

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**ANALISIS FITOQUIMICO Y DETERMINACION DE METALES PESADOS,
MINERALES Y OLIGOELEMENTOS, EN PLANTAS MEDICINALES
COMERCIALIZADAS EN EL MERCADO CENTRAL DE SAN SALVADOR**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR

**SOFIA GABRIELA HERNANDEZ MANCIA
MELISSA ALEXANDRA MORATAYA GONZALEZ**

**PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADA EN QUIMICA Y FARMACIA**

ABRIL 2017

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

DIRECCION DE PROCESOS DE GRADUACION

DIRECTORA GENERAL

MSc. Cecilia Haydee Gallardo de Velázquez

TRIBUNAL EVALUADOR

COORDINADORAS DEL AREA DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES

Licda. Rina Antonieta Toledo Mendoza

MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez

DOCENTES ASESORES

MSc. Morena Lizette Martínez de Díaz

Dr. Marvin José Núñez Rivas

AGRADECIMIENTO

Agradecer primeramente a Dios porque él nos ha ayudado a estar aquí, por ayudarnos en los momentos más difíciles y por nunca desampararnos

Al Laboratorio de Investigación de Productos Naturales de la Facultad de Química y Farmacia, al Dr Marvin Núñez, MSc Morena Martínez, Licda Rina Toledo, Licda. Ana Santamaría, Lic. Juan Pablo Sánchez, Lic. Ulises Guardado, por darnos todos los conocimientos necesarios y por ser más que profesores, se convirtieron en nuestra familia, porque sin ellos esto no hubiese sido posible.

Al Ing. Sergio Maravilla por ser un excelente amigo y por ayudarnos siempre que lo necesitamos, por animar nuestros días, gracias por todo.

Al Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, y a todos los licenciados, MSc Fredy Carranza, MSc Milton Flores, Msc Lorena Bonilla por ayudarnos en nuestra investigación y por ser unas excelentes personas.

A todos los licenciados de la Facultad de Química y Farmacia, por habernos formado como profesionales y por enseñarnos a amar nuestra profesión.

A la Universidad de El Salvador, por habernos permitidos realizar nuestros estudios en ella, la llevamos con un gran aprecio en nuestros corazones.

DEDICATORIA

A mi Dios todo poderoso, por cuidarme en todo momento, por estar siempre a mi lado y por mostrarme siempre el camino correcto.

A mi padre Hugo Rolando Hernández, por ser el mejor padre del mundo, por darme tantos consejos, por estar apoyándome cuando pensé que no podía más, por esas desveladas ayudándome a estudiar, por tanto, sacrificio que nunca poder pagarle, por eso y muchas cosas más, lo amo.

A mi mama Elsy Arely Mancía, por ser la madre perfecta, por levantarme en las mañanas, por haberme cuidado tantos años llevándome a la escuela, por hacerme reír cuando más triste estaba, por ser mi mejor amiga, por ser uno de los pilares en mi vida, sin ella no estuviera aquí, gracias por tanto sacrificio y amor que me has dado, te amo.

A mi Hermana Vera Hernández por todas sus ocurrencias, por ser la hermana más rara pero más divertida que alguien puede tener, porque cada día hace que me enorgullezca de ella.

A mi novio Ulises Guardado, por iniciar juntos la carrera de Farmacia, por darme todo su amor y cariño, por tantos momentos llenos de alegría, gracias por todo su apoyo, por ser mi mejor amigo, por hacerme sentir segura y amada en cada momento, por ser el hombre más maravilloso, por ver algo en mí que ni siquiera yo podía, gracias por ayudarme hacer una mejor persona, te amo mi niño.

A mis suegros Daysi Castillo y Ulises Guardado, por siempre estar pendiente de mí, por quererme y por haberme hecho parte de su familia, por tantos consejos valiosos que atesoro en mi corazón.

A todos mis tíos, por nunca dejar de confiar en mí y brindarme todo su apoyo, porque este triunfo se los debo a ellos también, gracias por sus oraciones.

A mis amigos Adriana Martínez, Beatriz Flores, Ricardo Herrera que de una u otra forma estuvieron animándome y desestresándome con salidas a comer o a caminar, porque son ángeles que Dios mando del cielo para poner luz en mi vida.

INDICE

	Pág. N°
Resumen	
Capítulo I	
1.0 Introducción	xxiv
Capitulo II	
2.0 Objetivos	29
Capitulo III	
3.0 Marco teórico	31
3.1 Medicina Tradicional Salvadoreña	
3.2 Venta informal de plantas medicinales a nivel nacional	33
3.3 Venta informal de plantas medicinales a nivel internacional	33
3.4 Comercialización de plantas medicinales a nivel mundial	34
3.5 Métodos de extracción	35
3.5.1 Extracción discontinua	36
3.5.2 Extracción continua	37
3.5.3 Métodos de separación de metabolitos secundarios	39
3.5.4 Métodos cromatógrafos	39
3.5.5 Cromatografía en capa fina	40
3.6 Análisis fitoquímico	42
3.7 Contaminantes y residuos en plantas medicinales	43

3.7.1 Contaminantes: metales pesados y no metales	46
3.8 Metales pesados	46
3.8.1 Plomo	48
3.8.1.1 Generalidades del Plomo	48
3.8.1.2 Fuentes naturales de plomo	49
3.8.1.3 Efectos tóxicos del plomo en el ser humano	49
3.8.2 Arsénico	53
3.8.2.1 Generalidades del arsénico	53
3.8.2.2 Fuentes naturales de arsénico	54
3.8.2.3 Efectos tóxicos del arsénico en el ser humano	54
3.9 Minerales	55
3.9.1 Generalidades	55
3.9.2 Calcio	56
3.9.2.1 Generalidades del calcio	56
3.9.2.2 Fuentes naturales de calcio	57
3.9.2.3 Toxicidad del calcio en el ser humano	57
3.9.3 Magnesio	57
3.9.3.1 Generalidades del magnesio	57
3.9.3.2 Fuentes naturales de magnesio	58
3.9.3.3 Toxicidad del magnesio en el ser humano	58
3.10 Oligoelementos	59

3.10.1 Definición de oligoelementos	59
3.10.2 Clasificación de oligoelementos	59
3.10.3 Cobre	59
3.10.3.1 Generalidades del cobre	59
3.10.3.2 Fuentes naturales de cobre	60
3.10.3.3 Toxicidad del cobre en el ser humano	61
3.10.4 Hierro	61
3.10.4.1 Generalidades del hierro	61
3.10.4.2 Fuentes naturales de hierro	61
3.10.4.3 Toxicidad del hierro en el ser humano	62
3.10.5 Zinc	62
3.10.5.1 Generalidades del Zinc	62
3.10.5.2 Fuentes naturales de zinc	62
3.10.5.3 Toxicidad del zinc en el ser humano	63
3.11 Determinación de metales pesados minerales y oligoelementos en plantas medicinales	64
3.12 Control de calidad de plantas medicinales	67
3.12.1 Control de calidad en plantas medicinales de acuerdo a la OMS	67
3.13 Marco jurídico regulatorio de plantas medicinales	68
3.13.1 Marco jurídico regulatorio en El Salvador	68

3.13.2 Reglamentación y registro de los medicamentos herbarios a nivel Internacional	70
3.14 Límites de metales pesados en plantas medicinales	71
3.15 Métodos para determinar metales pesados	72
3.15.1 Espectrofotometría de Absorción atómica	73
3.15.1.1 Generalidades del Método	73
3.15.1.2 Descripción de la técnica	73
3.15.2 La espectrofotometría de absorción atómica electrotérmica	74
3.15.2.1 Equipo de Absorción Atómica	76
3.15.2.2 Aplicaciones	76
3.15.2.3 Algunas características importantes de la Espectrofotometría de Absorción Atómica	78
Capítulo IV	
4.0 Diseño metodológico	80
4.1 Tipo de estudio	80
4.2 Investigación bibliográfica	81
4.3 Recopilación de las enfermedades prevalentes en la población salvadoreña según MINSAL	81
4.4 Investigación de campo	81
4.4.1 Recolección de muestras para identificación botánica	81
4.4.2 Identificación del material vegetal	85

4.5 Tamizaje fitoquímico preliminar	89
4.5.1 Preparación de los extractos	89
4.5.2 Identificación de glicósidos saponínicos	90
4.5.3 Identificación de glicósidos cardiotónicos por cromatografía de capa Fina	92
4.5.4 Identificación de flavonoides	93
4.5.5 Identificación de glicósidos antraquinónicos por cromatografía de capa fina	93
4.5.6 identificación de taninos	94
4.5.7 identificación de alcaloides	95
4.5.8 identificación de sesquiterpenlactonas	96
4.6 Determinación de pérdida por secado	96
4.6.1 Planteamiento de cálculos de la pérdida por secado	97
4.7 Preparación de cenizas	98
4.7.1 Planteamiento de cálculos de cenizas	98
4.8 Preparación de soluciones madre de las muestras a partir de las cenizas formadas para la cuantificación de metales pesados, minerales y oligoelementos	99
4.9 Preparación del blanco para la cuantificación de plomo, arsénico, hierro, cobre, zinc, calcio y Magnesio	99

4.10 Preparación de soluciones stock para plomo, arsénico, hierro, cobre, zinc, calcio y magnesio	100
4.11 Preparación de solución stock para plomo, arsénico, hierro, cobre, zinc, calcio y magnesio	100
4.11.1 Plomo (Espectroscopia de absorción atómica horno de grafito)	100
4.11.2 Arsénico (Espectroscopia de absorción atómica generador de hidruro)	100
4.12 Procedimiento para la cuantificación de calcio y magnesio	101
4.12.1 Calcio (Espectrofotometría de absorción atómica con llama)	101
4.12.2 Magnesio (Espectrofotometría de absorción atómica con llama)	102
4.13 Procedimiento para la cuantificación de zinc, cobre y hierro	102
4.13.1 Zinc (Espectrofotometría de absorción atómica con llama)	102
4.13.2 Cobre (Espectrofotometría de absorción atómica con llama)	103
4.13.3 Hierro (Espectrofotometría de absorción atómica con llama)	103
Capítulo V	
5.0 Resultados e interpretación de resultados del tamizaje fitoquímico	
Preliminar	105
5.1 Identificación de glicósidos saponínicos	106
5.1.1 Método de la espuma	106
5.2 Identificación de glicósidos cardiotónicos por cromatografía de capa fina	108
5.3 Identificación de Flavonoides	110

5.3.1 Prueba de Shinoda	110
5.4 Identificación de glicósidos antraquinónicos	112
5.5 Identificación de taninos	114
5.6 Identificación de alcaloides	116
5.7 identificación de sesquiterpenlactonas	117
5.8 Resumen de resultados del análisis fitoquímico preliminar	119
5.9 Discusión de resultados de las especies vegetales analizadas desde el punto de vista Fitoquímico	121
5.10 Resultados de pérdida por secado, cenizas y de la cuantificación de metales pesados, minerales y oligoelementos	131
5.10.1 Resultados del análisis de pérdida por secado	134
5.10.2 Resultados del análisis de cenizas	134
5.11 Planteamiento de cálculos para determinar la concentración (ppm) en las muestras de plantas medicinales	137
5.12 Principio estadístico y Normativas internacionales	137
5.13 Resultados de análisis de Plomo, Arsénico, Calcio, Magnesio, Zinc, Cobre y Hierro	138
5.13.1 Cálculos de la concentración de Plomo	138
5.13.2 Cálculos de la concentración de arsénico	143
5.13.4 Cálculos de la concentración de magnesio	153
5.13.5 Cálculos de la concentración de zinc	158
5.13.6 Cálculos de la concentración de cobre	163

5.13.7 Cálculos de la concentración de hierro	168
5.14 Discusión de resultados de la cuantificación de metales pesados, minerales y oligoelementos por cada especie vegetal analizada.	187
5.15 Gráficos de comparación del contenido de minerales y oligoelementos en cada planta Medicinal	187
Capítulo VI	
6.0 Conclusiones	195
Capítulo VII	
7.0 Recomendaciones	198
Bibliografía	
Anexos	

INDICE DE FIGURAS.

Figura N°	Pág. N°
1. Proceso de maceración	36
2. Proceso de maceración ultrasónica	37
3. Aparato de percolación	38
4. Aparato Soxhlet	39
5. Técnica de cromatografía en capa fina	41
6. Procedimiento de la realización de la cromatografía en capa fina	42
7. Tabla periódica de los elementos esenciales de la dieta	56
8. Componentes de un fotómetro de emisión de flama y de un espectrofotómetro de absorción atómica	74
9. Esquema de espectrofotómetro de Absorción Atómica Electrotermica	75
10. Componentes básicos en un equipo de absorción	76
11. Croquis del Pabellón número 5 del mercado central de San Salvador	82
12. Preguntas realizadas a los comerciantes de plantas medicinales acerca de la especie utilizada para el tratamiento de la diabetes	83
13. Esquema de los procedimientos realizados	88
14. Extracción de metabolitos secundarios	89
15. Cromatoplaaca donde se identifican las distancias a tomar para calcular el factor de reparto	93
16. Prueba de la espuma realizada a cada extracto etanólico	106
17. Identificación de cardiotónicos por cromatografía de capa fina	109
18. Identificación de flavonoides por la prueba de shinoda	111

19. Identificación de glicósidos antraquinónicos por cromatografía de capa fina	112
20. Identificación de taninos, con pruebas químicas (gelatina, Clorhidrato (de quinina, dicromato de potasio y subacetato de plomo) y tricloruro de hierro	114
21. Identificación de alcaloides, utilizando pruebas de precipitación (Wagner, Mayer y Dragendorff)	116
22. Identificación sesquiterpenlactonas por cromatografía de capa fina	118
23. Determinación de humedad	131
24. Cuantificación del porcentaje de cenizas en cada especie vegetal	134
25. Determinación de plomo por el método de EAA por horno de Grafito	138
26. Determinación de arsénico por el método de EAA con generador de hidruros	143
27. Determinación de calcio por el método de EAA	148
28. Determinación de magnesio por el método de EAA	153
29. Determinación de zinc por el método de EAA de llama	158
30. Determinación de cobre por el método de EAA de llama	163
31. Determinación de hierro por el método de EAA de llama	168
32. Gráfico de comparación del contenido de calcio en las 14 plantas medicinales	188
33. Gráfico de comparación del contenido de magnesio en las plantas medicinales	189
34. Gráfico de comparación del contenido de zinc en las plantas Medicinales	191

35. Gráfico de comparación del contenido de cobre en las plantas medicinales	192
36. Gráfico de comparación del contenido de hierro en las plantas medicinales	193

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°	Pág. N°
1. Enfermedades prevalentes en la población salvadoreña de acuerdo al Ministerio de Salud en el año 2014	81
2. Especies vegetales recomendadas por los suchileros para el tratamiento de las enfermedades luego de realizar la entrevista	84
3. Plantas medicinales identificadas por los curadores del Museo de Historia Natural de El Salvador	85
4. Plantas seleccionadas para la realización del análisis fitoquímico y la cuantificación de metales pesados, minerales y oligoelementos	86
5. Codificación de las muestras vegetales en base a su nombre común	87
6. Parte de la planta analizada	105

INDICE DE TABLAS

Tabla N°	Pág. N°
1. Pruebas de identificación para metabolitos secundarios	43
2. Carencia y sobredosis de algunos de los elementos esenciales en la dieta	63
3. Pruebas físicas, químicas y microbiológicas realizadas a Productos naturales de acuerdo al RTCA 11.03.56:09	69
4. Limites internacionales de arsénico, plomo y cobre en material y productos herbarios	71
5. Valores de ingesta diario recomendada según la EMEA de cobre, hierro y zinc en hombres y mujeres	74
6. Resultados obtenidos de la medición de la espuma de cada una de las plantas medicinales en estudio	106
7. Resultados obtenidos de la identificación de glicósidos Cardiotónicos	109
8. Resultados obtenidos para la determinación de flavonoides	111
9. Resultados obtenidos de la identificación de glicósidos Antraquinónicos	113
10. Resultados obtenidos de la identificación de taninos	114
11. Resultados obtenidos de la identificación de alcaloides	116
12. Resultados de la identificación de sesquiterpenlactonas con sus respectivos R_f	118
13. Tamizaje fitoquímico preliminar de las especies del Mercado Central de San Salvador	120
14. Resultados obtenidos del porcentaje de humedad total	132
15. Resultados obtenidos del análisis de cenizas	135

16. Resultados de las concentraciones de plomo (Pb) para cada muestra vegetal	141
17. Resultados de las concentraciones de arsénico (As) para cada muestra vegetal	146
18. Resultados de las concentraciones de calcio (Ca) para cada muestra vegetal	151
19. Resultados de las concentraciones de magnesio (Mg) para cada muestra vegetal	156
20. Resultados de las concentraciones de zinc (Zn) para cada muestra Vegetal	161
21. Resultados de las concentraciones de cobre (Cu) para cada muestra vegetal	166
22. Resultados de las concentraciones de hierro (Fe) para cada muestra Vegetal	168
23. Concentraciones encontradas de metales pesados, minerales y oligoelementos en <i>Gnaphalium viscosum</i> "Gordolobo"	173
24. Concentraciones encontradas de metales pesados, minerales y oligoelementos en <i>Croton guatemalensis</i> "Copalchi"	174
25. Concentraciones encontradas de metales pesados, minerales y oligoelementos en <i>Syzygium jambos</i> "Manzana rosa"	176
26. Concentraciones encontradas de metales pesados, minerales y oligoelementos en <i>Moringa oleífera</i> "Moringa"	177
27. Concentraciones encontradas de metales pesados, minerales y oligoelementos en <i>Ternstroemia lineata</i> "Tilo"	178
28. Concentraciones encontradas de metales pesados, minerales y oligoelementos en <i>Dysphania ambrosioides</i> "Epazote"	179
29. Concentraciones encontradas de metales pesados, minerales y oligoelementos en <i>Jacaranda mimosifolia</i> "Gualanday"	180

30. Concentraciones encontradas de metales pesados minerales y oligoelementos en <i>Turnera diffusa</i> “Damiana”	181
31. Concentraciones encontradas de metales pesados minerales y oligoelementos en <i>Tagetes lucid</i> “Hierba de San Juan”	182
32. Concentraciones encontradas de metales pesados minerales y oligoelementos en <i>Matricaria chamomilla</i> “Manzanilla”	183
33. Concentraciones encontradas de metales pesados minerales y oligoelementos en <i>Passiflora platyloba</i> “Pasiflora”	184
34. Concentraciones encontradas de metales pesados minerales y oligoelementos en <i>Acourtia nudicaulis</i> “Valeriana”	185
35. Concentraciones encontradas de metales pesados, minerales y oligoelementos en <i>Lantana cámara</i> “Cinco negritos”	186
36. Concentraciones encontradas de metales pesados, minerales y oligoelementos en <i>Peumus boldus</i> “Boldo”	187

RESUMEN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la medicina tradicional tiene una larga historia. Es la suma total de los conocimientos, capacidades y prácticas basados en las teorías, creencias y experiencias propias de diferentes culturas, bien sean explicables o no, utilizadas para mantener la salud y prevenir, diagnosticar, mejorar o tratar enfermedades físicas y mentales.⁽⁷⁵⁾

El presente trabajo tuvo como finalidad el llevar a cabo el tamizaje fitoquímico preliminar y cuantificación de metales pesados, minerales y oligoelementos de 14 plantas medicinales, provenientes del Mercado Central de San Salvador, seleccionándolas según el listado de enfermedades prevalentes según el Ministerio de Salud de El Salvador. Las especies vegetales estudiadas fueron: *Gnaphalium viscosum* "Gordolobo", *Croton guatemalensis* "Copalchi", *Syzygium jambos* "Manzana Rosa", *Moringa oleifera* "Moringa", *Matricaria chamomilla* "Manzanilla", *Ternstroemia lineata* "Tilo", *Dysphania ambrosioides* "Epazote", *Jacaranda mimosifolia* "Gualanday", *Turnera diffusa* "Damiana", *Passiflora platyloba* "Pasiflora", *Tagetes lucida* "Hierba de San Juan", *Acourtia nudicaulis* "Valeriana", *Lantana camara* "Cinco Negritos" y *Peumus boldus* "Boldo". Se llevó a cabo el tamizaje fitoquímico preliminar de los extractos etanólicos de cada especie vegetal y se analizaron los siguientes metales: plomo, arsénico, calcio, magnesio, hierro, cobre y zinc por medio de absorción atómica.

A través de búsquedas bibliográficas se constató que *Acourtia nudicaulis* "Valeriana", no posee estudios científicos que validen su uso como ansiolítica y antidepresivos, actividad por la cual están siendo comercializada actualmente en el Mercado Central de San Salvador.

En el análisis de metales pesados, únicamente en tres especies no se detectó arsénico, las cuales son: *Ternstroemia lineata* “Tilo”, *Tagetes lucida* “Hierba de San Juan” y *Passiflora platyloba* “Pasiflora”. Por otra parte, plomo solo fue detectado en tres especies vegetales: *Acourtia nudicaulis* “Valeriana”, *Croton guatemalensis* “Copalchi” y *Tagetes lucida* “Hierba de San Juan”, manteniéndose bajo el límite permitido según la Organización Mundial de la Salud.

Este estudio fue realizado en el periodo de Enero-Agosto de 2016. En el análisis fitoquímico realizado, aquellas plantas que resultaron positivas para glicósidos cardiotónicos, en realidad se trata de agrupamientos lactónico, ya que en dado caso contenga cardiotónicos, estos podrían causar vómitos, náuseas, etc, al ser consumidos de forma regular, mencionado que es necesario que en próximas investigaciones se pueda conocer el lugar de origen de cada una de las especies, de esa manera determinar si las concentraciones elevadas de metales, minerales u oligoelementos puedan deberse a las bondades del suelo.

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCION

Las plantas medicinales constituyen un recurso valioso en los sistemas de salud de los países en vías de desarrollo y aunque a nivel mundial no existen datos precisos que evalúa el uso global de plantas medicinales, la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha estimado que más de 80% de la población mundial utiliza la medicina tradicional para sus necesidades de atención primaria de salud y que gran parte de los tratamientos tradicionales involucran el uso de las plantas frescas, secas, fraccionadas, extractos o fitofármacos, entre otros.⁽²⁴⁾ El Salvador es un país con una gran tradición de uso de plantas medicinales y en los últimos años se ha visto aumentada, influido ya sea por el alto precio de los medicamentos alopáticos o por la efectividad de algunas plantas medicinales conocidas, como por ejemplo: *Hamelia patens* (Chichipince) para golpes o heridas, *Moringa oleifera* (Moringa) (Hojas) para tratar la diabetes, *Valeriana officinalis* (Valeriana) se utilizan las raíces, los tallos y las hojas para el tratamiento de la ansiedad, entre muchas otras especies vegetales medicinales que tienen un uso tradicional arraigado en la población salvadoreña.

La contaminación por agentes microbianos y químicos durante cualquiera de las etapas de producción de plantas medicinales y esto puede comprometer tanto la calidad como inocuidad de estas. Las fuentes de contaminación son variadas desde las emisiones industriales (arsénico), de tránsito, desechos agrícolas y fertilizantes fosfatados que contienen cadmio e insecticidas con plomo, etc.

Se debe tener en cuenta que las plantas poseen y necesitan ciertos metales que son imprescindibles para el correcto funcionamiento de su organismo. También existen otros más que no son indispensables y muchos de ellos son acumulados debido a la contaminación o malas prácticas agrícolas, como los metales pesados, al ser consumidas estas plantas por las personas, dichos metales se

acumulan en sus organismos pudiendo causarles enfermedades o daño renal, hepático, entre otros.

Este estudio se realizó en el periodo comprendido entre Enero-Agosto de 2016, en el cual se realizó una investigación bibliográfica en el sitio web oficial del Ministerio de Salud de El Salvador (MINSAL) para obtener el listado de enfermedades prevalentes que sufre la población salvadoreña, posteriormente se obtendrá información de los vendedores de plantas medicinales del Mercado “Central” de San Salvador a través de una entrevista, acerca de cuáles son las plantas medicinales disponibles para tratar dichas enfermedades. Se enlistaron las plantas medicinales y se prosiguió a su identificación botánica por medio de la curadora del Herbario del Museo de Historia Natural de El Salvador. A las plantas medicinales identificadas se les realizará el análisis fitoquímico preliminar en el Laboratorio de Investigación en Productos Naturales de la Facultad de Química y Farmacia, donde los resultados del análisis fueron comparados con artículos científicos, para verificar la presencia de los metabolitos secundarios reportados en cada una de las especies identificadas, posteriormente se les determinará humedad, cenizas y se les cuantifico por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica, metales pesados (plomo y arsénico), minerales (calcio y magnesio) y oligoelementos (cobre, zinc y hierro), en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Estas determinaciones se les realizaron a las plantas medicinales para obtener información sobre las concentraciones de metales pesados, minerales y oligoelementos; comparando los resultados con los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para plomo, el Codex Alimentarius que establece límites de arsénico en plantas medicinales, los resultados de oligoelementos fueron comparadas con el libro denominado Definitional Glossary of Agricultural Terms por Kumar y Shivay, los minerales fueron comparados con

artículos científicos donde se haya realizado un análisis previo de dicha planta, y si no se encuentran artículos, solo se expresaron, para futuras investigaciones.

CAPITULO II

OBJETIVOS

II. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el análisis fitoquímico y determinar metales pesados, minerales y oligoelementos en plantas medicinales comercializadas en el Mercado Central de San Salvador.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1 Enlistar según las enfermedades prevalentes dadas por el Ministerio de Salud de El Salvador (MINSAL), las plantas medicinales que se comercializan en el Mercado Central, para tratar estos padecimientos.

2.2.2 Identificar botánicamente las especies enlistadas.

2.2.3 Efectuar el análisis fitoquímico preliminar a las plantas medicinales identificadas.

2.2.4 Cuantificar los metales pesados (plomo y arsénico), minerales (calcio y magnesio) y oligoelementos (zinc, cobre y hierro) en las plantas medicinales identificadas, por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica.

2.2.5 Comparar los valores obtenidos de metales pesados, minerales y oligoelementos con las normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Codex Alimentarius, definitional glossary of agricultural terms y artículos científicos.

CAPITULO III
MARCO TEORICO

III. MARCO TEÓRICO

Desde tiempos remotos los antepasados llevaban una vida en contacto con la naturaleza, por eso llegaron a tener gran conocimiento práctico de las cualidades medicinales de las plantas. ⁽⁶⁷⁾

Estos conocimientos transmitidos a lo largo de la historia de la humanidad en forma verbal, quedaron posteriormente plasmados en abundantes documentos que pertenecen a diferentes generaciones. ⁽¹⁷⁾

Las plantas han desempeñado siempre un papel importante en la terapéutica y a pesar del descubrimiento de los productos de síntesis, todavía conservan un importante valor medicinal para el tratamiento de muchas enfermedades. ⁽⁶⁷⁾

Dada las bondades de muchas plantas, demostradas a través del tiempo, es necesario usarlas adecuadamente para evitar efectos nocivos porque si bien es cierto que existen numerosas especies vegetales a los cuales se les atribuyen propiedades medicinales, es preciso estudiarlas y comprobar los reales beneficios curativos que presentan al hombre. ⁽⁶⁷⁾

3.1 Medicina Tradicional Salvadoreña.

Las plantas medicinales han sido tradicionalmente usadas por los pueblos y actualmente constituyen una de las manifestaciones del acervo cultural que llegaron los antepasados. ⁽¹¹⁾

Los antiguos Mayas conocían propiedades terapéuticas de gran cantidad de plantas. Por ejemplo el *Nicotiana tabacum* "Tabaco" era utilizado como medicina para contrarrestar el efecto de mordeduras o picaduras de animales venenosos, hoy en día es utilizado por sus propiedades repelentes y para la fabricación de

cigarrillos; otra especie muy utilizada es la *Hamelia patens* “Chichipince” utilizadas por sus propiedades antisépticas. ⁽¹¹⁾

Hoy en día la Medicina Tradicional ha tomado una gran importancia como medicina alternativa, se entenderá como Medicina Tradicional al conjunto de terapias y tratamientos médicos, que se basan en tratar a las personas con hierbas y plantas medicinales, masajes y trabajo espiritual, así como a las personas que se dedican a aplicarlas, cuyos conocimientos curativos los han adquirido de generación en generación desde la más temprana edad por medio de la tradición oral y llevan tras de sí cientos de años de experiencia ancestral. ⁽⁸⁰⁾

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la medicina tradicional tiene una larga historia. Es la suma total de los conocimientos, capacidades y prácticas basados en las teorías, creencias y experiencias propias de diferentes culturas, bien sean explicables o no, utilizadas para mantener la salud y prevenir, diagnosticar, mejorar o tratar enfermedades físicas y mentales. ⁽⁸⁰⁾

En el país, la crisis social, política y económica han contribuido a que los accesos a los servicios de salud sean muy limitadas para las grandes mayorías. Dicha crisis hace más difícil la obtención de medicinas, tanto por su alto costo como por la escasez de ellas; como consecuencia de esto, algunos sectores del país se han visto en la necesidad de retornar al uso de plantas medicinales de bajo costo y fácil obtención en otros casos no se usa medicamentos sintéticos por los efectos secundarios que provocan. ⁽⁶⁷⁾

3.2 Venta informal de plantas medicinales a nivel nacional.

La venta de plantas medicinales es un tema de comercialización que ha venido en aumento; en El Salvador se le denomina "Suchileros" a los comerciantes de plantas medicinales. ⁽⁷³⁾

A nivel nacional no se cuenta con la debida reglamentación para la venta de plantas medicinales, además, de no contar con la infraestructura adecuada para comercializar productos que aseguren una buena calidad e inocuidad para el consumidor; la distribución de plantas debería ser un tema de importancia para toda la sociedad, ya que hoy en día se ha visto en aumento el consumo de dichos productos.

