es presentada al analista (Ver Figura N° 4).

e) Amplificador: es selectivo y amplifica la señal pasando luego a un dispositivo de lectura que puede ser un voltímetro digital, un registrador u otros (Ver Figura N°4).

3.9.3 Métodos analíticos de absorción atómica para identificar el plomo. ⁽²⁵⁾

- Espectrometría de absorción atómica por llama
- Espectrometría de absorción atómica por horno de grafito
- Espectrometría de absorción atómica con fuente de plasma de acoplamiento inductivo.

3.9.4 Espectrometría de absorción atómica por horno de grafito. ⁽²⁵⁾

La espectrometría de absorción atómica por horno de grafito (GFAAS) es una técnica de absorción atómica que utiliza un tubo de grafito calentado mediante electricidad para vaporizar y atomizar el analito a temperaturas de hasta 3000 °C, antes de su detección. Los límites de detección de este método son extremadamente bajos y solo se requieren pequeños volúmenes de solución obtenida por digestión (de aproximadamente 20 µl). En la espectrometría de absorción atómica por horno de grafito se pueden producir interferencias significativas por dispersión de la luz y absorción molecular por parte de los componentes de la matriz, pero esto se puede corregir apropiadamente mediante diversos métodos, como utilizar modificadores de la matriz. Los dispositivos deben ser operados por técnicos de laboratorio capacitados. Los equipos de espectrometría de absorción atómica por horno de grafito están ampliamente disponibles y requieren cargadores de muestras automáticos para aumentar su rendimiento. El costo inicial de los instrumentos es intermedio, y los costos de mantenimiento y material fungible son importantes. El equipo tiene capacidad para procesar aproximadamente una muestra cada dos o tres minutos.

Un horno de grafito ideal debe cumplir los siguientes requisitos:

- Temperatura constante en el tiempo y el espacio durante el intervalo en que los átomos libres se producen.
- Formación de átomos cuantitativos independientemente de la composición de la muestra.
- Control por separado de la volatilización y procesos de atomización.
- Alta sensibilidad y buenos límites de detección; un mínimo de interferencias espectrales.

Fortalezas:

- Muy buena detección de pequeños tamaños de la muestra
- Precio moderado
- Instrumento muy compacto
- Pocas interferencias espectrales

Limitaciones:

- Tiempo de análisis más lento
- Interferencias Químicas
- Limitaciones Elemento
- 1-6 elementos por determinación
- Rango dinámico Limitado

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo de estudio:

- **Experimental:** El estudio se realizó en los Laboratorios de Análisis Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia y en los Laboratorios de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.
- **Transversal:** Porque se realizó en un tiempo determinado de 1 año.
- **Prospectivo:** Debido a que los resultados de esta investigación podrán ser utilizados para futuras investigaciones.

4.2 Investigación Bibliográfica:

Se realizaron visitas en las diferentes bibliotecas:

- “Dr. Benjamín Orozco” de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Central de la Universidad de El Salvador (UES).
- Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.
- “Hugo Lindo” de la Universidad Dr. José Matías Delgado.
- Universidad Nueva San Salvador (UNSSA).
- Universidad Alberto Masferrer (USAM).
- Internet.

4.3 Investigación de campo

A. Universo: Toda la producción de Tomates de las tres variedades o zonas cultivos en el valle de Zapotitán.

B. Prueba piloto:

Debido a que en El Salvador no hay ningún estudio acerca de la concentración de Plomo en Tomates se realizó una prueba piloto con el objetivo de conocer la concentración de Plomo en dicha matriz para así poder determinar la probabilidad de éxito, para sustituirlo en la ecuación y así obtener el número de muestras (9).

Para la prueba piloto se recolectaron 5 tomates que conformó la muestra identificada como Tomate 12-03, que al analizarla dio como resultado de 0.067 ppm de Plomo (ver Anexo N°2), con el resultado obtenido se aplicó en la ecuación estadística, para poder determinar el número de muestras donde se sustituyó por probabilidad de éxito.

C. Muestra (9)

Para determinar el número de muestras que se analizaran en la matriz Tomate, se utilizó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z\alpha^2 * p * q}{d^2}$$

En donde:

$Z\alpha^2$ = nivel de confianza,

p = probabilidad de éxito, o proporción esperada

q = probabilidad de fracaso

d = precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

Datos:

$Z_{\alpha^2} = 95\% = 1.96$ $P = 0.067$ $q = 0.933$ $d = 5\% = 0.05$

Sustituyendo en la formula obtenemos:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.067 * 0.933}{0.05^2}$$

$n = 96.056 = 96$ muestras de la especie vegetal Tomate.

Cada muestra (96 en total) está constituida por 5 Tomates de *Lycopersicon esculentum* L (Tomate), haciendo un total de 480 Tomates distribuidos entre las tres variedades o zonas de cultivos que se analizó (3064, Toliman y Tocayo). Las 96 muestras se dividieron entre las 3 variedades o zonas de cultivos seleccionados del Valle de Zapotitán para este estudio, es decir 32 muestras por cultivo. Al multiplicar 32 muestras por 5 Tomates se obtuvieron 160 tomates por zona de cultivo o variedad de Tomate, requeridos para la investigación.

D. Muestreo

Se realizó un estudio dirigido a la especie vegetal Tomate.

E. Ubicación de la recolección de las especies vegetales. ⁽³⁶⁾

El Valle de Zapotitán, está situado en el plano alto occidental, entre el Lago de Coatepeque y el volcán de San Salvador, ocupa parte del municipio de El Congo departamento de Santa Ana; forma parte de los municipios de San Julián y Armenia, del Departamento de Sonsonate, y parte de los municipios de

Ciudad Arce, San Juan Opico (en donde se encuentra el Sitio del Niño), Lourdes Colón, y Sacacoyo del Departamento de La Libertad.

Tiene buena infraestructura de comunicación y está localizada a 48 km de San Salvador a 460 metros sobre el nivel de mar, Latitud: 13.8047 y Longitud: -89.4489, lo que la hace importante, especialmente por haber sido distinguida como la zona agrícola, donde se realizó el primer proyecto de riego del país.

La zona se ha destacado por la producción agrícola especialmente en cultivos de hortalizas tales como, tomate, chile dulce y pepino para la distribución en los mercados locales y supermercados, especialmente los que se encuentran en sus cercanías como lo son los mercados de Ciudad Arce, El Congo, Coatepeque, Santa Ana y San Salvador.

Solo se tomaron en cuenta tres cultivos de tomates que no se encuentran lejos de la calle panamericana CA 1 y a los que se puede acceder a dichos cultivos por la calle LIB 23W de Zapotitán. (Ver anexo N°3)

F. Recolección de las muestras. ⁽²⁹⁾

En cada área de muestreo se recolectaron los Tomates en forma de zigzag, seleccionando 32 puntos de muestreo por variedad o zona de cultivo; en cada uno de los puntos se tomaron una cantidad de 5 Tomates por cada muestra, obteniendo 32 muestras simples en total, por cada variedad cultivada (3064, Toliman y Tocayo). Totalizando 96 muestras.

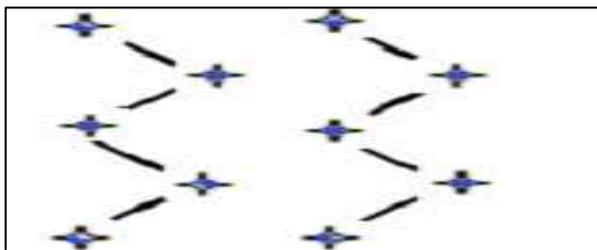


Figura N°5: Puntos de muestreo en forma de zigzag para la recolección del material vegetal ⁽²⁹⁾.

Para la recolección del material vegetal (Tomate) se tomaron en cuenta los siguientes cuidados:

- Recolectar manualmente las muestras frescas con las manos limpias y guantes de látex.
- Empacar cada muestra (5 Tomates) en bolsas de polietileno nuevas, limpias y previamente rotuladas.
- Transportar las muestras frescas en cajas de madera, hacia el Laboratorio de Investigación de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. (Ver Anexo N°4).
- Una muestra del material vegetal se llevó al Jardín Botánico La Laguna en donde se le extendió un certificado de la identificación botánica del Tomate. (Ver Anexo N°5).

4.4 Parte experimental.

Listado de Reactivos, Material y Equipos (Ver Anexo N° 6)

A) Pre-tratamiento de las muestras. ⁽³²⁾

Para eliminar impurezas y mejorar la detección y cuantificación del Plomo.

Limpieza de las muestras. ⁽³²⁾

1. Lavar las muestras frescas con agua potable.
2. Lavar con solución detergente. (Ver Anexo N°7).
3. Enjuagar con agua destilada.
4. Después de la descontaminación las muestras deben secarse inmediatamente para estabilizar el tejido y detener las reacciones enzimáticas.

Nota: La concentración interna de la mayoría de los nutrientes no es afectada significativamente si este proceso no toma más de 30 seg.

Deshidratado. ⁽³²⁾

1. Cortar en cuatro partes los tomates previamente lavados, con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable y una tabla de cocina plástica.
2. Colocar los tomates con la superficie de corte hacia arriba en cajas Petri sobre papel glassine, separados entre sí.
3. Colocar las cajas Petri con los tomates en una estufa a 65 °C por 48 horas aproximadamente.

Molienda. ⁽³²⁾

1. Una vez deshidratada la muestra molerla en un molino con tamices (mortero y pistilo), hasta que pase por un tamiz de 1 mm o en su defecto un colador (debido a que para el análisis se necesita una alícuota mayor de 0.5 g).
2. Homogenizar la muestra y separar una porción de 5 o 10 g. para los análisis.

B) Preparación de la muestra. ^{(1), (2) (35)}

Incineración por secado. ^{(1), (2) (35)}

1. Colocar los crisoles, limpios y debidamente identificados en horno de mufla a 550 °C por una hora.
2. Sacar los crisoles del horno de mufla, colocar en un desecador y enfriar por 30 min.
3. Pesar los crisoles de porcelana vacíos y anotar peso, realizar este numeral las veces necesarias hasta que tengan un peso constante, (tarar).
4. Pesar 2.0 g de muestra en los crisoles de porcelana previamente tarados.
5. Precalcinar las muestras en un horno de mufla a 550 °C por 2 horas.(aumentando la temperatura en un rango de 100 °C por cada hora)
6. Agregar 2.0 mL de nitrato de magnesio 50% (en caso de ser incompleta la calcinación y llevar un blanco para restar la cantidad de magnesio adicionado).
7. Enfriar en un desecador por 30 min.
8. Pesar

Soluciones madres. ^{(33) (35)}

1. Agregar 2.0 mL de agua ultra pura a cada crisol que contiene las cenizas y después 2.5 mL de ácido clorhídrico concentrado (para formar las sales del Plomo).
2. Agitar cuidadosamente hasta disolver las sales.
3. Calentar el crisol suavemente en un hotplate a una temperatura de 60 ± 5 °C por 5 min. hasta no visualizar vapores blancos.
4. Dejar enfriar a temperatura ambiente.
5. Filtrar con papel filtro Whatman N° 42.

6. Recibir el filtrado en balones volumétricos de 50.0 mL previamente identificados
7. Agregar agua ultra pura con ayuda de un agitador y realizar tres lavados a cada crisol.
8. Llevar a volumen de 50.0 mL con agua ultra pura, homogenizar y tapar.

Blanco. ⁽³³⁾ ⁽³⁵⁾

1. Agregar 2.5 ml de ácido Clorhídrico concentrado en el crisol rotulado como blanco.
2. Realizar el mismo procedimiento de las soluciones madres.
3. El blanco debe de llevar todo menos muestra.

Solución stock (20.0 ppb de Plomo). ⁽³⁴⁾ ⁽³⁵⁾

- Transferir 2.0 mL del estándar de plomo 1000 ppb con un pipeta de 5.0 mL colocar en un frasco volumétrico de 100.0 mL, diluir con agua ultra pura, llevar a volumen y mezclar. (Ver Anexo N°8 Y 9)

Preparación de soluciones estándares (2.0 ppb, 5.0 ppb, 10.0 ppb y 20.0 ppb). ⁽³³⁾ ⁽³⁵⁾

Transferir alícuotas de 5.0 mL, 12.5 mL, 25.0 mL y 50.0 mL de la solución stock de 20.0 ppb con una pipeta de 25.0 mL, colocarlas en un balón de 50.0 mL. Diluir con agua ultra pura llevar a volumen y homogenizar (Ver Anexo N°8 y 9).

Controles de calidad.

Con la finalidad de asegurar la veracidad de los resultados se agregarón 5 controles de calidad a las 96 muestras, haciendo un total de 101 muestras. Estos controles de calidad consistían en dos blancos (agua ultra pura) y tres soluciones estándar al 5.0 ppb de Plomo, estos estándares se realizaron igual que los estándares de la curva de calibración, partiendo la solución stock de 20.0 ppb.

Muestreo puntual y dirigido al agua del riego de un pozo de la zona (Ver Anexo N°10).

1. Recolectar una muestra de agua del riego del pozo de la zona de cultivo, 1 litro aproximadamente.
2. Medir el pH utilizando tiras de papel de pH, porque debe de estar entre 3 a 6, si es necesario se debe de ajustar gota a gota con una solución diluida de amoniaco o ácido nítrico, según sea el caso.
3. Tomar 8.0 mL de la muestra con ayuda de una pipeta.
4. Transferir a un tubo de ensayo.
5. Pipetear 0.5 mL de reactivo Pb-1 con ayuda de una micropipeta y colocar en el tubo de ensayo que contiene la muestra.
6. Agregar 0.5 mL de reactivo Pb-2 con ayuda de una micropipeta, al tubo de ensayo que contiene la muestra y el reactivo Pb-1 y agitar. (El color de la solución debe de ser estable como mínimo 60 min.)
7. Sacar la celda del compartimiento para muestra.
8. Ambientar la cubeta con la solución de la muestra previamente homogenizada.
9. Introducir la muestra coloreada a la cubeta y medir en el fotómetro.
10. Proceder a la lectura a una longitud de onda de 525 nm.

C) Procedimiento para la cuantificación de Plomo por Espectrometría de absorción atómica por horno de grafito (GFAAS). ^{(31) y (34).}

1. Abrir la válvula del cilindro de gas de argón.
2. Encender el equipo (GFAAS) el automuestreador y el horno de grafito.
3. Acceder el programa del equipo (Wizard).
4. Seleccionar la lámpara del elemento a utilizar.
5. Introducir parámetros de lectura, automáticamente el equipo coloca la secuencia de calentamiento de las temperaturas del análisis.
6. Encender la lámpara.
7. Dejar estabilizar el equipo por 15 min.
8. Introducir parámetros de lectura.
9. Colocar los estándares.
10. En la hoja de trabajo del software digitar las posiciones de las muestras en el automuestreador (en la misma hoja se observa la curva de calibración).
11. Colocar en el automuestreador: blanco, estándares (10 mL de cada estándar 2.0 ppb, 5.0 ppb, 10.0 ppb y 20.0 ppb), reactivos (100 mL de ácido nítrico/agua 1:1 v/v, 20 mL de nitrato de paladio II 10ppb y agua) y muestras (2.0 mL de cada muestra) según posiciones correspondientes.
12. Encender el horno y mantener por 10 min. para estabilizar.
13. Dar start y automáticamente comienza las lecturas.
14. Elaborar la curva de calibración con los estándares de plomo.
15. Hacer las lecturas de la concentración en ppb de cada muestra.

Parámetros de lectura.

1. Longitud de onda: 283.33 nm
2. Tubo: Tubo de Grafito de Alta Densidad

3. Volumen de inyección de muestra: 20 μL
4. Corriente de lámpara: 8 mA
5. Slit width: 0.7 nm
6. RSD: 5
7. Corrección de fondo: Lámpara de deuterio

D) Planteamiento de Cálculos. ⁽²⁹⁾:

Para calcular el factor de dilución se realizó primero el esquema de dilución correspondiente a las muestras, con este factor se calculó la concentración total de plomo en ppb.