Alrededor de la medicina natural popular se desarrolla una intensa actividad socioeconómica, basada en el cultivo o recolección, procesamiento y comercialización de plantas consideradas de valor terapéutico. En diferentes sitios, principalmente en los mercados populares, se venden cantidades variables de plantas medicinales, prescritas por curanderos o simplemente para automedicación. A pesar de que este proceso no ha sido cuantificado ni documentado, la misma, forma parte importante de la economía informal de El Salvador. ⁽⁷³⁾

3.3 Venta informal de plantas medicinales a nivel internacional.

A nivel mundial, existen normativas que determinan el control de calidad de los productos naturales que aseguran la inocuidad de dichas plantas, entre los controles podemos mencionar, análisis de metales pesados, determinación de taninos, determinación de materia extraña, entre otros. En Europa existen tiendas herbolarias que se dedican a la comercialización de plantas medicinales que

mantienen un control de calidad, infraestructura y sistema de transporte que asegura que dichas plantas cumplen los requisitos establecidos para su debida comercialización. (79)

Las plantas medicinales constituyen un recurso valioso en los sistemas de salud de los países en desarrollo. Aunque a nivel mundial no existen datos precisos para evaluar el uso global de plantas medicinales, la Organización Mundial de la Salud ha estimado que más de 80% de la población mundial utiliza la medicina tradicional para sus necesidades de atención primaria de salud y que gran parte de los tratamientos tradicionales involucran el uso de extractos de plantas o sus principios activos. (75)

El comercio internacional de plantas medicinales provenientes de países de la región tropical hacia países como China, Francia, Alemania, Italia, Japón, Reino Unido y Estados Unidos, ha tenido un crecimiento sostenido en los últimos años, debido principalmente al aumento en la demanda por parte de la industria farmacéutica, compañías de productos naturales y al repunte de la medicina tradicional. (3) Tal crecimiento ha originado un incremento en la recolección indiscriminada de algunas especies silvestres, ya que son relativamente pocas las especies cultivadas destinadas a la producción de fitofármacos, lo cual representa una grave amenaza no sólo para sus poblaciones naturales sino también para los ecosistemas donde se encuentran. (3)

3.4 Comercialización de plantas medicinales a nivel mundial.

La demanda interna de plantas medicinales básicamente está constituida por usuarios de medicina tradicional, con arraigo cultural y mayormente en los niveles socioeconómicos menos favorecidos. A nivel internacional existen tendencias y hechos globales que muestran cómo el mundo está en la búsqueda de un

equilibrio, orientándose por una preferencia cada vez mayor por lo natural u orgánico, reflejada en el crecimiento sostenido de la demanda mundial y local de plantas medicinales.⁽⁷⁰⁾

El mercado a nivel mundial ofrece buenas perspectivas para las exportaciones de plantas medicinales. Se estima que las ventas de plantas medicinales pasaron de US\$ 12.500 millones en 1994 a US\$ 30.000 millones en 2000, lo que representa tasas de crecimiento anual de 5% a 15%, según las regiones. Entre 1990 y 1997, el segmento de los suplementos alimenticios a base de hierbas registró un crecimiento anual aún mayor de 25%.⁽¹⁰⁵⁾

Con el avance de la tecnología y la creciente demanda de productos naturales, se han desarrollado fármacos a base de plantas, en los cuales se necesitan métodos de extracción, que garanticen la obtención de metabolitos secundarios responsables de las actividades terapéuticas.

3.5 Métodos de extracción.

Para lograr una concentración adecuada de los principios activos contenidos en las plantas y que su acción sea más efectiva es necesario realizar diversos procedimientos mediante los cuales sean extraídos aquellos con solventes adecuados que se seleccionan de acuerdo a la solubilidad y la estabilidad que posean las sustancias beneficiosas.⁽⁹⁸⁾

Se realiza un proceso de extracción de las plantas con el fin de obtener los principios activos, los cuales son extraídos por sus propiedades físicas y químicas.⁽⁹⁸⁾

Los métodos de extracción más importantes se dividen en: ⁽¹³⁾

- Métodos discontinuos.
- Métodos continuos.

3.5.1 Extracción discontinua.

La droga se pone en contacto con el disolvente por lo que la difusión de los principios activos se producirá en todas direcciones hasta alcanzar el equilibrio.⁽⁹²⁾

Entre los métodos de extracción discontinua destacan:

- Maceración: se utiliza cuando los metabolitos a extraer son muy solubles y la estructura de la droga es muy permeable al disolvente, útil para la extracción de metabolitos termolábiles ya que se trabaja a temperatura ambiente dejando el material vegetal seco y triturado en contacto con el disolvente a temperatura ambiente (Ver **Figura N°1**).⁽⁵⁰⁾ Una desventaja de este método es que el proceso es lento, no se consigue agotamiento total de la muestra y se emplean grandes volúmenes de disolvente.⁽⁵⁰⁾⁽⁹²⁾



Figura N° 1. Proceso de maceración.

- Maceración ultrasónica: el material vegetal y el disolvente se trata con ondas ultrasónicas, es una maceración bajo ondas energéticas que mejoran la difusión y la interacción solvente- matriz. Este es un método más rápido que la maceración (Ver **Figura N°2**).⁽¹³⁾



Figura Nª 2. Proceso de maceración ultrasónica.

3.5.2 Extracción continúa.

En este tipo de extracción el disolvente utilizado se va renovando y actúa en una sola dirección. La droga se pone en contacto con el disolvente adecuado y en todo momento se mantiene el equilibrio entre la concentración de principio activo en la droga y en el disolvente, para que se produzca una difusión celular.⁽⁵⁰⁾

Entre los métodos de extracción continua destacan:

- Percolación: es un proceso que se realiza a temperatura ambiente. El disolvente fluye lentamente en contacto con el material vegetal, el cual es recogido por la parte inferior del percolador. Se puede llegar a la extracción completa de los metabolitos con el inconveniente de un elevado consumo del disolvente(Ver **Figura Nª 3**).⁽⁵⁰⁾

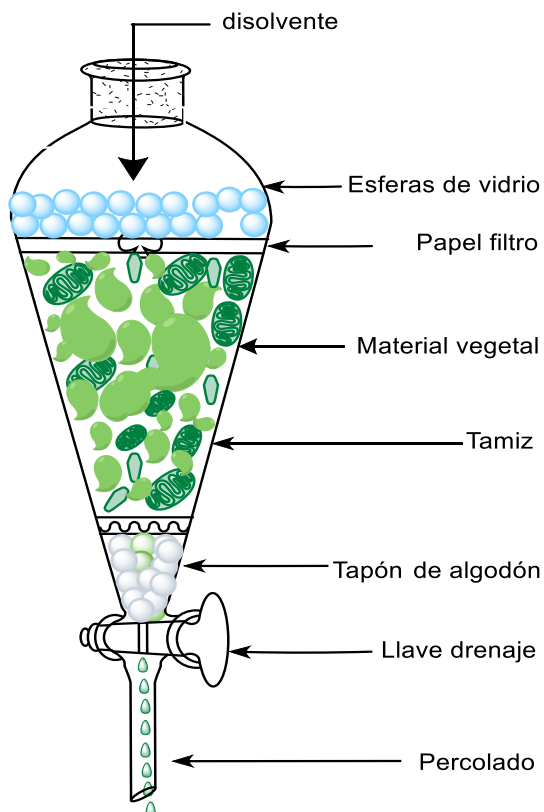


Figura Nª 3. Aparato de percolación.

- Soxhlet: es un sistema de extracción sólido-líquido en el que la extracción se realiza en un aparato que consta de un matraz o balón, cuerpo extractor y refrigerante. Algunas ventajas de este método se mencionan: utilización volúmenes de disolventes menores, extracciones exhaustivas y tiempos más cortos de extracción. Al utilizar este tipo de extracción se debe tomar en cuenta el uso de disolventes de bajo punto de ebullición (Ver **Figura Nª 4**).⁽⁵⁰⁾



Figura N^o 4. Aparato Soxhlet.

3.5.3 Métodos de separación de metabolitos secundarios.

La separación de los principios activos se puede llevar a cabo por métodos fisicoquímicos no cromatográficos o por métodos cromatográficos.⁽⁵⁰⁾

3.5.4 Métodos cromatográficos.

Consisten en la separación de los componentes de una mezcla debido a la diferente velocidad de elución a través de una fase estacionaria cuando la mezcla es transportada por una fase móvil.⁽⁵⁰⁾

La cromatografía es una técnica que permite la separación de los componentes de una mezcla, debido a la influencia de dos efectos contrapuestos:

- a) Retención: efecto ejercido sobre los componentes de la mezcla por una fase estacionaria, que puede ser un sólido o un líquido anclado a un soporte sólido.
- b) Desplazamiento: efecto ejercido sobre los componentes de la mezcla por una fase móvil, que puede ser un líquido o un gas.

La mezcla a separar se deposita sobre la fase estacionaria y la móvil atraviesa el sistema desplazando a los componentes de la mezcla a distintas velocidades, dependiendo de la magnitud de sus interacciones relativas con ambas fases. La repetición sucesiva de las operaciones elementales de retención y desplazamiento a lo largo del sistema cromatográfico da lugar a la separación de la mezcla original.⁽⁵⁰⁾

La cromatografía se emplea para conocer y separar los componentes por diferencia de polaridad de una mezcla y su identificación.⁽⁵⁰⁾

3.5.5 Cromatografía en capa fina (CCF).

La cromatografía en capa fina se basa en la preparación de una capa, uniforme, de un absorbente mantenido sobre una placa, la cual puede ser de vidrio, aluminio u otro soporte. Los requisitos son un adsorbente, placas, un dispositivo que mantenga las placas durante la extensión, otro para aplicar la capa de adsorbente, y una cámara en la que se desarrollen las placas cubiertas. ⁽⁵⁰⁾

La fase móvil es líquida y la fase estacionaria consiste en un sólido. La fase estacionaria será un componente polar y el eluyente será por lo general menos polar que la fase estacionaria, de forma que los componentes que se desplacen

con mayor velocidad serán los menos polares. La mezcla a analizar se deposita a una pequeña distancia del borde inferior de la placa y se introduce en una cubeta que contiene la fase móvil (eluyente), la cual asciende a lo largo de la placa por capilaridad, desplazando a los componentes de la mezcla a diferentes velocidades, lo que provoca su separación.⁽⁵⁰⁾

Cuando el frente del disolvente se encuentra próximo al extremo superior de la placa, esta se saca de la cubeta, se deja secar y se procede a la visualización de las manchas (Ver **Figura N° 5**).⁽⁵⁰⁾

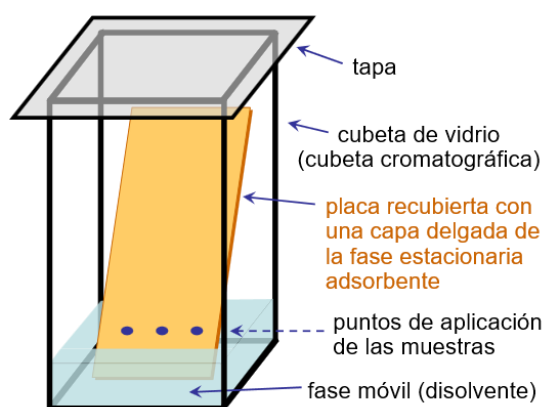


Figura N° 5. Técnica de cromatografía en capa fina.

La placa se coloca en una lámpara de luz UV, con el objetivo de determinar los grupos cromóforos presentes en las manchas. Se procede luego utilizar un agente revelador químico que es específico para cada metabolito (cardiotónicos, antraquinonas, etc.) (Ver **Figura N°6**).⁽⁸¹⁾

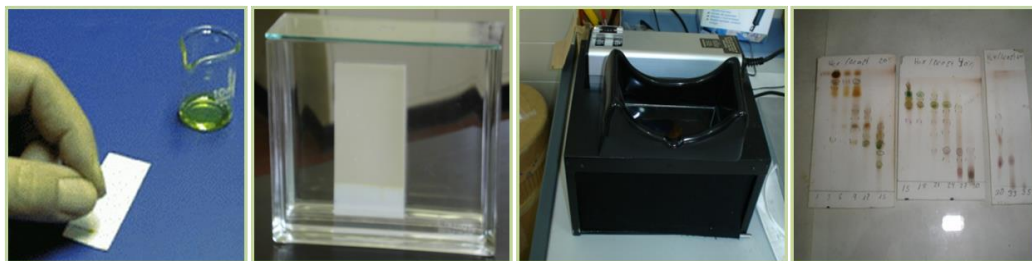


Figura N° 6. Procedimiento de la realización de la cromatografía en capa fina.

3.6 Análisis fitoquímico.

Se han desarrollado una serie de métodos para la detección preliminar de los diferentes constituyentes químicos, basados en la extracción de estos con solventes apropiados y en la aplicación de pruebas de coloración. ⁽⁵⁶⁾

El Análisis fitoquímico es una de las etapas iniciales de la investigación de metabolitos secundarios, que permite determinar cualitativamente los principales grupos químicos presentes en una planta y a partir de allí, orientar la extracción y/o fraccionamiento de los extractos para el aislamiento de los grupos de mayor interés. ⁽²⁶⁾ Este consiste en la extracción de partes de la planta con solventes apropiados y de esa manera extraer los metabolitos secundarios para la realización de las pruebas fitoquímicas. ⁽⁹⁸⁾

Los constituyentes químicos se agrupan según su origen biosintético común, entre los principales grupos de metabolitos secundarios (Ver **Tabla N° 1**).

Tabla N°1. Pruebas de identificación para metabolitos secundarios. ⁽⁵⁶⁾

Metabolitos secundarios	Prueba de identificación.
Alcaloides	Mayer, Dragendorff y Warner.

Tabla N°1. (Continuación)

Metabolitos secundarios	Prueba de identificación.
Flavonoides	Prueba de Shinoda.
Taninos	Prueba de tricloruro de hierro, solución de gelatina, clorhidrato de quinina, solución de sub acetato de plomo y solución de dicromato de potasio.
Antraquinonas	Cromatografía en capa fina, revelador KOH 5% en metanol.
Saponinas	Método de la espuma, prueba de Liebermann-Burchard, Salkowski
Esteroles	Prueba de Liebermann-burchard.
Sesquiterpenlactonas	Cromatografía en capa fina, con revelador de Baljet.
Glicósidos Cardiotónicos	Cromatografía en capa fina, revelador kedde A y kedde B.
Cumarinas	Cromatografía en capa fina, revelador UV.

3.7 Contaminantes y residuos en plantas medicinales.

Antes de sembrar las plantas medicinales es importante tomar un tiempo, observar y pensar sobre las fuentes de contaminación que hay dentro del terreno o alrededor. Cuando hay fuentes de contaminación, lo mejor es ver la posibilidad de eliminarlas, si no se pueden eliminar, lo mejor es no sembrar en ese terreno.⁽⁶²⁾

Las fuentes de contaminación que más se encuentran en las comunidades son la basura de las casas, la mala hierba o zacates, desagües de las casas, estiércol de animales no descompuesto, polvo de caminos cercanos, agua sucia del pozo, letrinas y chiqueros cercanas al terreno, y animales domésticos sueltos. Todas estas fuentes hay que eliminarlas o bien evitar que lleguen al terreno.⁽⁶²⁾

Las plantas medicinales se pueden contaminar en el terreno por muchas razones:

- Por el agua sucia que sale de los baños, de la cocina, de lavado de ropa y que pueden llegar al terreno de producción de plantas medicinales.
- Por la basura de la casa o de casas vecinas, que se deja tirada en el campo de cultivo de plantas medicinales.
- Por regar las plantas medicinales con agua sucia o con agua de lavado de ropa.
- Por el abono de animales domésticos que se encuentra cerca de los campos y que puede ser llevado al terreno donde se cultivan las plantas.
- Por el ingreso de animales domésticos y salvajes que puedan ensuciar las plantas medicinales. Las heces de animales domésticos y salvajes pueden contaminar el suelo y el agua, pues llevan parásitos intestinales y el mal olor no es agradable.
- Por cosechar las plantas medicinales sin lavarse las manos. Es imperativo lavarse las manos con agua limpia y jabón, antes de cosechar las plantas medicinales o después de ir al inodoro o letrina.
- Por escupir en el suelo donde se cultivan las plantas medicinales. Además, no se debe fumar, toser, ni estornudar cuando se trabaja en el terreno donde se cultivan las plantas medicinales.
- Por los sanitarios o inodoros de las familias (letrinas) que se encuentran cerca del terreno con producción de plantas medicinales. ⁽⁶²⁾

Los contaminantes en las plantas medicinales se clasifican en contaminantes fisicoquímicos y contaminantes biológicos. Una variedad de agentes agroquímicos y algunos disolventes orgánicos puede ser residuos importantes en estas hierbas medicinales. ⁽⁶²⁾

Por mucho, la mayoría de los contaminantes y residuos potencialmente peligrosos se encuentran en las hierbas y los materiales a base de hierbas. El nivel de algunos contaminantes y residuos presentes en la etapa de la planta medicinal puede cambiar como resultado de un procesamiento posterior a la cosecha (por ejemplo, secado).⁽⁶²⁾

Entre estos contaminantes podemos mencionar:

1. Contaminantes Químicos:

- 1.1. Metales pesados y no metales.
- 1.2. Contaminantes orgánicos persistentes.
- 1.3. Contaminación radioactiva.
- 1.4. Micotoxinas.
- 1.5. Endotoxinas.
- 1.6. Solventes que actúan como contaminantes.

2. Contaminantes Biológicos:

- 2.1. Contaminantes microbiológicos.
- 2.2. Contaminación parasitaria.

3. Residuos agroquímicos:

- 3.1. Residuos pesticidas.
- 3.2. Residuos de pesticidas extraños.

4. Solventes residuales.

3.7.1 Contaminantes: metales pesados y no metales. ⁽²⁰⁾

Los contaminantes de mayor interés para esta investigación son los contaminantes orgánicos tóxicos y no metales. La contaminación de plantas medicinales con sustancias tóxicas como el arsénico, plomo y cadmio, puede atribuirse a diversas causas, las cuales incluyen la contaminación ambiental, la composición del suelo y fertilizantes.

Pesticidas que contienen arsénico y mercurio fueron ampliamente utilizados hasta hace algunos años y aún se utilizan en algunos países.

3.8 Metales pesados.

Se llama metales a los elementos químicos situados a la izquierda y centro de la tabla del sistema periódico. Se clasifican en metales alcalinos y alcalinotérreos los elementos de los grupos IA y IIA, en metales de transición los elementos de los grupos IIIA y IVA respectivamente.⁽⁶⁸⁾ Algunos elementos intermedios como el arsénico del grupo VA se estudian habitualmente junto a los metales. En todos estos grupos se encuentran metales muy relevantes desde el punto de vista toxicológico, como el mercurio, el plomo, el cadmio, el arsénico y el cromo, entre otros.⁽⁶⁸⁾

Sus características químicas se basan en su estructura electrónica que condiciona las preferencias de enlace en que predominan el enlace metálico, que se establece entre átomos del mismo elemento, caracterizado por la formación de estructuras cristalinas en que cada átomo comparte los electrones de muchos de sus vecinos, y el enlace iónico, sobre todo entre los metales alcalinos y alcalinotérreos y los no metales.⁽⁶⁸⁾ Así, los elementos metálicos dan lugar a diferentes tipos de compuestos:

- Metales en estado elemental.
- Compuestos inorgánicos: halogenuros, hidroxilos, oxoácidos.
- Compuestos orgánicos: alquilos, acetatos, fenilos.

Los metales en forma inorgánica son los componentes fundamentales de los minerales de la corteza terrestre por lo que se cuentan entre los agentes químicos tóxicos de origen natural más antiguamente conocidos por el hombre.⁽²⁹⁾

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad relativamente alta y cierta toxicidad para el ser humano. El término "metal pesado" no está bien definido. A veces se emplea el criterio de densidad. Por ejemplo, metales de densidad mayor que 4,5 g/cm³, pero los valores en la bibliografía pueden ir desde 4 g/cm³ hasta 7 g/cm³. Otros criterios empleados son el número atómico y el peso atómico. Además, el término siempre suele estar relacionado con la toxicidad que presentan, aunque en este caso también se emplea el término "elemento tóxico" o "metal toxico".⁽²⁹⁾

Muchos de los metales que tienen una densidad alta no son especialmente tóxicos y algunos son elementos esenciales en el ser humano, a determinadas concentraciones puedan ser tóxicos en alguna de sus formas. Sin embargo, hay una serie de elementos que pueden presentar, un serio problema al medio ambiente y es común referirse a ellos con el término genérico de "metales pesados".⁽²⁹⁾

Los metales pesados tóxicos más conocidos son el mercurio, el plomo, el cadmio y el talio. También se suele incluir un semimetal como es el arsénico y, en raras ocasiones, algún no metal como el selenio. A veces también se habla de

contaminación por metales pesados incluyendo otros elementos tóxicos más ligeros, como el berilio o el aluminio.⁽²⁹⁾

3.8.1 Plomo.

3.8.1.1 Generalidades del plomo.

El plomo (Pb) es un metal de color gris azulado, brillante en la superficie, muy blando tan blando que se raya con la uña, muy maleable, posee gran densidad y punto de fusión bajo, cristaliza en octaedros y deja en el papel una mancha gris.⁽⁵⁵⁾

Pertenece a la familia IV A de la tabla periodica, la cual esta conformada por los siguientes elementos químicos:

- Carbono.
- Silicio.
- Germanio.
- Estaño.
- Plomo.

Como se sabe de estos cinco miembros de la familia IV A, el carbón es un no metal, el silicio y el germanio son metaloides y el plomo y el estaño son metales.⁽⁵⁴⁾

La densidad del plomo es de 11.85, este valor, el mas alto dentro de la familia IVA, es uno de los factores, que , lo convierte en un metal denso,tóxico y acumulativo.⁽⁵⁴⁾

3.8.1.2 Fuentes naturales de plomo. ⁽⁵⁵⁾

El plomo es un elemento poco abundante en la litosfera (de 10 a 20 µg/g) y su mayor concentración se encuentra en el mineral denominado galena. Los depósitos de plomo por acción de la erosión eliminan plomo, por lo que de esta manera la hidrosfera, adquiere o se convierte en una fuente natural de plomo.

Otra fuente importante de este metal en la atmosfera es el plomo depositado de las expulsiones de la lava meteórica, cuerpos que producen gran cantidad de partículas y aerosoles; todas estas cantidades de plomo se consideran como fuentes naturales de este metal, ya que no intervienen intencionalmente la acción directa o indirecta del hombre.

3.8.1.3 Efectos tóxicos del plomo en el ser humano. ⁽²⁰⁾

El plomo 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.
- Perturbación del sistema nervioso.
- Daño al cerebro.
- Disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma.
- Disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños.
- Perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad.

El plomo puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre, Debido a esto puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer, y los síntomas de la exposición al plomo incluyen cólicos, pigmentación de la piel y parálisis.

El organismo acumula este metal durante toda la vida y lo libera lentamente, por lo que incluso dosis pequeñas pueden producir, con el transcurso del tiempo, una intoxicación por plomo, pues de la carga corporal total de plomo depende el riesgo de efectos adversos. Los efectos biológicos del plomo son los mismos, independientemente de que entre en el organismo por inhalación o ingestión. El plomo interfiere con la función celular normal y con varios procesos fisiológicos.

-Efectos neurológicos: el destino más sensible de intoxicación por plomo es el sistema nervioso. En niños, se han descrito deficiencias neurológicas con niveles de exposición que antes no se consideraban nocivos. Además de la falta de un umbral preciso, la toxicidad del plomo en la infancia puede tener efectos permanentes. Un estudio demuestra que el daño al sistema nervioso central (SNC) como consecuencia de la exposición al plomo a los 2 años de edad produce una deficiencia continua en el desarrollo neurológico, que se manifiesta como una puntuación de Coeficiente Intelectual más baja y una deficiencia cognitiva a la edad de 5 años.

-Efectos hematológicos: el plomo inhibe la capacidad del organismo para producir hemoglobina al interferir con varios pasos enzimáticos en la vía metabólica del grupo "hemo". El plomo puede inducir dos tipos de anemia, la hemolítica y la que induce a anemia al interferir con la eritropoyesis y reducir la supervivencia de los eritrocitos. Cabe señalar, sin embargo, que la anemia no es una manifestación inicial de la intoxicación por plomo, sino que sólo se manifiesta

cuando los niveles de plomo en sangre permanecen significativamente altos durante períodos prolongados.

-Efectos endocrinos: existe una correlación inversa clara entre los niveles de plomo en sangre y los niveles de vitamina D. Dado que en el sistema endocrino la vitamina D es responsable en gran parte del mantenimiento de la homeostasis de calcio intracelular y extracelular, es probable que el plomo impida el crecimiento y la maduración celular y el desarrollo de huesos y dientes.

-Efectos renales: un efecto directo de la exposición prolongada al plomo es la nefropatía, la alteración de la función de los túbulos proximales se manifiesta como aminoaciduria, glicosuria e hiperfosfaturia (un síndrome parecido al de Fanconi). También existen pruebas de una asociación entre la exposición al plomo y la hipertensión, un efecto que puede estar mediado por mecanismos renales. Puede desarrollarse gota como resultado de la hiperuricemia inducida por el plomo, y una disminución selectiva de la excreción fraccional de ácido úrico previa a una disminución del aclaramiento de creatinina. La insuficiencia renal es responsable del 10% de las muertes de pacientes con gota.

Los síntomas incluyen cambios de comportamiento y desorden en la concentración. El plomo se acumula en los tejidos, el tipo más severo de envenenamiento causa encefalopatía. La toxicidad del plomo tiene lugar cuando los iones de plomo reaccionan con grupos tiol en proteínas, como enzimas, y éstas se quedan activadas. Además el plomo puede interaccionar con otros iones metálicos.⁽⁷⁾

El mecanismo tóxico del plomo está dado por tres modalidades:

- Compite con metales esenciales, especialmente el calcio y el zinc, en sus sitios de inserción.
- Afinidad por los grupos sulfidrilos (-SH) de las proteínas, lo que significa alteración de la forma y función de ellas.
- Alteración del transporte de iones esenciales.
- Otros mecanismos de interferencia son la alteración (inhibición y estimulación) de la enzima sintetasa del ácido delta aminolevulínico (AAL-S) y la inhibición de las enzimas de la transformación del coproporfirinógeno III en protoporfirina IX.

Todo esto se traduce clínicamente en diversos grados de anemia, cuando se alcanzan niveles de plomo en sangre alrededor de 50 mg/dl.⁽⁷⁾

El envenenamiento por plomo puede ser tratado por terapia de quelación que es una técnica que consiste en la administración intravenosa de EDTA (Ácido Etileno Diamino Tetracético) u otra sustancia como por ejemplo la penicilamina, más complejos polivitamínicos, poliminerales y anti-oxidantes en el organismo para el tratamiento de las diversas enfermedades causadas por los depósitos de calcio y la acumulación de metales pesados en las arterias.⁽⁷⁾

3.8.2 Arsénico.

3.8.2.1. Generalidades del arsénico.⁽⁴⁶⁾

Es un metaloide que puede presentarse en tres estados alotrópicos: gris, negro y amarillo. El más estable es el gris, como una masa cristalina de aspecto metálico brillante y frágil. El estado negro es un polvo amorfo que a 360° C se convierte al estado gris. El arsénico amarillo es una forma cristalina metaestable que se oxida a temperatura ambiente por la acción del aire y revierte al estado

gris por la acción de la luz. Los compuestos más utilizados en la industria son el anhídrido arsénico, arseniato de calcio, tricloruro de arsénico y los arsenitos. El arsénico no es soluble en agua, pero sí en los ácidos minerales fuertes.

Pertenece a la familia VA de la tabla periódica, la cual está conformada por los siguientes elementos químicos:

- Nitrógeno.
- Fósforo.
- Arsénico.
- Antimonio.
- Bismuto.

Como se sabe de estos cinco miembros de la familia VA, el nitrógeno y el fósforo son no metales, el arsénico y el antimonio son metaloides y el bismuto es metal.

3.8.2.2. Fuentes naturales de arsénico.⁽⁴⁶⁾

En la naturaleza el arsénico se encuentra libre y combinado en un gran número de minerales, generalmente se encuentra en forma pentavalente. Existen más de 150 minerales que lo contienen algunos de estos son: Arsenolita, Cobaltita, Oropimento y Arseniuros. El promedio de arsénico en la corteza terrestre es de 2 ppm. No obstante, su distribución es muy heterogénea en los suelos que yacen sobre depósitos de sulfuros, se ha encontrado en concentraciones de hasta 8000 mg/Kg.

3.8.2.3. Efectos tóxicos del arsénico en el ser humano.

El arsénico es uno de los más tóxicos elementos que pueden ser encontrados. Debido a sus efectos tóxicos, los enlaces de arsénico inorgánico ocurren en la

tierra naturalmente en pequeñas cantidades. Los humanos pueden ser expuestos al Arsénico a través de la comida, agua y aire.

Los niveles de arsénico en la comida son bastante bajos, no es añadido debido a su toxicidad, pero los niveles de arsénico en peces y mariscos puede ser alta, porque los peces absorben arsénico del agua donde viven. Por suerte esto es mayormente la forma de arsénico orgánico menos dañina, pero peces que contienen significantes cantidades de arsénico inorgánico pueden ser un peligro para la salud humana.

La exposición al arsénico inorgánico puede causar varios efectos sobre la salud, como es irritación del estómago e intestinos, disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos, cambios en la piel, e irritación de los pulmones. Algunos estudios plantean que es posible que la ingesta de significantes cantidades de arsénico inorgánico puede intensificar las posibilidades de desarrollar cáncer, especialmente de cáncer de piel, pulmón e hígado.

A exposiciones muy altas de arsénico inorgánico puede causar infertilidad y abortos en mujeres, puede causar perturbación de la piel, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del cerebro tanto en hombres como en mujeres.⁽⁴⁶⁾ Finalmente, el arsénico inorgánico puede dañar el ácido desoxiribonucleico (ADN). El arsénico orgánico no puede causar cáncer, ni tampoco daño al ADN. Pero exposiciones a dosis elevadas puede causar ciertos efectos sobre la salud humana, como es lesión de nervios y dolores de estómago.

3.9 Minerales.

Son los que estan presentes en mayor proporción en los tejidos, por lo que tienen que ser aportados en mayores cantidades (mas de 100 mg) por dieta. En este

grupo se incluyen el azufre, calcio, fósforo, magnesio, cloro, potasio y sodio, a los últimos tres se les consideran electrolitos.⁽⁹⁰⁾

3.9.1 Generalidades.⁽⁹⁰⁾

En los seres vivos, además de los elementos químicos que constituyen la materia orgánica (oxígeno, hidrógeno, carbono y nitrógeno), existen otros que forman parte de la composición de aquellos, aunque en pequeñas cantidades, y a los que se les denomina minerales.

Los minerales son elementos esenciales para el organismo (Ver **Figura N°6**) por lo que al igual que las vitaminas, deben formar parte de la dieta diaria de las personas en cantidad adecuada. Participan en procesos muy variados, tanto del metabolismo general (mecanismo de obtención de energía, síntesis de multitud de sustancias y estructuras vitales, etc.) como cumpliendo funciones más específicas (formando parte del hueso, transporte de oxígeno, contracción muscular, etc.).

H																	He	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg							
* Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu																		
** Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr																		
Los cuatro elementos básicos del organismo						Elementos importantes						Elementos traza esenciales				No se sabe si funcionan en el organismo		

Figura N°7. Tabla periódica de los elementos esenciales de la dieta.

3.9.2 Calcio.

3.9.2.1. Generalidades del calcio.⁽²¹⁾

Elemento químico, Ca, de número atómico 20; es el quinto elemento y el tercer metal más abundante en la corteza terrestre. Los compuestos de calcio constituyen 3.64% de la corteza terrestre. El metal es trimorfo, más duro que el sodio, pero más blando que el aluminio. Al igual que el berilio y el aluminio, pero a diferencia de los metales alcalinos, no causa quemaduras sobre la piel. Es menos reactivo químicamente que los metales alcalinos y que los otros metales alcalinotérreos. La distribución del calcio es muy amplia; se encuentra en casi todas las áreas terrestres del mundo.

3.9.2.2 Fuentes naturales de calcio.⁽²¹⁾

Una de las principales fuentes de calcio es la leche, el calcio ayuda en la formación de los dientes y los huesos, además también existen fuentes vegetales tales como, levadura de cerveza, almendras, semillas de girasol, semillas de calabaza, semillas de amapola.

3.9.2.3 Toxicidad del calcio en el ser humano.

Una hipercalcemia con relación a la alimentación no se produce por ingestión de alimentos y solo ocurre por ingestión de grandes cantidades de calcio medicinal, generalmente tomado junto con sustancias alcalinas que elevan el pH urinario facilitando la precipitación de calcio a nivel renal. La hipercalcemia puede llegar a producir una pérdida importante de tono muscular, estreñimiento, poliuria, náuseas y finalmente confusión mental, coma y muerte.⁽⁴⁶⁾

En cuanto a problemas de litiasis renal por ingesta excesiva de calcio, no ocurre prácticamente nunca, salvo en casos muy concretos e individuos susceptibles. Cuando esa situación sucede se debe más bien y fundamentalmente a una gran excreción urinaria de calcio, en general producida por una reabsorción ósea aumentada.⁽²¹⁾

3.9.3 Magnesio.

3.9.3.1 Generalidades del magnesio.⁽⁶⁾

El magnesio es uno de los minerales más importantes de la Tierra y es esencial para los procesos biológicos de muchos seres vivos. El Magnesio regula la función de la bomba de Na^+/K^+ (bomba que mantiene la célula con su carga eléctrica fisiológica en reposo) en la membrana celular, y regula también su activación y su substrato de energía.

El Magnesio es cofactor esencial para activar la ATPasa de membrana que es la enzima que disocia al ATP (lo “rompe” para liberar energía) y así suministra la energía para la función de bombeo. El ATP sólo puede ser utilizado como substrato de energía cuando se presenta como complejo combinado con Magnesio.

3.9.3.2 Fuentes naturales de magnesio.

El magnesio se encuentra principalmente en semillas enteras donde se puede perder hasta el 80% del magnesio al eliminar el germen y la capa externa, en frutos secos, en vegetales y hortalizas. En menor cantidad se encuentra en carne, leche y pescados.⁽¹⁰³⁾

3.9.3.3 Toxicidad del magnesio en el ser humano. ⁽⁶⁾

La hipermagnesemia puede desarrollarse por tratamientos con sales de magnesio o con drogas que contienen el ion (antiácido, catártico) cuando existe una insuficiencia renal. Con niveles próximos a los 8 mEq/l comienza a aparecer depresión central y la anestesia profunda con valores de 20 mEq/l. Otros autores observan que la secuencia es como sigue: parálisis en los músculos esqueléticos, depresión respiratoria, coma y muerte. La infusión de Ca contrarresta la toxicidad del magnesio.

3.10 Oligoelementos.

3.10.1 Definición de oligoelemento.

Son bioelementos presentes en pequeñas cantidades (menos de un 0,05%) en los seres vivos y tanto su ausencia como una concentración por encima de su nivel característico, puede ser perjudicial para el organismo, llegando a ser hepatotóxicos. Aparte de los cuatro grandes elementos de los que se compone la vida en la tierra (oxígeno, hidrógeno, carbono y nitrógeno), existen una gran variedad de elementos químicos esenciales. Las plantas absorben los minerales disueltos en el suelo, que son en consecuencia recolectados por los herbívoros y así los minerales se van transmitiendo entre los seres vivos.⁽³⁾

3.10.2 Clasificación de oligoelementos.

- a) Oligoelementos esenciales: Hierro, yodo y zinc .
- b) Oligoelementos importantes: Selenio, cobre, manganeso, azufre, flúor, cromo, molibdeno y cobalto.
- c) Electrolitos y minerales vitales : Potasio, sodio y fósforo.

3.10.3 Cobre.

3.10.3.1 Generalidades del cobre.⁽³⁾

Es uno de los metales más abundantes en el organismo, para los seres humanos es importante en la formación de glóbulos rojos, tejido colágeno y conectivo, favorece la síntesis de hemoglobina, ayuda a la mielinización del sistema nervioso, al metabolismo del hierro, selenio y de la vitamina C, al mantenimiento de los vasos sanguíneos, nervios, sistema inmunitario y huesos.

Se le considera un elemento esencial para la vida pues además posee un importante papel biológico en el proceso de fotosíntesis de las plantas, aunque no forme un compuesto con la clorofila.

El desequilibrio de cobre en el organismo cuando se produce en forma excesiva ocasiona una enfermedad hepática poco común conocida como enfermedad de Wilson, el origen de esta enfermedad es hereditario y el trastorno hepático que ocasiona también daña al sistema nervioso. Por otra parte la deficiencia severa de cobre provoca disminución de los glóbulos blancos, de las plaquetas, alteraciones de los huesos, impide la absorción y la movilización del hierro almacenado lo que conlleva a una baja concentración de este metal para una producción normal de los glóbulos rojos y por tanto se desarrolla anemia. Puede producirse deficiencia de cobre en el organismo con una dieta pobre en calcio, también hay enfermedades que disminuyen su absorción como: la enfermedad celíaca, la fibrosis quística o al realizar dietas restrictivas.

3.10.3.2 Fuentes naturales de cobre.

El cobre se encuentra naturalmente en la corteza terrestre en una variedad de formas, se puede encontrar en depósitos de sulfuros, carbonatos y silicatos.

Además se está presente en una gran cantidad de alimentos habituales de la dieta tales como vegetales verdes, legumbres, nueces, el pescado, los guisantes, las lentejas, el hígado, los moluscos, los crustáceos, levadura de cerveza, hígado de vaca, melaza, avena, germen de trigo, habichuela, arveja seca, lenteja, alfalfa (harina), coco seco, aceituna, cebada, albaricoque seco, conejo, arroz integral, queso parmesano, higo seco, jugo fresco de manzana.⁽³⁾

3.10.3.3 Toxicidad del cobre en el ser humano.

La enfermedad de Wilson es un trastorno hereditario que provoca la acumulación de cobre en el hígado y en otros órganos pudiendo provocar hepatitis y alteraciones renales si no es tratada y diagnosticada adecuadamente.⁽⁴⁶⁾

Los niveles elevados de cobre en el plasma causan en pacientes con reumatismo (osteoartritis o artritis reumatoide) una inflamación crónica.⁽⁴⁶⁾

3.10.4 Hierro.

3.10.4.1 Generalidades del hierro.

El hierro es esencial para la vida de los organismos, la función dominante del hierro en el cuerpo humano es fijar el oxígeno a la hemoglobina, proteína que se encarga de transportar el oxígeno desde los pulmones a todos los tejidos. Ayuda a la síntesis de mioglobina, a la formación de glóbulos rojos, tejido muscular, ayuda al metabolismo de las vitaminas del complejo B, facilita el transporte de oxígeno (O₂) para la respiración celular, es un componente de enzimas de desintoxicación microsomal, ayuda al metabolismo oxidativo, mejora los mecanismos de defensa e inmunológicos, mejora la actividad física y favorece el control de la temperatura corporal. El rápido crecimiento hace de los lactantes y

los niños de corta edad un grupo de riesgo particular para la anemia deficiente en hierro.⁽⁶⁸⁾

3.10.4.2 Fuentes naturales de hierro.

Este oligoelemento se presenta en las estructuras cristalinas de numerosos minerales y en alimentos como la levadura de cerveza, salchicha, mortadela, soya, germen de trigo, melaza, frijol, garbanzo, hígado de res, melocotón seco, yema de huevo, haba blanca, almeja fresca, harina de cambur, solomo y avena.⁽⁷⁶⁾

3.10.4.3 Toxicidad del hierro en el ser humano.

Un aumento de la concentración de hierro puede causar: hemocromatosis que es una enfermedad que provoca una acumulación excesiva de hierro en el cuerpo, siderosis que causa acumulación de hierro en los tejidos, cirrosis hepática que causa acumulación de hierro en los tejidos hepáticas.⁽⁷⁶⁾

3.10.5 Zinc.

3.10.5.1 Generalidades del Zinc.

Es uno de los elementos esenciales más abundantes en el cuerpo humano y al ser un ión intracelular se encuentra en su mayoría en el citosol. Su cantidad en el individuo adulto oscila entre 1 y 2.5 g, siendo el segundo oligoelemento en relación a la cantidad total en el organismo, siendo superado tan sólo por el hierro. Las concentraciones más elevadas aparecen en el hígado, páncreas, riñones, huesos y músculos voluntarios, existiendo también concentraciones importantes en el ojo, próstata, espermatozoides, piel, pelo y uñas. Para valorar su estatus en el organismo se usan principalmente como biomarcadores los niveles en suero, plasma y eritrocitos.⁽⁸⁸⁾

3.10.5.2 Fuentes naturales de Zinc.

El zinc está extensamente distribuido en alimentos y bebidas, pero tal como ocurre con otros elementos, los contenidos son tremendamente variables y en general bajos. Son los productos de origen marino, principalmente los mariscos (ostras y crustáceos), los alimentos más ricos en Zn, seguidos de las carnes rojas, derivados lácteos y huevos, y los cereales integrales. Los vegetales, con excepción de las leguminosas, no son alimentos que presenten contenidos en zinc altos. Por todo ello, las verduras, hortalizas y frutas, grasas, pescados y dulces son fuentes pobres de zinc.⁽⁸⁸⁾

3.10.5.3 Toxicidad del zinc en el ser humano.⁽⁸⁸⁾

Se ha demostrado como en hombres, un elevado consumo de suplementos de zinc produce un riesgo significativamente mayor de cáncer avanzado de próstata, así como la inhibición de los efectos beneficiosos de los biofosfonatos, el incremento de los niveles de testosterona, incremento de colesterol, reducción de los niveles de HDL (Colesterol de alta densidad) y puede fomentar una disfunción inmune.

La inhalación de altas concentraciones de este metal, concretamente en forma de cloruro de zinc, puede causar neumonitis y un síndrome respiratorio en el adulto.

Tabla N°2: Carencia y sobredosis de algunos de los elementos esenciales en la dieta.⁽⁸⁸⁾

Elemento de la dieta	Fuente dietética	Carencia	Sobredosis
Calcio	Leche, pescado, nueces y semillas.	Hipocalcemia.	Hipercalcemia.

Tabla N°2. (Continuacion)

Hierro	Vegetales, pescados, moluscos, carnes, huevos, legumbres y cereales integrales.	Anemia ferropénica (debilidad, menor resistencia a las infecciones).	Hemocromatosis, siderosis y cirrosis hepática.
Cobre	Vegetales verdes, pescado, guisantes, las lentejas, hígado, los moluscos y los crustáceos.	Deficiencia de cobre y anemia (rara).	Toxicidad por cobre y enfermedad de Wilson.
Zinc	Vegetales, carne de res, ostras crudas, leche y en el chocolate	El sistema inmunológico se ve comprometido.	Llagas y erupciones cutáneas.

3.11 Determinación de metales pesados, minerales y oligoelementos en plantas medicinales.

Las plantas medicinales han tomado una gran relevancia para el tratamiento de enfermedades y como un método alternativo a la Alelopatía por disminuir los efectos secundarios de los fármacos de síntesis.

Hoy en día el consumo de plantas medicinales ha ido en ascenso tanto en sectores con recursos económicos, como para el sector menos beneficiado, debido a sus bajos costos y fácil acceso, aunque no existe una política de saneamiento e inocuidad para este tipo de comercio, donde es importante determinar lo que cada persona está consumiendo y como puede repercutir los componentes en su organismo.

Con la determinación de metales pesados se pretende conocer la cantidad de dichos metales que se encuentran presentes en las plantas medicinales y así determinar si su consumo puede llegar a repercutir en la salud de las personas que las ingieren para el alivio de su padecimiento.

Se llevó a cabo una investigación en el año 2010, por Meena, A.K. y col, en la que estimaron cadmio, plomo, cromo, hierro, manganeso, zinc y mercurio en 10 especies vegetales, las cuales se obtuvieron de los mercados locales de Punjab (India). Resultaron que las muestras estaban contaminadas con cadmio, plomo, cromo, hierro, manganeso y zinc. El nivel medio más alto de cadmio (23.1 mg/kg) se encontró en la muestra de *Terminalia chebula*. La concentración de cromo en las plantas muestreadas variaron entre 7.25–1.34 mg/Kg; los valores más altos se encontraban en *Berberis aristata* y la más baja en *Piper longum*. Los niveles de los metales pesados se encontraron dentro de los límites permisibles acorde a la Organización Mundial de la Salud (OMS).⁽⁶¹⁾

En 2011, Ong, G.H. y col., determinaron cadmio, cobre, hierro, níquel, plomo y zinc, en las hojas, tallos, y raíces de *Centella asiatica* colectada en 13 sitios de la península de Malasia. La acumulación de hierro fue la más elevada seguido de zinc, plomo, cobre, níquel y cadmio, y en cuanto a la acumulación de todos los metales, las raíces mostraron los niveles más altos, seguido por las hojas y tallos. En general se observó que en los sitios de muestreo, se obtuvieron niveles de metales que estaban dentro o inferiores a los niveles de seguridad o nivel máximo admisible para el consumo humano.⁽⁷²⁾

En India, Subramanian, R. y col., realizaron una investigación en el año 2012 sobre el contenido de minerales y metales pesados en 15 plantas medicinales. Las especies vegetales fueron colectadas en los mercados locales y son utilizadas para la preparación de curris, se les determinó sodio, hierro, magnesio, manganeso, plomo, zinc, cadmio y cobre usando Espectrofotometría de Absorción Atómica. La concentración detectada se encontró en el rango de 150.22 a 521.98, 6.94 a 49.76 mg/Kg para los minerales y metales, respectivamente. Este estudio concluye que las 15 plantas medicinales fueron ricas en algunos minerales esenciales, especialmente hierro y magnesio. Todos

los minerales y los metales pesados se encuentran por debajo de los niveles máximos aceptables, propuestos por el Comité Experto en Aditivos Alimentarios de la FAO/OMS.⁽¹⁰³⁾

Younes, W. y Zamrek, M.A., realizaron un estudio en el año 2013 sobre la acumulación de plomo y cadmio en plantas medicinales de uso común en los mercados de Siria. Se analizaron 10 muestras secas por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica. Los resultados del estudio indicaron que el 57% de las muestras analizadas, contenían plomo por encima del límite permisible en la USP (2010). Mientras que el contenido de cadmio estaba por encima del límite permisible.⁽¹⁰⁸⁾ En ese mismo año, Na, S., y Mujeeb, M. en Nueva Delhi (India), determinaron cadmio, plomo, arsénico y mercurio por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica en plantas medicinales tales como *Mucuna pruriens* L (Frijol de seda; Fabaceae), *Delphinium denudatum* Wall (Jadwar; Ranunculaceae) y *Portulaca pruriens* L (Verdolaga; Portulacaceae). Todas resultaron negativas para cadmio, plomo, arsénico y mercurio.⁽⁶⁹⁾

Dghaim, R. y col., en el año 2015 realizaron un estudio dirigido a determinar el contenido de cadmio, plomo, cobre, hierro, y zinc en un total de 81 muestras de Perejil (*Petroselinum crispum*), Albahaca (*Ocimum basilicum*), Salvia (*Salvia officinalis*), Oregano (*Origanum vulgare*), Menta (*Mentha spicata*), Tomillo (*Thymus vulgaris*) y Manzanilla (*Matricaria chamomilla*); colectadas de mercados locales de Dubái (Emiratos Árabes Unidos). La determinación de los metales se realizó por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica. Las concentraciones obtenidas fueron: menos de 0.1-1.11 mg·kg⁻¹ para cadmio, menos de 1.0-23.52 mg·kg⁻¹ para plomo, 1.44-156.24 mg·kg⁻¹ para cobre, 12.65-146.67 mg·kg⁻¹ para zinc, y 81.25-1101.22 mg·kg⁻¹ para hierro. Los resultados del estudio sugieren que la mayoría de las plantas analizadas contenían niveles

peligrosos de metales pesados que excedieron los límites permisibles de acuerdo a la OMS.⁽²⁵⁾

Bushra, H. y Col. por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica, determinaron plomo, cadmio, cobre, cromo, cobalto, hierro, níquel y zinc, en plantas medicinales adquiridas en diferentes zonas de la ciudad de Karachi. La concentración de metales pesados en estas plantas se encontró en el rango de: 3.26-30.46 ppm para plomo, 1.6-4.91 ppm para cadmio, 0.65-120.21 ppm para cobre, 83.74-433.76 ppm para zinc, 1.61-186.75 ppm para cromo, 0.48-76.97 ppm para níquel, 5.54-77.97 ppm para cobalto y 65.68-1652.89 ppm para hierro. El porcentaje de metales pesados fuera de los límites permisibles fueron: 71,4% de plomo, 28.51% de cadmio, 14,2% de cobre y 9,5% de cromo.⁽¹⁴⁾

3.12 Control de calidad de plantas medicinales.⁽¹⁰⁶⁾

3.12.1 Control de calidad en plantas medicinales de acuerdo a la OMS.

Las pruebas citadas en este apartado son los mejores métodos disponibles en la actualidad para el control de plantas medicinales.

Los procedimientos de ensayo no pueden tener en cuenta todas las impurezas posibles. El sentido común y la buena práctica farmacéutica deben aplicarse para decidir si una sustancia inusual no detectable por el ensayo prescrito puede ser tolerada.

El análisis de materiales de plantas medicinales no se limita a los métodos discutidos o recomendados aquí, muchas técnicas similares a las utilizadas para el análisis de drogas sintéticas, también se emplean con frecuencia (ej. Análisis volumétrico, determinaciones gravimétricas, cromatografía de gases,

cromatografía en columna, cromatografía líquida de alto rendimiento y métodos espectrofotométricos.

Determinaciones que se le puede realizar a plantas medicinales según la OMS.

- Determinación de materia extraña.
- Examen macroscópico y microscópico.
- Cromatografía de capa fina.
- Determinación de cenizas.
- Determinación de materia extraíble.
- Determinación de agua y materias volátiles.
- Determinación de aceites volátiles.
- Determinación de la actividad hemolítica.
- Determinación de taninos.
- Determinación del índice de hinchamiento.
- Determinación del índice de espuma.
- Determinación de residuos de plaguicidas.
- Determinación de arsénico y metales pesados.

3.13 Marco jurídico regulatorio de plantas medicinales.

3.13.1 Marco jurídico regulatorio en El Salvador.

El mercado no regulado de plantas medicinales está conformado por material vegetal comercializado sin ningún tipo de control, con una marcada desorganización y falta de integración en la cadena de comercialización, lo cual impide orientar, articular, potencializar y hacer competitiva la producción nacional en forma sostenible. Este mercado está restringido principalmente a puestos de venta en los mercados populares o fuera de ellos, donde son atendidos por los “suchileros”, los cuales obtienen las especies que comercializan directamente de

personas que se dedican a la comercialización directa de plantas medicinales de manera ilegal o de proveedores externos desconocidos.⁽⁶⁶⁾

Un gran obstáculo en el desarrollo de este sector, es la ausencia de un marco regulatorio claro, definido y ajustado a la realidad de la región referente al uso y comercio de plantas medicinales.⁽⁶⁶⁾

En el Salvador la entidad reguladora de productos naturales es la Dirección Nacional de Medicamentos (DNM), según el art. 6 inciso “e” de la ley general de medicamentos, la cual especifica que la DNM es la encargada de autorizar la inscripción, importación, fabricación y expendio de especialidades Químico-Farmacéuticas, suplementos vitamínicos, productos naturales y otros productos o sustancias que ofrezcan una acción terapéutica, fabricadas en el país o en el extranjero y que cumplan los requisitos establecidos en el Reglamento de la presente Ley; en el art. 31 especifica que los requisitos básicos para el Registro Sanitario de los productos naturales, suplementos vitamínicos, dietéticos, homeopáticos y suplementos alimenticios con propiedades terapéuticas, serán reglamentados por la Dirección.⁽²⁶⁾

En el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 11.03.56:09 Productos farmacéuticos, productos naturales medicinales para uso humano y verificación de la calidad, especifica cuáles son las pruebas físicas, químicas y microbiológicas que se deben realizar a productos naturales (Ver **Tabla N° 3**).

Tabla N° 3. Pruebas físicas, químicas y microbiológicas realizadas a productos naturales, de acuerdo al RTCA 11.03.56:09.⁽⁸²⁾

Forma Farmacéutica	Pruebas
Parte aérea, triturados y polvos	Características organolépticas
	Llenado mínimo

Tabla N° 3: (Continuación)

Parte aérea, triturados y polvos	Determinación de metales pesados
	Determinación de arsénico
	Perdida por secado
	Determinación de agua
	Identificación general y específica
	Cenizas totales
	Cenizas insolubles en agua
	Recuento microbiano

Las leyes citadas con anterioridad se rigen más a aquellos productos naturales que tienen una forma farmacéutica definida proveniente de los laboratorios farmacéuticos que están registrados y autorizados por la DNM, no son aplicables a la planta o partes de la planta que son comercializadas en forma informal. Es por lo tanto importante regular el comercio de plantas medicinales y asegurar la calidad de los mismos, por el beneficio de la población que la consume.

3.13.2 Reglamentación y registro de los medicamentos herbarios a nivel internacional. ⁽⁶⁶⁾

La situación jurídica en lo referente a las preparaciones herbarias varía de un país a otro. En algunos, las fitomedicinas están bien establecidas, mientras que en otros se las considera como alimentos y no se permite sostener que poseen cualidades terapéuticas. Sin embargo, los países en desarrollo a menudo poseen una gran cantidad de medicamentos herbarios de uso tradicional y muchos conocimientos populares sobre ellos, pero no tienen casi ningún criterio legislativo para establecer dichos medicamentos herbarios de uso tradicional como parte de la legislación sobre medicamentos. Entre los factores que se aplican en los sistemas reguladores para la clasificación de los productos medicinales herbarios o tradicionales figuran los siguientes: descripción en una monografía de farmacopea, situación de la prescripción, afirmación de un efecto

terapéutico, ingredientes o sustancias regulados o programados, o períodos de uso. Algunos países hacen una distinción entre productos "oficialmente aprobados" y "oficialmente reconocidos", según lo cual éstos pueden comercializarse sin evaluación científica por parte de la autoridad pertinente. Los diversos enfoques legislativos para los medicamentos herbarios pertenecen a una u otra de las siguientes categorías:

- Los mismos requisitos reglamentarios para todos los productos.
- Los mismos requisitos reglamentarios para todos los productos, con ciertos tipos de pruebas no requeridas para medicamentos herbarios o tradicionales.
- Exención de todos los requisitos reglamentarios para los medicamentos herbarios o tradicionales.
- Exención de todos los requisitos reglamentarios para los medicamentos herbarios o tradicionales en cuanto al registro o la autorización de comercialización.

3.14 Límites de metales pesados en plantas medicinales.

TABLA N° 4. Límites internacionales de arsénico, plomo y cobre en material y productos herbarios.⁽⁶⁸⁾

PAÍS/ORGANIZACIÓN	MATERIAL REFERIDO	ARSÉNICO	PLOMO	COBRE
Canadá	Material herbario	5 ppm	10 ppm	-----
	Producto herbario terminado	0.01 mg/día	0.02 mg/Kg	-----
China	Material herbario	2 ppm	10 ppm	-----

TABLA N° 4. (Continuación)

Malasia	Producto herbario terminado	5 mg/Kg	10 mg / Kg	-----
Republica de Korea	Material herbario	-----	-----	-----
Singapur	Producto herbario terminado	5 ppm	20 ppm	150 ppm
Tailandia	Material herbario	4 ppm	10 ppm	-----
	Producto herbario terminado			
Recomendado por la OMS	Material herbario	-----	10 mg/Kg	-----
Ministerio de Salud de Alemania (1991)	Material herbario (seco)	-----	5 mg/Kg	-----
Farmacopea Europea. Monografías "Fucus".	Material herbario (seco)	90 mg/Kg	10 mg/Kg	-----

TABLA N° 5. Valores de ingesta diaria recomendados según la EMEA de:
Cobre, Hierro y Zinc, en hombres y mujeres.⁽¹⁾

METAL	CONSUMO DIARIO	INGESTA EN HOMBRES	INGESTA EN MUJERES
Cobre	1.4 mg/día	0.9 mg/día	0.9 mg/día
Hierro	15 mg/día	10 mg/día	15 mg/día
Zinc	11 mg/día	15 mg/día	12 mg/día

TABLA N° 5. (Continuación)

Calcio	2500 mg/día	1000 mg/día	1000 mg/día
Magnesio	350 mg/día	400 mg/día	310 mg/día

3.15 Métodos para determinar metales pesados.

3.15.1 Espectrofotometría de Absorción atómica.

3.15.1.1 Generalidades del Método.

La espectroscopia de absorción atómica (EAA), tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda determinada. Esta radiación es absorbida selectivamente por átomos que tengan niveles energéticos cuya diferencia en energía corresponda en valor a la energía de los fotones incidentes. La cantidad de fotones absorbidos, está determinada por la ley de Beer, que relaciona ésta pérdida de poder radiante, con la concentración de la especie absorbente y con el espesor de la celda o recipiente que contiene los átomos absorbedores.⁽⁸⁷⁾

3.15.1.2 Descripción de la técnica.

La técnica de atomización más usada es la FAAS, donde se nebuliza la muestra y luego se disemina en forma de aerosol dentro de una llama de aire de acetileno u óxido nitroso-acetileno, que es producida por un quemador para que se lleve a cabo la atomización. Se reconoce como una técnica estándar ya que está disponible en casi todos los dispositivos de absorción atómica en el mercado.⁽¹⁰⁵⁾ Es importante saber que el elemento contenido en la solución a analizar se encuentra en forma de molécula, la muestra se atomiza mediante un nebulizador mientras grandes gotas de agua se descargan al drenaje, y sólo una niebla fina se mezcla con el combustible y oxidante en la cámara de atomización. Luego es enviado a la llama donde la niebla se evapora instantáneamente y finas partículas de moléculas se producen, cuando estas partículas avanzan aún más en la llama,

se disuelve en átomos por acción del calor (Ver **Figura N° 7**); estos átomos absorben cualitativamente la radiación emitida por la lámpara y la cantidad de radiación absorbida está en función de su concentración.⁽⁸⁷⁾

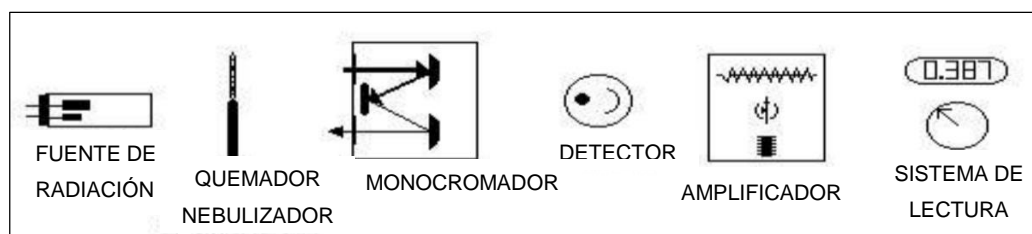


Figura N°8. Componentes de un fotómetro de emisión de flama y de un espectrofotómetro de absorción atómica.

La señal de la lámpara una vez que pasa por la llama llega a un monocromador, que tiene como finalidad el discriminar todas las señales que acompañan la línea de interés. Esta señal de radiación electromagnética llega a un detector o transductor y pasa a un amplificador y por último a un sistema de lectura.⁽⁸⁷⁾

Para lograr un análisis de sensibilidad, seguridad, facilidad de uso, costo y otros puntos; hay cuatro llamas estándar que se han utilizado para este método: aire acetileno, óxido de acetileno, hidrógeno-aire nitroso y argón-hidrógeno. Estas llamas se utilizan para cada elemento dependiendo de la temperatura y características del gas.⁽⁸⁷⁾

3.15.2 La espectrofotometría de absorción atómica electrotérmica.

La espectrofotometría de absorción atómica electrotérmica, se basa en el mismo principio que la atomización directa en llama, con la diferencia que en este caso se emplea un atomizador calentado eléctricamente (horno de grafito) en lugar del quemador de llama.⁽⁸⁵⁾ Normalmente el calentamiento de la muestra se realiza en varias etapas, a temperaturas crecientes: secado, calcinación, atomización y limpieza (Ver **Figura N° 9**). Tras la etapa de atomización, se obtienen átomos en

estado elemental del elemento a medir. Estos átomos absorben radiación monocromática procedente de la fuente (lámpara de cátodo hueco), siendo esta absorción proporcional a la cantidad de átomos elementales en el trayecto óptico (interior del tubo de grafito). Para reducir al mínimo las interferencias en la medida, se suelen añadir modificadores de matriz.⁽⁸⁵⁾

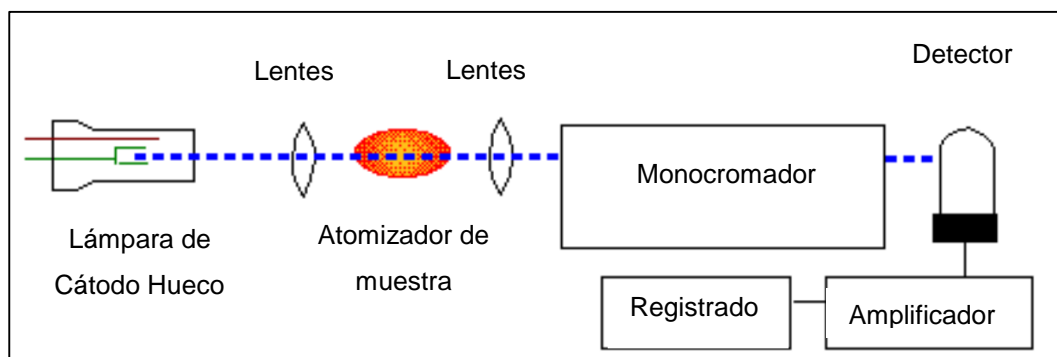


Fig. N°9 Esquema de Espectrofotómetro de Absorción Atómica Electrotérmica.