Para convertir las concentraciones de ppb a ppm se aplicó una regla de tres, a continuación se presentan la fórmula de la ley de Bourguer-Lambert-Beer aplicada para los cálculos:

$$FD = \frac{\text{volumenes hechos}}{\text{alícuotas tomadas}} \quad C_{mx} = \frac{(C_{st})(A_{mx})}{A_{st}} \times FD$$

Donde:

C_{mx} = Concentración de la alícuota de la muestra.

C_{st} = Concentración de la solución estándar.

A_{st} = Absorbancia de la solución estándar.

A_{mx} = Absorbancia de la alícuota de la muestra.

FD = Factor de dilución.

$$FD \times C_{mx} = \text{concentración total en } \mu\text{g de Pb}$$

Ya que en la normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius, establece que el valor máximo permisible de Plomo se encuentra en unidades de mg/ Kg (ppm) y el equipo de absorción atómica da resultados en $\mu\text{g}/\text{Kg}$ (ppb), con finalidad de realizar correctamente la comparación se realizó la siguiente conversión:

$$1 \text{ mg} = 1000 \mu\text{g}$$

C) Diseño estadísticos ⁽²⁹⁾:

El análisis de la curva de calibración la realiza el equipo.

En el diseño estadístico se analizarán las concentraciones de plomo, utilizando la desviación típica estándar y sus respectivos intervalos de confianza para obtener los resultados de la cantidad de plomo expresados en mg presentes en el peso muestra.

a) Desviación típica estándar

Es la más importante de las medidas de dispersión; puede definirse como la raíz cuadrada de la media aritmética del cuadrado de las desviaciones de cada valor de la variable con respecto a la media.

Es útil para obtener el intervalo de confianza y se representa con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{\sqrt{(X_i - X)^2}}{n - 1}$$

Donde:

S = Desviación típica estándar.

X_i = Muestra individual.

\bar{X} = Promedio de muestras.

n = Numero de muestras.

Σ = Sumatoria desde muestra 1 a “n” número de muestras.

La desviación típica estándar se calculará mediante Microsoft Office Excel.

b) Intervalo de confianza al 95%

Es un rango de valores (calculado en una muestra) en el cual se encuentra el verdadero valor del parámetro, con una probabilidad determinada. Este valor define que tan confiable son los resultados.

$$IC(\mu) = \bar{X} \pm t_{n-1} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Dónde:

IC (μ) = intervalo de confianza

\bar{X} = Promedio de muestras

t = T de student

n-1 = Grados de libertad

S = Desviación típica estándar

n = número de muestras

Tanto la desviación estándar como los intervalos de confianza, permitirán evidenciar que tan dispersos se pueden o no encontrar los datos de los valores

promedios; fueron calculados mediante Microsoft Office Excel 2016 (Ver Anexo N°11)

c) Análisis de varianza (ANOVA)

El análisis de varianza de un factor (ANOVA) es de utilidad para comprobar si hay diferencia significativa en la media de los resultados obtenidos, en este caso nos referimos a las concentraciones promedio de plomo de las muestras analizadas.

Se plantearon las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula: $Cx1=Cx2=Cx3$
- Hipótesis alternativa: $Cx1 \neq Cx2 \neq Cx3$

Donde:

C= concentración x= plomo 1, 2 y 3 = número de muestra.

La hipótesis nula indica que si existe similitud entre las concentraciones de Plomo en las muestras de Tomate.

La hipótesis alternativa indica que si existe diferencia significativa entre las concentraciones de Plomo en las muestras de Tomate.

El criterio de aceptación para saber si existe diferencia significativa a un 95% de confianza es el valor de probabilidad o valor P (un valor P menor a 0.05 confirma la hipótesis alternativa e invalida la hipótesis nula).

A los resultados obtenidos de la investigación se les aplicó el análisis estadístico de un factor (ANOVA), se presenta los datos en una tabla resumen en la discusión de resultados.

CAPITULO V
RESULTADOS

5. RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Resultado de la prueba piloto en una muestra de Tomate. ⁽⁹⁾

Para la muestra (12-03) el resultado de Plomo obtenido por el Método de Absorción Atómica con Horno de Grafito fue de 0.065 ppm (Ver Anexo N°2), concluyendo así que los Tomates de las variedades o zonas de cultivos seleccionadas si tienen Plomo, por lo que se procedió a utilizar el valor obtenido en la ecuación estadística para determinar el número de muestras, así como se detalló en el diseño metodológico.

5.2 Identificación botánica de la muestra de Tomate.

Se confirmó a través de la identificación botánica que realizaron los expertos en biología del Jardín Botánico La Laguna, que la especie vegetal utilizada en este estudio es *Lycopersicum esculentum* L. (Tomate) (Ver Anexo N°5).

5.3 Resultados de la cuantificación de plomo en las muestras de *Lycopersicum esculentum* L. (Tomate). ⁽³⁾ y ⁽¹⁰⁾.

En la tabla N°3 se presenta los resultados obtenidos de la cuantificación de Plomo en las muestras en ppb y en ppm, el código de la muestra (3064, A),(Toliman, B), (Tocayo, C), el peso de la muestra, el promedio por cultivo en ppb y en ppm y el valor de referencia de la normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius.

Se utilizó el Método de Absorción Atómica con Horno de Grafito, del cual se obtuvieron lecturas directas de Plomo en ppb, se aplicó la Ley de Bourguer-

Lambert-Beer para obtener la concentración equivalente al peso muestra para cada una de las lecturas y al promedio por variedad o zona de cultivo. Pero para utilizar la Ley de Bourguer-Lambert-Beer primero se esquematizó la cascada de dilución de la muestra y a través de dicho esquema se calculó el factor de dilución (FD), con ese valor (0.3 L) se calculó la concentración total en unidades de ppb y para convertir las unidades de concentración de ppb a ppm se utilizó una regla de tres para comparar con el valor de la normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius. (Ver Anexo N°10 y 11).

Ejemplo de cálculos para la muestra A₁:

$$C_{mx} = \frac{C_{std} A_{std}}{A_{mx}} \times FD \quad \Longrightarrow \quad C_{mx} \times FD$$

$$0.21 \text{ ppb} \times 0.3 = 0.063 \mu\text{g de Pb}$$

Conversión de μg a mg de Pb para la muestra A₁

$$0.063 \text{ ppb} \times \frac{1 \text{ mg}}{1000 \mu\text{g}} = 0.000063 \text{ mg de Pb}$$

$$\frac{0.000063 \text{ mg de Pb}}{2.0003 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 0.0315 \text{ mg Pb/Kg} = 0.0315 \text{ ppm de Pb}$$

En el análisis por Espectroscopia Atómica con Honor de Grafito se observa que de todas las muestras solo la muestra B₂₉ (0.1050 ppm) y B₃₀ (0.1035 ppm) superan el valor de 0.1 ppm de la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius.

Aplicando la militar estándar, que es una técnica de muestro, a las 96 muestras de Tomate en análisis, utilizando un nivel general de inspección II y un nivel de

calidad aceptable de 0.65% da como resultado que las unidades rechazadas pueden ser 1 y para esta investigación son 2 unidades rechazadas por lo que no se podría aceptar el resultado obtenido para los 96 Tomates, es decir que se rechazarían este lote Tomates. (Ver Anexo N°12).

Al calcular los promedios entre las variedades o zonas de cultivos analizadas y compararlos con el valor de referencia de la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius, se concluye que ningún promedio por variedad o zona de cultivo supera el 0.1 ppm.

Tabla N°3 Concentraciones de Plomo en las muestras de Tomate

Variedad del Tomate	Código de la muestra	Peso de la muestra (g)	Lectura directa $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb)	Promedio por cultivo $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb)	Lectura en mg/Kg (ppm)	Promedio por cultivo mg/Kg (ppm)	Valor de referencia de la Normativa ⁽⁴⁾ mg/Kg (ppm)
3064	A ₁	2.0003	0.21	0.37	0.0315	0.0279	0.1
	A ₂	2.0005	0.14		0.0210		
	A ₃	2.0002	0.15		0.0225		
	A ₄	2.0000	0.22		0.0330		
	A ₅	2.0009	0.23		0.0345		
	A ₆	2.0002	0.13		0.0195		
	A ₇	2.0004	0.20		0.0299		
	A ₈	2.0001	0.30		0.0450		
	A ₉	2.0008	0.15		0.0225		
	A ₁₀	2.0000	0.16		0.0240		
	A ₁₁	2.0002	0.21		0.0315		
	A ₁₂	2.0005	0.17		0.0255		
	A ₁₃	2.0007	0.14		0.0210		
	A ₁₄	2.0009	0.16		0.0239		
	A ₁₅	2.0001	0.19		0.0285		
	A ₁₆	2.0003	0.22		0.0211		
	A ₁₇	2.0000	0.22		0.0330		
	A ₁₈	2.0005	0.15		0.0225		
	A ₁₉	2.0002	0.17		0.0255		
	A ₂₀	2.0008	0.13		0.0195		
	A ₂₁	2.0001	0.14		0.0210		
	A ₂₂	2.0000	0.21		0.0315		

Tabla N°3 Continuación

	A ₂₃	2.0003	0.16		0.0240		
	A ₂₄	2.0007	0.15		0.0225		
	A ₂₅	2.0000	0.51		0.0765		
	A ₂₆	2.0006	0.23		0.0345		
	A ₂₇	2.0002	0.22		0.0323		
	A ₂₈	2.0009	0.14		0.0210		
	A ₂₉	2.0000	0.17		0.0255		
	A ₃₀	2.0005	0.15		0.0225		
	A ₃₁	2.0001	0.18		0.0270		
	A ₃₂	2.0002	0.14		0.0210		
Toliman	B ₁	2.0009	0.14	0.42	0.0210	0.0648	0.1
	B ₂	2.0005	0.22		0.0330		
	B ₃	2.0006	0.15		0.0225		
	B ₄	2.0000	0.21		0.0315		
	B ₅	2.0002	0.11		0.0165		
	B ₆	2.0000	0.50		0.0750		
	B ₇	2.0007	0.10		0.0150		
	B ₈	2.0005	0.33		0.0495		
	B ₉	2.0001	0.17		0.0255		
	B ₁₀	2.0003	0.09		0.0135		
	B ₁₁	2.0008	0.14		0.0210		
	B ₁₂	2.0008	0.09		0.0135		
	B ₁₃	2.0000	0.16		0.0240		
	B ₁₄	2.0002	0.08		0.0120		
	B ₁₅	2.0000	0.15		0.0225		
	B ₁₆	2.0005	0.17		0.0255		
	B ₁₇	2.0001	0.24		0.0360		
	B ₁₈	2.0008	0.09		0.0135		
	B ₁₉	2.0004	0.14		0.0210		
	B ₂₀	2.0001	0.17		0.0255		
	B ₂₁	2.0007	0.31		0.0465		
	B ₂₂	2.0003	0.17		0.0120		
	B ₂₃	2.0002	0.08		0.0225		
	B ₂₄	2.0006	0.15		0.0150		
	B ₂₅	2.0000	0.10		0.0570		
	B ₂₆	2.0003	0.14		0.0210		
	B ₂₇	2.0009	0.65		0.0975		
	B ₂₈	2.0002	0.16		0.0240		
	B ₂₉	2.0001	0.70		0.1050		
	B ₃₀	2.0005	0.69		0.1035		
	B ₃₁	2.0004	0.17		0.0255		
	B ₃₂	2.0003	0.15		0.0225		
	C ₁	2.0000	0.09		0.0135		
	C ₂	2.0002	0.08		0.0120		
	C ₃	2.0001	0.17		0.0255		
	C ₄	2.0005	0.10		0.0150		
	C ₅	2.0003	0.09		0.0135		
	C ₆	2.0009	0.14		0.0210		

Tabla N°3 Continuación

Tocayo	C ₇	2.0002	0.23	0.35	0.0345	0.0527	0.1
	C ₈	2.0007	0.16		0.0240		
	C ₉	2.0005	0.15		0.0225		
	C ₁₀	2.0000	0.14		0.0210		
	C ₁₁	2.0008	0.18		0.0270		
	C ₁₂	2.0001	0.15		0.0225		
	C ₁₃	2.0006	0.17		0.0255		
	C ₁₄	2.0004	0.24		0.0360		
	C ₁₅	2.0000	0.22		0.0330		
	C ₁₆	2.0000	0.21		0.0315		
	C ₁₇	2.0006	0.21		0.0315		
	C ₁₈	2.0002	0.23		0.0345		
	C ₁₉	2.0005	0.09		0.0135		
	C ₂₀	2.0001	0.14		0.0210		
	C ₂₁	2.0007	0.22		0.0330		
	C ₂₂	2.0002	0.09		0.0135		
	C ₂₃	2.0000	0.10		0.0150		
	C ₂₄	2.0008	0.08		0.0120		
	C ₂₅	2.0004	0.09		0.0135		
	C ₂₆	2.0004	0.42		0.0630		
	C ₂₇	2.0002	0.15		0.0225		
	C ₂₈	2.0009	0.22		0.0330		
	C ₂₉	2.0006	0.36		0.0540		
	C ₃₀	2.0001	0.57		0.0855		
	C ₃₁	2.0003	0.17		0.0255		
	C ₃₂	2.0000	0.14		0.0210		

(4) Ver bibliografía de la respectiva normativa.

5.4 Comparación de las concentraciones de Plomo en ppm por cada variedad o zona de cultivo y el límite permitido de Plomo por la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius. (4)

Comparando los resultados de las concentraciones de Plomo de las muestras por variedad o zona de cultivo (32 muestras por variedad o zona de Cultivo) y el límite permitido de Plomo (0.1 ppm) por la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la

Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius se obtuvieron 3 gráficos (Ver Figura N°6, 7 y 8)

En cada gráfico las concentraciones de las 32 muestras por variedad o zona de cultivo están representadas por la línea anaranjada y el Valor de referencia de la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius por la línea azul. El eje horizontal son los números de muestras y el eje vertical es la concentraciones de las muestras (ppm).

Para la variedad o zona de cultivo 3064, se concluye que las 32 muestras de Tomates tienen Plomo, pero ninguna supera el valor de referencia o límite permitido de la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius que es 0.1 ppm de Plomo (Ver Figura N°6)

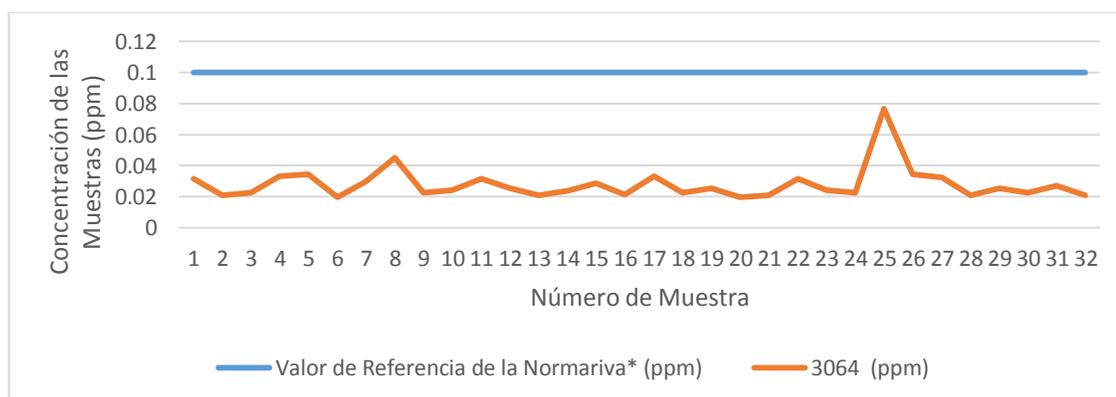


Figura N°6: Gráfica de las concentraciones de Plomo (ppm) en 32 muestras de *Lycopersicon esculentum* (Tomate) de la variedad o zona de cultivo (3064) por el método de espectroscopia de Absorción Atómica con

Horno de Grafito.