Etapas del calentamiento:

- Etapa de secado: el tubo se calienta a aproximadamente 100° C y el agua en la muestra se evapora por completo.
- Etapa de calcinación: el tubo se calienta de 400° C a 1000° C en donde la materia orgánica y la otra materia coexistente se disuelve y evapora.
- Etapa de atomización: se calienta de 1400° C a 3000° C y las sales metálicas que quedan en el tubo se atomizan.

3.15.2.1 Equipo de Absorción Atómica.

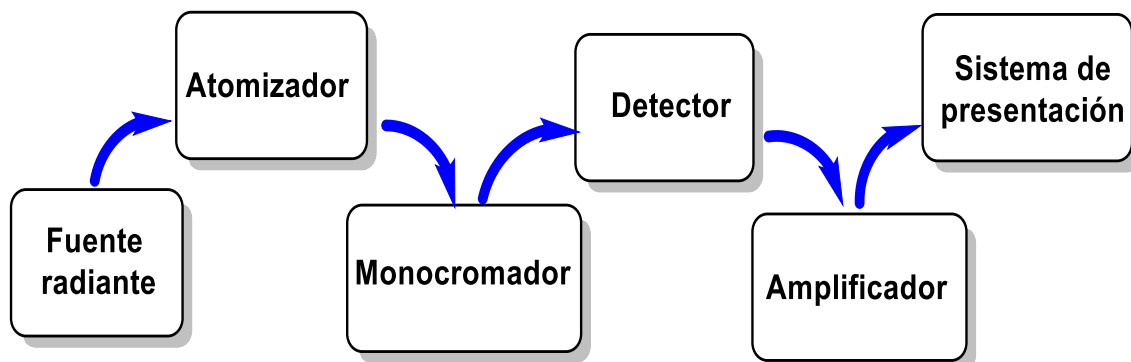


Figura N° 10 Componentes básicos de un equipo de absorción atómica.

Descripción de cada componente del espectrofotómetro de absorción atómica. ⁽⁸⁷⁾

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° 10**).

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° 10**).

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° 10**).

d) Detector. (por ejemplo, un fotomultiplicador), El sistema de detección puede estar diseñado con fotoceldas, fototubos, fotodiodos o fotomultiplicadores. Esto 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 de diferentes maneras (Ver **Figura N° 10**) (por ejemplo, unidades de absorbancia).

e) Amplificador: es selectivo y amplifica la señal pasando luego a un dispositivo de lectura que puede ser un voltímetro digital o un registrador u otros (Ver **Figura N° 10**).

3.15.2.2 Aplicaciones.

La Espectrofotometría de Absorción Atómica constituye una de las técnicas empleadas para la determinación de más de 60 elementos, algunas aplicaciones incluyen: el análisis de agua de mar, aguas residuales, agua potable, determinación de metales en sangre, especiación de metales en solución, análisis de metales en solventes orgánicos, determinación de fertilizantes, análisis de suelos, análisis de metales pesados en alimentos contaminados, análisis de metales pesados en hortalizas, determinación de metales en muestras geológicas, composición de aceros, cementos, etc.

3.15.2.3 Algunas características importantes de la Espectrofotometría de Absorción Atómica.

- Aplicaciones principales: Análisis cuantitativo de precisión para un metal dado.
- Fenómeno atómico: absorción de la línea atómica característica.
- Ventajas en el análisis cualitativo: no es aplicable.
- Ventajas en el análisis cuantitativo: análisis rápido y fiable de un elemento dado. En algunos casos alta sensibilidad Muestra promedio deseable: 100 mg.
- Muestra de inyección: 50 μL , cantidad ideal es de 10 μL a 20 μL .
- Limitaciones del método: los metales se analizan individualmente no simultáneamente. Por lo general no es aplicable a no metales.
- Limitaciones para la muestra: la mayoría de muestras orgánicas líquidas y sólidas requieren de digestión antes del análisis.⁽⁸⁵⁾

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

IV DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de estudio

- **Prospectivo** ya que los resultados de este trabajo podrán ser utilizados en futuras investigaciones.
- **Experimental** se llevó a cabo el Análisis fitoquímico en el Laboratorio de Investigación en Productos Naturales de la Facultad de Química y Farmacia, y se cuantificó metales pesados, minerales y oligoelementos, en las instalaciones del Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, ambos de la Universidad de El Salvador.

4.2 Investigación Bibliográfica

Se realizaron consultas en publicaciones científicas, libros, trabajos de graduación, etc. en las siguientes bibliotecas:

- “Dr. Benjamín Orozco” de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Central de la Universidad de El Salvador.
- Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.
- Universidad Evangélica de El Salvador, UEES.
- Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer, USAM
- Revistas científicas. Ej: Journal of Ethnopharmacology, Critical Reviews in Toxicology, Latin American Journal of Pharmacy, International Journal of Molecular Sciences, entre otras.
- Internet.

4.3 Recopilación de las enfermedades prevalentes en la población salvadoreña según el MINSAL

El Ministerio de Salud (MINSAL) presenta anualmente un informe en el que enlista las principales causas de morbilidad en la población salvadoreña, en este caso se utilizó el listado presentado en el año 2014, como punto inicial del presente estudio. (Ver Cuadro N° 1) (Ver Anexo N°1)

Cuadro N°1: Enfermedades prevalentes en la población salvadoreña de acuerdo al Ministerio de Salud en el año 2014.⁽⁶³⁾

N° de orden	Enfermedades prevalentes*
1	Enfermedades respiratorias
2	Diabetes Mellitus
3	Enfermedades hipertensivas
4	Enfermedades parasitarias
5	Depresión y ansiedad
6	Dolor (cabeza y articulaciones)
7	Mejora de la digestión

*Período de Enero a diciembre de 2014

4.4 Investigación de campo

4.4.1 Recolección de muestras para identificación botánica

Lugar de recolección: Mercado Central de San Salvador.

El Mercado Central de San Salvador cuenta con una infraestructura antigua, que en su interior se divide en diez pabellones, en los cuales se comercializan una gran variedad de productos. El Pabellón seleccionado para la obtención de las plantas medicinales, fue el Pabellón N°5, donde se realizaron visitas

Se realizaron diversas visitas al Mercado Central de San Salvador, se contabilizaron en el Pabellón N° 5 un total de 88 puestos informales de los cuales 23 puestos venden plantas medicinales, algunos más surtidos que otros y distribuidos como se observa en la Fig. N° 11.

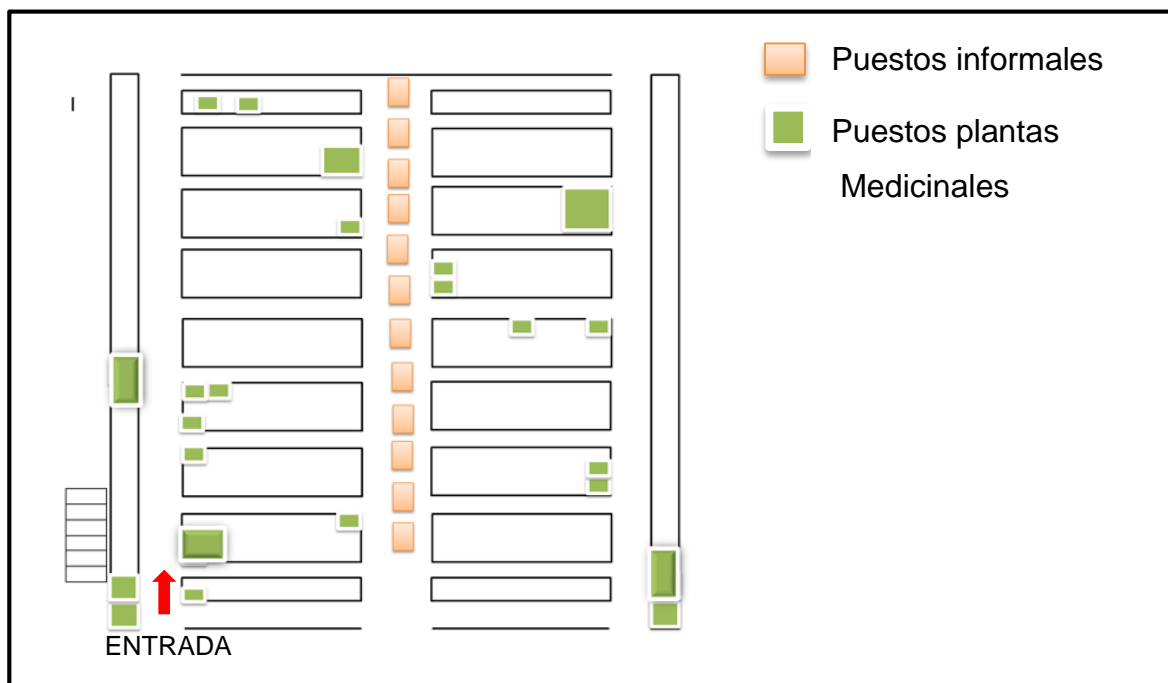


Figura N°11. Croquis del Pabellón número 5 del mercado central de San Salvador.

Para realizar las entrevistas se seleccionaron 10 puestos al azar, se visitó a las personas encargadas de la venta de plantas medicinales, quienes proveen la información de manera informal a través de una entrevista, estos vendedores son tradicionalmente conocidos como "Suchileros". Se les realizaron una serie de preguntas, las que se observan en la Figura N°12. El Anexo N°2 contiene los resultados de las entrevistas realizadas.

Ejemplo de entrevista realizada de manera informal a los suchileros.

1. ¿Qué plantas medicinales recomiendan para el tratamiento de la diabetes?
2. ¿Cuál es el estado de la planta?
3. ¿Qué parte de la planta se debe utilizar?
4. ¿Cuál es su forma de preparación?
5. ¿Cuántas veces al día debe utilizarse?

Figura N° 12. Preguntas realizadas a los comerciantes de plantas medicinales acerca de la especie utilizada para el tratamiento de la diabetes.

Las preguntas se realizaron por cada enfermedad, de la información obtenida se contabilizaron un total de 18 plantas medicinales para las diferentes enfermedades.

Posteriormente se procedió a la recolección de las plantas medicinales enlistadas anteriormente, seleccionándose de manera aleatoria 6 puestos de plantas medicinales, incluyendo aquellos que eran los más grandes y surtidos, tomando una muestra representativa de cada pasillo del Pabellón y en cada puesto se recolectaron 3 especies vegetales diferentes para mantener la homogeneidad de la muestra.

En el Cuadro N° 2, se observan las 18 plantas medicinales que recomiendan los suchileros para el tratamiento de las enfermedades prevalentes en la población salvadoreña.

Cuadro N°2. Especies vegetales recomendadas por los suchileros para el tratamiento de las enfermedades luego de realizar la entrevista.

Enfermedad	Especie vegetal	Parte medicinal utilizada	Estado de la muestra	Forma de preparación
Bronquios y asma	“Gordolobo”	Flores	Seca	infusión
Diabetes	“Copalchi”	Hoja y corteza	Seca	Infusión
	“Manzana rosa”	Hojas	seca	Infusión
	“Moringa”	Hojas	Seca	Infusión
	“Hombre grande”	Corteza	Seca	Decocción
Hipertensión	“Tilo”	Flores	Seca	Infusión
	“Múerdago”	Hojas	Seca	Infusión
Parasitosis	“Epazote”	Hoja y tallo	Seca	Decocción
	“Gualanday”	Hojas	Seca	Infusión
	“Jalapa”	Hojas	Seca	Infusión
Depresión y ansiedad	“Damiana”	Hojas	Seca	Infusión
	“Hierba de San Juan”	Hojas	Seca	Infusión
	“Manzanilla”	Toda la planta	Seca	Infusión
	“Pasiflora”	Hojas y tallos	Seca	Infusión
	“Valeriana”	Hojas	Seca	Infusión
Dolor (cabeza y articulaciones)	“Cinco negritos”	Hojas	Seca	Decocción
Mejora de la digestión	“Boldo”	Hojas	Seca	Infusión
	“Alcachofa”	Toda la planta	Seca	infusión

Las muestras fueron recolectadas el día sábado 11 de junio de 2016.

Se siguió el siguiente proceso para dicha recolección:

1. Se compraron 100 g de cada especie vegetal las cuales se encontraban secas, en los puestos seleccionados del Pabellón N°5.
2. Los órganos de cada especie recomendada fueron colocados en bolsas plásticas por separado o fueron envueltos en papel periódico, según el estado de la planta (entera o fraccionada).

3. Se identificó el material vegetal con una etiqueta que contenía: el nombre de la planta medicinal, el lugar y fecha en la que se realizó la compra (Ver anexo N°4).
4. Se transportaron todas las muestras hacia el Museo de Historia Natural de El Salvador.

4.4.2. Identificación del material vegetal

El material vegetal llevado al Museo de Historia Natural de El Salvador, fue identificado por los curadores del Herbario, estas se presentan en el Cuadro N°3. Se muestra en el anexo N°5 la carta que hace constar la identificación botánica de las especies vegetales entregadas a los curadores.

Cuadro N° 3. Plantas medicinales identificadas por los curadores del Museo de Historia Natural de El Salvador.

N°	Familia	Nombre Científico	Nombre común
1	Asteraceae	<i>Gnaphalium viscosum</i> kunth	"Gordolobo"
2	Euphorbiaceae	<i>Croton guatemalensis</i> Lotsy	"Copalchi"
3	Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	"Manzana rosa"
4	Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i> Lam	"Moringa"
5	Simaroubaceae	cf. <i>Quassia amara</i>	"Hombre grande"
6	Pentaphylacaceae	<i>Ternstroemia lineata</i> DC.	"Tilo"
7	Viscaceae	<i>Phoradendron</i> cf. <i>robustissimum</i>	"Muerdago"
8	Amaranthaceae	<i>Dysphania ambrosioides</i> L.	"Epazote"
9	Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	"Gualanday"
10	Rubiaceae	Cf. <i>Augusta</i> sp.	"Jalapa"
11	Turneraceae	<i>Piriqueta</i> sp.	"Damiana turnera de california"

Cuadro N° 3. (Continuación)

11	Turneraceae	<i>Turnera diffusa</i> Willd	"Damiana"
12	Asteraceae	<i>Tagetes lucida</i> Cav.	"Hierba de San Juan"
13	Asteraceae	<i>Matricaria chamomilla</i> L.	"Manzanilla"
14	Passifloraceae	<i>Passiflora platyloba</i> Killip	"Pasiflora"
15	Asteraceae	<i>Acourtia nudicaulis</i> (A. Gray) B.L. Turner	"Valeriana"
16	Verbenaceae	<i>Lantana cámara</i> L.	"Cinco negritos"
17	Monimiaceae	<i>Peumus boldus</i> Molina	"Boldo"
18	Asteraceae	<i>Cynara</i> sp.	"Alcachofa"

c.f.: comparar sp: especie Nativa: crece en forma silvestre en los bosques

De las 18 especies vegetales llevadas al museo, solo se identificaron 14 de ellas, a las cuales se les realizó el análisis fitoquímico y cuantificación de metales, minerales y oligoelementos. (**Ver Cuadro N°4**)

Cuadro N°4. Plantas seleccionadas para la realización del análisis fitoquímico y la cuantificación de metales pesados, minerales y oligoelementos.

N°	Familia	Nombre Científico	Nombre común
1	Asteraceae	<i>Gnaphalium viscosum</i> kunth	"Gordolobo"
2	Euphorbiaceae	<i>Croton guatemalensis</i> Lotsy	"Copalchi"
3	Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	"Manzana rosa"
4	Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i> Lam	"Moringa"
5	Pentaphylacaceae	<i>Ternstroemia lineata</i> DC.	"Tilo"
6	Amaranthaceae	<i>Dysphania ambrosioides</i> L.	"Epazote"
7	Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	"Gualanday"
8	Turneraceae	<i>Turnera diffusa</i> Willd	"Damiana"
9	Asteraceae	<i>Tagetes lucida</i> Cav.	"Hierba de San Juan"
10	Asteraceae	<i>Matricaria chamomilla</i> L.	"Manzanilla"
11	Passifloraceae	<i>Passiflora platyloba</i> Killip	"Pasiflora"

Cuadro N° 4. (Continuación)

12	Asteraceae	<i>Acourtia nudicaulis</i> (A. Gray) B.L. Turner	"Valeriana"
13	Verbenaceae	<i>Lantana cámara</i> L.	"Cinco negritos"
14	Monimiaceae	<i>Peumus boldus</i> Molina	"Boldo"

Las muestras fueron codificadas de acuerdo a su nombre común para facilitar su identificación al momento de realizar el análisis. (**Ver cuadro N° 5**)

Cuadro N°5. Codificación de muestras vegetales en base a su nombre común.

Planta medicinal	Código
<i>Gnaphalium viscosum</i> "Gordolobo"	GL
<i>Croton guatemalensis</i> "Copalchi"	Co
<i>Syzygium jambos</i> "Manzana rosa"	Mr
<i>Moringa oleífera</i> "Moringa"	M
<i>Ternstroemia lineata</i> "Tilo"	T
<i>Dysphania ambrosioides</i> "Epazote"	E
<i>Jacaranda mimosifolia</i> "Gualanday"	G
<i>Turnera diffusa</i> "Damiana"	D
<i>Tagetes lucida</i> "Hierba de San Juan"	HS
<i>Matricaria chamomill</i> "Manzanilla"	Ma
<i>Passiflora platyloba</i> "Pasiflora"	P
<i>Acourtia nudicaulis</i> "Valeriana"	V
<i>Lantana cámara</i> "Cinco negritos"	CN
<i>Peumus boldus</i> "Boldo"	B

La metodología para analizar las plantas medicinales en estudio, se muestra en la Figura N°13

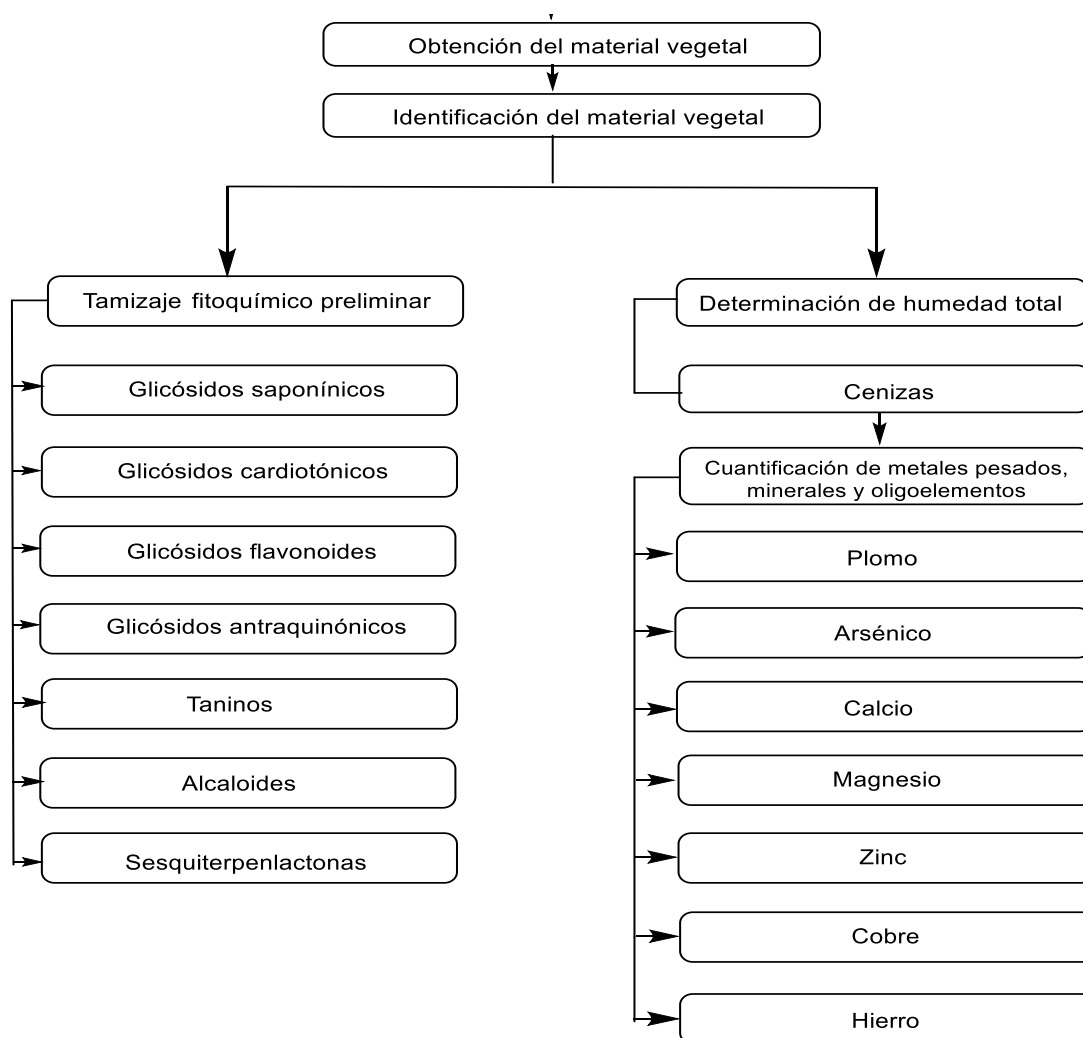


Figura N° 13. Esquema de los procedimientos realizados.

4.5 Tamizaje fitoquímico preliminar

4.5.1 Preparación de los extractos

Para preparar el extracto de cada planta medicinal se utilizó la maceración ultrasónica ya que facilita el proceso de extracción de los metabolitos secundarios, además de ser un método que no utiliza calor, por lo tanto, no daña los metabolitos termolábiles. (Ver Figura N°14).⁽¹³⁾



Figura N° 14. Extracción de metabolitos secundarios.

Metodología de la Extracción ultrasónica (Ver Anexo N° 6)⁽¹³⁾

1. Pesar 10.0 g de cada planta medicinal, previamente fraccionada y seca (mezclar los órganos de las plantas), en un Erlenmeyer de 125 mL.
2. Agregar etanol 95° hasta cubrir el material vegetal.
3. Colocar el Erlenmeyer en el sonicador por 1 hora, repetir la operación una vez y dejar reposar por 24 horas.
4. Filtrar.

4.5.2 Identificación de glicósidos saponínicos

a) Método de la espuma⁽¹³⁾

1. Pesar 0.5 g de material vegetal seco y pulverizado, y colocar en un tubo de ensayo.
2. Agregar 4 mL de agua destilada.
3. Agitar vigorosamente durante 30 segundos y dejar reposar.
4. Medir con una regla la altura formada por la espuma a los 1, 5, 10, 15 y 30 minutos.

Evidencia positiva: formación de abundante espuma que tiene forma hexagonal y una altura mínima de 1 cm perdurando por al menos 30 minutos.

b) Prueba de Liebermann-Burchard⁽¹³⁾

1. Tomar 10 mL del extracto etanólico de aquellas plantas de resultaron positivas en la prueba de espuma.
2. Agregar 10 mL de ácido sulfúrico 10%.
3. Calentar cuidadosamente en baño maría por 20 minutos, enfriar y colocar en una ampolla de separación.
4. Extraer con 15 mL de cloroformo.
5. Recolectar la capa clorofórmica en un beaker de 100 mL. NOTA: repetir este procedimiento con otros 15 mL de cloroformo y reunir las capas clorofórmicas.
6. Agregar sulfato de sodio anhidro a las capas clorofórmicas hasta que sea traslúcida y luego filtrar en papel whatman N°40.
7. Concentrar la fase clorofórmica hasta 3 mL en baño maría y tomar 2 mL de este y agregar en un tubo de ensayo.
8. Colocar el tubo de ensayo en baño de hielo.

9. Agregar 1 mL de anhídrido acético sin agitar.
10. Lentamente adicionar por las paredes del tubo ácido sulfúrico concentrado gota a gota hasta formación de un anillo.

Evidencia positiva: formación de un anillo de color verde, que identifica a los glicósidos saponínicos con esqueleto esteroidal o un anillo de color rojizo que identifica glicósidos saponínicos con esqueleto triterpénico.⁽⁹⁾

NOTA: Este procedimiento debe realizarse en baño de hielo y en cámara de extracción de gases.

c) Prueba de Salkowski⁽¹³⁾

1. En un tubo de ensayo agregar 3 mL de extracto vegetal.
2. Colocar el tubo de ensayo en baño de hielo.
3. Agregar gota a gota 5 a 10 gotas de ácido sulfúrico concentrado (por las paredes del tubo).
4. No agitar el tubo de ensayo.

Evidencia positiva: formación de un anillo de color verde, que identifica como glicósidos saponínicos con esqueleto esteroidal o un anillo de color rojizo que identifica glicósidos saponínicos con esqueleto triterpénico.⁽¹³⁾

NOTA: Este procedimiento debe realizarse en baño de hielo y en cámara de extracción de gases.

4.5.3 Identificación de glicósidos cardiotónicos por cromatografía de capa fina

Detección de la lactona insaturada⁽¹³⁾

Fase móvil: acetato de etilo-metanol-agua (7:2:1)

Fase estacionaria: polygram sil g/uv₂₅₄.

Reactivo revelador: Kedde A y Kedde B.

1. Aplicar cada extracto alcohólico de las muestras identificadas en la cromatoplaça.
2. Introducir la placa inyectada dentro de la cámara cromatográfica saturada, con la fase móvil.
3. Dejar que la fase móvil eluya $\frac{3}{4}$ partes de la placa y retirar de la cámara.
4. Marcar el frente del solvente.
5. Secar la placa a temperatura ambiente.
6. Rociar la placa con el reactivo revelador Kedde A y Kedde B.
7. Calcular los R_f de las manchas.

Evidencia positiva: manchas de color lila.⁽¹³⁾

Planteamiento de cálculos para determinar el factor de reparto (R_f).⁽¹³⁾

$$R_f = \frac{\text{Distancia recorrida por la muestra}}{\text{Distancia recorrida por la fase móvil}}$$

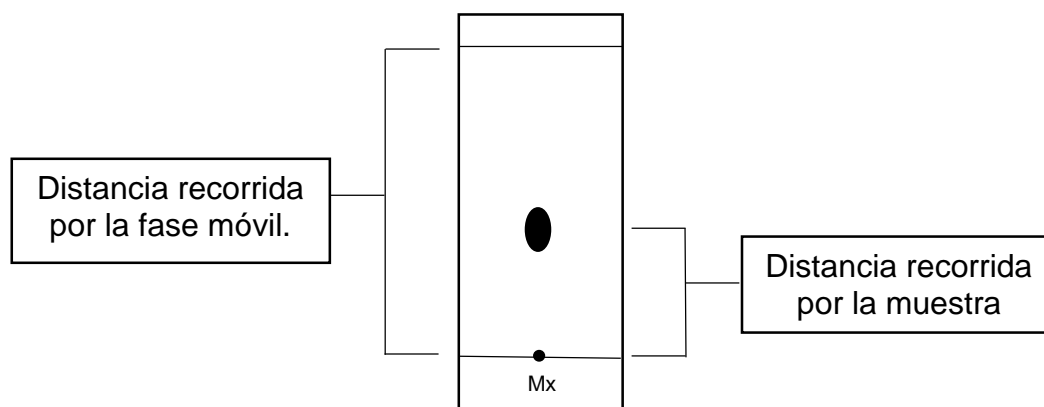


Figura N° 15. Cromatoplaque donde se identifican las distancias a tomar para calcular el factor de reparto.

4.5.4 Identificación de flavonoides

Prueba de Shinoda⁽¹³⁾

1. Medir 2 mL de extracto etanólico de cada planta.
2. Colocar un vidrio reloj.
3. Añadir una lámina de magnesio metálico en el vidrio reloj.
4. Agregar 5 gotas de HCl concentrado.
5. Observar la coloración formada.

Evidencia positiva: coloración rojiza. ⁽¹³⁾

4.5.5 Identificación de glicósidos antraquinónicos por cromatografía de capa fina⁽¹³⁾

Fase móvil: acetato de etilo-metanol-agua (7.5:1.5:1)

Fase estacionaria: polygram sil g/uv₂₅₄.

Reactivo revelador: hidróxido de potasio 5%.

1. Aplicar cada extracto alcohólico de las muestras identificadas en la cromatoplaca.
2. Introducir la placa inyectada dentro de la cámara cromatográfica saturada, con la fase móvil.
3. Dejar que la fase móvil eluya $\frac{3}{4}$ partes de la placa y retirar de la cámara.
4. Marcar el frente del solvente.
5. Secar la placa a temperatura ambiente.
6. Rociar la placa con el reactivo revelador de Hidróxido de potasio 5%.
7. Calcular los R_f de las manchas.

Evidencia positiva: manchas de color rosado.⁽¹³⁾

4.5.6 Identificación de taninos⁽¹³⁾

Medir 10 mL del extracto etanólico del material vegetal y rotular 5 tubos de ensayo con código desde la A hasta la E, agregando a cada tubo lo siguiente:

1. Tubo A: 2 mL del extracto, agregar una gota de la solución de tricloruro de hierro 1%.
2. Tubo B: 2 mL del extracto, luego adicionar 10 gotas de solución de gelatina.
3. Tubo C: 2 mL del extracto, agregar 12 gotas de clorhidrato de quinina 5%.
4. Tubo D: 2 mL del extracto, luego agregar 5 gotas de solución de subacetato de plomo 5%.
5. Tubo E: 2 mL del extracto, adicionar 5 gotas de solución de dicromato de potasio 5%.

Evidencia positiva: se observará la formación de un precipitado luego de la adición de cada uno de los reactivos a excepción del tricloruro de hierro, en el cual se observará una coloración azul si es un tanino hidrolizable o una coloración verde si es un tanino condensado.⁽¹³⁾

4.5.7 Identificación de alcaloides⁽¹³⁾

a) Prueba de precipitación con reactivos de: Mayer, Dragendorff y Wagner.

1. Medir 25 mL de extracto etanólico en un beaker de 100 mL.
2. Concentrar a sequedad en baño María y bajo cámara de extracción de gases.
3. Redisolver el extracto con 6 mL de HCl 10% hasta pH 1, con ayuda de calor para facilitar la disolución y luego filtrar.
4. Distribuir en 3 tubos de ensayo.
5. Agregar gota a gota, hasta un máximo de 10 gotas, los reactivos químicos de precipitación (Reactivo de Wagner, Dragendorff y Mayer).

Evidencia positiva: se observará la formación de un precipitado blanco con reactivo de Mayer, anaranjado con Dragendorff y café con Wagner.⁽¹³⁾

NOTA: Llevar un blanco de cada reactivo de precipitación (Wagner, Mayer y Dragendorff) y así comparar los cambios de coloración y observar los precipitados.

4.5.8 Identificación de sesquiterpenlactonas.

Determinación de lactona insaturada.⁽¹³⁾

Fase móvil: *n*-hexano-acetato de etilo (7:3).

Fase estacionaria: polygram sil g/uv₂₅₄.

Reactivo revelador: reactivo de baljet.

1. Aplicar cada extracto alcohólico de las muestras identificadas en la cromatoplaça.
2. Introducir la placa inyectada dentro de la cámara cromatográfica saturada, con la fase móvil
3. Dejar que la fase móvil eluya $\frac{3}{4}$ partes de la placa y retirar de la cámara.
4. Marcar el frente del solvente.
5. Secar la placa a temperatura ambiente.
6. Rociar la placa con el reactivo revelador de Baljet.
7. Calcular los R_f .

Evidencia positiva: manchas de color naranja. ⁽¹³⁾

4.6 Determinación de pérdida por secado.

Principio:

La pérdida por secado (agua) se calcula por medio de la evaporación inducida por el calor, utilizando para ello una estufa de aire reforzado a una temperatura entre 150° C por un período de dos horas, determinando en esta forma la humedad parcial.⁽³⁰⁾

Procedimiento:

1. Fraccionar cada especie manualmente (utilizando guantes de látex).
2. Lavar las capsulas de aluminio con agua y jabón, realizando enjuagues con agua destilada y por ultimo agua bidestilada.
3. Pesar las capsulas de aluminio en balanza analítica.
4. Pesar 2.0g de cada muestra vegetal en las capsulas de aluminio
5. Secar en estufa a una temperatura de 105° C por 2 horas.
6. Retirar de la estufa
7. Enfriar en el desecador por 30 minutos.
8. Pesar las muestras vegetales y realizar el cálculo del porcentaje de humedad por diferencia de peso.
9. Cada especie fue llevada por duplicado.

Nota: Se procuró no tener contacto directo con las muestras luego de haber sido secadas a 105°C por 2 horas, para evitar datos erróneos de humedad.

4.6.1 Planteamiento de cálculos de la pérdida por secado.

- Fórmula para determinar el porcentaje de humedad total.

$$\% \text{ Perdida por secado} = \frac{\text{PC con mx fresca} - \text{PC con mx seca}}{\text{Pmx seca}} \times 100\%$$

Datos:

PC con mx seca= Peso de la caja de aluminio más muestra fresca.

PC con mx seca= Peso de la caja de aluminio vacía más muestra seca.

Pmx= Peso de la muestra fresca.

4.7 Preparación de cenizas

Fundamento: La destrucción de la materia orgánica por incineración de cada muestra se lleva a cabo en un horno de mufla a temperatura de 500°C por un período de 2 horas, quedando solo el material inorgánico llamado ceniza que no se destruye a esta temperatura. ⁽³⁰⁾

Procedimiento:

1. Pesar los crisoles vacíos y registrar el peso.
2. Pesar 2.0 g de cada especie vegetal en un crisol previamente tarado.
3. Colocar el crisol en una mufla e incrementar la temperatura en el rango de 100°C por cada hora hasta alcanzar 500°C.
4. Colocar un crisol rotulado como blanco en la mufla.
5. Mantener la temperatura de 500°C por 2 horas para calcinar la muestra.
6. Enfriar en desecador por 30 minutos.
7. Pesar.

Nota: Si la calcinación es incompleta, se adiciona 2 mL de una solución de ácido nítrico (1:1) o nitrato de magnesio al 50%, se lleva a sequedad y se calcina a 500°C por 2 horas nuevamente, llevando blanco para restar la cantidad de magnesio adicionada.

4.7.1 Planteamiento de cálculos de cenizas

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{PC con cenizas} - \text{PC vacía}}{\text{Pmx}} \times 100\%$$

Datos:

PC con cenizas= Peso de crisol con cenizas

PC vacía= Peso de crisol vacío

Pmx= Peso de muestra fresca

4.8 Preparación de soluciones madre de las muestras a partir de las cenizas formadas para la cuantificación de metales pesados, minerales y oligoelementos.⁽⁹⁹⁾

La ceniza se trata con ácido clorhídrico concentrado con el fin de formar los clorhidratos de los metales pesados, minerales y oligoelementos.⁽⁹⁹⁾

1. Humedecer las cenizas con 3 mL de agua.
2. Agregar 2.5 mL de ácido clorhídrico para disolver las sales.
3. Calentar en hot-plate hasta observar vapores blancos.
4. Enfriar.
5. Filtrar las cenizas en papel Whatman # 42.
6. Recibir el filtrado en un balón volumétrico de 50 mL y llevar a volumen con agua bidestilada.

4.9 Preparación del blanco para la cuantificación de plomo, arsénico, hierro, cobre, zinc, calcio y magnesio.⁽⁹⁹⁾

1. Añadir 2.5 mL de ácido clorhídrico concentrado en el crisol rotulado como "blanco".
2. El blanco debe llevar todo menos la muestra.

4.10 Preparación de solución stock para plomo, arsénico, hierro, cobre, zinc, calcio y magnesio. ⁽⁹⁹⁾

La forma de preparación de las soluciones stock se observa en el Anexo N°7.

Los cálculos para la preparación de las soluciones stock se muestran en el Anexo N° 8.

4.11 Procedimiento para la cuantificación de plomo y arsénico. ⁽⁹⁹⁾

4.11.1 Plomo (Espectroscopia de absorción atómica horno de grafito). ⁽⁹⁹⁾

1. Colocar en el equipo de EAA un volumen de 100 mL de solución de nitrato de paladio (II) 10 ppm, 100 mL de ácido nítrico (1:1), 10 mL de cada solución estándar de plomo (1 ppb, 5 ppb, 10 ppb y 15 ppb) y 2 mL de solución de cada muestra.
2. Correr el blanco y ajustar a cero el equipo, a una longitud de onda de 283.3 nm.
3. Elaborar la curva de calibración con los estándares 1 ppb, 5 ppb, 10 ppb y 15 ppb de plomo.
4. Hacer la lectura de la concentración en ppb de cada muestra para dicho elemento.
5. Realizar tres lecturas de cada muestra.

4.11.2 Arsénico (Espectroscopia de absorción atómica generador de hidruro). ⁽⁹⁹⁾

1. Tomar una alícuota de 10 mL de cada solución madre con ayuda de una pipeta volumétrica de 10 mL.

2. Transferir a un balón volumétrico de 50 mL y agregar 2 mL de solución de yoduro de potasio y 1 mL de ácido clorhídrico (1:1).
3. Aplicar calor con ayuda de un hot-plate, aproximadamente una temperatura de 85°C por 30 minutos.
4. Enfriar.
5. Llevar a aforo con agua bidestilada.
6. Correr el blanco y ajustar a cero el equipo, a una longitud de onda de 193.7 nm.
7. Elaborar la curva de calibración con los estándares de 2 ppb, 5 ppb, 10 ppb y 15 ppb de arsénico.
8. Hacer la lectura de absorbancia de cada muestra para dicho elemento por triplicado.

4.12 Procedimiento para la cuantificación de calcio y magnesio. ⁽⁹⁹⁾

4.12.1 Calcio (Espectrofotometría de absorción atómica con llama).

1. Colocar en el equipo de EAA un volumen de 10 mL de cada solución estándar de calcio (0.3 ppm, 1 ppm, 3 ppm y 6 ppm) y 10 mL de solución de cada muestra.
2. Tomar una alícuota de 2 mL de las muestras con ayuda de una pipeta.
3. Transferir a un balón de 10.0 mL y agregar 0.6 mL de cloruro de lantano y aforar.
4. Correr el blanco y ajustar a cero el equipo, a una longitud de onda de 422.7 nm.
5. Elaborar la curva de calibración con los estándares 0.3 ppm, 1 ppm, 3 ppm y 6 ppm de hierro.
6. Hacer la lectura de la concentración en ppm de cada muestra para dicho elemento.

7. Realizar tres lecturas por cada muestra.

4.12.2 Magnesio (Espectrofotometría de absorción atómica con llama).

1. Colocar en el equipo de EAA un volumen de 10 mL de las soluciones estándar de magnesio (0.1 ppm, 0.25 ppm, 0.50 ppm y 1 ppm) y 10 mL de solución de cada muestra.
2. Tomar una alícuota de 2 mL de las muestras con ayuda de una pipeta.
3. Transferir a un balón de 10.0 mL y agregar 0.6 mL de cloruro de lantano y aforar.
4. Correr el blanco y ajustar a cero el equipo, a una longitud de onda de 285.25 nm.
5. Elaborar la curva de calibración con los estándares 0.1 ppm, 0.25 ppm, 0.50 ppm y 1 ppm de cobre.
6. Hacer la lectura de la concentración en ppm de cada muestra para dicho elemento.
7. Realizar tres lecturas por cada muestra.

4.13 Procedimiento para la cuantificación de zinc, cobre y hierro. ⁽⁹⁹⁾

4.13.1 Zinc (Espectrofotometría de absorción atómica con llama).

1. Colocar en el equipo de EAA un volumen de 10 mL de las soluciones estándar de zinc (0.05 ppm, 0.1 ppm, 0.5 ppm y 1 ppm) y 10 mL de solución de cada muestra.
2. Correr el blanco y ajustar a cero el equipo, a una longitud de onda de 213.9 nm.
3. Elaborar la curva de calibración con los estándares 0.05 ppm, 0.1 ppm, 0.5 ppm y 1 ppm de zinc.

4. Hacer la lectura de la concentración en ppm de cada muestra para dicho elemento.
5. Realizar tres lecturas por cada muestra.

4.13.2 Cobre (Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama).

1. Colocar en el equipo de EAA un volumen de 10 mL de las soluciones estándar de cobre (0.2 ppm, 1 ppm, 2 ppm y 4 ppm) y 10 mL de solución de cada muestra.
2. Correr el blanco y ajustar a cero el equipo, a una longitud de onda de 324.7 nm.
3. Elaborar la curva de calibración con los estándares 0.2 ppm, 1 ppm, 2 ppm y 4 ppm de cobre.
4. Hacer la lectura de la concentración en ppm de cada muestra para dicho elemento.
5. Realizar tres lecturas por cada muestra.

4.13.3 Hierro (Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama).

1. Colocar en el equipo de EAA un volumen de 10 mL de cada solución estándar de hierro (0.3 ppm, 1 ppm, 3 ppm y 6 ppm) y 10 mL de solución de cada muestra.
2. Correr el blanco y ajustar a cero el equipo, a una longitud de onda de 248.3 nm.
3. Elaborar la curva de calibración con los estándares 0.3 ppm, 1 ppm, 3 ppm y 6 ppm de hierro.
4. Hacer la lectura de la concentración en ppm de cada muestra para dicho elemento.
5. Realizar tres lecturas por cada muestra.

CAPITULO V
RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.0 Resultados e interpretación de resultados del tamizaje fitoquímico preliminar

Cuadro N° 6: parte de la planta analizada

Especie vegetal	Nombre Científico	Parte medicinal utilizada
“Gordolobo”	<i>Gnaphalium viscosum</i>	Flores
“Copalchi”	<i>Croton guatemalensis</i>	Hoja y corteza
“Manzana rosa”	<i>Syzygium jambos</i>	Hojas
“Moringa”	<i>Moringa oleifera</i>	Hojas
“Tilo”	<i>Ternstroemia lineata</i>	Flores
“Epazote”	<i>Dysphania ambrosioides</i>	Hoja y tallo
“Gualanday”	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Hojas
“Damiana”	<i>Turnera diffusa</i>	Hojas
“Hierba de San Juan”	<i>Tagetes lucida</i>	Hojas
“Manzanilla”	<i>Matricaria chamomilla</i>	Toda la planta
“Pasiflora”	<i>Passiflora platyloba</i>	Hojas y tallos
“Valeriana”	<i>Acourtia nudicaulis</i>	Hojas
“Cinco negritos”	<i>Lantana cámara</i>	Hojas
“Boldo”	<i>Peumus boldus</i>	Hojas

En el cuadro N° 6 se muestran las partes de las plantas medicinales utilizadas en el estudio

5.1 Identificación de glicósidos saponínicos

5.1.1 Método de la espuma.⁽¹³⁾

Los resultados son observados en la Tabla N°6, donde todos fueron tomados a los tiempos establecidos.

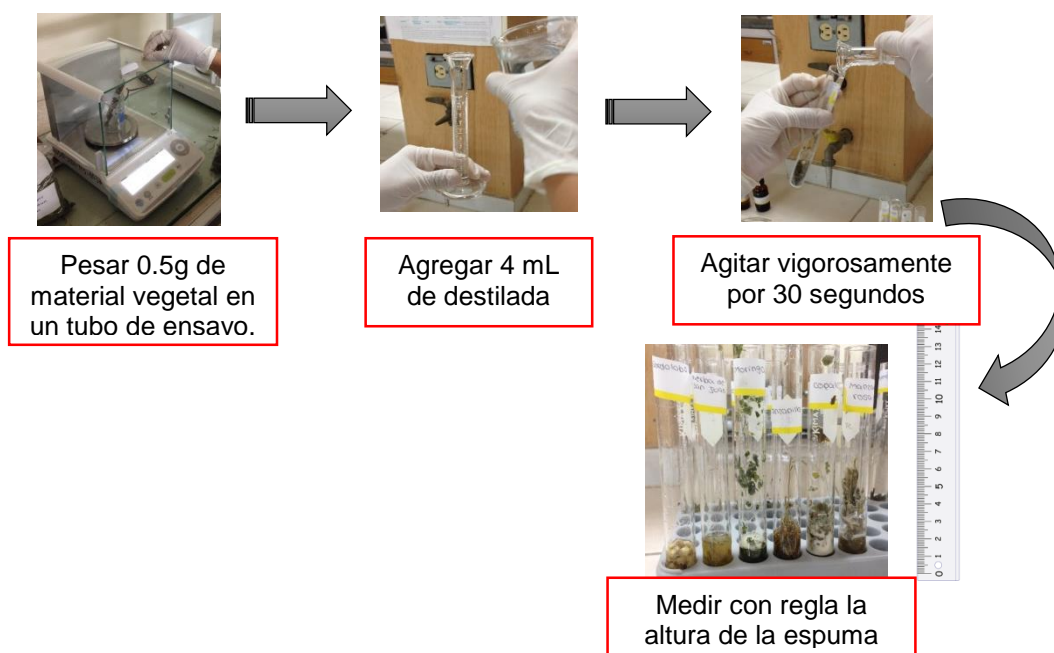


Figura. N° 16. Prueba de la espuma realizada a cada extracto etanólico.

Tabla N°6. Resultados obtenidos de la medición de la espuma de cada una de las plantas medicinales en estudio

Planta medicinal	Tiempos				
	1 min	5 min	10 min	15 min	30 min
<i>Gnaphalium viscosum</i>	1.5 cm	1.4 cm	1.0 cm	1.0 cm	1.00 cm

Tabla N°6: (Continuación)

<i>Croton guatemalensis</i>	2.5 cm	2.0 cm	1.5 cm	0.7 cm	0.5 cm
<i>Syzygium jambos</i>	0.4 cm	-	-	-	-
<i>Moringa oleífera</i>	0.4 cm	0.1 cm	0.1 cm	0.05 cm	0.05 cm
<i>Ternstroemia lineata</i>	0.3 cm	0.2 cm	0.2 cm	0.2 cm	0.2 cm
<i>Dysphania ambrosioides</i>	0.1 cm	-	-	-	-
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	-	-	-	-	-
<i>Turnera diffusa</i>	-	-	-	-	-
<i>Tagetes lucida</i>	0.5 cm	-	-	-	-
<i>Matricaria chamomilla</i>	-	-	-	-	-
<i>Passiflora platyloba</i>	1.5 cm	1.0 cm	0.7 cm	0.7 cm	0.6 cm
<i>Acourtia nudicaulis</i>	0.2 cm	-	-	-	-
<i>Lantana camara</i>	0.1 cm	-	-	-	-
<i>Peumus boldus</i>	2.0 cm	1.0 cm	0.1 cm	0.05 cm	0.05 cm

La evidencia positiva para la prueba de la espuma es una altura mínima de 1 centímetro, y además dicha espuma debe perdurar por 30 minutos, la única especie vegetal que resultó positiva para este ensayo fue el *Gnaphalium viscosum* “Gordolobo”, aunque en otras plantas medicinales se evidencio una espuma constante durante los 30 minutos, está no alcanzo la altura mínima recomendada por la literatura y por tanto no hay presencia de glicósidos saponínicos en dichas muestras.

La prueba de Liebermann-Burchard se le realizó solo a aquellas muestras que resultaron positivas en la prueba de la espuma, por lo que únicamente se evaluó el extracto de *Gnaphalium viscosum*, la cual por ser una dicotiledónea debe presentar saponinas triterpénicas, en la prueba se identificó un anillo de color rojo, que se forma cuando el anhídrido acético condensa el grupo hidroxilo formando el correspondiente éster y el ácido sulfúrico concentrado origina la conjugación de la insaturación, esta prueba resulta positiva para glicósidos saponínicos con esqueleto esteroideal.⁽⁵⁹⁾⁽⁷⁷⁾

Así mismo la prueba de Salkowski en el extracto de *Gnaphalium viscosum*, formó un anillo de color rojo, causado por la acción del ácido sulfúrico al oxidar los dobles enlaces, dando la coloración característica.⁽⁵⁹⁾⁽⁷⁷⁾

5.2 Identificación de glicósidos cardiotónicos por cromatografía de capa fina.⁽¹³⁾

Detección de la lactona insaturada.

Una vez reveladas las placas cromatográficas con el reactivo de Kedde A y Kedde B, se prosigió a calcular los respectivos R_f , únicamente de aquellas especies en las que se observó una coloración lila. **(Ver Tabla N°7)**

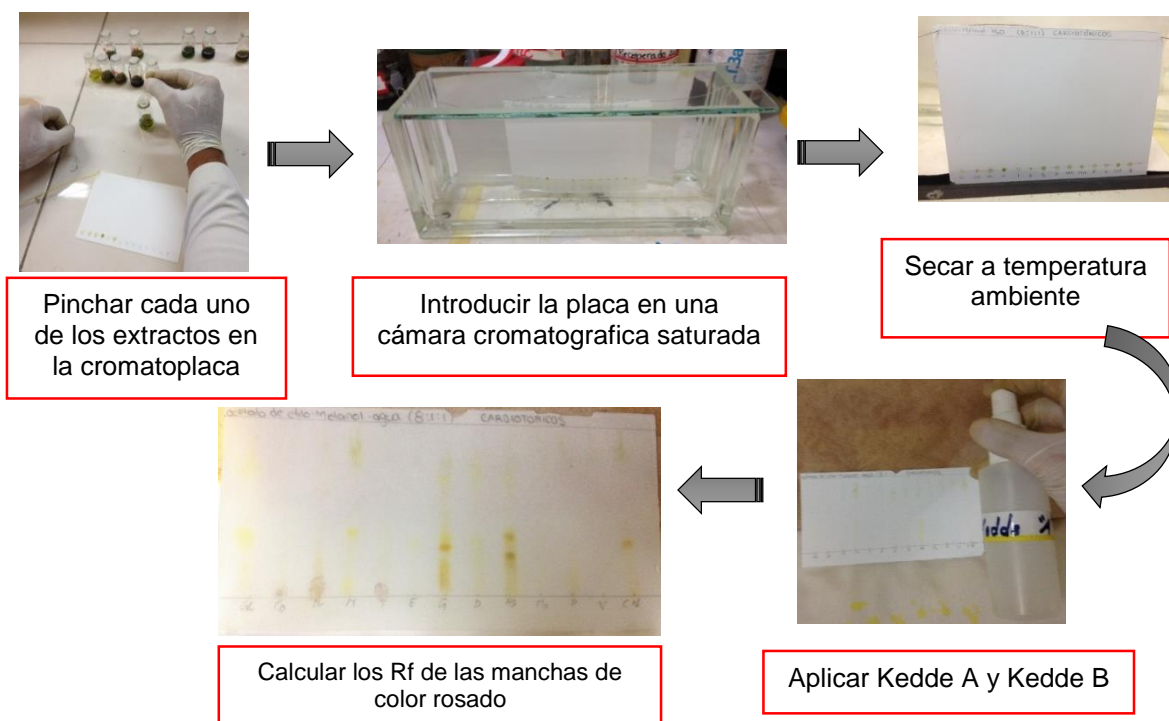


Figura N°17. Identificación de glicósidos cardiotónicos por cromatografía de capa fina.

Tabla N°7. Resultados obtenidos de la identificación de glicósidos cardiotónicos

Planta medicinal	Resultados de la prueba	R_f
<i>Gnaphalium viscosum</i>	-	-
<i>Croton guatemalensis</i>	+	0.77
<i>Syzygium jambos</i>	+	0.77
<i>Moringa oleifera</i>	-	-
<i>Ternstroemia lineata</i>	+	0.88
<i>Dysphania ambrosioides</i>	-	-
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	-	-
<i>Turnera diffusa</i>	-	-
<i>Tagetes lucida</i>	-	-
<i>Matricaria chamomilla</i>	-	-
<i>Passiflora platyloba</i>	-	-

Tabla N° 7. (Continuación)

<i>Acourtia nudicaulis</i>	-	-
<i>Lantana camara</i>	-	-
<i>Peumus boldus</i>	-	-

Las especies que resultaron positivas en esta prueba fueron *Croton guatemalensis*, *Syzygium jambos* y *Ternstroemia lineata*. Al llevar a cabo una revisión bibliográfica en artículos científicos de las géneros y especies, tal es el caso, del estudio realizado por Salatino y col⁽⁹¹⁾ donde detectaron agrupamientos lactónicos en el *Croton guatemalensis*.

Se pudo constatar que la prueba positiva se debe a agrupamientos lactónicos, que se encuentran formando parte de metabolitos secundarios y no glicósidos cardiotónicos. Además estas especies se utilizan frecuentemente en El Salvador para tratar enfermedades de uso crónico, como por ejemplo la diabetes

5.3 Identificación de Flavonoides. ⁽¹³⁾

5.3.1 Prueba de Shinoda.

La evidencia positiva para esta prueba es una coloración rojiza en la muestra luego de la adición al extracto vegetal de magnesio metálico y HCl concentrado, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla N°8.

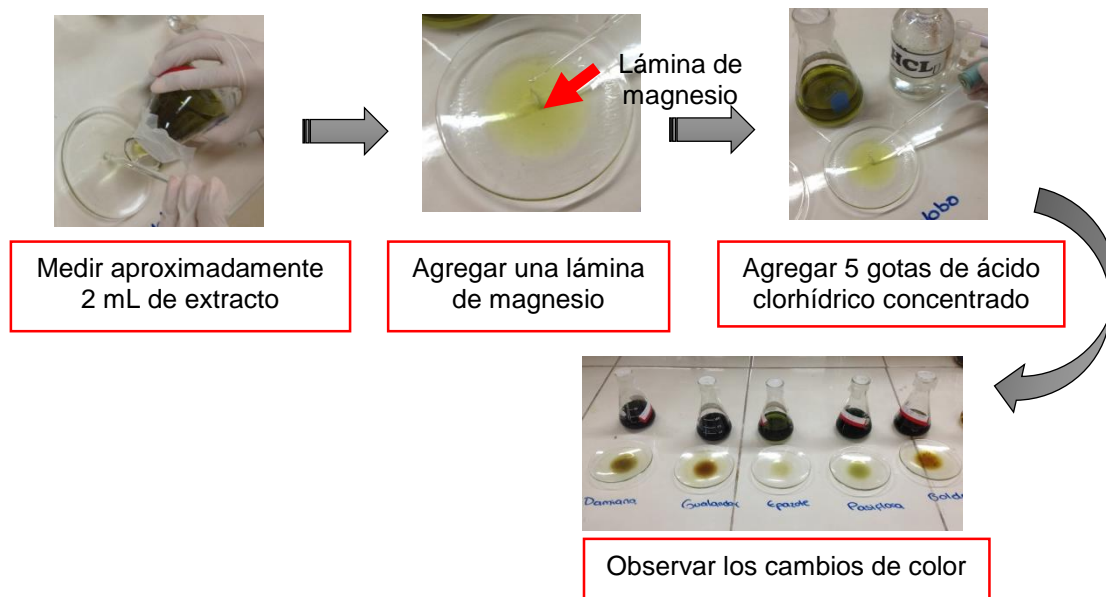


Figura N° 18. Identificación de flavonoides por la prueba de shinoda.

Tabla N°8: Resultados obtenidos para la determinación de flavonoides

Planta medicinal	Resultados de la prueba
<i>Gnaphalium viscosum</i>	+
<i>Croton guatemalensis</i>	+
<i>Syzygium jambos</i>	-
<i>Moringa oleifera</i>	+
<i>Ternstroemia lineata</i>	+
<i>Dysphania ambrosioides</i>	-
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	-
<i>Turnera diffusa</i>	+
<i>Tagetes lucida</i>	+
<i>Matricaria chamomilla</i>	+
<i>Passiflora platyloba</i>	-
<i>Acourtia nudicaulis</i>	+
<i>Lantana camara</i>	+
<i>Peumus boldus</i>	+

En las especies vegetales que contienen flavonoides, al realizar la prueba de Shinoda se observa el apareamiento de un color rojizo que se forma cuando el magnesio metálico interacciona con el HCl, liberando hidrogeno, el hidrógeno generado produce por reducción el ion flavilio dando así la coloración rojiza, todos los flavonoides dan positiva esta prueba, a excepción de las chalconas, auronas e isoflavonas. ⁽⁵⁹⁾⁽⁷⁷⁾

Las especies *Dysphania ambrosioides* y *Passiflora platyloba* no mostraron cambio de coloración al realizar la prueba de Shinoda, por lo que sus extractos no contienen glicósidos flavonoides.

5.4 Identificación de glicósidos antraquinónicos.⁽⁹⁾

Se calcularon los R_f de las manchas que resultaron positivas los cuales se observan en la Tabla N°9.

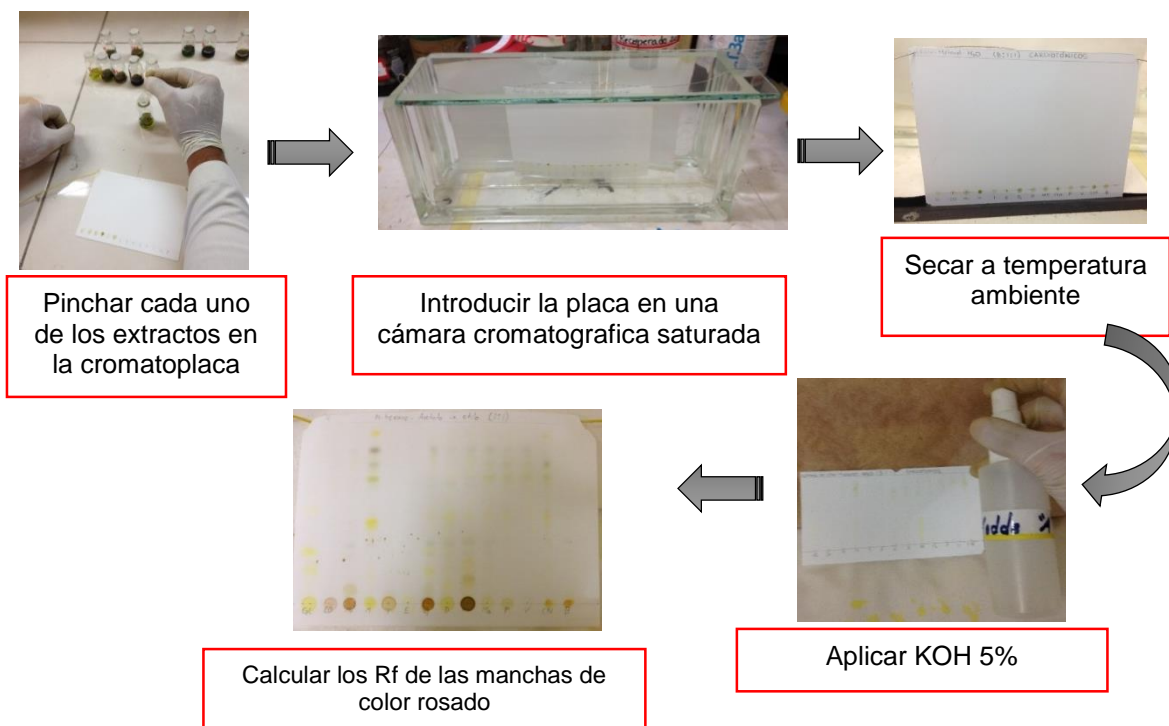


Figura N° 19. Identificación de glicósidos antraquinónicos por cromatografía de capa fina.

Tabla N°9. Resultados obtenidos de la identificación de glicósidos antraquinónicos.

Planta medicinal	Resultados de la prueba	R_f
<i>Gnaphalium viscosum</i>	-	-
<i>Croton guatemalensis</i>	-	-
<i>Syzygium jambos</i>	+	0.66
		0.79
<i>Moringa oleifera</i>	-	-
<i>Ternstroemia lineata</i>	-	-
<i>Dysphania ambrosioides</i>	-	-
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	+	0.71
<i>Turnera diffusa</i>	-	-
<i>Tagetes lucida</i>	-	-
<i>Matricaria chamomilla</i>	-	-
<i>Passiflora platyloba</i>	-	-
<i>Acourtia nudicaulis</i>	-	-
<i>Lantana camara</i>	-	-
<i>Peumus boldus</i>	+	0.34

Las especies que resultaron positivas para la identificación de glicósidos antraquinónicos fueron *Syzygium jambos*, *Jacaranda mimosifolia* y *Peumus boldus*.

La prueba es positiva cuando se observan manchas de color rosado, que son características para identificar el anillo cromona presente en la estructura, debido al estado de resonancia de los grupos hidroxilos fenólicos, que reaccionan con la base fuerte, formando las correspondientes sales de potasio. ⁽⁵⁹⁾(77)

5.5 Identificación de taninos. ⁽¹³⁾

Para la realización de esta prueba se utilizaron 4 reactivos de precipitación (gelatina 5%, clorhidrato de quinina 5%, dicromato de potasio 5% y sub acetato de plomo 5%), y se utilizó un reactivo de coloración (tricloruro de hierro 1%) los resultados obtenidos se observan en la Tabla N° 10.