En el caso de la variedad o zona de cultivo Toliman, se concluye que las 32 muestras de Tomates tienen plomo y dos muestras de Tomates B₂₉ (0.1050 ppm) y B₃₀ (0.1035 ppm) superan el valor de referencia o el límite permitido por la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius que es 0.1 ppm de Plomo (Ver Figura N°7)

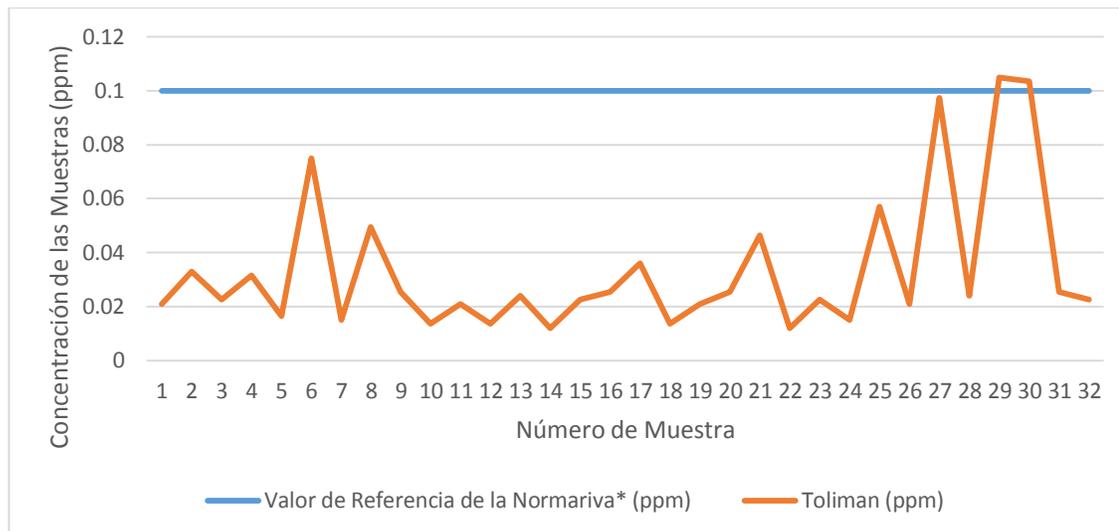


Figura N°7: Gráfica de las concentraciones de Plomo (ppm) en 32 muestras de *Lycopersicon esculentum* (Tomate) de la variedad o zona de cultivo (Toliman) por el método de espectroscopia de Absorción Atómica con

Horno de Grafito.

Para la variedad o zona de cultivo Tocayo, se concluye que las 32 muestras de Tomates tienen Plomo, pero ninguna supera el valor de referencia o el límite permitido por la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud

(FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius que es 0.1 ppm de Plomo. (Ver Figura N°8)

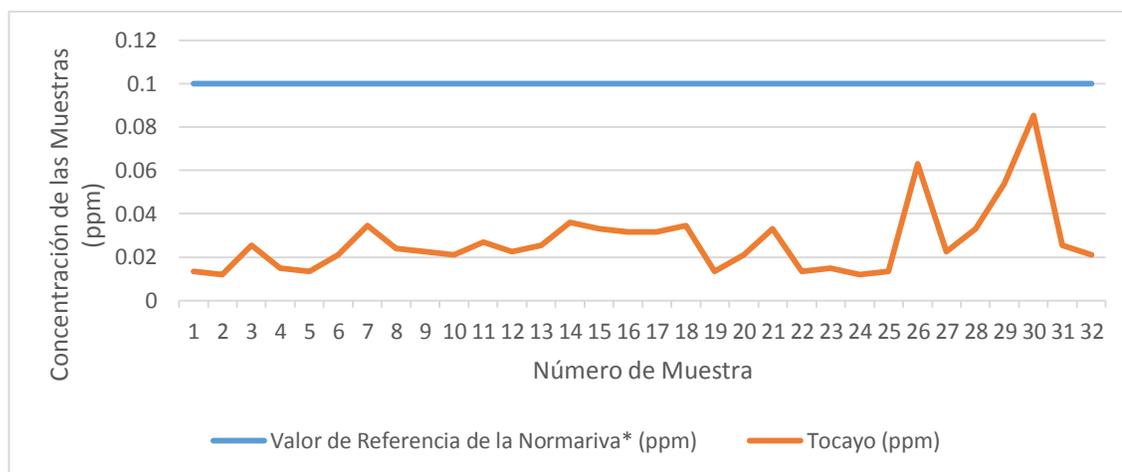


Figura N°8: Gráfica de las concentraciones de Plomo (ppm) en 32 muestras de *Lycopersicon esculentum* (Tomate) de la variedad o zona de cultivo (Tocayo) por el método de espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

5.5 Comparación de los promedios de plomo en ppm entre cada variedad (3064, Toliman y Tocayo) o zona de cultivo y con el límite permitido por la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius. (4)

Al hacer la comparación de las concentraciones promedios de Plomo entre las tres variedades de Tomate que se analizaron y el límite permitido de Plomo por la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius (Ver Figura

N°9) podemos observar que el eje vertical representa las concentraciones promedio de Plomo en ppm y el eje horizontal la variedad de Tomate o zonas de muestreo (3064, Toliman y Tocayo).

La línea roja indica el valor de referencia o límite máximo establecido por la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius, en hortalizas de fruto que es 0.1 ppm de Plomo y las barras color azul corresponden al valor promedio de cada variedad 0.0279, 0.648 y 0.0527 ppm respectivamente de Tomate (3064, Toliman y Tocayo) analizadas.

Como resultado de la comparación entre las tres variedades de Tomate y el límite establecido por la normativa, se puede observar que ningún valor promedio en cada variedad (3064, Toliman y Tocayo) sobrepasa el valor de referencia o límite establecido por la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius que es 0.1 ppm de Plomo.

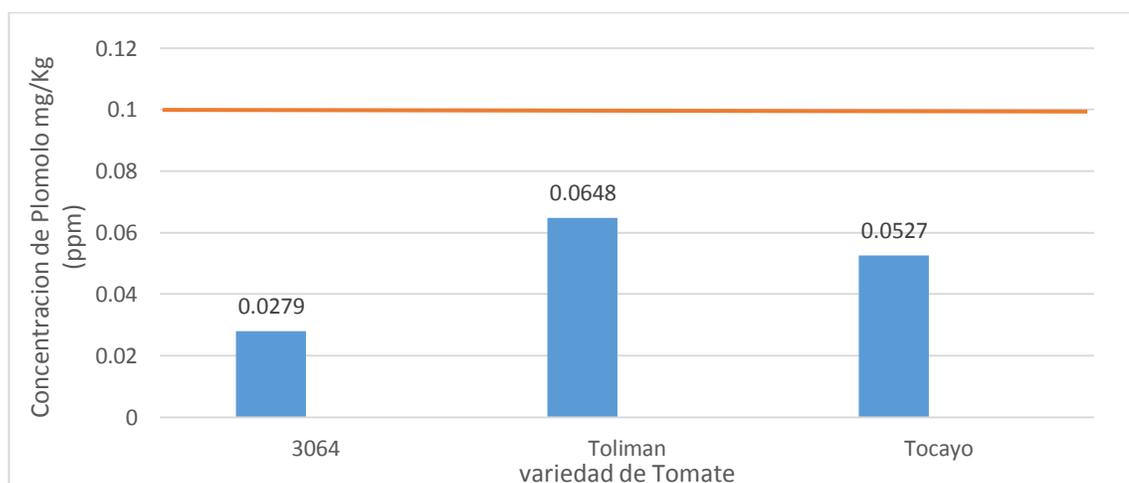


Figura N° 9: Gráfica de las concentraciones de Plomo promedio en *Lycopersicon*

esculentum (Tomate) por variedad o zona de cultivo por el método de espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

5.6 Resultados de los controles de calidad.

Para evaluar la veracidad de los resultados obtenidos en las muestras vegetal de Tomate en el análisis de Plomo se realizaron 5 controles de calidad, los cuales se analizaron aleatoriamente junto con las muestras.

Tabla N°4: Resultados obtenidos de los 5 controles de calidad

N° de Control y nombre	Concentración esperado en ppb	Concentración obtenido en ppb
1 Agua ultra pura	0.0	0.00
2 Solución 5 ppb	5.0	5.02
3 Agua ultra pura	0.0	0.00
4 Solución 5 ppb	5.0	5.03
5 Solución 5 ppb	5.0	5.01

De los datos obtenidos en la Tabla N° 4 se concluye que las concentraciones de Plomo obtenidos son similares a las concentraciones de Plomo esperado, es decir que el equipo de Absorción Atómica con Horno de Grafito está en óptimas condiciones, dando veracidad a los datos obtenidos en las muestras de Tomate.

5.7 Resultado del análisis del agua de riego del pozo de los cultivos. ^{(5), (22) (23)}

Con la finalidad de ampliar criterios en la investigación se realizó un muestreo puntual y dirigido al agua del riego de un pozo de la zona de los cultivos de las variedades analizadas; el cual está más cerca a la variedad o zona de cultivo

Toliman, para determinar si el agua era una de las posibles fuentes de contaminación de los Tomates. Se utilizó un Test de Plomo Método fotométrico 0.010 - 5.00 mg/L Pb Spectroquant®, obteniendo así el resultado de 1.27 mg/L de Plomo.

Comparando el resultado con la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense norma para la clasificación de los recursos hídricos NTON 05 007-98; donde establece que el límite máximo permisible de plomo para agua de riego para vegetales para consumo humano es 0.05 mg/L, Ley Federal de Derechos Mexicana en Materia de Agua que establece que el límite máximo permisible de plomo para agua destinada a riego es 0.5 mg/L y la Norma Salvadoreña de Agua y Agua Potable; donde establece que el límite máximo de Plomo permisible es de 0.01 mg/L. (Ver Anexo N° 11)

Se concluye que el agua de riego supera el límite permisible de Plomo por lo que puede ser uno de los principales factores que contribuye a la contaminación de los Tomates de las tres variedades o zonas de cultivos para los cuales sea utilizada

5.8 Análisis de Varianza de un factor ANOVA. ⁽²⁹⁾ y ⁽³⁰⁾.

El tratamiento estadístico con el cual fueron evaluadas las muestras es por Análisis de Varianza de un factor ANOVA, el cual sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa, permite obtener información sobre los resultados de esta comparación. Es decir, permite concluir si las concentraciones de Plomo difieren entre las tres variedades de Tomate.

La hipótesis que se pone a prueba en el ANOVA de un factor es que las medidas poblacionales (las medidas de la variable dependiente y en cada nivel

de la variable independiente) son iguales. La estrategia para poner a prueba la hipótesis de igualdad de medidas consiste en obtener un estadístico, F, que refleja el grado de similitud existente entre las medidas que se están comparando.

El numerador del estadístico F es una estimación de la varianza poblacional basada en la variabilidad existente entre las medidas de cada grupo. Cuanto más diferentes son las medidas, mayor será el valor de F. La herramienta utilizada para calcular el Análisis de Varianza de un factor ANOVA es Microsoft Excel 2016 (Ver Anexo N°15).

Tabla N°5: Resumen del análisis de varianza de un factor para la matriz Tomate

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
3064	32	0.8947	0.027959375	0.000112636
Toliman	32	1.272	0.064800000	0.001831065
Tocayo	32	0.87	0.052787500	0.000247028

NOTA: Cuenta se refiere al número de muestra tomadas por variedad

Tabla N°6: Análisis de varianza de un factor para la matriz Tomate.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.0031726	2	0.0015863	2.1722892	0.1196630	3.0943374
Dentro de los grupos	0.0679126	93	0.0007302	-	-	-
Total	0.0710852	95	-	-	-	-

La hipótesis nula planteada es: ¿Existe similitud entre las concentraciones de Plomo de las variedades o zonas de cultivos de Tomate?

La respuesta es sí, existe similitud entre las concentraciones de Plomo de las variedades o zonas de cultivos, debido a que el valor de F (2.1722892); de la tabla N°6; es menor al valor crítico para F (3.0943374), es decir que las concentraciones de Plomo son similares sin influir en el resultado variedades seleccionadas (3064, Toliman y Tocayo).

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

1. En la variedad o zona de cultivo 3064 las 32 muestras de Tomates tienen Plomo, pero ninguna supera el valor de referencia o límite permitido de la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius que es 0.1 ppm de Plomo.
2. En la variedad o zona de cultivo Toliman las 32 muestras de Tomates tienen plomo y dos muestras de Tomates B₂₉ (0.1050 ppm) y B₃₀ (0.1035 ppm) superan el valor de referencia o el límite permitido por la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius que es 0.1 ppm de Plomo.
3. En la variedad o zona de cultivo Tocayo las 32 muestras de Tomates tienen Plomo, pero ninguna supera el valor de referencia o el límite permitido por la Normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius que es 0.1 ppm de Plomo.
4. Todas las muestras de Tomate de las tres zonas de cultivos o variedades tienen Plomo pero no superan el valor de la normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius que es 0.1 ppm de Plomo.

5. El promedio de Plomo por cada variedad de Tomate o zona de cultivo (3064, Toliman y Tocayo) no supera el valor máximo de Plomo permitido para hortalizas de frutos de la normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius que es de 0.1 ppm.
6. De las tres variedades de Tomate, el Toliman fue el que obtuvo la concentración de Plomo más elevada (0.0648 ppm), a pesar de eso no supero el valor máximo de Plomo permitido (0.1 ppm) de la normativa del Comité Mixto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius.
7. El agua de riego de los cultivos que se encuentra más cerca de la variedad o zona de cultivo Toliman, se encuentra contaminada con Plomo, debido a que supera el límite máximo permisible según la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense norma para la clasificación de los recursos hídricos NTON 05 007-98 (0.05 mg/L), Ley Federal Mexicana de Derechos en Materia de Agua (0.5 mg/L) y la Norma Salvadoreña de Agua y Agua Potable (0.01 mg/L), con un valor de 1.27 mg/L, por lo que es una de la fuentes importante de contaminación en los cultivos de Tomate.
8. Los 5 controles de calidad realizados confirmo la veracidad de los resultados, debido a que las concentraciones de Plomo obtenidas eran cercanos o similares a las concentraciones de Plomo esperado.

9. El análisis estadístico, Análisis de Varianza de un Factor que se le realizó a las concentraciones de Plomo, confirmó que no existe variación entre las concentraciones de Plomo por variedad de Tomate, esto quiere decir que las concentraciones de Plomo no difieren según el lugar de recolección de las muestras, ya que no hay variación en las concentraciones de Plomo al aplicar el Análisis de Varianza de un Factor.