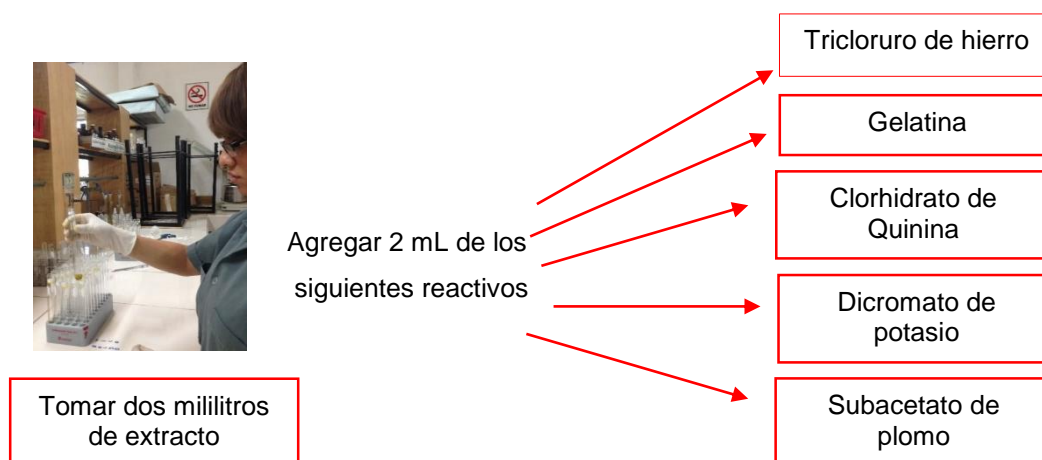


Figura N°20. Identificación de taninos, con pruebas químicas (gelatina, Clorhidrato de quinina, dicromato de potasio y subacetato de plomo) y de tricloruro de hierro.

Tabla N° 10. Resultados obtenidos de la identificación de taninos.

Planta medicinal	Gelatina	Quinina	$K_2Cr_2O_7$	Acetato de Plomo	$FeCl_3$	Tipo de tanino
<i>Gnaphalium viscosum</i>	+	+	+	+	+	Condensado
<i>Croton guatemalensis</i>	+	+	+	+	+	Condensado
<i>Syzygium jambos</i>	+	+	+	+	+	Hidrolizable
<i>Moringa oleifera</i>	+	+	+	+	+	Condensado
<i>Ternstroemia lineata</i>	+	+	+	+	+	Condensado
<i>Dysphania ambrosioides</i>	+	+	+	+	+	Condensado
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	+	+	+	+	+	Condensado

Tabla N° 10. (Continuación)

<i>Turnera diffusa</i>	+	+	+	+	+	Condensado
<i>Tagetes lucida</i>	+	+	+	+	+	Condensado
<i>Matricaria chamomilla</i>	+	+	+	+	+	Condensado
<i>Passiflora platyloba</i>	+	+	+	+	+	Condensado
<i>Acourtia nudicaulis</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Lantana camara</i>	+	+	+	+	+	Condensado
<i>Peumus boldus</i>	+	+	+	+	+	Condensado

En todas las especies vegetales en estudio, a excepción de *Acourtia nudicaulis*, se reporta la presencia de taninos.

Los taninos son estructuras polifenólicas de alto peso molecular, por lo que presentan propiedades semejantes a los fenoles, precipitando las proteínas, como lo es la gelatina, donando el hidrogeno del grupo fenólico para formar fuertes enlaces con el grupo carboxilo de la proteína, formando el complejo tanino-proteína. ⁽⁵⁹⁾ Los reactivos de subacetato de plomo y dicromato de potasio, precipitan la clorofila presente en la solución, por lo cual, no son específicas para taninos.

La prueba de tricloruro de hierro sirvió para identificar el tipo de tanino que estaba presente en la muestra, en la mayoría se observó una coloración verde que identifica un tanino de tipo condensado, y únicamente el extracto de *Syzygium jambos* dio una coloración azul, la cual es característica de taninos de tipo hidrolizable con una estructura química proveniente del ácido gálico.⁽⁵²⁾ La coloración formada en esta prueba se debe al ataque del ion cloruro al hidrogeno del grupo hidroxilo, provocando una ruptura del enlace y la unión del grupo fenóxido al hierro formando de esta manera la coloración azul o verde. ⁽⁵⁹⁾⁽⁷⁷⁾

5.6 Identificación de alcaloides. ⁽¹³⁾

Los resultados que verifican la presencia de alcaloides en los extractos se observan en la Tabla N° 11.

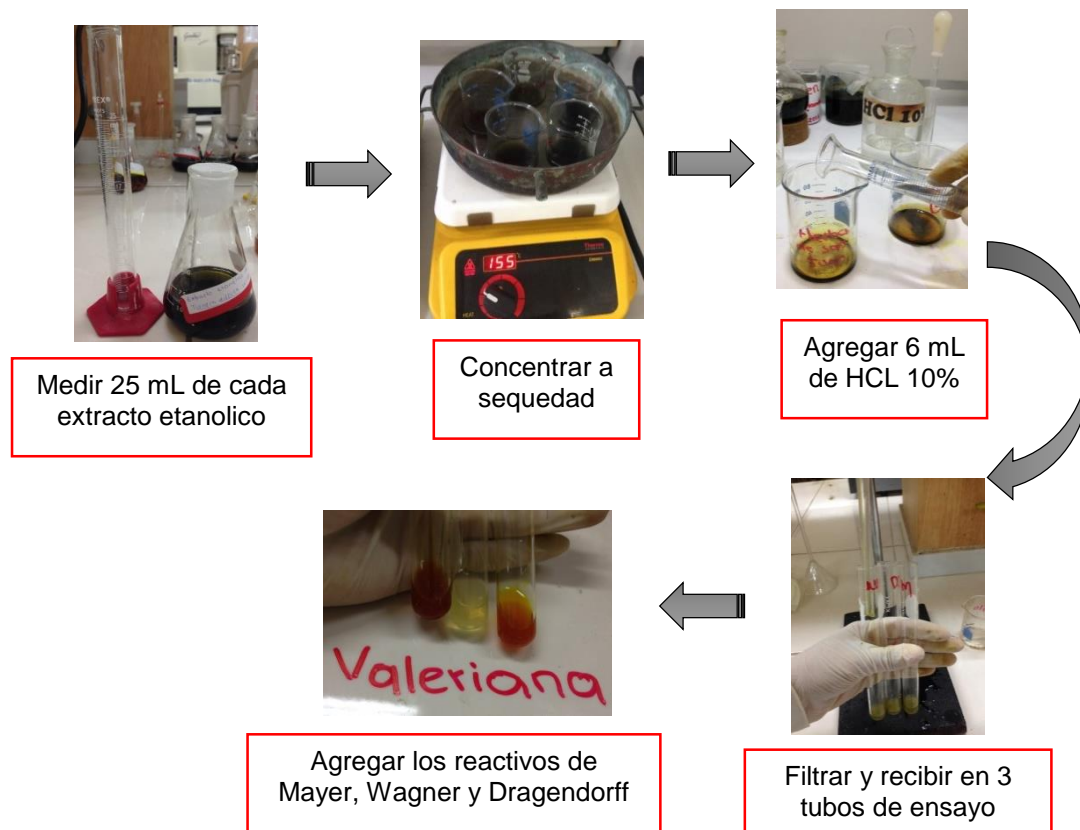


Figura N°21. Identificación de alcaloides, utilizando pruebas de precipitación (Wagner, Mayer y Dragendorff).

Tabla N° 11. Resultados obtenidos de la identificación de alcaloides.

Planta medicinal	Wagner	Mayer	Dragendorff
<i>Gnaphalium viscosum</i>	-	-	-
<i>Croton guatemalensis</i>	+	+	+
<i>Syzygium jambos</i>	-	-	-
<i>Moringa oleifera</i>	+	+	+
<i>Ternstroemia lineata</i>	-	-	-

Tabla N° 11. (Continuación)

<i>Dysphania ambrosioides</i>	+	+	+
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	-	-	-
<i>Turnera diffusa</i>	-	-	-
<i>Tagetes lucida</i>	+	+	+
<i>Matricaria chamomilla</i>	+	+	+
<i>Passiflora platyloba</i>	-	-	-
<i>Acourtia nudicaulis</i>	-	-	-
<i>Lantana camara</i>	-	-	-
<i>Peumus boldus</i>	+	+	+

La formación de precipitado en presencia de los reactivos de Mayer, Dragendorff y Wagner, se debe a la capacidad que tienen los alcaloides convertidos previamente a la forma de sales (generalmente en forma de clorhidratos) de combinarse con el yodo, cloro y metales pesados, formando complejos insolubles. ⁽⁷⁷⁾

Las especies vegetales que contienen alcaloides fueron *Croton guatemalensis*, *Moringa oleifera*, *Dysphania ambrosioides*, *Tagetes lucida*, *Matricaria chamomilla* y *Peumus boldus*.

5.7 Identificación de sesquiterpenlactonas.⁽¹³⁾

Detección de lactona insaturada.

Al revelar la placa con el reactivo de Baljet se observó el apareamiento de manchas de color naranja, estas son características para identificar sesquiterpenlactonas, los resultados y R_f de las manchas de las muestras vegetales en la prueba, se resumen en la Tabla N°12.

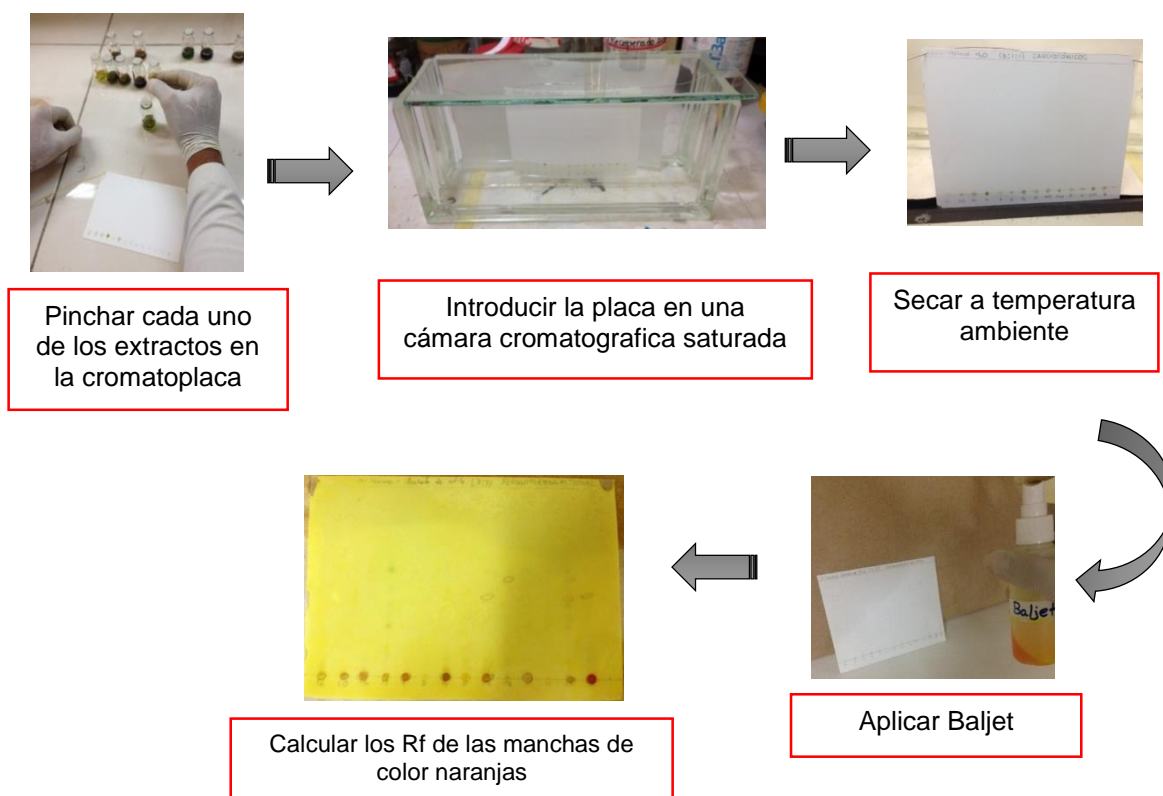


Figura N°22. Identificación sesquiterpenlactonas por cromatografía de capa fina.

Tabla N°12. Resultados de la identificación de sesquiterpenlactonas con sus respectivos R_f .

Planta medicinal	Resultados de la prueba	R_f
<i>Gnaphalium viscosum</i>	-	-
<i>Croton guatemalensis</i>	+	0.78
<i>Syzygium jambos</i>	+	0.78
<i>Moringa oleifera</i>	+	0.75
<i>Ternstroemia lineata</i>	+	0.77
<i>Dysphania ambrosioides</i>	-	-
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	+	0.77
<i>Turnera diffusa</i>	-	-

Tabla N° 12. (Continuación)

<i>Tagetes lucida</i>	+	0.46
		0.55
<i>Matricaria chamomilla</i>	-	-
<i>Passiflora platyloba</i>	-	-
<i>Acourtia nudicaulis</i>	-	-
<i>Lantana camara</i>	+	0.50
<i>Peumus boldus</i>	+	0.63

Las manchas de color naranja evidencian la presencia de lactonas α,β -insaturadas, ya que estas son reductores muy fuertes, son capaces de reducir al reactivo de Baljet y por lo tanto oxidarse, de esta forma reaccionar ocasionando un cambio de coloración.⁽¹³⁾

Las especies cuyos extractos resultaron positivas en la identificación de sesquiterpenlactonas fueron *Croton guatemalensis*, *Syzygium jambos*, *Moringa oleifera*, *Ternstroemia lineata*, *Jacaranda mimosifolia*, *Tagetes lucida*, *Lantana camara* y *Peumus boldus*.

5.8 Resumen de resultados del análisis fitoquímico preliminar.

Para la especie *Passiflora platyloba* es la primera vez que se le realiza un Tamizaje fitoquímico preliminar, al igual que la especie *Acourtia nudicaulis* que ha sido poco estudiada. El resumen de los resultados del análisis fitoquímico preliminar se observa en la Tabla N°13.

Tabla N° 13: Tamizaje fitoquímico preliminar de las especies del Mercado Central de San Salvador.

Planta medicinal	Glicósidos Saponínicos	Agrupamientos lactónicos	Flavonoides	Glicósidos antraquinonas	Taninos	Alcaloides	STLs*
<i>Gnaphalium viscosum</i>	+	-	+	-	+	-	-
<i>Croton guatemalensis</i>	-	+	+	-	+	+	+
<i>Syzygium jambos</i>	-	+	-	+	+	-	+
<i>Moringa oleifera</i>	-	-	+	-	+	+	+
<i>Ternstroemia lineata</i>	-	+	+	+	+	-	+
<i>Dysphania ambrosioides</i>	-	-	-	-	+	+	-
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	-	-	-	+	+	-	+
<i>Turnera diffusa</i>	-	-	+	-	+	-	-
<i>Tagetes lucida</i>	-	-	+	-	+	+	+
<i>Matricaria chamomilla</i>	-	-	+	-	+	+	-
<i>Passiflora platyloba</i>	-	-	-	-	+	-	-
<i>Acourtia nudicaulis</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Lantana camara</i>	-	-	+	-	+	-	+
<i>Peumus boldus</i>	-	-	+	+	+	+	+

*STLs: Sesquiterpenlactonas

5.9 Discusión de resultados de las especies vegetales analizadas desde el punto de vista fitoquímico.

- *Gnaphalium viscosum*

El *Gnaphalium viscosum* es una planta tradicionalmente utilizada para el tratamiento de enfermedades respiratorias, pertenece a la familia Asteraceae que es abundante en flavonoides, taninos, sesquiterpenlactonas y saponinas.⁽⁴³⁾

Se utilizaron las flores de esta especie, ya que, ese órgano es el que se comercializa en los mercados para las enfermedades respiratorias, el cual se consume en forma de infusión

En el extracto etanólico de las flores de *Gnaphalium viscosum* se comprobó la presencia de glicósidos saponínicos, flavonoides y taninos, de la misma forma como se muestra en el estudio realizado por Salomón y Bucay en 2009⁽⁹³⁾ donde reportan la presencia de saponinas y taninos en extractos etanólicos de las flores, de manera similar Gioanetto y col. en 2010 estudiaron los extractos hexánicos y de acetato de etilo de las flores, aislando diterpenos y flavonoides.

- *Croton guatemalensis*

Croton guatemalensis se ha convertido en una planta de uso común para el tratamiento de la diabetes, debido a la abundancia de flavonoides,⁽⁹⁴⁾ moléculas con alta capacidad antioxidante y que ayudan a disminuir los efectos fisiopatológicos de la diabetes, o bien, un efecto regulador de las consecuencias metabólicas de dicho padecimiento.⁽⁹⁴⁾

Esta especie vegetal perteneciente a la Familia de las Euphorbiaceas, es abundante en alcaloides, taninos y flavonoides.⁽⁸⁹⁾

Al realizar las pruebas fitoquímicas de identificación en las hojas y corteza de *Croton guatemalensis*, se detectó la presencia de flavonoides, taninos, alcaloides y agrupamientos lactónicos (Ver Tabla N°13). Salatino y col. publicaron en año 2007, el aislamiento de diterpenos que poseen agrupamientos lactónicos, especialmente en especies del genero *Croton*.⁽⁹¹⁾

En 2016, Rejón y col.⁽⁸³⁾ realizaron el estudio de los extractos acuosos de las hojas de *Croton guatemalensis*, detectando la presencia de flavonoides y saponinas. Arana y Ortiz⁽⁵⁾ en 2012, reportaron en las hojas y corteza de *Croton guatemalensis*, la presencia de alcaloides y taninos.

- *Syzygium jambos*

Las hojas de *Syzygium jambos* especie perteneciente a la Familia de las Mirtáceas, es muy utilizada para el tratamiento de la diabetes, esto es sustentado en la presencia de una gran cantidad de flavonoides⁽⁵⁸⁾ que según Maldonado y col.⁽⁵⁸⁾ ayudan a inhibir la producción de glucosa.

Del análisis fitoquímico de las hojas de *Syzygium jambos* se reporta la presencia de los siguientes metabolitos: agrupamientos lactónicos, antraquinonas, taninos hidrolizables y sesquiterpenlactonas, (Ver Tabla N°13). Rezende y col. en 2013⁽⁸⁴⁾ detectaron flavonoides de tipo hidroxí-chalcona, los cuales no dan positivo la prueba de shinoda, ya que tienen abierto el anillo gamma-pirona, y por tanto, no dan la coloración rojiza característica de la prueba.

En el año 2000 Yang y *col.*⁽⁴⁵⁾ identificaron en los extractos etanólicos de las hojas de *Syzygium jambos* la presencia de taninos hidrolizables.

El Instituto de Ecología y Sistemática⁽⁴⁵⁾ en 2007, llevaron a cabo el análisis fitoquímico en el extracto etanólico de las hojas *Syzygium jambos*, donde se observó la presencia agrupamientos lactónicos, y taninos; en el tallo de la misma especie, se identificaron grupos quinónicos.

- *Moringa oleifera*

En el país el consumo de “Moringa” ha ido en aumento, ya que es tradicionalmente utilizada para tratar una de las enfermedades crónicas e irreversibles del metabolismo, la diabetes.⁽⁴⁰⁾

Moringa oleifera pertenece a la familia Moringaceae, y es abundante en metabolitos secundarios como los flavonoides.⁽³¹⁾

En el análisis fitoquímico del extracto etanólico de las hojas de *Moringa oleifera*, se detectaron los siguientes metabolitos secundarios: flavonoides, taninos, alcaloides y sesquiterpelactonas. (Ver Tabla N°13)

Valdez y *col.* ⁽¹⁰⁴⁾ en 2015, encontraron en el extracto metanólico al 80% de hojas de *Moringa oleifera* la presencia de alcaloides, flavonoides y taninos, los cuales también se reportan en este estudio. No se encontraron artículos que confirmen la presencia de sesquiterpenlactonas en extracto etanólico de *Moringa oleifera*.

- *Ternstroemia lineata*

Las pruebas fitoquímicas preliminares ayudaron a determinar los metabolitos secundarios que se encuentran en el extracto etanólico de las flores de *Ternstroemia lineata*, resultando prueba positiva para: agrupamientos lactónicos, flavonoides, taninos condensados, sesquiterpenlactonas y antraquinonas. (Ver Tabla N°13)

En el año 2015, Corella y col. ⁽²²⁾ detectaron la presencia de taninos en las flores de *Ternstroemia*.

Sin embargo, según la revisión bibliográfica realizada en fuentes nacionales e internacionales, *Ternstroemia lineata* es una planta medicinal que no ha sido muy estudiada desde el punto de vista fitoquímico.

- *Dysphania ambrosioides*

Las enfermedades parasitarias, causadas por protozoos o artrópodos, son muy comunes en la población salvadoreña, es por ello la necesidad de identificar productos naturales que ayuden a eliminarlos, sin causar efectos secundarios, tradicionalmente se conoce que el epazote se ha utilizado por su actividad antihelmíntica.⁽³⁸⁾

La *Dysphania ambrosioides* antes conocida como *Chenopodium ambrosioides* pertenece a la familia Amaranthaceae y es abundante en saponinas, flavonoides, alcaloides y taninos⁽³⁷⁾

En el extracto etanólico del tallo y las hojas de la *Dysphania ambrosioides*, se identificaron taninos y alcaloides, (Ver Tabla N°13) en el estudio realizado por

Mancebo y col. en el 2014⁽⁵⁹⁾ en hojas de la especie de *Dysphania ambrosioides* se encontraron compuestos con grupos aminos, fenoles, taninos y alcaloides.

Los taninos tienen la característica de precipitar las proteínas,⁽³³⁾ dichos compuestos se caracterizan por tener propiedades astringentes, vasoconstrictoras y antiinflamatorias.⁽³³⁾ Se considera favorable la presencia de taninos condensados en el epazote ya que constituyen una de las posibles alternativas para el control de parásitos como parte del empleo de algunas plantas en fitoterapias antiparasitarias.⁽³³⁾

- *Jacaranda mimosifolia*

Jacaranda mimosifolia es una planta poco estudiada, que es recomendada frecuentemente por los “Suchileros” para el tratamiento de parásitos. Perteneció a la familia de las Bignoniaceae, caracterizada por la presencia de quinonas y flavonoides.⁽¹⁸⁾

Al realizar el tamizaje fitoquímico del extracto etanólico de las hojas de *Jacaranda mimosifolia* se detectaron los siguientes metabolitos secundarios: glicósidos antraquinónicos, taninos condensados y sesquiterpenlactonas, como se muestra en la Tabla N°13.

En el 2014 Lazare y col.⁽⁵²⁾ elucidaron flavonoides con el anillo gamma pirona abierto, del tipo chalcona, estructuras que no dan positiva al realizar la prueba de shinoda, es por ello que en este estudio se reportaron negativos los flavonoides.

En el año 2013 Lema⁽⁵³⁾ detectó la presencia de cumarinas en el extracto etanólico de las hojas de *Jacaranda mimosifolia* que poseen lactonas insaturadas en su

estructura, por lo que se puede justificar que resultara positivo al realizar la prueba de Baljet para identificar sesquiterpenlactonas.

- *Turnera diffusa*

La Damiana se ha utilizado por los salvadoreños para el tratamiento de la ansiedad, ya que actúa a nivel del sistema nervioso central, relajando a las personas por acción de los flavonoides.⁽⁴⁸⁾

Al realizar el tamizaje fitoquímico del extracto etanólico de las hojas de *Turnera diffusa*, se encontró la presencia de flavonoides y taninos. (Ver Tabla N°13).

En 2014 Soriano y *col.*⁽¹⁰²⁾ realizaron el análisis fitoquímico preliminar en las hojas de *Turnera diffusa* reportando la presencia de flavonoides y taninos. Al comparar los resultados obtenidos con los expuestos por Soriano se verifica la presencia de estos dos metabolitos en las hojas.

- *Tagetes lucida*

La *Tagetes lucida* “Hierba de san Juan” es una especie poco utilizada para el tratamiento de la depresión y la ansiedad, aunque es recomendada de forma popular por los “suchileros” para estos padecimientos. Además la *Tagetes lucida* pertenece a la familia Asteraceae la cual es abundante en sesquiterpenlactonas.⁽⁴³⁾

En el extracto etanólico de las hojas de *Tagetes lucida*, reporto los siguientes metabolitos: flavonoides, taninos, alcaloides y sesquiterpenlactonas. (Ver Tabla N°13)

Los taninos reportados en el estudio son de tipo condensado ya que al realizar la prueba con tricloruro de hierro al 1% la coloración fue verde.

En el año 2002, Aquino y col.⁽⁴⁾ reportaron la presencia de taninos en extractos metanólicos de las hojas de *Tagetes lucida*.

Los alcaloides se encontraron en una concentración notable, algunos de ellos se caracterizan por su toxicidad y su empleo en enfermedades como el cáncer. La presencia de alcaloides en una planta le ofrece un carácter distintivo al cultivo, que generalmente posee poca variación con relación al clima, las estaciones y la disponibilidad de agua.⁽⁵⁹⁾

En un estudio realizado por Pérez y col. en 2016,⁽⁷⁸⁾ detectaron la presencia de flavonoides en extracto etanólico de las hojas de *Tagetes lucida*.

En las hojas de *Tagetes lucida* existe abundancia de cumarinas,⁽¹⁵⁾ las cuales poseen una lactona insaturada en su estructura; por otro lado el reactivo de Baljet no es específico para sesquiterpenlactonas ya que identifica el agrupamiento lactónico y ya que las cumarinas tienen este grupo en su estructura, puede que en la prueba se trate de la presencia de cumarinas y no de sesquiterpenlactonas.

- *Matricaria chamomilla*

La manzanilla es una planta altamente utilizada por la población salvadoreña para tratar dolores de cabeza, estrés, entre otras dolencias, es una especie que pertenece a la familia Asteraceae, la cual es abundante en flavonoides, taninos, sesquiterpenlactonas y saponinas⁽⁴³⁾

Se realizó un tamizaje fitoquímico a la planta completa incluyendo la flor y se obtuvieron resultados positivos para flavonoides, alcaloides y taninos (Ver Tabla N°13).

Al comparar nuestros resultados con estudios previos, como el realizado por García y col. en 2009⁽³²⁾, los cuales detectaron la presencia de flavonoides y taninos en extracto etanólico de las flores de *Matricaria chamomilla*, lo que confirma la presencia de estos metabolitos secundarios en la planta.

En el año 2011, Bermejo y col.⁽¹²⁾ realizaron un extractos etanólicos de todos los órganos de *Matricaria chamomilla*, aislando una lactona sesquiterpénica denominada matricolona, en nuestro análisis no se detectaron sesquiterpenlactonas lo que puede deberse a un mal almacenamiento de la planta, ya que estos metabolitos se encuentran con mayor abundancia cuando la especie este en estado fresco.

- *Passiflora platyloba*

La *Passiflora platyloba* (Passifloraceae) es una planta recomendada por los "Suchileros" para tratar la depresión. Esta es una especie poco estudiada desde el punto de vista fitoquímico.

El género *Passiflora*, es abundante en flavonoides, alcaloides y taninos⁽⁴⁹⁾ lo cual se asocia al metabolito secundario encontrado en el análisis.

En el estudio fitoquímico realizado al extracto etanólico de las hojas de *Passiflora platyloba*, se reporta la presencia de taninos condensados Ver Tabla N°13

- *Acourtia nudicaulis*

Acourtia nudicaulis es una planta utilizada como sedante ya que inhibe la acción de la enzima GABA-transaminasa e interfiere en la captura y liberación del GABA en la sinapsis provocando así la acción sedante.⁽⁶⁰⁾

Acourtia nudicaulis pertenece a la familia Asteraceae, la cual es abundante en sesquiterpenlactonas, taninos, flavonoides y saponinas.⁽⁴³⁾ En el presente estudio no fueron identificadas las sesquiterpenlactonas, lo cual puede deberse al estado de la planta al momento de la recolección.

En el extracto etanólico de las hojas de *Acourtia nudicaulis* detecto la presencia de flavonoides. (Ver Tabla N°13), metabolitos frecuentes en esta familia.⁽⁴³⁾

- *Lantana camara*

Lantana camara es una planta que se encuentra a menudo de manera silvestre y posee propiedades farmacológicas, entre las que destacan, la actividad antiinflamatoria y actividad antidiabética.⁽⁴⁷⁾ La recomiendan en El Salvador los “suchileros” para tratar dolores externos.

En el análisis fitoquímico de las hojas de *Lantana camara* se identificó la presencia de flavonoides, taninos de tipo condensado y sesquiterpenlactonas. (Ver Tabla N°13)

En 2015 Hernández y col.⁽⁴²⁾ identificaron en extractos de hojas diferentes polaridades la presencia de sesquiterpenlactonas y flavonoides. Otro estudio realizado por Payo en 1996⁽⁷⁷⁾ identifica taninos en el extracto etanólico de las hojas de *Lantana camara*.

Estos estudios coinciden con los resultados presentados en nuestra investigación.

La presencia de sesquiterpenlactonas le confiere a esta especie vegetal la propiedad antiinflamatoria y analgésica,⁽⁷⁸⁾

- *Peumus boldus*

El *Peumus boldus* (Monimiaceae), se ha convertido en una planta muy recomendada por los “Suchileros” para mejorar la digestión. ⁽⁴⁴⁾

El análisis fitoquímico de las hojas de *Peumus boldus* reveló la presencia de flavonoides, antraquinonas, taninos, alcaloides y sesquiterpenlactonas. (Ver Tabla N°13)

Hughes en 1968⁽⁴⁴⁾ detectó la presencia de alcaloides en el extracto etanólico de las hojas de *Peumus boldus*; y en 2010 Simirgiotis y Schmeda⁽¹⁰¹⁾ reportaron en el extracto acuoso (infusión en agua) taninos y flavonoides en las hojas de *Peumus boldus*.

5.10 Resultados de pérdida por secado, cenizas y de la cuantificación de metales pesados, minerales y oligoelementos.

5.10.1 Resultados del análisis de pérdida por secado.

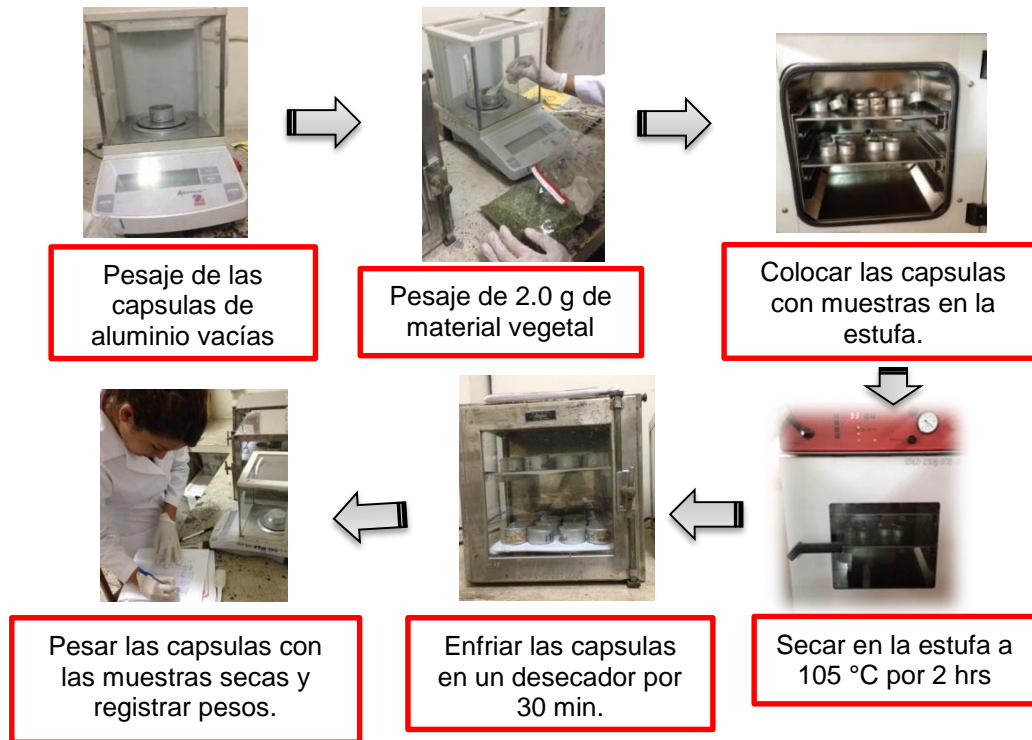


Figura. N°23. Determinación de pérdida por secado.

Los resultados fueron calculados utilizando el programa Microsoft Excel 2013.

- Calculo de pérdida por secado para la muestra de *Gnaphalium Viscosum*

Datos:

PC con mx fresca= (15.070+2.048)= 17.118

PC con mx seca= 16.918

Pmx seca= 2.048

$$\% \text{ Pérdida por secado} = \frac{\text{PC con mx fresca} - \text{PC con mx seca}}{\text{Pmx seca}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Perdida por secado} = \frac{17.118 - 16.918}{2.048} \times 100\%$$

$$\% \text{ Perdida por secado} = 9.765 \approx 9.77$$

Tabla N° 14. (Continuación) Resultados obtenidos del porcentaje de perdida por secado.

Planta medicinal	Peso de la muestra (g)	% De Perdida por secado	Promedio
<i>Gnaphalium viscosum</i>	2.048	9.77	9.54
	2.031	9.31	
<i>Croton guatemalensis</i>	2.083	9.60	9.70
	2.002	9.79	
<i>Syzygium jambos</i>	2.023	9.84	9.61
	2.044	9.39	
<i>Moringa oleifera</i>	2.040	9.75	9.64
	2.003	9.54	
<i>Ternstroemia lineata</i>	2.014	10.97	10.94
	2.007	10.91	
<i>Dysphania ambrosioides</i>	2.071	10.48	10.42
	2.028	10.36	
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	2.038	7.95	7.56
	2.021	7.17	
<i>Turnera diffusa</i>	2.013	12.52	12.39
	2.007	12.26	
<i>Tagetes lucida</i>	2.003	9.39	9.39
	2.011	9.40	
<i>Matricaria chamomilla</i>	2.007	11.66	11.55
	2.004	11.43	
<i>Passiflora platyloba</i>	2.006	10.22	10.12
	2.035	10.02	

<i>Acourtia nudicaulis</i>	2.019	11.05	11.28
	2.017	11.50	
<i>Lantana camara</i>	2.013	11.08	10.86
	2.003	10.63	
<i>Peumus boldus</i>	2.006	8.62	8.61
	2.003	8.59	

La pérdida por secado es un valor importante que se determina para conocer la cantidad de agua existente en una planta y así conocer la posibilidad de contaminación por bacterias que esta puede tener.

Según la Farmacopea Herbolaria de los Estados Unidos Mexicana,⁽²⁸⁾ el porcentaje de pérdida por secado para el género *Gnaphalium* no debe exceder del 6%, los resultados fueron de 9.54%, por lo que se excede del rango establecido por la Farmacopea, lo que puede causar contaminación bacteriana en la especie.

Tanto para la *Turnera diffusa*, *Passiflora platyloba* y *Peumus boldus* la Farmacopea Herbolaria de los Estados Unidos Mexicana, establece que no debe exceder de un 10% de humedad para estas tres especies, el valor detectado para *Turnera diffusa* fue de 12.39, para *Passiflora platyloba* fue de 10.12 y para *Peumus boldus* fue de 8.61, como se observa, tanto la *Turnera diffusa* como *Passiflora platyloba* sobrepasan el límite establecido.

Para las demás especies se tomó como parámetro el establecido por la Farmacopea Herbolario de los Estados Unidos Mexicana,⁽²⁸⁾ en la cual establece un límite del 8-15% para plantas medicinales, todas las especies estuvieron dentro de dicho rango.

Es importante destacar que cada planta debe tener su propio análisis de pérdida por secado, ya que es un valor que varía con respecto al clima y a las condiciones de cada especie

5.10.2 Resultados del análisis de cenizas.



Figura N°24. Cuantificación del porcentaje de cenizas en cada especie vegetal

Los resultados fueron calculados utilizando el programa Microsoft Excel 2013.

- Ejemplo de cálculo la humedad total para la muestra de *Croton guatemalensis*.

Datos:

PC con cenizas= 27.68

PC vacía= 27.359

Pmx= 2.014

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{PC con cenizas} - \text{PC vacía}}{\text{Pmx}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{27.68 - 27.350}{2.014} \times 100\%$$

% de Cenizas= 15.938≈15.94

Tabla N°15: Resultados obtenidos del análisis de cenizas

Planta	Código de identificación	Peso del crisol	Peso de la muestra	Peso final (caja más muestra)	% de cenizas
<i>Gnaphalium viscosum</i>	GL1	76.11	2.014	76.242	6.55
<i>Croton guatemalensis</i>	CO1	27.359	2.014	27.68	15.94
<i>Syzygium jambos</i>	Mr1	46.197	2.114	46.35	7.24
<i>Moringa oleífera</i>	M1	38.772	2.029	38.986	10.55
<i>Ternstroemia lineata</i>	T1	46.459	2.009	46.552	4.63
<i>Dysphania ambrosioides</i>	E1	28.581	2.038	28.965	18.84
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	G1	29.95	2.102	30.02	3.33
<i>Turnera diffusa</i>	D1	64.896	2.002	65.015	5.94
<i>Tagetes lucida</i>	HS1	29.046	2.025	29.201	7.65
<i>Matricaria chamomilla</i>	Ma1	76.111	2.015	76.327	10.72
<i>Passiflora platyloba</i>	P1	27.693	2.000	27.856	8.15
<i>Acourtia nudicaulis</i>	V1	69.294	2.009	69.525	11.50
<i>Lantana camara</i>	CN2	26.712	2.038	26.963	12.32
<i>Peumus boldus</i>	B2	60.779	2.013	60.994	10.68

El porcentaje de cenizas detectado en las plantas medicinales, revela la cantidad de minerales que esta puede contener.

La Famacopea Herbolaria Mexicana establece que para *Turnera difussa*, *Pasiflora platiloba* y *Peumus boldus*, el porcentaje de cenizas no debe sobrepasar del 13%, de las cuales ninguna sobrepaso el valor establecido⁽²⁸⁾

En el caso de *Croton guatemalensis* y *Dysphania ambrosioides*, fueron las especies que resultaron con mayor porcentaje de cenizas, con 15.94% y 18.84% respectivamente, porcentaje que puede deberse a contaminantes externos, tales como arena, piedra, etc o deberían realizarse estudios, por si dicho aumento es un valor normal en la especie

El valor de cenizas es un valor intrínseco de cada planta, el cual puede variar de acuerdo a la época, es por ello necesario establecer un parámetro de cenizas para cada especie vegetal.

Existen cenizas fisiológicas que son aquellas propias de la planta como metales pesados, minerales u oligoelementos y cenizas no fisiológicas, las cuales son madera, piedras o cualquier otra materia ajena a la planta. ⁽⁴⁹⁾

5.11 Planteamiento de cálculos para determinar la concentración (ppm) en las muestras de plantas medicinales. ⁽⁹⁹⁾

El cálculo de la cantidad en mg de plomo, arsénico, hierro, cobre, zinc, calcio y magnesio presentes en las alícuotas de las muestras, se realizará utilizando la siguiente fórmula:

a) Cantidad de muestra = (ppm leídos en curva) (factor de dilución).

$$\text{b) Concentración de muestras} = \frac{\text{Cantidad de la muestra}}{\text{Peso de la muestra}} \times \frac{1000\text{g}}{1 \text{ Kg}}$$

5.12 Principio estadístico y Normativas internacionales

Se realizó un diseño estadístico descriptivo, donde los datos obtenidos en ppm para cada una de las muestras vegetales, se comparó con las normativas internacionales ya que a nivel nacional no existen normativas para metales pesados, minerales y oligoelementos, para Plomo, se utilizó como patrón de comparación la Norma dada por la Organización Mundial de la Salud serie de informes Técnicos 647, donde se establece que el límite de Plomo en plantas medicinales no debe exceder los 10 mg/Kg.⁽⁷⁴⁾

Se utilizó como patrón de comparación para Arsénico, la normativa establecida por el Codex Alimentarius, que establece que no deben sobrepasar los 0.2 mg/Kg.⁽¹⁹⁾

Para los oligoelementos como zinc, hierro y cobre, serán comparados con las concentraciones especificadas en el libro de Kumar y Shivay de 2008, "Definitional Glossary of Agricultural Terms", dando valores permitidos en plantas medicinales para zinc deberá ser un valor de 10-250 ppm, para cobre 2-50 ppm y para hierro 20-600 ppm.⁽⁵¹⁾

Para Calcio y Magnesio, ya que no existe una normativa que regule los límites en plantas medicinales y debido a que se encuentran en forma regular en los alimentos, fueron comparados con valores reportados por otros estudios realizados en plantas medicinales, si los hay.

5.13 Resultados del análisis de Plomo, Arsénico, Calcio, Magnesio, Zinc, Cobre y Hierro

5.13.1 Cálculos de la concentración de Plomo

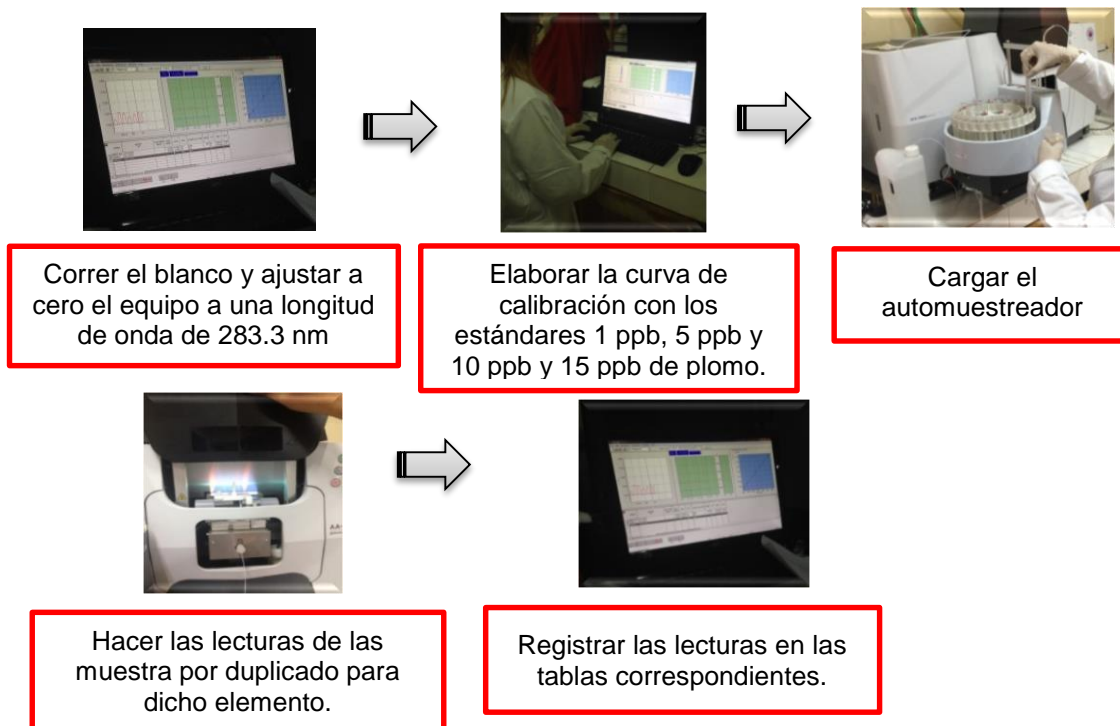
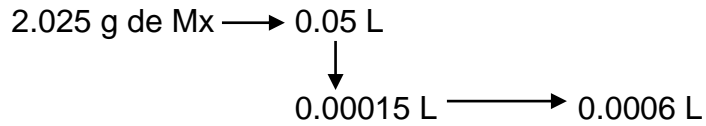


Figura N°25. Determinación de plomo por el método de EAA con Horno de grafito

Al calcular el factor de dilución se realizó esquema de dilución de la muestra, (las diluciones fueron realizadas por el equipo) con dicho factor este se multiplicó por la concentración directa que da el equipo en ppb de plomo, luego se dividió entre el peso de la muestra, el dato total de plomo resulto en unidades de ppb y para convertir las unidades de concentración de ppb a ppm se utilizó una regla de tres, a continuación, se presentan dichos cálculos:

- **Ejemplo:** esquema de dilución y cálculos para la muestra de *Tagetes lucida* (Ver **Tabla N° 16**). (Ver **Anexo N° 10**)

Cascada de dilución para la determinación de plomo (Pb).



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

$$FD = \frac{(0.05\text{L})(0.0006\text{L})}{(0.00015 \text{ L})}$$

$$FD = 0.2$$

Ejemplo

Muestra HS₁ (Lectura 1)

Cantidad de Pb en $\mu\text{g} = (C_{\text{mx}}) (FD)$

Cantidad de Pb en $\mu\text{g} = (3.2857 \mu\text{g/L}) (0.2 \text{ L})$

Cantidad de Pb en $\mu\text{g} = 0.6571 \mu\text{g}$

- Calculando el promedio de la concentración de Plomo en ppm en la lectura 1.

$$ppm_{\text{Pb}} = \frac{\mu\text{g de Pb}}{P_{\text{mx}}} \times \frac{1000\text{g}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{1 \text{ mg}}{1000 \mu\text{g}}$$

$$\text{ppm}_{\text{Pb}} = \frac{0.6571 \mu\text{g}}{2.025 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{1 \text{ mg}}{1000 \mu\text{g}}$$

$$\text{Ppm}_{\text{Pb}} = 0.326$$

5.13.1.1 Resultados del análisis de plomo

En la Tabla N°16 se presentan los resultados obtenidos de las 14 especies que al ser comparadas con el límite establecido por la OMS, no sobrepasan.

Tabla N° 16. Resultados de las concentraciones de plomo (Pb) para cada muestra vegetal.

Planta medicinal	Muestra	Concentración de Pb en ppm (mg/L)	Peso de muestra (g)	Factor de dilución utilizado (L)	Concentración final encontrada en muestra ppm (mg/kg)	Promedio de la concentración final (mg/kg)	Límite de plomo según la OMS ⁽⁷⁴⁾
<i>Gnaphalium viscosum</i>	GL1	ND	2.014	0.2	ND	ND	10 ppm
		ND			ND		
		ND			ND		
<i>Croton guatemalensis</i>	CO1	0.3043	2.014	0.2	0.030	0.028	
		0.2608			0.026		
		0.2898			0.029		
<i>Syzygium jambos</i>	Mr1	ND	2.114	0.2	ND	ND	
		ND			ND		
		ND			ND		
<i>Moringa oleifera</i>	M1	ND	2.029	0.2	ND	ND	
		ND			ND		
		ND			ND		
<i>Ternstroemia lineata</i>	T1	ND	2.009	0.2	ND	ND	
		ND			ND		
		ND			ND		
<i>Dysphania ambrosioides</i>	E1	ND	2.038	0.2	ND	ND	
		ND			ND		
		ND			ND		

Tabla N° 16. (Continuación)

<i>Jacaranda mimosifolia</i>	G1	ND	2.102	0.2	ND	ND	10 ppm
		ND			ND		
		ND			ND		
<i>Turnera diffusa</i>	D1	ND	2.002	0.2	ND	ND	
		ND			ND		
		ND			ND		
<i>Tagetes lucida</i>	HS1	3.2857	2.025	0.2	0.325	0.326	
		3.3328			0.329		
		3.2965			0.326		
<i>Matricaria chamomilla</i>	Ma1	ND	2.015	0.2	ND	ND	
		ND			ND		
		ND			ND		
<i>Passiflora platyloba</i>	P1	ND	2	0.2	ND	ND	
		ND			ND		
		ND			ND		
<i>Acourtia nudicaulis</i>	V1	1.5196	2.009	0.2	0.151	0.141	
		1.3177			0.131		
		1.4256			0.142		
<i>Lantana camara</i>	CN1	ND	2.038	0.2	ND	ND	
		ND			ND		
		ND			ND		
<i>Peumus boldus</i>	B1	ND	2.013	0.2	ND	ND	
		ND			ND		
		ND			ND		

Los resultados obtenidos de las 14 especies no sobrepasan el límite de la OMS. No obstante las especies de *Croton guatemalensis*, *Tagetes lucida*, *Acourtia nudicaulis*, muestran pequeñas cantidades de plomo las cuales cumplen con la normativa establecida. ⁽⁷⁴⁾

5.13.2 Cálculos de la concentración de arsénico

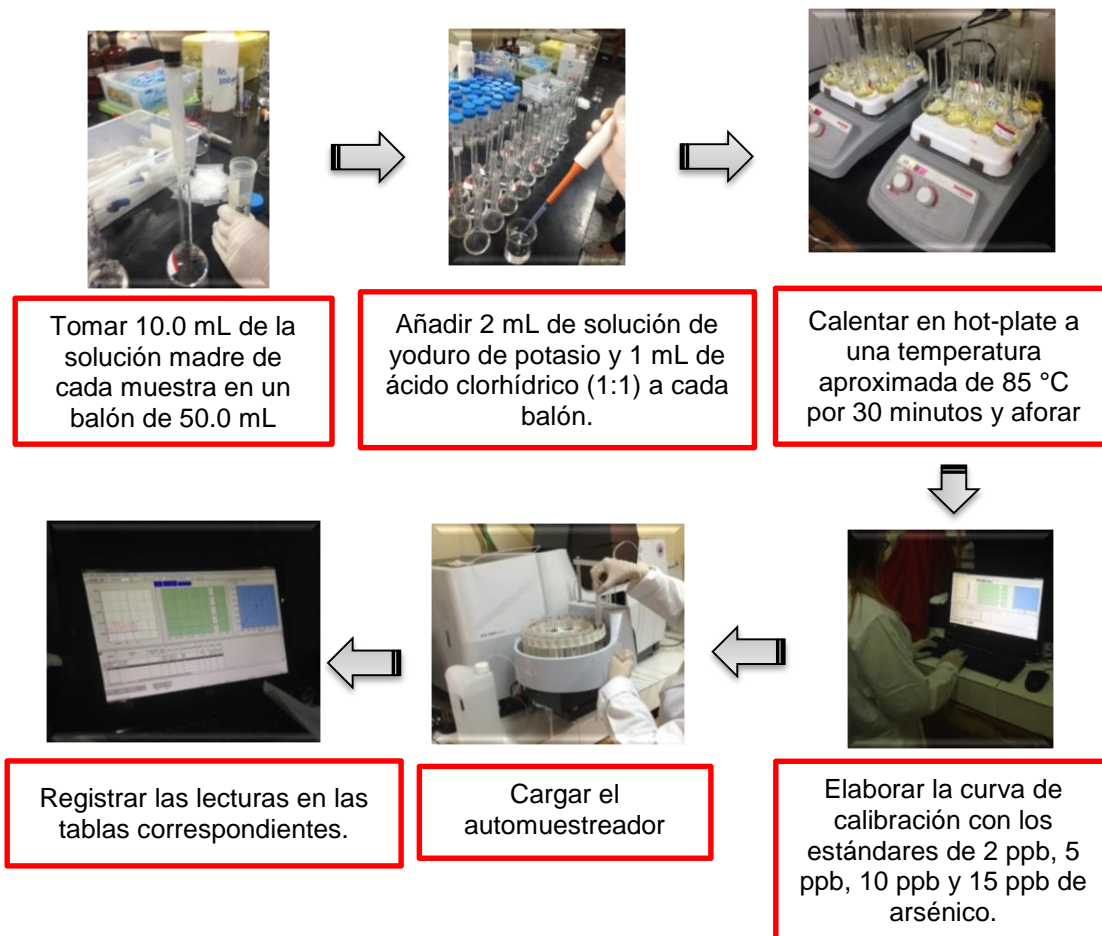


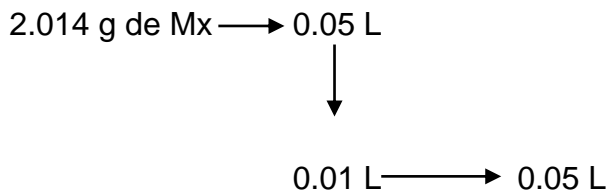
Figura N°26. Determinación de arsénico por el método de EAA con Generador de Hidruros.

Al calcular el factor de dilución se realizó esquema de dilución de la muestra, con dicho factor este se multiplicó por la concentración directa que da el equipo en ppb de arsénico, luego se dividió entre el peso de la muestra, el dato total de arsénico resulto en unidades de ppb y para convertir las unidades de

concentración de ppb a ppm se utilizó una regla de tres, a continuación, se presentan dichos cálculos:

- **Ejemplo:** esquema de dilución y cálculos para la muestra de *Croton guatemalensis* (Ver **Tabla N° 17**) (Ver **Anexo N°10**)

Cascada de dilución para la determinación de arsénico (As).



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

$$FD = \frac{(0.05\text{L})(0.05\text{L})}{(0.01 \text{ L})}$$

$$FD = 0.25 \text{ L}$$

Ejemplo

Muestra CO₁ (Lectura 1)

Cantidad de As en $\mu\text{g} = (C_{\text{mx}}) (FD)$

Cantidad de As en $\mu\text{g} = (0.4571 \mu\text{g/L}) (0.2 \text{ L})$

Cantidad de As en $\mu\text{g} = 0.1143 \mu\text{g}$

- Calculando el promedio de la concentración de arsénico en ppm en la lectura 1.

$$P_{\text{pmAs}} = \frac{\mu\text{g de As}}{P_{\text{mx}}} \times \frac{1000\text{g}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{1 \text{ mg}}{1000 \mu\text{g}}$$

$$P_{\text{pmAs}} = \frac{0.1143\mu\text{g}}{2.014 \text{ g}} \times \frac{1000\text{g}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{1 \text{ mg}}{1000 \mu\text{g}}$$

$$P_{\text{pmAs}} = 0.060$$

5.13.2.1 Resultados del análisis de arsénico

En la Tabla N°17 se presentan los resultados obtenidos de las 14 especies, que al ser comparados con el límite establecido por el codex alimentario, no sobrepasan, no así la *Moringa oleífera*

Tabla N° 17. Resultados de las concentraciones de arsénico (As) para cada muestra vegetal.

Planta medicinal	Muestra	Concentración de As en ppm (mg/L)	Peso de muestra (g)	Factor de dilución utilizado (L)	Concentración final encontrada en muestra ppm (mg/kg)	Promedio de la concentración final (mg/kg)	Límite establecido según el Codex Alimentarius ⁽¹⁹⁾
<i>Gnaphalium viscosum</i>	GL1	0.4233	2.014	0.25	0.05	0.050	0.20 ppm
		0.4205			0.05		
		0.4222			0.05		
<i>Croton guatemalensis</i>	CO1	0.4571	2.014	0.25	0.06	0.060	
		0.5023			0.06		
		0.4785			0.06		
<i>Syzygium jambos</i>	Mr1	0.2287	2.114	0.25	0.03	0.030	
		0.2203			0.03		
		0.2256			0.03		
<i>Moringa oleifera</i>	M1	1.6245	2.029	0.25	0.20	0.200	
		1.6189			0.20		
		1.6206			0.20		
<i>Ternstroemia lineata</i>	T1	ND	2.009	0.25	ND	ND	
		ND			ND		
		ND			ND		
<i>Dysphania ambrosioides</i>	E1	0.9534	2.038	0.25	0.12	0.123	
		1.0662			0.13		
		0.9678			0.12		
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	G1	0.7899	2.102	0.25	0.09	0.093	
		0.8773			0.10		
		0.7965			0.09		

Tabla N° 17. (Continuación)

<i>Turnera diffusa</i>	D1	0.7814	2.002	0.25	0.10	0.110	0.20 ppm
		0.9252			0.12		
		0.8754			0.11		
<i>Tagetes lucida</i>	HS1	ND	2.025	0.25	ND	ND	
		ND			ND		
		ND			ND		
<i>Matricaria chamomilla</i>	Ma1	0.3274	2.015	0.25	0.04	0.040	
		0.3105			0.04		
		0.3195			0.04		
<i>Passiflora platyloba</i>	P1	ND	2	0.25	ND	ND	
		ND			ND		
		ND			ND		
<i>Acourtia nudicaulis</i>	V1	1.2382	2.009	0.25	0.15	0.156	
		1.3087			0.16		
		1.2576			0.16		
<i>Lantana camara</i>	CN1	0.7222	2.038	0.25	0.09	0.093	
		0.7955			0.10		
		0.7567			0.09		
<i>Peumus boldus</i>	B1	0.6489	2.013	0.25	0.08	0.080	
		0.6658			0.08		
		0.6578			0.08		

*ND: No Detectable

Al realizar el análisis de arsénico en las plantas medicinales, se observa que *Moringa oleifera* es la que tiene un mayor porcentaje de este metal tóxico, el cual se encuentra en el límite. Este resultado puede deberse a la capacidad que tiene *Moringa oleifera* de actuar como biorremediador.⁽⁶⁴⁾

La especie *Acourtia nudicaulis* presenta un porcentaje alto, el cual, no sobrepasa el límite. A excepción de estas dos especies, las muestras de plantas medicinales analizadas se encuentran en niveles bajos con respecto a la concentración de arsénico permitido por el Codex Alimentarius.⁽¹⁹⁾

5.13.3 Cálculos de la concentración de Calcio

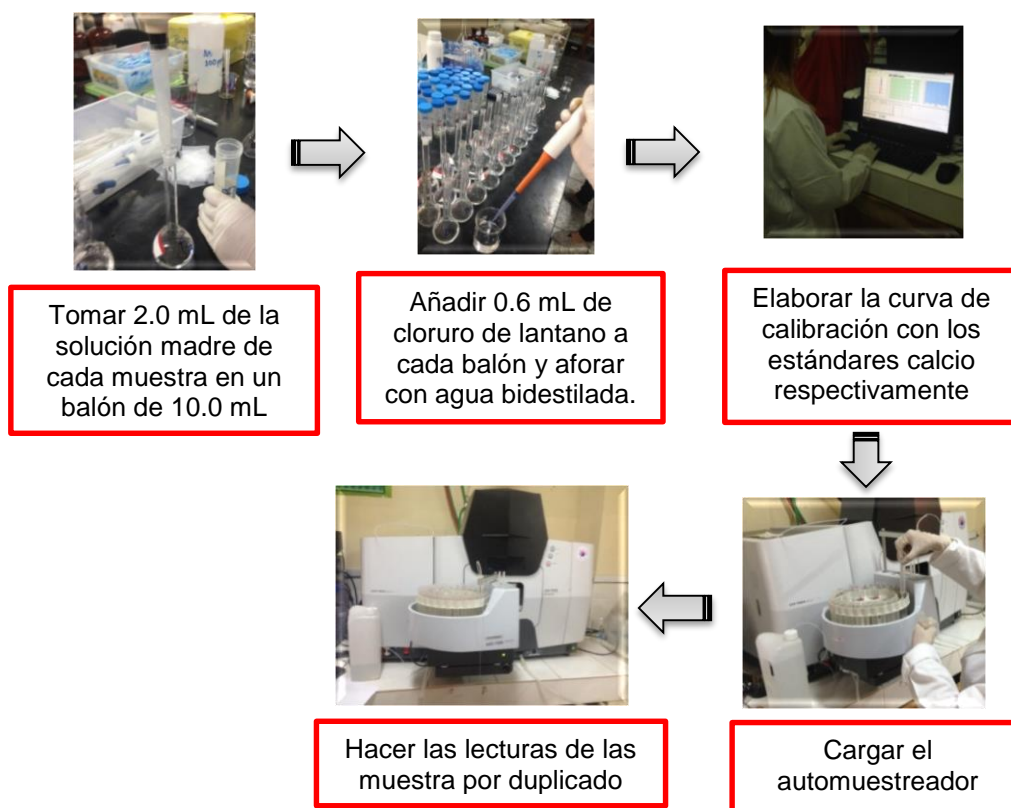
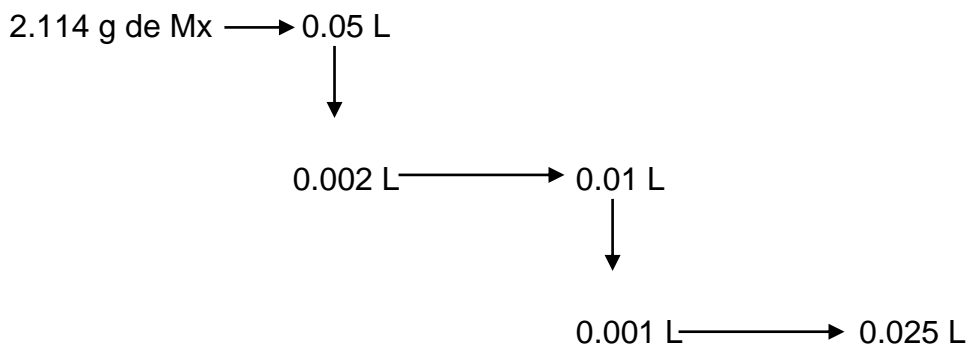


Figura N°27. Determinación de calcio por el método de EAA.