10. La técnica de muestro Militar Estándar por la cual se analizó a las 96 muestras de Tomates, utilizando un nivel general de inspección II y un nivel de calidad aceptable de 0.65% rechaza este lote de Tomates (hablando en términos de lotes para la militar estándar), debido a que da el resultado de 2 unidades rechazadas cuando solo permite 1.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

1. Qué el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, exhortar a la pronta realización de una normativa nacional que regule el valor límite máximo de Plomo y otros metales pesados en hortalizas comestibles.
2. Qué el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales realice supervisiones para vigilar que los agricultores cumplan con las normas agrícolas en los cultivos de la zona del Valle de Zapotitán, ya que en la actualidad es una de las zonas agrícolas más importantes del país.
3. Qué el Ministerio de Agricultura y Ganadería a establecer límites máximos permisibles de metales pesados para agua destinada a riego de cultivos, debido a que solo establece límites para agua de consumo humano.
4. Para futuras investigaciones analizar otras especies vegetales que se cultivan en la zona debido a que parte de este Valle pertenece al Sitio del Niño el cual tiene el antecedente del accidente de las baterías record y del Valle de Zapotitán se trasladan los diferentes vegetales cultivados a los mercados en donde son comercializados a la población en general.
5. Para futuras investigaciones analizar el suelo no solo de estos cultivos en cuestión, sino también de los demás cultivos de las zonas, para averiguar de qué otra fuente la especie vegetal puede obtener el Plomo, debido a que no es un componente nutricional natural del Tomate.
6. Para futuras investigaciones realizar análisis con otras variedades de Tomate que se cultivan en la zona para realizar una comparación más

amplia entre las mismas y dar una conclusión más acertada en si influye la variedad del Tomate y su absorción.

7. Para futuras investigaciones realizar análisis entre Tomates cultivados en la zona de Zapotitán y Tomates que no son cultivados en la zona para tener un panorama más claro respecto si la zona de Zapotitán es el verdadero problema por sus antecedentes de contaminación.
8. Realizar análisis por parte de nuevos investigadores a los fertilizantes que se están utilizando para verificar que no se estén usando fertilizantes de manera ilegal por contener Plomo los cuales ya están prohibidos en el país.
9. Realizar tratamientos al agua del pozo que es utilizada como agua de riego para los cultivos, para eliminar el Plomo y así dejar de contaminar los cultivos, debido a que es una fuente de contaminación al superar el valor de la Normativa.

BIBLIOGRAFIA

1. Anaya Rodríguez K.B., Solano Rodríguez J. B. (2016) [Consultado el 18-08.2017] Determinación de Metales Pesados (plomo y arsénio) Y Oligoelementos (hierro, cobre y zinc) en Hojas de *Crotolaria longirostrata* (Chipilín) por el Método de Absorción Atómica [Trabajo de Graduación] El Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia [On Line]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/11442/1/16103684.pdf>
2. Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1989). Oficial Methods of Analisis 14th Ed. United States of America: Washington DC.
3. Bateman, J. V. (1970) Nutrición Animal, Manual de Métodos Analíticos. México: México D. F.
4. CODEX STAN 193_1995 [Consultado el 19.08.2017] Norma General del CODEX para los Contaminantes y las Toxinas Presentes en los Alimentos y Piensos [On Line]. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193s.pdf
5. Comisión Nacional del Agua (CNA) (2009). Ley Federal de Derechos en Materia de Agua. [Consultado: 10 de diciembre 2018]. Diario Oficial de la Federación. 27 de noviembre de 2009. México. [On Line]. Disponible: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105138/Ley_Federal_de_Derechos.pdf
6. Comisión del Codex Alimentarius. [Consultado: 18.12.2017]. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comisión del Codex

Alimentarius: informe del comité sobre aditivos alimentarios. [On line].
Disponibile: http://www.codexalimentarius.org/input/report/90/REP14_FAs.pdf

7. Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Codex Alimentarius. [Consultado: 25.12.2017]. Comité del Codex sobre aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos (CCFAC). [on line]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/w4982s/w4982s09.htm>
8. Colindres Alvarado, M. E.; Recinos Ramos, H. M. (2013) [Consultado el 11.11.2017] Determinación del Análisis Fitoquímico Preliminar y Proximal de las Flores y Tallos Joven de *Yucca guatemalensis* (Izote) Y *Rytidostylis gracilis* (Cochinito), [Trabajo de Graduación] El Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia. [On Line]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/4776/1/16103394.pdf>
9. Facultad de Ingeniera, Universidad Rafael Landívar, Boletín Electrónico N° 02, Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. [On line]. Disponible en: http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Maestria/MTE/Gen02/seminario_de_tesis/Unidad_3_anterior/Lect_Muestra_Invest.Pdf
10. Falco Rojas, A. (2006) [Consultado el 26.01.2019] Muestreos de Aceptación, Universidad Pontifica de Madrid, España. [On line] Disponible en: <http://web.cortland.edu/matresearch/Aceptacion.pdf>
11. Flores Durán, E. T., Flores Luna, M. B. (2005) [Consultado el 18.08.2017] Contenido Nutricional de Ocho Plantas de Uso Comestible e Implementación de Huerto Casero en el Hogar de Niños Divina Providencia, [Trabajo de graduación] El Salvador, Universidad De El

Salvador. [On Line]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/5172/1/16100463.pdf>

12. García González G. (2010) [Consultado el 22.08.2017] Cuantificación de Metales Pesados en Alimentos por Espectrometría de Absorción Atómica [Trabajo de Graduación] México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán [ON Line]. Disponible en: <http://avalon.cuautitlan2.unam.mx/biblioteca/tesis/1012.pdf>
13. Gary, C. D. (1990). Química Analítica. México: México D.F.
14. Google Maps (2018) [Consultado el 09. 02.2018] Ubicación del Valle de Zapotitán [ON Line]. Disponible en: <https://www.google.com/sv/maps/dir//Zapotitan/@13.7953867,-89.4720637,6136m/data=!3m1!1e3!4m8!4m7!1m0!1m5!1m1!1s0x8f62d93de117f16b:0x7ecc989aaeadec33!2m2!1d-89.4529446!2d13.7949403>
15. Hernández Mancía S. G., Morataya Gonzales M. A. (2017) [Consultado el 12.11.2017] Análisis Fitoquímico y Determinación de Metales Pesados, Minerales y Oligoelementos en Plantas Medicinales Comercializadas en el Mercado Central de San Salvador [Trabajo de Graduación] El Salvador, Facultad de Química y Farmacia [On Line]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/13544/1/16103707.pdf>
16. Hernández Zeceña K. E., Lucha Chinchilla I. M. (2017) [consultado el 12.11.2017] Cuantificación de Grasas Trans en Matrices de Hotdog y Pizza Comercializados en el Area Metropolitana de San Salvador, [Trabajo de Graduación] El Salvador, Universidad De El Salvador. [On Line]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/13766/1/16103708.pdf>

17. Huanri Pacotaype J. E. (2014) [Consultado el 22.08-2017] Determinación de Plomo y Arsénico en Jugo de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) por Espectroscopía de Absorción Atómica en Lima Metropolitana [Trabajo de Graduación] Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica [On Line]. Disponible en:
http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3726/1/Huanri_pj.pdf
18. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (2012) [Consultado el 19.08.2017] Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica y Panamá (Segunda Edición) [On Line]. Disponible en:
<http://incap.int/index.php/es/.../80-tabla-de-composicion-de-alimentos-de-centroamerica>.
19. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [Consultado el 09.02.2018] Tomate deshidratado o secado. [On Line]. Disponible en:
https://inta.gob.ar/sites/default/files/scripttmptomate_deshidratado_hoja_de_divulgacin.pdf
20. Kids Health [Consultado el 14.09.2017] La Intoxicación por Plomo. [On Line]. Disponible en: <http://kidshealth.org/es/parents/lead-poisoning-esp.html>.
21. López Linares B. G., López Flores K. M. (2015) [Consultado el 20.08.2017] Cuantificación de Plomo y Arsénico en el Arroz del Programa de Alimentación y Salud Escolar de El Salvador [Trabajo de Graduación] Universidad de El Salvador, Facultad de Química y

Farmacia [On Line]. Disponible en:
<http://ri.ues.edu.sv/7637/1/16103578.pdf>.

22. Ministerio de Salud de El Salvador, Norma Salvadoreña Obligatoria 13.07.01:08 de Agua, Agua Potable (Segunda actualización, 2009). [On line]. Disponible en: http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/normas/NORMA_AGUA_POTABLE_2_a.pdf.

23. Normas Jurídicas de Nicaragua, Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense Norma para la Clasificación de los Recursos Hídricos NTON 05 007-98, Publicado la Gaceta N°30 el 11 de febrero del 2000. [On line]. Disponible:
<http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/b92aaea87dac762406257265005d21f7/1a3a99b77290b980062573df00594022?OpenDocument>

24. Organización Mundial de la Salud [Consultado el 19.08.2017] Centro de Prensa: Intoxicación por Plomo y Salud [On Line]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>

25. Organización Mundial de la Salud [Consultado el 19.08.2017] Guía Breve de Métodos Analíticos para Determinar el Contenido de Plomo de la Pintura. [On Line]. Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/77916/1/9789243502120_spa.pdf?ua=1

26. Organización Mundial de la Salud [Consultado el 19.08.2017] Programa Internacional de Sustancias Químicas: Impacto de las Sustancias Químicas en la Salud [On Line]. Disponible en: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/lead/es/

27. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud [Consultado el 14.09.2017] Enfermedad Renal Crónica en las Comunidades Agrícolas en Centroamérica es un Problema Grave de la Salud Pública. [On Line]. Disponible en: <http://www.paho.org/els/index>.
28. Pérez J., Hurtado G., Aparicio V., Argueta Q., Larín M. A. (2002) [Consultado el 11.11.2017] Cultivo del Tomate [Guía Técnica] El Salvador, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) [On Line]. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Tomate.pdf>
29. Pérez López, C. (2005). Muestreo estadístico: conceptos y problemas resueltos. España: Pearson Educación
30. Quintín, M.; Cabero Morán, M. T.; Paz Santana, Y. R. (2007). Tratamiento estadístico de datos con SPSS. España: Thomson International.
31. Richard, C. (2009). Espectroscopia de emisión y absorción atómica. Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Químicas. México.
32. Sadzawka A., Carrasco M. A., Demanet R., Flores H., Grez R., Mora M. D. L. L., Neaman A. (2007) [Consultado el 13.11.2017] Métodos de Análisis de Tejidos Vegetales, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Segunda Edición) [On Line]. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR34664.pdf>
33. Shimadzu Corporation. (2012). Atomic absorption spectrophotometry cookbook. Cambridge: Autor.

34. Ubillus Limo J. (2003) [Consultado el 19.08.2017] Estudio Sobre la Presencia de Plomo en el Medio Ambiente de Talara [Trabajo de Graduación] Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú [ON Line] Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis /Ingenie/ ubillus_lj/cap2.pdf
35. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas: Departamento de Química Agrícola. (2015). Determinación de humedad y Determinación de cenizas en foliares. [Manual de Laboratorio de Química Agrícola]. Autor.
36. Velásquez Mejía, W. E., Aldana Gutiérrez, M. De J. (2015) [Consultado el 13.11.2017] Estudio de Factibilidad Para la Producción y Comercialización del Tomate de Cocina con Buenas Prácticas Agrícolas Bajo Sistemas de Macrotúneles en El Valle de Zapotitán, Ciudad Arce Departamento de La Libertad. [Trabajo de Graduación] Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Economicas, El Salvador [On Line]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/9411/1/Trabajo%20de%20graduacion.pdf>

ANEXOS

ANEXO N°2



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA**



RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión: Ciudad Universitaria, 17 de Abril de 2018

Fecha de ingreso: 12 / marzo / 2018

Tipo de Muestra: Tomate

Análisis solicitado: Plomo.

Usuario: Br. Diana Marisol Martinez Perez

Identificacion muestra	Analisis	Resultado	Metodologia
Tomate 12-03	Humeda Total	0.067 ppm	AA / Horno de Gragito

Atentamente,

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"

M. Sc. Freddy Alexander Carranza
Jefe del Departamento de Química Agrícola



ANEXO N°3

Ubicación geográfica del Valle de Zapotitán y las variedades o zonas de cultivos.

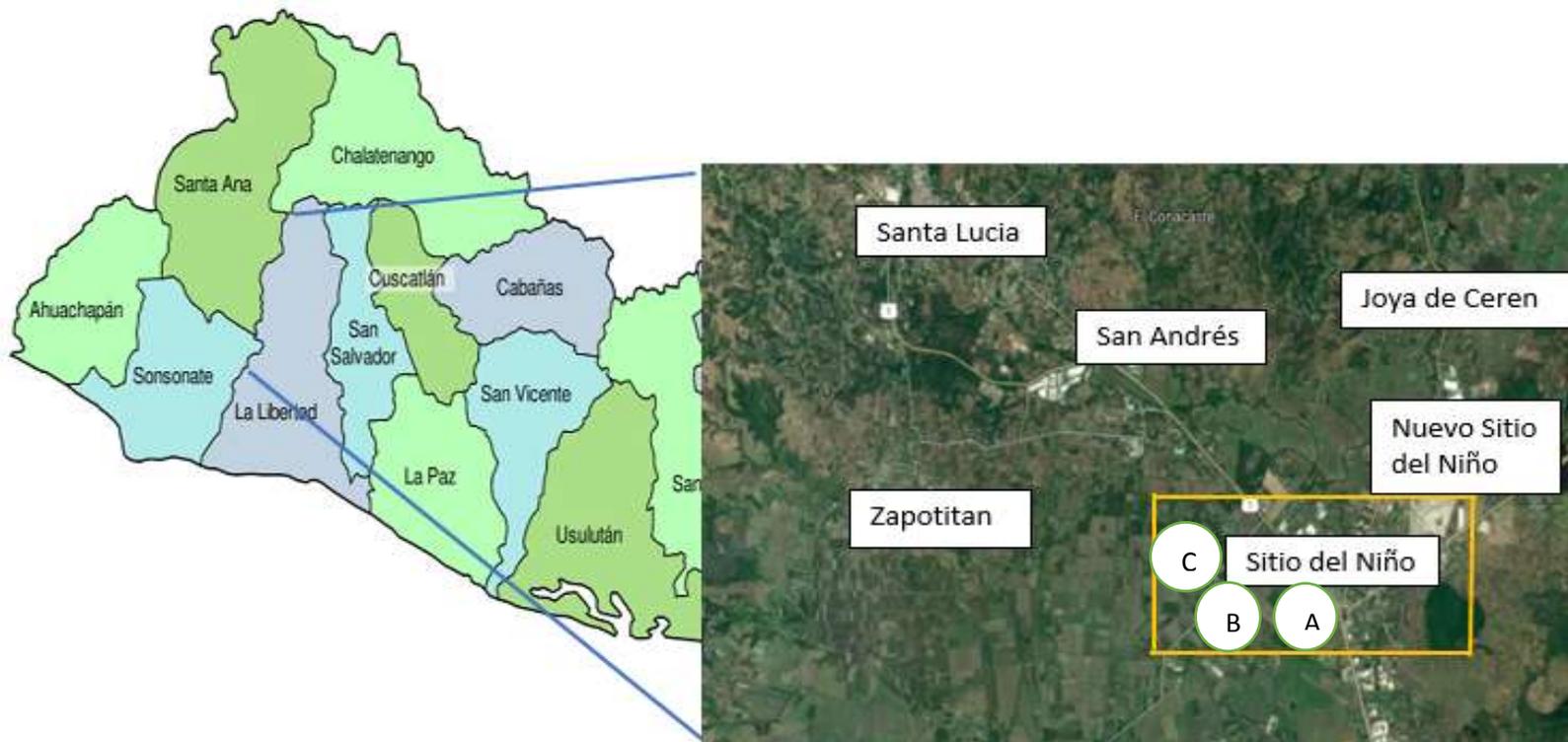


Figura N°10: Ubicación satelital de las variedades o zonas de cultivos del Valle de Zapotitán (A = 3064, B = Toliman y C = Tocayo) ⁽⁸⁾.

ANEXO N°4

RECOLECCIÓN, LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE
Lycopersicon esculentum L (TOMATE).

Recolección, limpieza y preparación de las muestras de *Lycopersicon esculentum L* (Tomate).



Figura N°11: Recolección, identificación y transporte de las muestras.

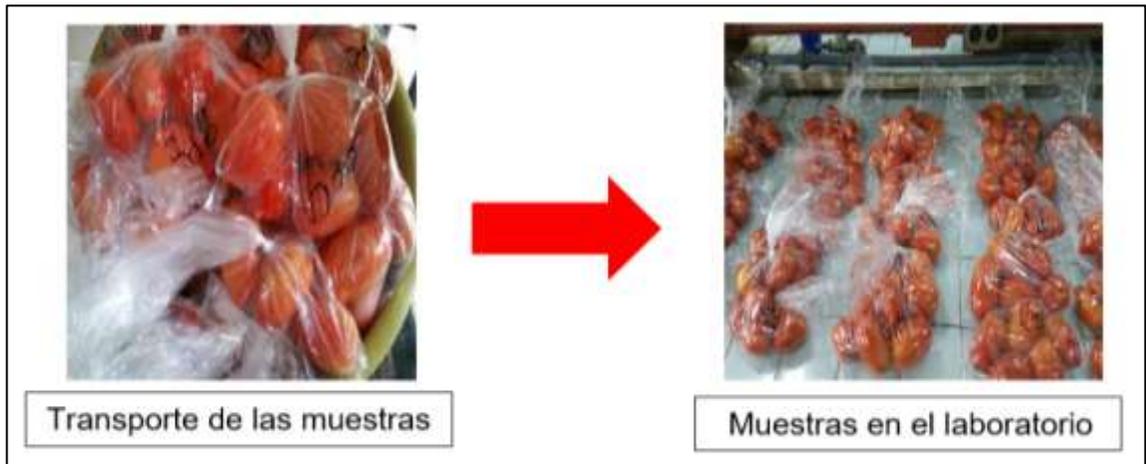


Figura N° 11 continuación



Figura N° 12: Limpieza de las muestras.

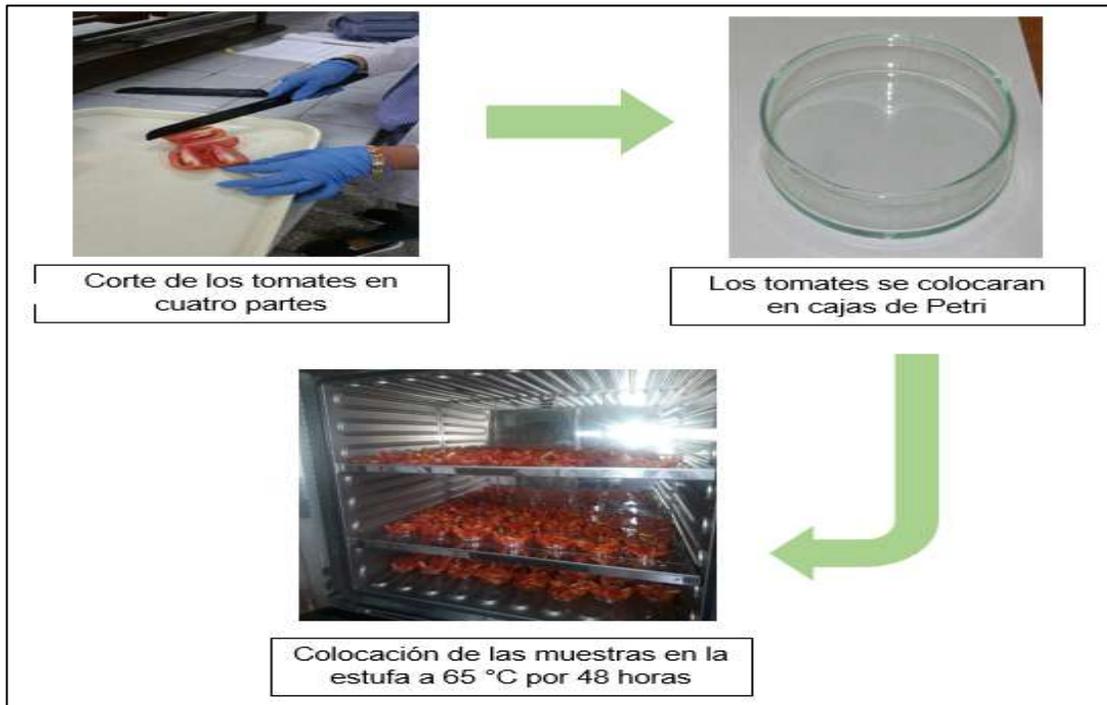


Figura N°13: Deshidratación de las muestras.

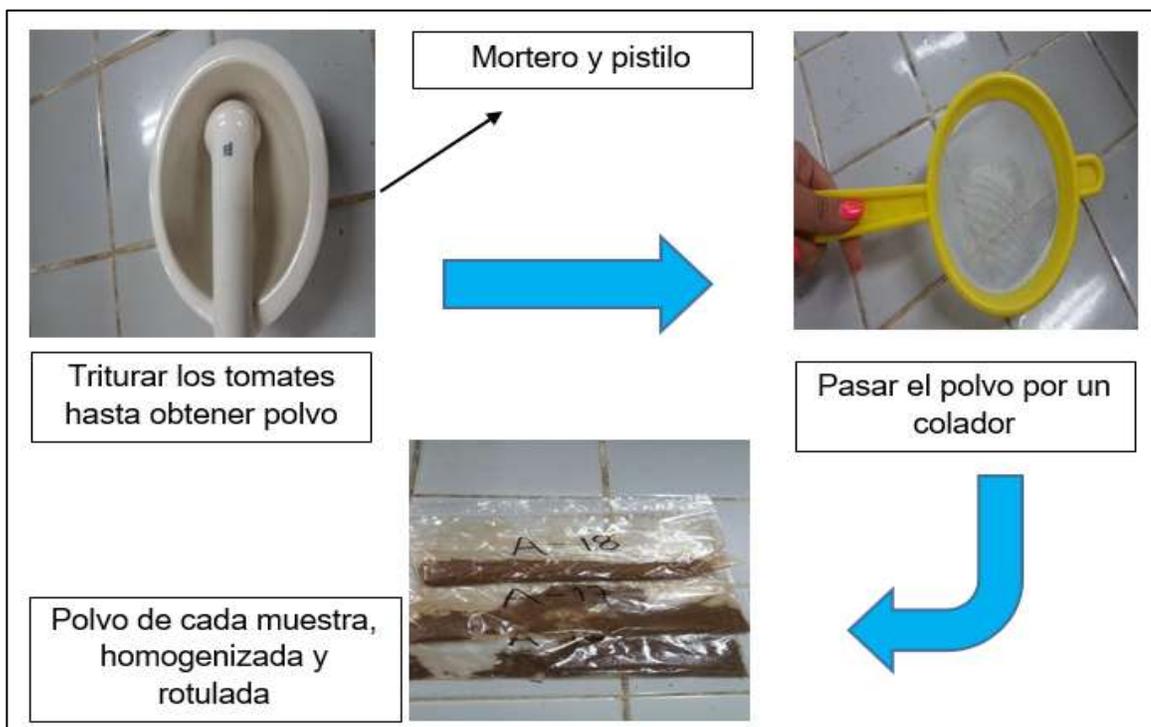


Figura N°14: Trituración de la muestras.

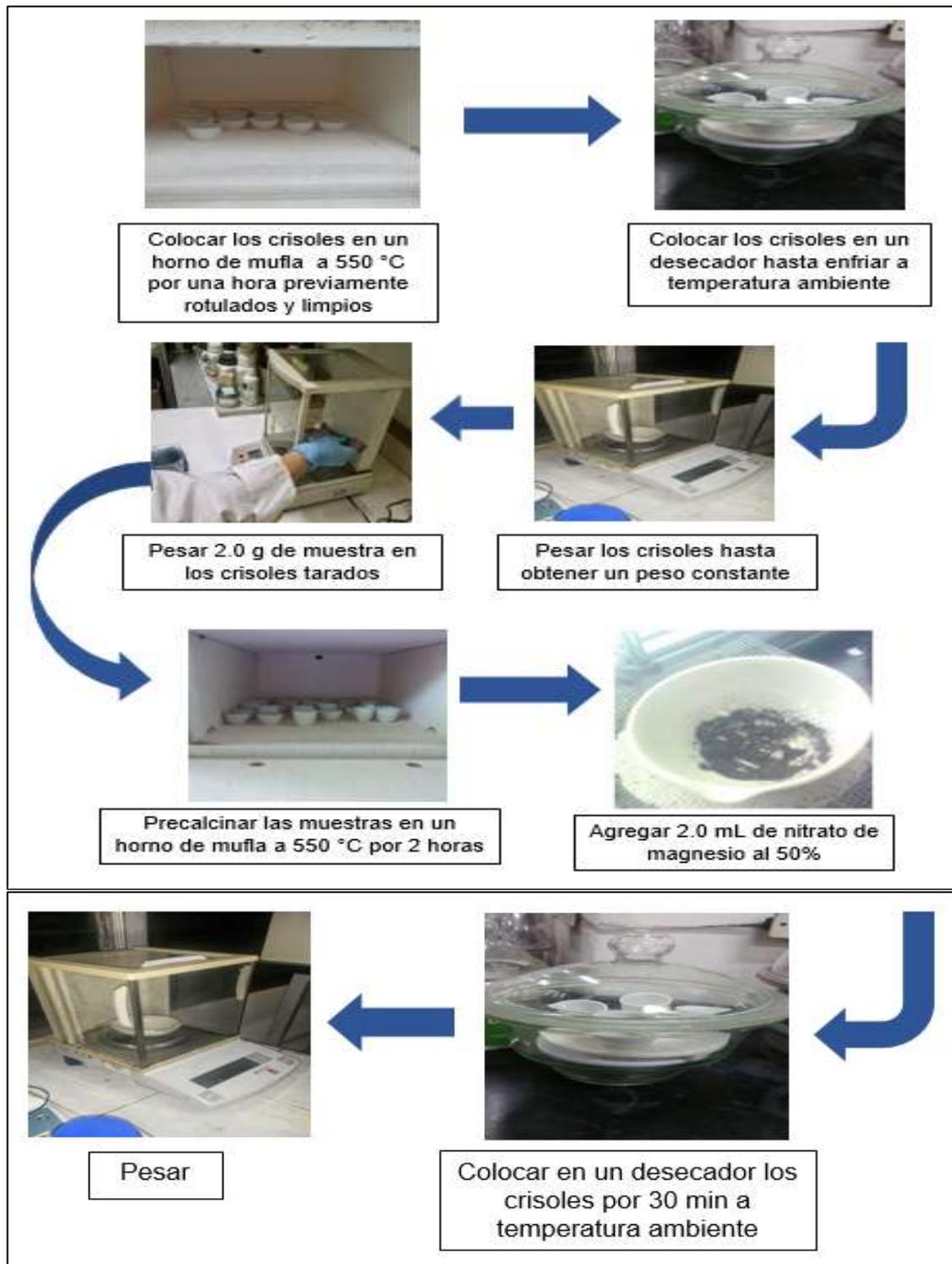


Figura N° 15: Incineración por secado.

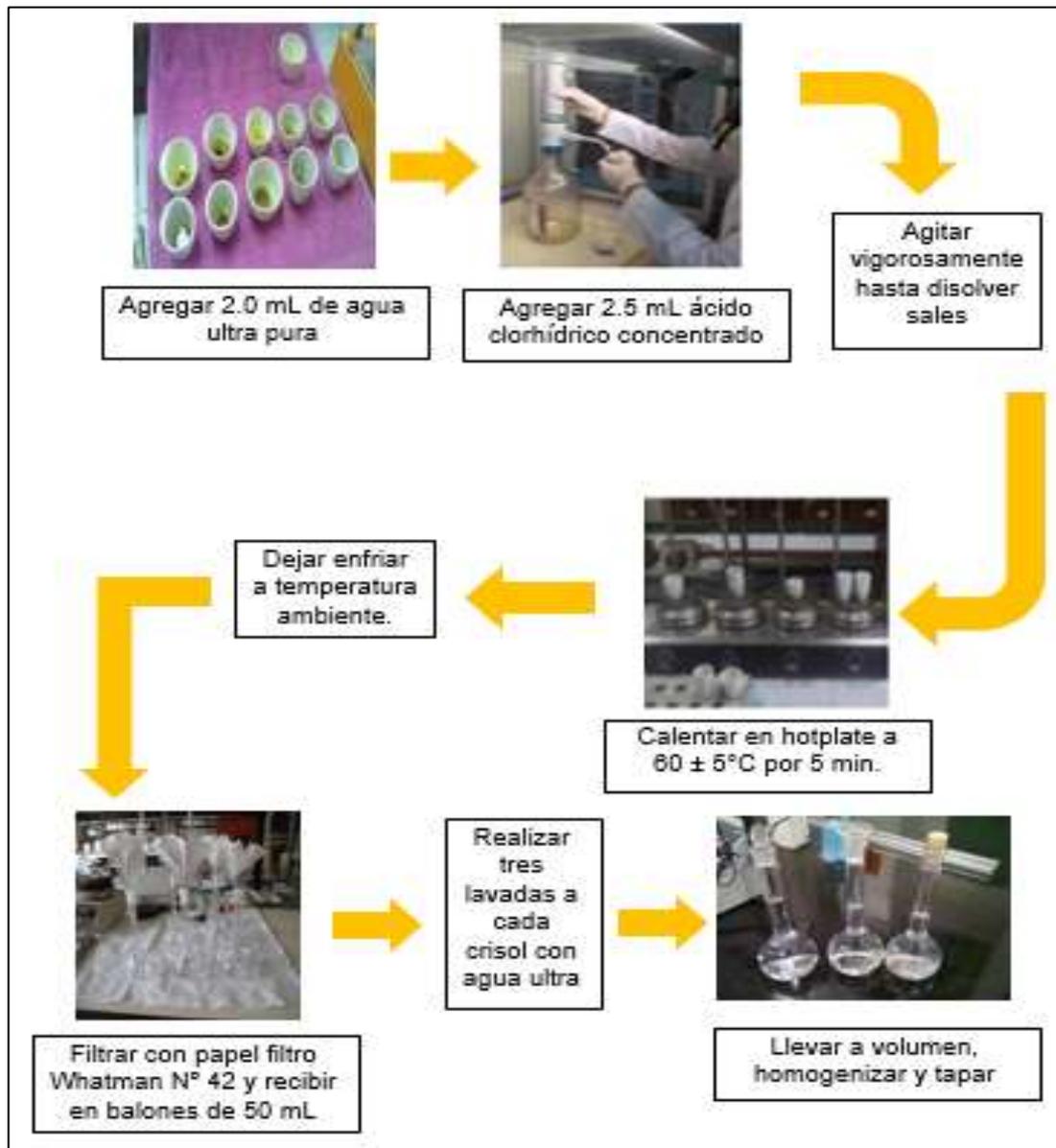


Figura N° 16: Preparacion de soluciones madre.

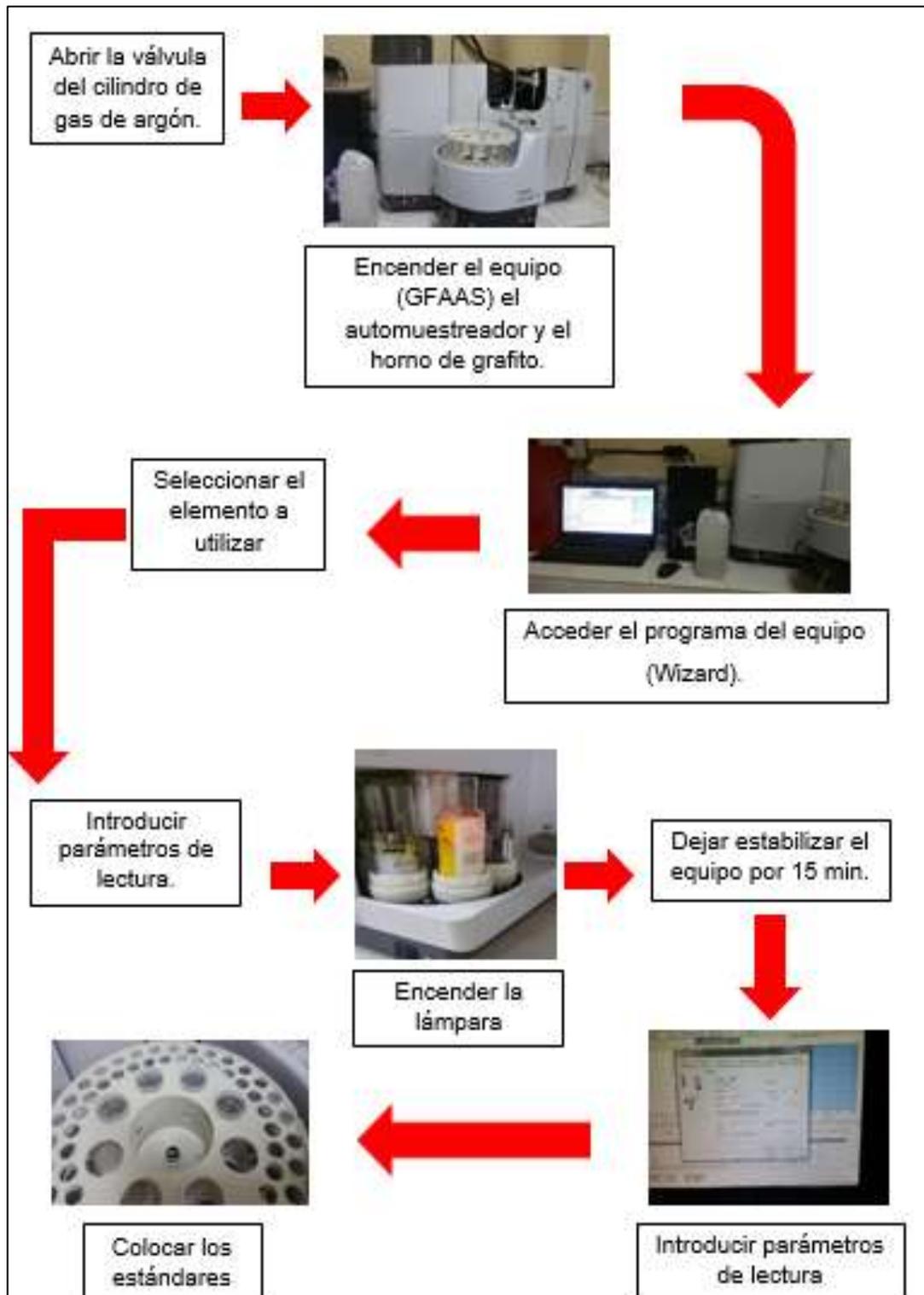


Figura N°17: Procedimiento para la cuantificación de Plomo

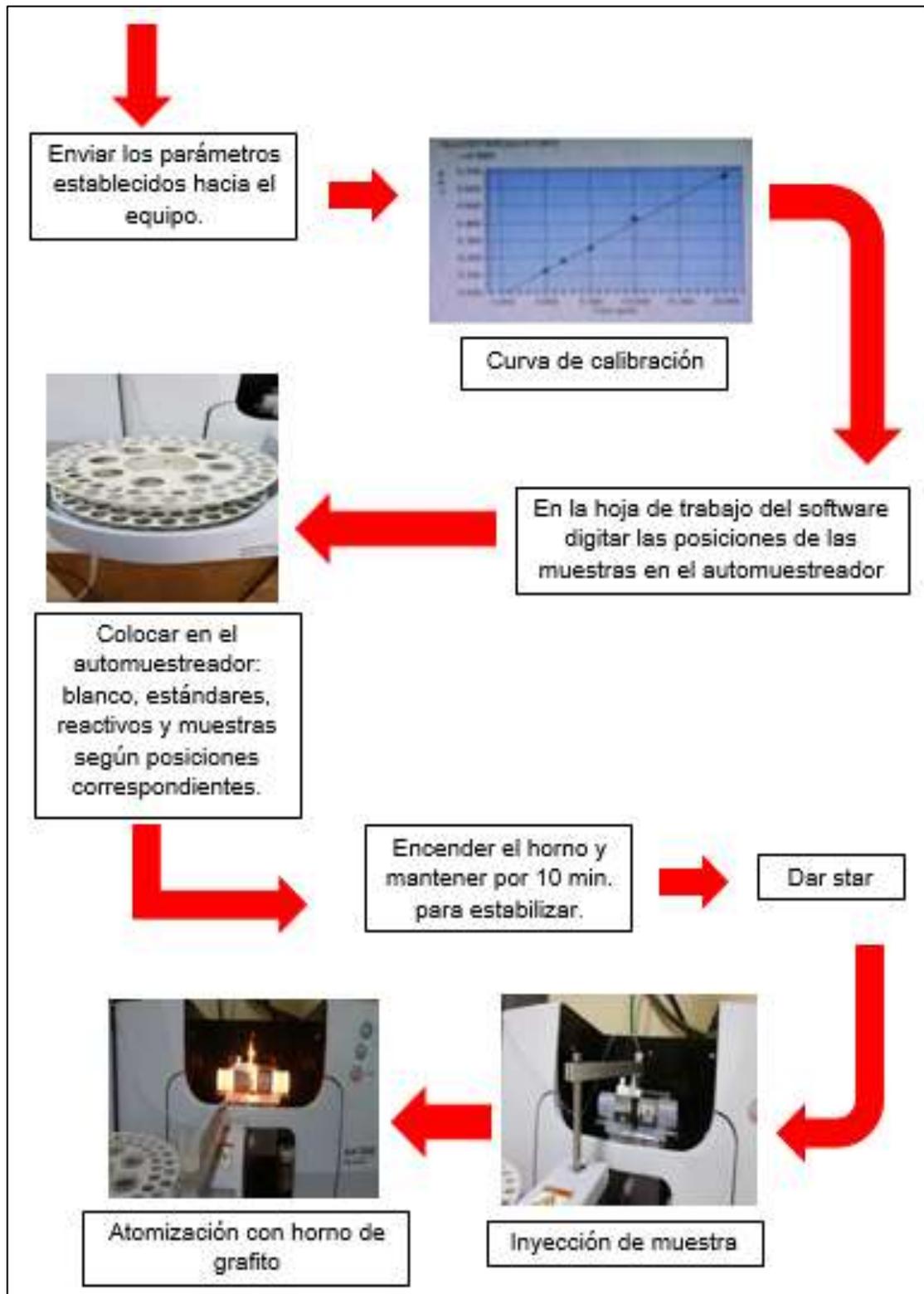


Figura N°17 continuación

ANEXO N° 5

Identificación botánica realizada en el Jardín Botánico La Laguna

Asociación Jardín Botánico La Laguna



Antiguo Cuscatlán, 20 de septiembre de 2018

Lic. Henry Alfredo Hernández
Asesor de Tesis
Facultad de Química y Farmacia
Universidad de El Salvador
Presente.

Deseándole éxitos en sus actividades profesionales.

Hago de su conocimiento que el día 20 de septiembre del presente año, se presentó al Jardín Botánico La Laguna, la señorita Diana Marisol Martínez Pérez con carnet MP10036 estudiante egresada de la carrera Licenciatura en Química y Farmacia, Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador con una muestra de planta conocida comúnmente como "tomate", explicando la necesidad de identificación, para realizar su trabajo de tesis de grado.

Al consultar literatura taxonómica y hacer revisión de material de herbario para su identificación, se determinó la muestra como:

ESPECIE	FAMILIA
<i>Lycopersicon esculentum</i> L.	Solanaceae

En tal sentido, se extiende la presente nota, para el uso que estime conveniente dentro de su trabajo de grado.

Atte.

Pablo G. Olmedo Galán
Lic. en Biología
Sección Técnica Científica
Biblioteca-Herbario



ANEXO N° 6
REACTIVOS MATERIALES Y EQUIPOS

Reactivos:

1. Nitrato de Paladio II.
2. Ácido Nítrico.
3. Ácido Clorhídrico Concentrado.
4. Nitrato de Magnesio.
5. Estándar de Plomo (Ver Anexo N°14)
6. Agua destilada.
7. Agua ultra pura.
8. Spectroquant.

Material y equipo:

1. Guantes de látex.
2. Papel toalla.
3. Balón volumétrico de 50 mL
4. Balón volumétrico de 100 mL
5. Cuchillo de acero inoxidable.
6. Mortero y pistilo.
7. Horno de mufla.
8. Desecadora.
9. Crisoles de porcelana.
10. Balanzas analíticas. (Explorer® Analítica)
11. Papel filtro Whatman N° 42.
12. Pipeta volumétrica de 5.0 mL y 25 mL
13. Equipo de Absorción Atómica de Horno de Grafito. (Shimadzu AA-7000 GFA-7000)
14. Papel aluminio.
15. Papel glassine.

16. Agitadores de vidrio.
17. Embudo de vidrio.
18. Hot plate.
19. Vaso de precipitado de 25, 50, 100 y 250
20. Bolsas plásticas de 5 lb.
21. Mascarilla de gases.
22. Espátula plástica.

ANEXO N° 7

Preparación de Reactivos

- Solución de nitrato de paladio (II) (10 ppb de Pd):
 1. Disolver 0.100 g de Nitrato de Paladio en 10 mL de Ácido Nítrico (1:1).
 2. Llevar a 500 mL con agua.
 3. Tomar 20 mL de esta solución a un balón volumétrico de 200 mL y llevar a volumen con agua.

- Preparación de 100 mL de ácido nítrico/agua (1:1 v/v):
 1. Medir 250 mL de ácido nítrico concentrado en una probeta de 250 mL.
 2. Transferir a un balón volumétrico de 500 mL.
 3. Aforar con agua ultra pura y homogenizar.

- Preparación de 500 mL de ácido clorhídrico (1:1 v/v)
 1. Medir 250 mL de ácido clorhídrico 1 N en una probeta de 250 mL.
 2. Transferir a un balón volumétrico de 500 mL.
 3. Aforar con agua bidestilada y homogenizar.

- Solución Detergente:

Prepara una solución de 0.1 a 0.3% a partir de un detergente no iónico (sin fosfato)

ANEXO N°8

PLANTEAMIENTO DE CÁLCULOS PARA LA PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN STOCK 20 PPB Y SOLUCIONES ESTÁNDARES DE PLOMO.

Planteamiento de cálculos para la preparación de la solución stock 20 ppb y soluciones estándares de Plomo.

- Solución Stock

Ejemplo: Cálculo para la solución stock de 20 ppb de Pb

$$C_1V_1 = C_2V_2 \quad \longrightarrow \quad V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1}$$

En donde:

C_1 = Concentración inicial (1000 ppb de Plomo)

V_1 = Volumen inicial (alícuota a tomar de la solución de 1000 ppb de Plomo para la preparación de la solución stock de 20 ppb de Plomo)

C_2 = Concentración final (20 ppb de Plomo)

V_2 = Volumen final (100.0 mL)

$$V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1} = \frac{(20 \text{ ppb de Pb})(100.0 \text{ ml})}{1000 \text{ ppb de Pb}}$$

V_1 = 2.0 mL de la solución de 1000 ppb de Pb

- Soluciones estándares de plomo a partir de la solución de stock 20 ppb

Ejemplo: Cálculo para la solución estándar de 2 ppb de Pb.

$$C_1V_1 = C_2V_2 \quad \longrightarrow \quad V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1}$$

En donde:

C_1 = Concentración inicial (20 ppb de Plomo)

V_1 = Volumen inicial (alícuota a tomar de la solución stock de 20 ppb de Plomo para la preparación de la solución estándar de 2 ppb de Plomo)

C_2 = Concentración final (2 ppb de Plomo)

V_2 = Volumen final (50.0 mL)

$$V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1} = \frac{(2 \text{ ppb de Pb})(50.0 \text{ ml})}{20 \text{ ppb de Pb}}$$

V_1 = 5.0 mL de la solución de 20 ppb de Pb

Ejemplo: Cálculo para la solución estándar de 5 ppb de Pb.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \quad \longrightarrow \quad V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1}$$

En donde:

C_1 = Concentración inicial (20 ppb de Plomo)

V_1 = Volumen inicial (alícuota a tomar de la solución stock de 20 ppb de Plomo para la preparación de la solución estándar de 5 ppb de Plomo)

C_2 = Concentración final (5 ppb de Plomo)

V_2 = Volumen final (50.0 mL)

$$V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1} = \frac{(5 \text{ ppb de Pb})(50.0 \text{ ml})}{20 \text{ ppb de Pb}}$$

V_1 = 12.5 mL de la solución de 20 ppb de Pb

Ejemplo: Cálculo para la solución estándar de 10 ppb de Pb.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \quad \longrightarrow \quad V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1}$$

En donde:

C_1 = Concentración inicial (20 ppb de Plomo)

V_1 = Volumen inicial (alícuota a tomar de la solución stock de 20 ppb de Plomo para la preparación de la solución estándar de 10 ppb de Plomo)

C_2 = Concentración final (10 ppb de Plomo)

V_2 = Volumen final (50.0 mL)

$$V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1} = \frac{(10 \text{ ppb de Pb})(50.0 \text{ ml})}{20 \text{ ppb de Pb}}$$

V_1 = 25.0 mL de la solución de 20 ppb de Pb

Ejemplo: Cálculo para la solución estándar de 10 ppb de Pb.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \quad \longrightarrow \quad V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1}$$

En donde:

C_1 = Concentración inicial (20 ppb de Plomo)

V_1 = Volumen inicial (alícuota a tomar de la solución stock de 20 ppb de Plomo para la preparación de la solución estándar de 20 ppb de Plomo)

C_2 = Concentración final (20 ppb de Plomo)

V_2 = Volumen final (50.0 mL)

$$V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1} = \frac{(20 \text{ ppb de Pb})(50.0 \text{ ml})}{20 \text{ ppb de Pb}}$$

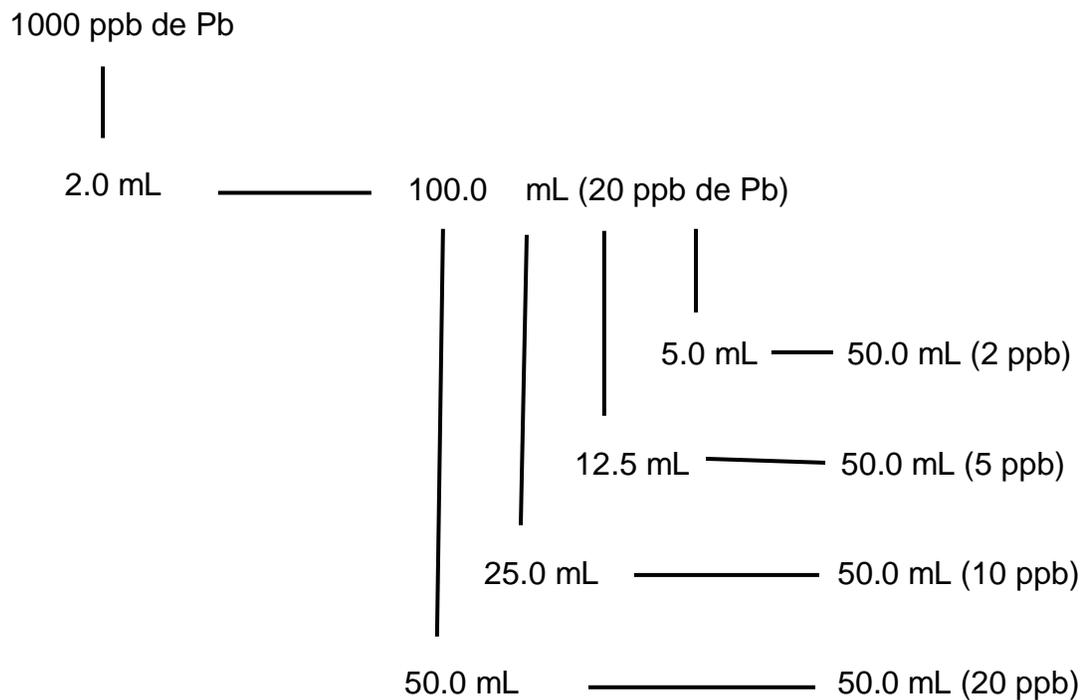
V_1 = 50.0 mL de la solución de 20 ppb de Pb

ANEXO N°9

CASCADAS DE DILUCIÓN, ESQUEMAS DE DILUCIÓN PARA LA PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN STOCK 20 PPB, SOLUCIONES ESTÁNDARES Y CÁLCULOS PARA LA DETERMINACIÓN DE PLOMO.

Cascadas de dilución, esquemas de dilución para la preparación de solución stock 20 ppb, soluciones estándares y cálculos para la determinación de Plomo.

- Cascada de diluciones para la preparación de estándares de Plomo:



- Cálculos para la determinación de Plomo

Para la determinación de plomo se realizó una dilución previa a la lectura, con 100 μ L de solución muestra a un volumen de 600 μ L ya que se aplicó el método de adición de estándar; el Horno de Grafito posee una celda de dilución que es de 600 μ L y automáticamente el equipo con una micropipeta especial tomó una alícuota de 100 μ L de solución muestra.

a) Determinación del factor de dilución

2.0003 g 50 mL

0.1 mL 0.6 mL

$$FD = \frac{\text{Volúmenes hechos}}{\text{Alícuotas tomadas}}$$

$$FD = \frac{(50.0 \text{ mL})(0.6 \text{ mL})}{0.1 \text{ mL}} = 300 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0.3 \text{ L}$$

b) Cálculos aplicando la Ley de Bourguer-Lambert-Beer.

El equipo de Absorción Atómica proporcionó una lectura directa en ppb del elemento en estudio (plomo). Pero para calcular la concentración equivalente al peso muestra se aplicó la Ley de Bourguer-Lambert-Beer:

Para la muestra A_1 :

$$C_{mx} = \frac{C_{std} A_{std}}{A_{mx}} \times FD \quad \Rightarrow \quad C_{mx} \times FD$$

$$0.21 \text{ ppb} \times 0.3 = 0.063 \mu\text{g de Pb}$$

Conversión de μg a mg de Pb

$$0.063 \text{ ppb} \times \frac{1 \text{ mg}}{1000 \mu\text{g}} = 0.000063 \text{ mg de Pb}$$

$$\frac{0.000063 \text{ mg de Pb}}{2.0003 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 0.0315 \text{ mg Pb/Kg}$$

- Esquema de dilución de la solución stock y soluciones estándares (2 ppb, 5 ppb, 10 ppb y 20 ppb)

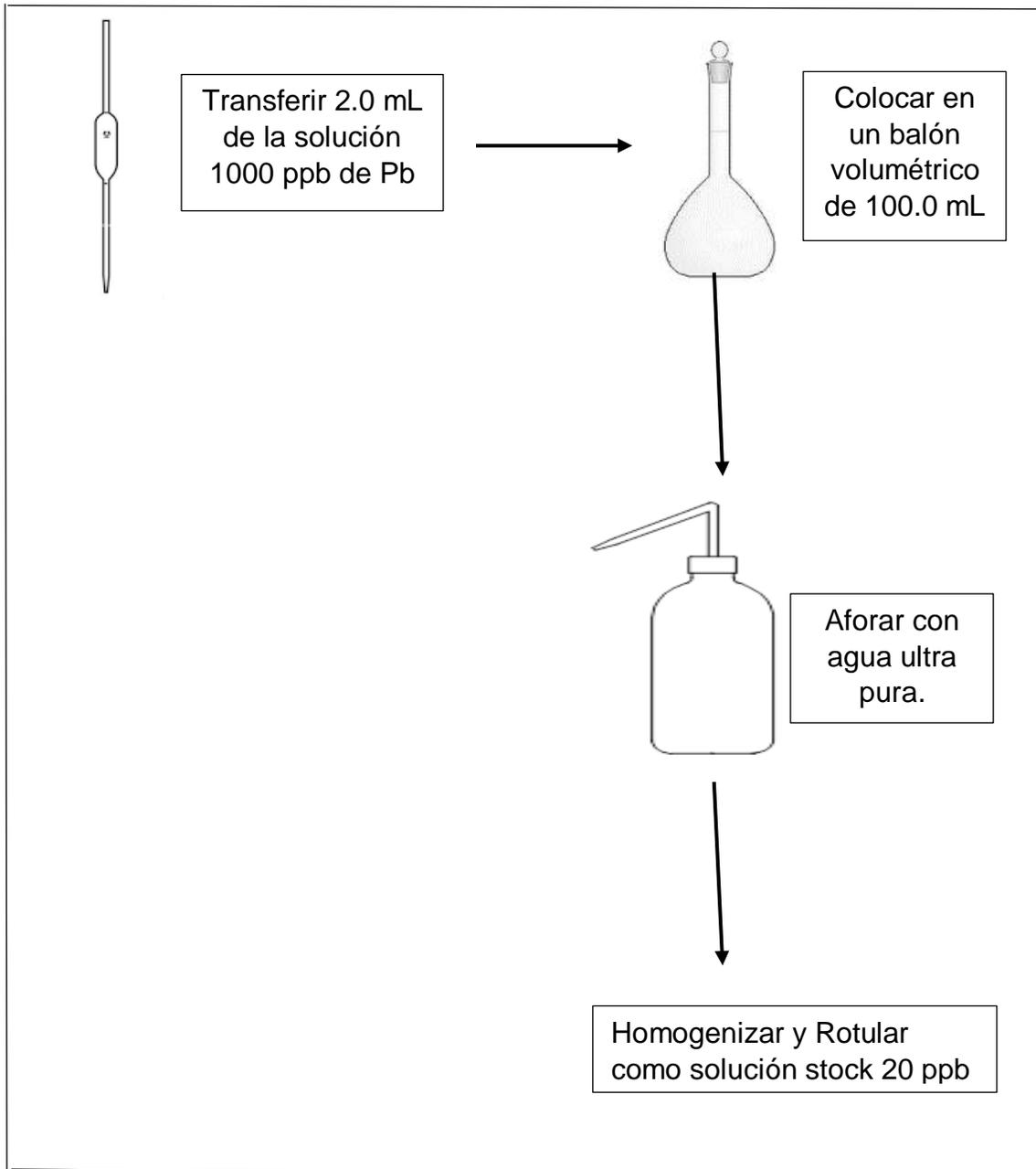


Figura N°18: Esquema de dilución de la solución stock.

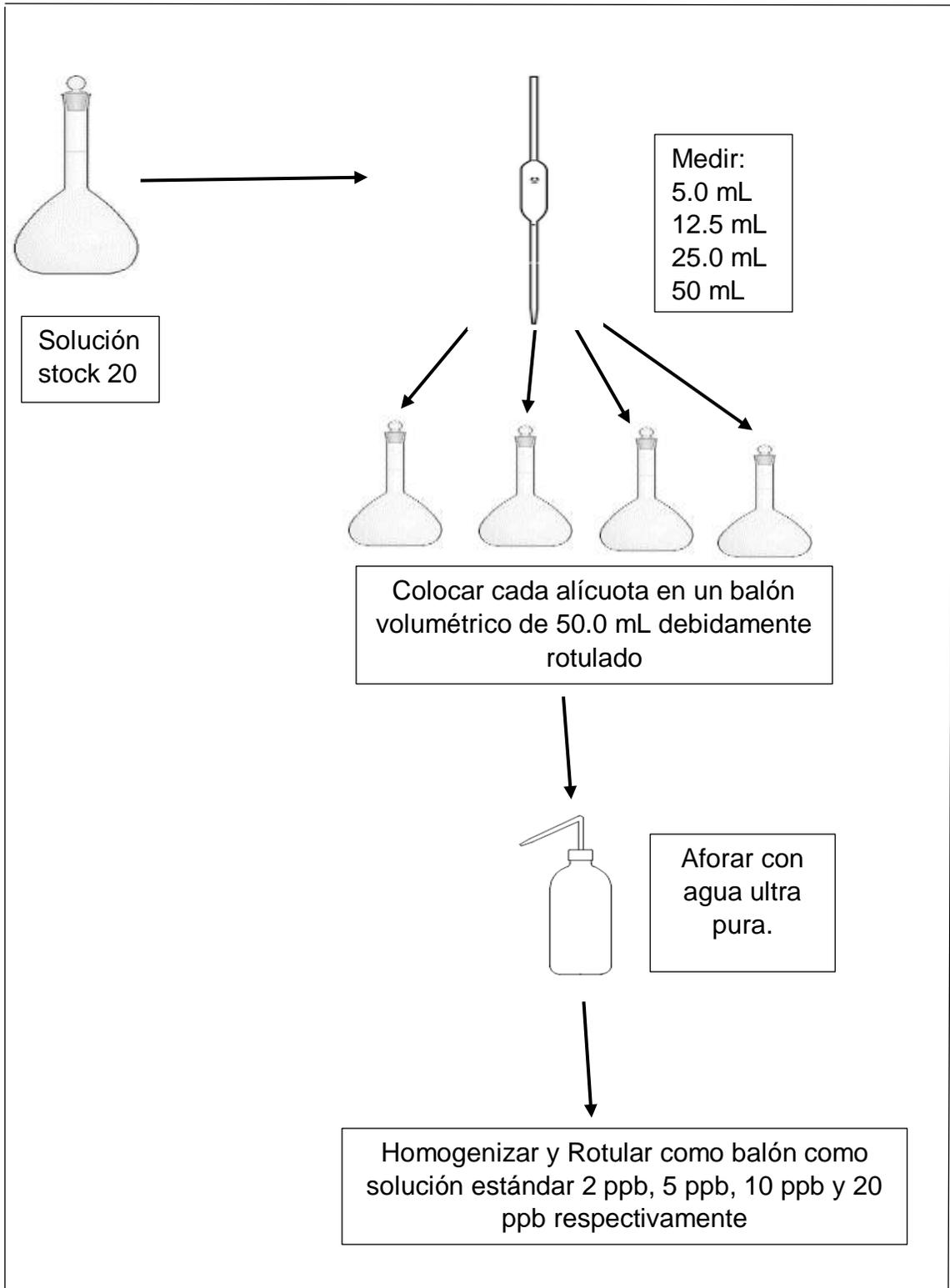


Figura N°19: Esquema de dilución de las soluciones estándares.

ANEXO N°10

CERTIFICADO DE CALIDAD DE SPECTROQUANT® TEST PLOMO.

Certificado de Calidad de Spectroquant® Test Plomo.

Measuring Range / Messbereich / Intervalo de medida	0.010 – 1.000 mg/l Pb	0.10 – 5.00 mg/l Pb
Sensitivity: 0.010 A (absorbance) = Empfindlichkeit: 0.010 E (Extinktion) = Sensibilidad: 0.010 A (absorbancia) =	0.013 mg/l Pb	0.06 mg/l Pb
Lower Limit of Detection (LLD) Nachweisgrenze Límite de detección	0.0060 mg/l Pb	0.038 mg/l Pb
Method Detection Limit (MDL) Bestimmungsgrenze Límite de determinación	0.015 mg/l Pb	0.08 mg/l Pb
Confidence Interval (P = 95 %) (average value of lots) Vertrauensbereich (95 % Wahrscheinlichkeit) (Mittelwert aller Chargen) Intervalo de confianza (95 % de probabilidad) (valor medio de todos los lotes)	!)	± 0.05 mg/l Pb
Standard Deviation of the Method (average value of lots) Verfahrensstandardabweichung (Mittelwert aller Chargen) Desviación estándar del procedimiento (valor medio de todos los lotes)	!)	± 0.020 mg/l Pb
Variation Coefficient of the Method (average value of lots) Verfahrensvariationskoeffizient (Mittelwert aller Chargen) Coeficiente de variación del procedimiento (valor medio de todos los lotes)	!)	± 0.80 %
Number of Lots for calculation Anzahl Produktionschargen zur Berechnung Número de lotes de producción para el cálculo	26	
Accuracy / Genauigkeit / Exactitud	± 0.028 mg/l Pb	± 0.14 mg/l Pb

!) is not determined / wird nicht berechnet / no se determina

Merck KGaA, Darmstadt, 31.01.2017

This document is computer-generated and is valid without a signature.
Dieses Dokument wurde maschinell erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.
Este documento se ha creado de forma automática y es válido sin firma.

Merck KGaA, 64271 Darmstadt, Germany • EMD Millipore Corporation, Billerica, USA



Certificate of quality

Qualitätszertifikat • Certificado de calidad

Applicability of Spectroquant® Test Kits for Self-Monitoring.

Eignung der Spectroquant® Testsätze zur Selbstüberwachung

Aptitud de los equipos de ensayo Spectroquant® para autovigilancia

The characteristic data of the procedure of the following test kit were determined in accordance with ISO 8466-1 and DIN 38402 A51 "Calibration of analysis methods" during the production control process.

Die Verfahrenskenndaten für den unten genannten Testsatz wurden gemäß ISO 8466-1 und DIN 38402 A51 "Kalibrierung von Analysenverfahren" bei der Produktionsendkontrolle ermittelt.

Los datos característicos del procedimiento para el equipo de ensayo abajo citado se determinaron según ISO 8466-1 y DIN 38402 A51 "Calibración de procedimientos analíticos" durante el control final de producción.

Spectroquant® Lead Test, Cat. No. 109717

Spectroquant® Blei-Test, Art.-Nr. 109717

Spectroquant® Test Plomo, Art. Núm. 109717

	50 mm cell / Küvette / cubeta	10 mm cell / Küvette / cubeta
--	-------------------------------	-------------------------------

Concentración de sustancias extrañas en mg/l o en % o en [†]							
Ag ⁺	50	Fe ²⁺	2	PO ₄ ³⁻	50	EDTA	0,25
Al ³⁺	500	Hg ²⁺	50	Zn ²⁺	25	Tensioactivos ^{††}	500
Ca ²⁺	250	Mg ²⁺	250			Na-acetato	20 %
Cd ²⁺	25	Mn ²⁺	0,1			NaCl	20 %
Cr ³⁺	25	NH ₄ ⁺	1000			NaNO ₃	5 %
Cr ₂ O ₇ ²⁻	10	NO ₂ ⁻	100			Na ₂ SO ₄	15 %
Cu ²⁺	100	NO ₃ ⁻	1000			Dureza total	53,4 ^{††}

^{††} ensayado con tensioactivos no iónicos, catiónicos y aniónicos

5. Reactivos y auxiliares

¡Tener en cuenta las advertencias de peligro que se encuentran en los diferentes componentes del envase! ¡Atención! ¡El reactivo Pb-1 contiene cianuro potásico!

Los reactivos del test son utilizables hasta la fecha indicada en el envase si se conservan cerrados entre +15 y +25 °C.

Contenido del envase:

1 frasco de reactivo Pb-1
1 frasco de reactivo Pb-2
1 AutoSelector

Otros reactivos y accesorios:

Ácido nítrico 65 % para análisis EMSURE®, art. 100456

Spectroquant® Crack Set 10C, art. 114688
+ termorreactor

o

Spectroquant® Crack Set 10, art. 114687
+ cubetas vacías 16 mm con tapa roscada (25 unidades),
art. 114724
+ termorreactor

MColorpHast™ Tiras indicadoras universales pH 0 - 14, art. 109535

Amoníaco en solución 25 % para análisis EMSURE®, art. 105432

Ácido nítrico Titrisol® para 1 mol/l, art. 109966

Spectroquant® CombiCheck 100, art. 118701

Plomo - solución patrón CRM, 0,0500 mg/l de Pb, art. 133003

Plomo - solución patrón CRM, 0,100 mg/l de Pb, art. 133004

Pipetas para volúmenes de pipeteo de 0,50 y de 8,0 ml
Cubetas rectangulares 10, 20 y 50 mm (2 unidades de cada tipo), art. 114946,
114947 y 114944

se recomienda antes de cada serie de mediciones

Para comprobar el sistema fotométrico de medición (reactivos del test, dispositivo de medición, manipulación) y el modo de trabajo pueden usarse las soluciones patrón de plomo, CRM, 0,0500 mg/l de Pb (art. 133003) y 0,100 mg/l de Pb (art. 133004) o el CombiCheck 100 Spectroquant®. Además de una **solución patrón** con 2,00 mg/l de Pb²⁺, este artículo contiene también una **solución de adición** para determinar las interferencias dependientes de la muestra (**efectos de matriz**).

Notas adicionales, ver bajo www.qa-test-kits.com.

Datos característicos de la calidad:

En el control de producción se determinaron los siguientes datos según ISO 8466-1 y DIN 38402 A51 (cubeta de 10 mm):

Desviación estándar del procedimiento (mg/l de Pb)	± 0,020
Coefficiente de variación del procedimiento (%)	± 0,80
Intervalo de confianza (mg/l de Pb)	± 0,05
Número de lotes	25

Datos característicos del procedimiento:

	Intervalo de medida mg/l de Pb	
	0,010 - 1,000	0,10 - 5,00
Sensibilidad: Absorbancia 0,010 A corresponde a (mg/l de Pb)	0,013	0,06
Exactitud de un valor de medición (mg/l de Pb)	máx. ± 0,028	máx. ± 0,14

Certificados de calidad y de lote para los tests Spectroquant®, ver sitio web.

9. Notas

- Cerrar de nuevo inmediatamente los frascos tras la toma de los reactivos.
- **¡Los reactivos del test no deben ir a las aguas residuales!**
Podrá pedirse información sobre los procedimientos de eliminación en www.disposal-test-kits.com.

Merck KGaA, 64271 Darmstadt, Germany,
Tel. +49(0)6151 72-2440
www.analytical-test-kits.com
EMD Millipore Corporation, 290 Concord Road,
Billerica, MA 01821, USA, Tel. +1-978-715-4321



Febrero 2017

1.09717.0001

Spectroquant®
Test Plomo

Pb

1. Método

En solución alcalina los iones plomo(II) forman con 4-(2-piridilazo)-resorcina (PAR) un complejo rojo que se determina fotométricamente.

3. Intervalo de medida y número de determinaciones

6. Preparación

- Analizar las muestras inmediatamente después de la toma de muestras. En otro caso conservar con ácido nítrico al 65 % (1 ml de ácido nítrico para 1 l de solución de la muestra).
- El plomo no disuelto o unido en forma de complejo puede determinarse después de la preparación de la muestra con uno de los Crack Sets Spectroquant®.
- Las muestras con más de 5,00 mg/l de Pb deben diluirse con agua destilada antes de la disgregación.
- El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 3 - 6.
Si es necesario, ajustar con solución diluida de amoníaco o con ácido nítrico.
- Filtrar las muestras turbias.

7. Técnica

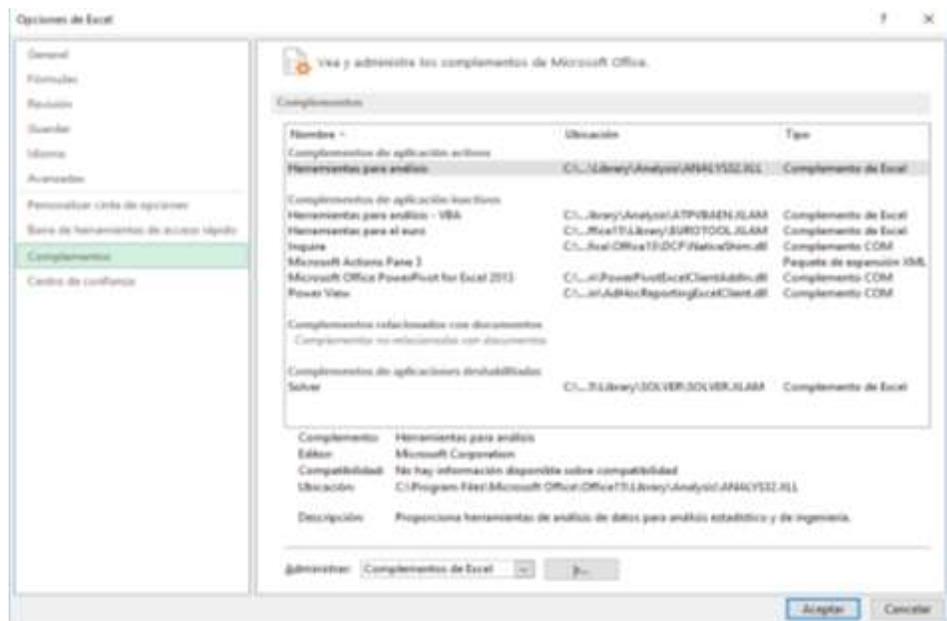
ANEXO N°11

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR A
TRAVÉS DE EXCEL 2016

Aplicación del Análisis de varianza de un factor a través de Excel 2016

1. Hacer una tabla de datos, con sus respectivos encabezados.
2. Como la opción de análisis de varianza de un factor no viene instalado en la hoja de cálculo Excel, se debe de incorporar de la siguiente manera:
 - 2.1. Seleccionar en la barra de herramienta la opción ARCHIVO.
 - 2.2. Seleccionar OPCIONES
 - 2.3. Seleccionar la opción COMPLEMENTOS.
 - 2.4. Dar aceptar al cuadro que aparece en la pantalla.

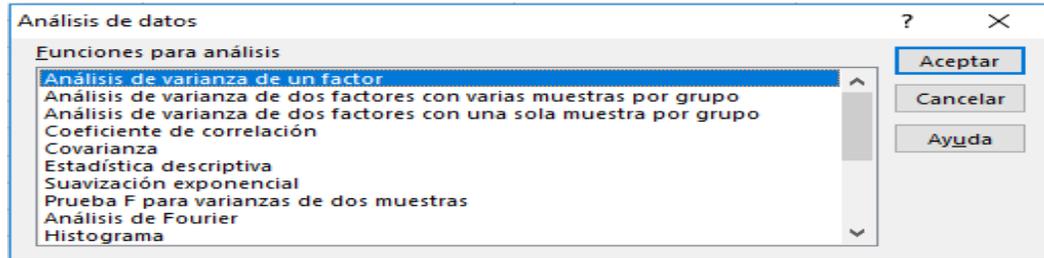
Cuadro N°4: Complementos de Excel



- 2.5. Esperar unos minutos y la opción ANÁLISIS DE DATOS aparecerá en DATOS de la barra de herramientas.
3. Trasladarse a la barra de herramientas en la opción DATOS en donde se debe seleccionar la opción de ANÁLISIS DE DATOS.

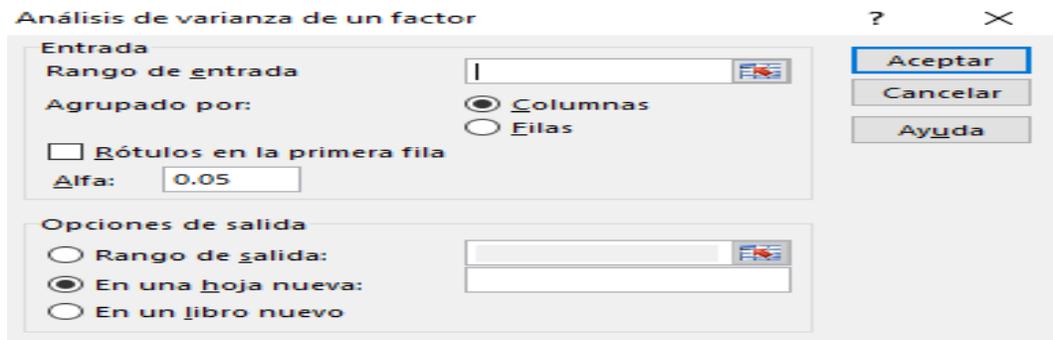
4. Aparecerá un cuadro en donde se debe seleccionar la opción análisis de varianza de un factor y dar aceptar.

Cuadro N° 5: Análisis de datos de Excel.



5. A continuación aparecerá el siguiente cuadro:

Cuadro N°6: Analisis de varianza de un factor



6. En donde dice rango de entrada hay que seleccionar el número de celda en donde está la tabla de datos.
7. Seleccionar rótulos en la primera fila.
8. En la opción de salida, seleccionar rango de salida y colocar el número de celda en donde queremos que aparezca el cuadro con el Análisis de varianza de un factor.
9. Dar aceptar y el cuadro con el Análisis de varianza de factor aparece en la celda seleccionada.

ANEXO N°12

TABLAS DE MUESTREO MILITAR ESTÁNDAR.

Tabla N° 8: Letras de código para el tamaño de la muestra.

Tamaño del lote	Niveles especiales de inspección				Niveles generales de inspección		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F
 91 a 150	B	B	C	D	D	<u>F</u>	G
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 200 a 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 a 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
151 000 a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 y mas	D	E	H	K	N	Q	R

ANEXO N°13

NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE NORMA PARA LA
CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS NTON 05 007-98,
LEY FEDERAL MEXICANA DE DERECHOS EN MATERIA DE AGUA Y
LA NORMA SALVADOREÑA DE AGUA Y AGUA POTABLE.

Tabla N° 10: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense norma para la clasificación

de los recursos hídricos NTON 05 007-98. Lineamiento de agua tipo

2: Aguas destinadas a los usos agropecuarios. Categoría 2 A: Aguas

para riego de vegetales destinados al consumo humano.

Parámetro	Límite o rango máximo
Aluminio	1.0 mg/l
Arsénico total	0.05 mg/l
Boro	1.0 mg/l
Cadmio	0.75 mg/l
Cianuro	0.005 mg/l
Cobre	0.2 mg/l
Cromo total	0.2 mg/l
Hierro total	0.05 mg/l
Litio	1.0 mg/l
Manganeso total	5.0 mg/l
Mercurio	0.5 mg/l
Molibdeno	0.01 mg/l
Níquel	0.005 mg/l
Plata	0.05 mg/l
<u>Plomo</u>	<u>0.05 mg/l</u>
Selenio	0.01 mg/l
Sodio	200 mg/l
Sólidos disueltos totales	3000 mg/l
Sólidos flotantes	Ausentes
Vanadio	10.0 mg/l
Zinc	5.0 mg/l
Organofosforados y Carbamatos	0.1 mg/l
Organoclorados	0.2 mg/l

Tabla N° 11: Ley Federal Mexicana de Derechos en Materia de Agua. Los lineamientos de calidad del agua, Uso 2: Agua para riego.

Parámetros	Usos			
	1	2	3	4
Unidades en mg/l si no se indican otras				
Parámetros Inorgánicos				
Alcalinidad (como CaCO ₃)	400.0	-	(I)	(I)
Aluminio	0.02	5.0	0.05	0.2
Antimonio	0.1	0.1	0.09	-
Arsénico	0.05	0.1	0.2	0.04
Asbestos (Fibras/L)	3000	-	-	-
Bario	1.0	-	0.01	0.5
Berilio	0.005	0.5	0.003	0.1
Boro	1.0	0.7 (II)	-	0.009 (III)
Cadmio	0.01	0.01	0.004	0.0002
Cianuro (como CN ⁻)	0.02	0.02	0.005 (III)	0.005
Cloruros (como Cl ⁻)	250	150	250	-
Cobre	1.0	0.20	0.05	0.01
Cromo Total	0.05	0.1	0.05	0.01
Fierro	0.3	5.0	1.0	0.05
Fluoruros (como F ⁻)	1.4	1.0	1.0	0.5
Fósforo Total	0.1	-	0.05	0.01
Manganeso	0.05	0.2	-	0.02
Mercurio	0.001	-	0.0005	0.0001
Níquel	0.01	0.2	0.6	0.002
Nitratos (NO ₃ ⁻ como N)	5.0	-	-	0.04
Nitritos (NO ₂ ⁻ como N)	0.05	-	-	0.01
Nitrógeno Amoniacal (como N)	-	-	0.06	0.01
Oxígeno Disuelto	4.0	-	5.0	5.0
Plata	0.001	-	0.06	0.002
Plomo	0.05	0.5	0.03	0.01
Selenio (como Selenato)	0.01	0.02	0.008	0.005
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	250	250	-	-
Sulfuros (como H ₂ S)	0.2	-	0.002	0.002
Talio	0.01	-	0.01	0.02
Zinc	5.0	2.0	0.02	0.02

Tabla N° 12: Norma Salvadoreña de Agua y Agua Potable, los valores para las

sustancias químicas de tipo inorgánico de alto riesgo para la salud.

Parámetro	Limite Máximo Permisible ¹⁾ mg/l
Arsénico	0.01
Bario	0.70
Boro	0.30
Cadmio	0.003
Cianuros	0.05
Cromo (Cr ⁺⁶)	0.05
Mercurio	0.001
Níquel	0.02
Nitrato (NO ₃) ¹⁾	45.00
Nitrito (Medido como Nitrógeno) ¹⁾	1.00
Molibdeno	0.07
Plomo	0.01
Selenio	0.01

Certificado de análisis del estándar de Plomo.



Certificate of Analysis

Certipur® Certified Reference Material

Producer:	Merck KGaA, Frankfurter Str. 250, 64293 Darmstadt, Germany.
Accreditation:	Merck KGaA, Darmstadt, Germany is accredited as calibration Laboratory according to DIN EN ISO/IEC 17025.
Description of CRM:	Lead standard solution 1000 mg/l Pb
Ord. No.:	1.19776.0500
Lot No.:	HC60096976
Composition:	Pb(NO ₃) ₂ in HNO ₃ Suprapur® 0.5 mol/l
Certified value and uncertainty:	986 mg/kg Pb ± 4 mg/kg Pb Mass fraction (w/w) ± expanded measurement uncertainty The expanded measurement uncertainty U is calculated as $U = k \cdot U_{\text{characteristics}}$, where $k = 2$ is the coverage factor for a 95% coverage probability and $U_{\text{characteristics}}$ is the combined measurement uncertainty in accordance to DIN EN ISO/IEC 17025.
Density:	The density of the standard solution is 1.0127 g/cm ³ at 20°C.
Calculated mass concentration:	998 mg/l Pb
Method of Analysis:	Inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES).
Traceability:	This reference material has been measured applying high precision ICP-OES and is directly traceable to the corresponding NIST SRM® 3128, lot 101026 . <i>NIST, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, USA.</i>
Storage:	Store at +15°C to +25°C tightly closed in the original container.
Application and correct use:	This reference material is intended for use as calibration standard for atomic absorption spectrometry, spectrophotometry and other analytical techniques. Shake well before use and never pipet directly from the original container.
Date of release:	2016/09/16
Minimum shelf life:	2019/08/31
Certificate Version:	1 issued on 2016/09/16

A. Yıldırım

Dipl.-Ing. Ayfer Yıldırım
(Laboratory Manager)

Merck KGaA - Frankfurter Straße 250, 64293 Darmstadt, Germany: +49 6181 72-0
 BMD Millipore Corp. - 200 Concord Road, Billerica, MA 01821, USA: +1-781-833-8000

Formato para la recolección de datos:

Tabla N°13: Recolección de datos

Variedad de Tomate	Código de la muestra	Peso de la muestra	Lectura directa (ppb)	Promedio por cultivo
3064	A ₁			
	A _{..}			
	A ₃₂			
Toliman	B ₁			
	B _{..}			
	B ₃₂			
Tocayo	C ₁			
	C _{..}			
	C ₃₂			