Al calcular el factor de dilución se realizó esquema de dilución de la muestra, con dicho factor este se multiplico por la concentración directa que da el equipo en ppm de calcio, luego se dividió entre el peso de la muestra, obteniendo mg/g y se utilizó una regla de tres para convertirlos a ppm, a continuación, se presentan dichos cálculos:

-Ejemplo: esquema de dilución y cálculos para la muestra de *Syzygium jambos*. (Ver **Tabla N° 18**) (Ver **Anexo N° 10**)

Cascada de dilución para la determinación de calcio (Ca).



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

$$FD = \frac{(0.05L)(0.01L)(0.025 L)}{(0.002 L)(0.001)}$$

$$FD = 6.25 L$$

Ejemplo

Muestra MR₁ (Lectura 1)

Cantidad de Ca en mg= (C_{mx}) (FD)

Cantidad de Ca en mg= (3.8140 mg/L) (6.25 L)

Cantidad de Ca en mg=23.8375 mg

- Calculando el promedio de la concentración de calcio en ppm en la lectura 1.

$$P_{\text{ppmCa}} = \frac{\text{mg de Ca}}{P_{\text{mx}}} \times \frac{1000\text{g}}{1 \text{ Kg}}$$

$$P_{\text{ppmCa}} = \frac{23.8375 \text{ mg}}{2.114 \text{ g}} \times \frac{1000\text{g}}{1 \text{ Kg}}$$

$$P_{\text{ppmCa}} = 11276.02$$

5.13.3.1 Resultados del análisis de calcio

La codificación de las muestras, el peso de muestra y los resultados de las lecturas directas se detallan en la Tabla N°18.

Tabla N° 18: Resultados de las concentraciones de calcio (Ca) para cada muestra vegetal

Planta medicinal	Muestra	Concentración de Ca en ppm (mg/L)	Peso de muestra (g)	Factor de dilución utilizado (L)	Concentración final encontrada en muestra ppm (mg/kg)	Promedio de la concentración final (mg/kg)
<i>Gnaphalium viscosum</i>	GL1	2.7373	2.014	6.25	8494.60	8474.843
		2.7222			8447.74	
		2.7333			8482.19	
<i>Croton guatemalensis</i>	CO1	3.9747	2.014	31.25	61672.98	61997.270
		4.0167			62324.66	
		3.9954			61994.17	
<i>Syzygium jambos</i>	Mr1	3.814	2.114	6.25	11276.02	11316.226
		3.8442			11365.30	
		3.8246			11307.36	
<i>Moringa oleifera</i>	M1	2.3964	2.029	31.25	36908.58	36743.266
		2.373			36548.18	
		2.3876			36773.04	
<i>Ternstroemia lineata</i>	T1	2.0278	2.009	6.25	6308.49	6405.966
		2.0832			6480.84	
		2.0664			6428.57	
<i>Dysphania ambrosioides</i>	E1	2.3448	2.038	31.25	35954.37	36230.883
		2.3851			36572.31	
		2.3586			36165.97	
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	G1	3.8744	2.102	6.25	11519.98	11699.273
		3.8943			11579.15	
		4.0354			11998.69	

Tabla N° 18: (Continuación)

<i>Turnera diffusa</i>	D1	4.8354	2.002	6.25	15095.53	15324.153
		4.9662			15503.87	
		4.9243			15373.06	
<i>Tagetes lucida</i>	HS1	6.6468	2.025	6.25	20514.81	20854.523
		6.8782			21229.01	
		6.7456			20819.75	
<i>Matricaria chamomilla</i>	Ma1	3.4266	2.015	6.25	10628.41	10867.660
		3.5624			11049.63	
		3.5222			10924.94	
<i>Passiflora platyloba</i>	P1	1.8174	2	31.25	28487.75	28608.940
		1.8454			28834.38	
		1.8243			28504.69	
<i>Acourtia nudicaulis</i>	V1	3.5675	2.009	6.25	11098.49	11275.820
		3.6731			11427.02	
		3.6329			11301.95	
<i>Lantana camara</i>	CN1	2.1629	2.038	31.25	33165.17	33788.230
		2.2423			34382.67	
		2.2054			33816.85	
<i>Peumus boldus</i>	B1	5.5801	2.013	6.25	17325.20	17655.966
		5.8266			18090.54	
		5.6532			17552.16	

Ya que no existe norma sobre el contenido de minerales en plantas medicinales, contra la cual comparar los resultados obtenidos, solo se hace mención del valor más alto encontrado, que para este mineral fue la especie *Croton guatemalensis* con un resultado de 61997.270 ppm de calcio, mientras que el valor más bajo lo presentó *Ternstroemia lineata* con un resultado de 6405.966 ppm.

5.13.4 Cálculos de la concentración de magnesio

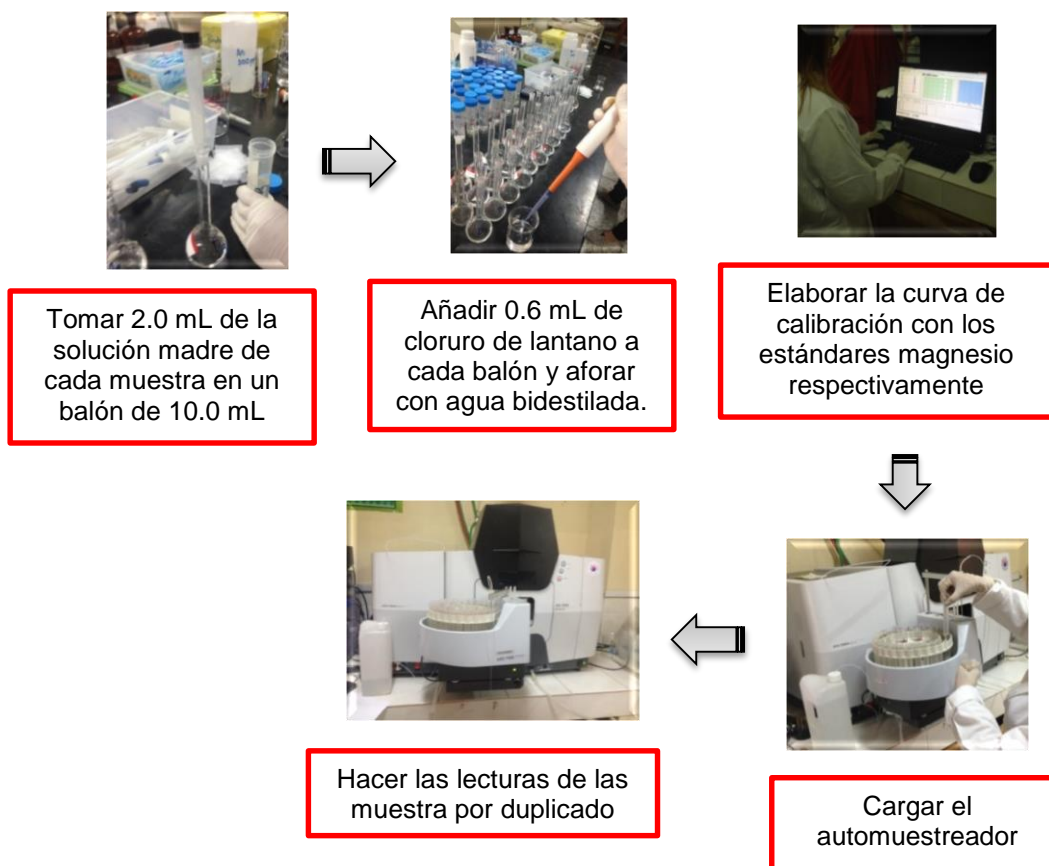


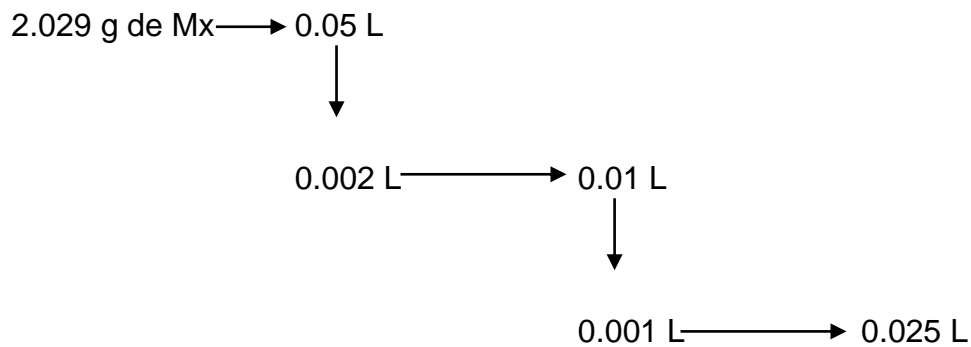
Figura N°28. Determinación de magnesio por el método de EAA.

Al calcular el factor de dilución se realizó esquema de dilución de la muestra, con dicho factor este se multiplica por la concentración directa que da el equipo en ppm de magnesio, luego se dividió entre el peso de la muestra, obteniendo mg/g

y se utilizó una regla de tres para convertirlos a ppm, a continuación, se presentan dichos cálculos:

- **Ejemplo:** esquema de dilución y cálculos para la muestra de *Moringa oleifera*. (Ver **Tabla N° 19**) (Ver **Anexo N°10**)

Cascada de dilución para la determinación de magnesio (Mg).



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

$$FD = \frac{(0.05L)(0.01L)(0.025 L)}{(0.002 L)(0.001)}$$

$$FD = 6.25 L$$

Ejemplo

Muestra M₁ (Lectura 1)

Cantidad de Mg en mg = (C_{mx}) (FD)

Cantidad de Mg en mg = (1.2661 mg/L) (6.25 L)

Cantidad de Mg en mg = 7.9131 mg

- Calculando el promedio de la concentración de magnesio en ppm en la lectura 1.

$$P_{\text{ppmMg}} = \frac{\text{mg de Mg}}{P_{\text{mx}}} \times \frac{1000\text{g}}{1 \text{ Kg}}$$

$$P_{\text{ppmMg}} = \frac{7.9131 \text{ mg}}{2.029 \text{ g}} \times \frac{1000\text{g}}{1 \text{ Kg}}$$

$$P_{\text{ppmMg}} = 3900.01$$

5.13.4.1 Resultados del análisis de magnesio

La codificación de las muestras, el peso de muestra y los resultados de las lecturas directas se detallan en la Tabla N° 19

Tabla N° 19. Resultados de las concentraciones de magnesio (Mg) para cada muestra vegetal.

Planta medicinal	Muestra	Concentración de Mg en ppm (mg/L)	Peso de muestra (g)	Factor de dilución utilizado (L)	Concentración final encontrada en muestra ppm (mg/kg)	Promedio de la concentración final (mg/kg)
<i>Gnaphalium viscosum</i>	GL1	0.6841	2.014	6.25	2122.95	2146.123
		0.7042			2185.33	
		0.6864			2130.09	
<i>Croton guatemalensis</i>	CO1	0.9435	2.014	6.25	2927.94	2973.383
		0.9369			2907.46	
		0.99403			3084.75	
<i>Syzygium jambos</i>	Mr1	0.9587	2.114	6.25	2834.38	2904.350
		1.0102			2986.64	
		0.9782			2892.03	
<i>Moringa oleifera</i>	M1	1.2661	2.029	6.25	3900.01	3940.260
		1.2971			3995.50	
		1.2743			3925.27	
<i>Ternstroemia lineata</i>	T1	1.1082	2.009	6.25	3447.61	3501.640
		1.145			3562.10	
		1.1235			3495.21	
<i>Dysphania ambrosioides</i>	E1	0.5126	2.038	31.25	7860.03	8037.903
		0.5354			8209.64	
		0.5246			8044.04	
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	G1	1.3566	2.102	6.25	4033.66	4075.980
		1.3905			4134.46	
		1.3654			4059.82	

Tabla N° 19. (Continuación)

<i>Turnera diffusa</i>	D1	0.3375	2.002	31.25	5268.17	5397.210
		0.3553			5546.02	
		0.3445			5377.44	
<i>Tagetes lucida</i>	HS1	0.8167	2.025	6.25	2520.68	2569.650
		0.8532			2633.33	
		0.8278			2554.94	
<i>Matricaria chamomilla</i>	Ma1	0.6316	2.015	6.25	1959.06	2014.167
		0.6668			2068.24	
		0.6497			2015.20	
<i>Passiflora platyloba</i>	P1	0.4719	2.000	5	1179.75	1216.083
		0.4920			1230.00	
		0.4954			1238.50	
<i>Acourtia nudicaulis</i>	V1	1.338	2.009	6.25	4162.52	4205.657
		1.3711			4265.49	
		1.3465			4188.96	
<i>Lantana camara</i>	CN1	0.3589	2.038	31.25	5503.25	5626.940
		0.3777			5791.52	
		0.3643			5586.05	
<i>Peumus boldus</i>	B1	0.6036	2.013	6.25	1874.07	1908.017
		0.6266			1945.48	
		0.6134			1904.50	

Los resultados del análisis muestran que la especie vegetal que contiene mayor cantidad de magnesio fue *Dysphania ambrosioides*, seguida de *Lantana camara*, por el contrario, el valor más bajo de magnesio se encontró en la especie de *Peumus boldus*.

Ya que el magnesio es un mineral que se encuentra en abundancia en las plantas no es de sorprender que se encuentre en elevadas concentraciones en las muestras analizadas.

5.13.5 Cálculos de la concentración de zinc

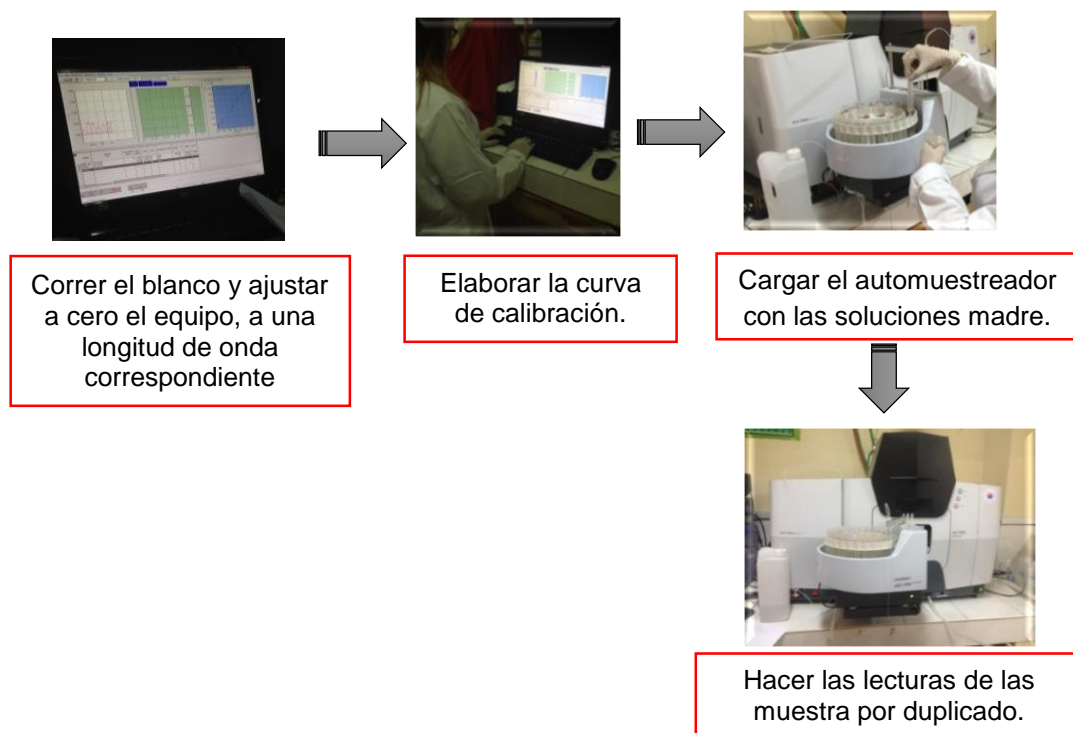


Figura N°29. Determinación de zinc por el método de EAA de llama

Al calcular el factor de dilución se realizó esquema de dilución de la muestra, con dicho factor este se multiplico por la concentración directa que da el equipo en ppm de zinc, luego se dividió entre el peso de la muestra, obteniendo mg/g y se

utilizó una regla de tres para convertirlos a ppm, a continuación, se presentan dichos cálculos:

- **Ejemplo:** esquema de dilución y cálculos para la muestra de *Ternstroemia lineata*. (Ver **Tabla N° 20**) (Ver **Anexo N° 10**).

Cascada de dilución para la determinación de zinc (Zn).

2.009 g de Mx \longrightarrow 0.05 L

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

$$FD = 0.05 \text{ L}$$

Ejemplo

Muestra T₁ (Lectura 1)

Cantidad de Zn en mg = (C_{mx}) (FD)

Cantidad de Zn en mg = (0.2251 mg/L) (0.05 L)

Cantidad de Zn en mg = 0.01125 mg

- Calculando el promedio de la concentración de zinc en ppm en lectura 1.

$$P_{\text{ppmZn}} = \frac{\text{mg de Zn}}{P_{\text{mx}}} \times \frac{1000\text{g}}{1 \text{ Kg}}$$

$$\text{Ppm}_{\text{Zn}} = \frac{0.01125 \text{ mg}}{2.009 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}}$$

$$\text{Ppm}_{\text{Zn}} = 3900.01$$

5.13.5.1 Resultados del análisis de zinc

La codificación de las muestras, el peso de muestra y los resultados de las lecturas directas se detallan en la Tabla N°20

Tabla N° 20. Resultados de las concentraciones de zinc (Zn) para cada muestra vegetal.

Planta medicinal	Muestra	Concentración de Zn en ppm (mg/L)	Peso de muestra (g)	Factor de dilución utilizado (L)	Concentración final encontrada en muestra ppm (mg/kg)	Promedio de la concentración final (mg/kg)	Límite de Zinc ⁽⁵¹⁾
<i>Gnaphalium viscosum</i>	GL1	0.2866	2.014	0.25	35.58	35.463	10-250 ppm
		0.285			35.38		
		0.2854			35.43		
<i>Croton guatemalensis</i>	CO1	0.7885	2.014	0.05	19.58	19.780	
		0.8053			19.99		
		0.7965			19.77		
<i>Syzygium jambos</i>	Mr1	0.478	2.114	0.05	11.31	11.297	
		0.4772			11.29		
		0.4775			11.29		
<i>Moringa oleifera</i>	M1	0.6291	2.029	0.05	15.50	16.237	
		0.6957			17.14		
		0.6523			16.07		
<i>Ternstroemia lineata</i>	T1	0.2251	2.009	0.05	5.60	5.520	
		0.2192			5.46		
		0.2211			5.50		
<i>Dysphania ambrosioides</i>	E1	0.6675	2.038	0.25	81.88	81.540	
		0.662			81.21		
		0.6646			81.53		
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	G1	0.2910	2.102	0.05	7.19	7.247	
		0.2981			7.12		
		0.3005			7.43		

Tabla N° 20: (Continuación)

<i>Turnera diffusa</i>	D1	1.1003	2.002	0.05	27.48	27.827	10-250 ppm
		1.1287			28.19		
		1.1134			27.81		
<i>Tagetes lucida</i>	HS1	1.0917	2.025	0.05	26.96	26.243	
		1.0442			25.78		
		1.0527			25.99		
<i>Matricaria chamomilla</i>	Ma1	0.5043	2.015	0.25	62.57	63.070	
		0.511			63.40		
		0.5097			63.24		
<i>Passiflora platyloba</i>	P1	0.5694	2	0.05	14.24	14.287	
		0.5766			14.42		
		0.5678			14.20		
<i>Acourtia nudicaulis</i>	V1	0.8088	2.009	0.05	20.13	20.363	
		0.8383			20.86		
		0.8077			20.10		
<i>Lantana camara</i>	CN1	0.9207	2.038	0.05	22.59	22.523	
		0.9158			22.47		
		0.9175			22.51		
<i>Peumus boldus</i>	B1	0.3822	2.013	0.05	9.49	9.470	
		0.38			9.44		
		0.3815			9.48		

Los valores de zinc resultantes luego del análisis, muestran que ningún valor sobrepasa los rangos especificados por el Definitional Glossary of Agricultural Terms.⁽⁵¹⁾

Es importante conocer los valores de zinc ya que es un mineral muy importante para la salud, este participa en la actividad metabólica de las enzimas del cuerpo.

5.13.6 Cálculos de la concentración de cobre

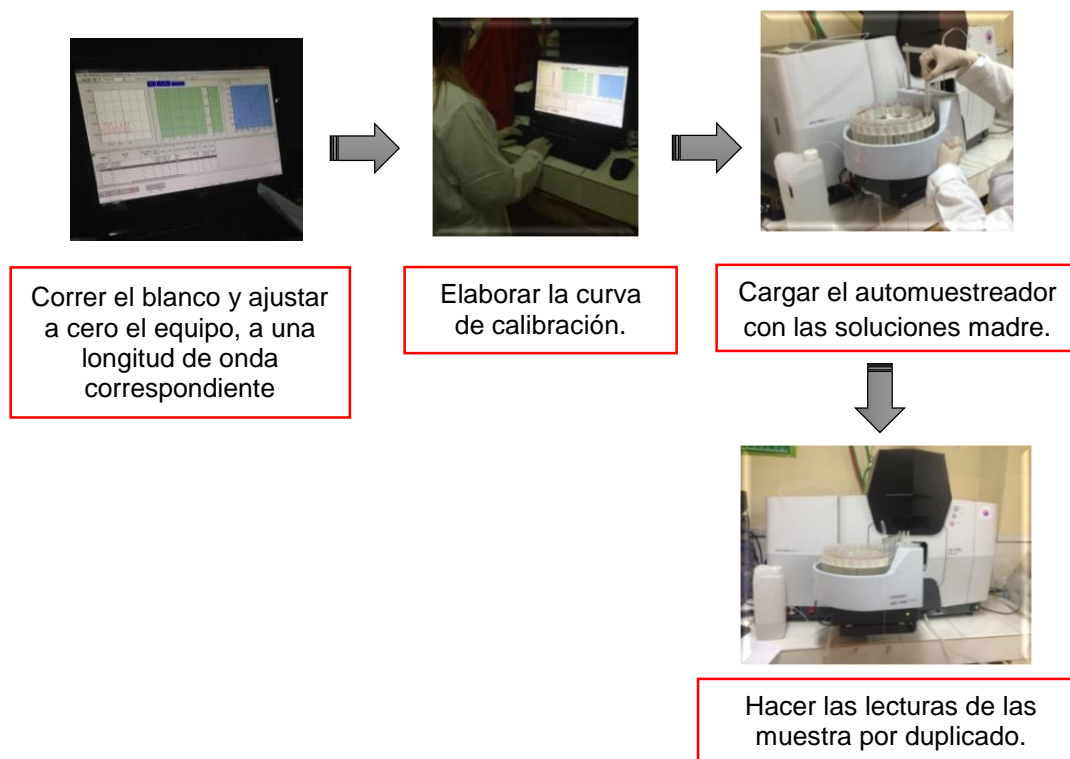


Figura N°30. Determinación de cobre por el método de EAA de llama

Al calcular el factor de dilución se realizó esquema de dilución de la muestra, con dicho factor este se multiplico por la concentración directa que da el equipo en ppm de cobre, luego se dividió entre el peso de la muestra, obteniendo mg/g y se utilizó una regla de tres para convertirlos a ppm, a continuación, se presentan dichos cálculos:

- **Ejemplo:** esquema de dilución y cálculos para la muestra de *Dysphania ambrosioides*. (Ver **Tabla N° 21**) (Ver **Anexo N° 10**)

Cascada de dilución para la determinación de cobre (Cu).

2.038 g de Mx \longrightarrow 0.05 L

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

$$FD = 0.05 \text{ L}$$

Ejemplo

Muestra E₁ (Lectura 1)

Cantidad de Cu en mg = (C_{mx}) (FD)

Cantidad de Cu en mg = (0.2392 mg/L) (0.05 L)

Cantidad de Cu en mg = 0.0120 mg

- Calculando el promedio de la concentración de Cobre en ppm en la lectura 1.

$$P_{\text{ppmCu}} = \frac{\text{mg de Cu}}{P_{\text{mx}}} \times \frac{1000\text{g}}{1 \text{ Kg}}$$

$$P_{\text{ppmCu}} = \frac{0.0120 \text{ mg}}{2.038 \text{ g}} \times \frac{1000\text{g}}{1 \text{ Kg}}$$

$Ppm_{Cu} = 5.87$

5.13.6.1 Resultados del análisis de cobre

La codificación de las muestras, el peso de muestra y los resultados de las lecturas directas se detallan en la Tabla N°21.

Tabla N° 21: Resultados de las concentraciones de cobre (Cu) para cada muestra vegetal.

Planta medicinal	Muestra	Concentración de Cu en ppm (mg/L)	Peso de muestra (g)	Factor de dilución utilizado (L)	Concentración final encontrada en muestra ppm (mg/kg)	Promedio de la concentración final (mg/kg)	Límite de cobre ₍₅₁₎
<i>Gnaphalium viscosum</i>	GL1	0.4721	2.014	0.05	11.72	11.867	2-50 ppm
		0.4829			11.99		
		0.4789			11.89		
<i>Croton guatemalensis</i>	CO1	0.1296	2.014	0.05	3.22	3.113	
		0.12			2.98		
		0.1265			3.14		
<i>Syzygium jambos</i>	Mr1	0.0663	2.114	0.05	1.57	1.597	
		0.0684			1.62		
		0.0676			1.60		
<i>Moringa oleifera</i>	M1	0.1898	2.029	0.05	4.68	4.703	
		0.1919			4.73		
		0.1907			4.70		
<i>Ternstroemia lineata</i>	T1	0.2263	2.009	0.05	5.63	5.763	
		0.2392			5.95		
		0.2296			5.71		
<i>Dysphania ambrosioides</i>	E1	0.2392	2.038	0.05	5.87	5.770	
		0.2306			5.66		
		0.2356			5.78		

Tabla N° 21. (Continuación)

<i>Jacaranda mimosifolia</i>	G1	0.2918	2.102	0.05	6.94	7.073	2-50 ppm
		0.3046			7.25		
		0.2957			7.03		
<i>Turnera diffusa</i>	D1	0.2542	2.002	0.05	6.35	6.460	
		0.2617			6.54		
		0.2597			6.49		
<i>Tagetes lucida</i>	HS1	0.2273	2.025	0.05	5.61	5.690	
		0.2338			5.77		
		0.2305			5.69		
<i>Matricaria chamomilla</i>	Ma1	0.3812	2.015	0.05	9.46	9.383	
		0.3746			9.30		
		0.3786			9.39		
<i>Passiflora platyloba</i>	P1	0.1672	2	0.05	4.18	4.273	
		0.1758			4.40		
		0.1695			4.24		
<i>Acourtia nudicaulis</i>	V1	0.2206	2.009	0.05	5.49	5.503	
		0.2217			5.52		
		0.2209			5.50		
<i>Lantana camara</i>	CN1	0.2092	2.038	0.05	5.21	5.110	
		0.2036			5.08		
		0.2020			5.04		
<i>Peumus boldus</i>	B1	0.0395	2.013	0.05	0.98	0.963	
		0.0388			0.96		
		0.0384			0.95		

Las concentraciones detectadas de cobre en las plantas medicinales en análisis, se encuentran en el límite establecido de acuerdo a Definitional Glossary of Agricultural Terms⁽⁵¹⁾, siendo el valor de cobre más alto el correspondiente a *Gnaphalium viscosum* y el más bajo se encontró en *Peumus boldus*.

5.13.7 Cálculos de la concentración de hierro

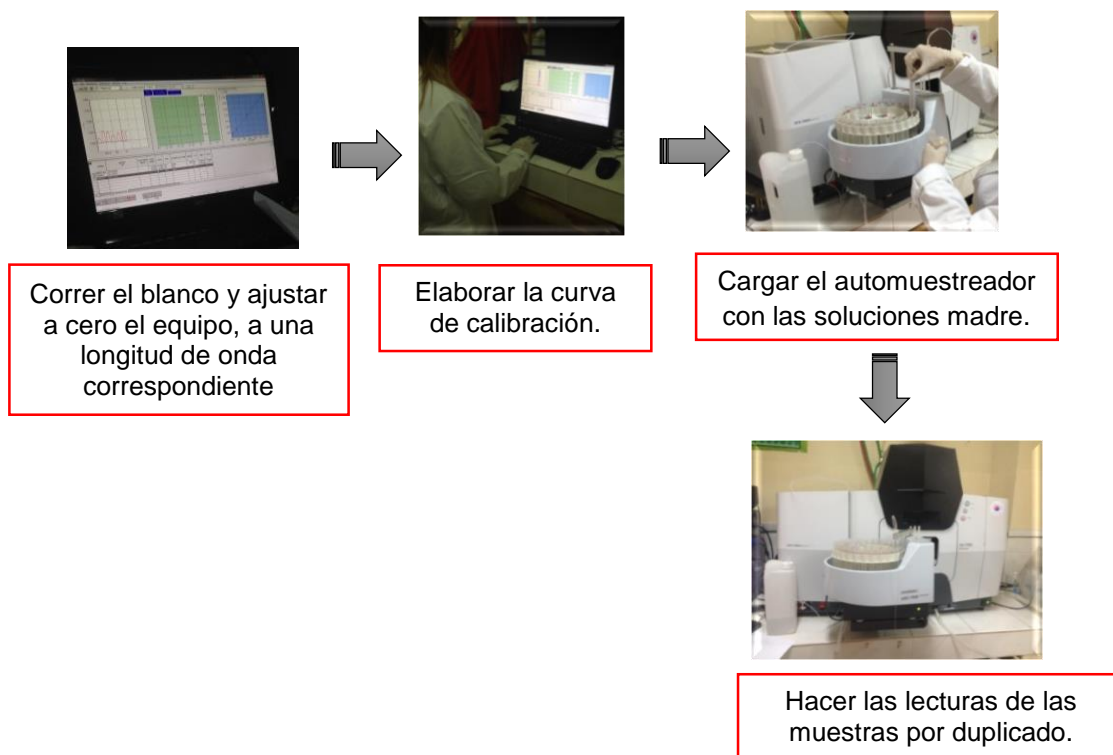
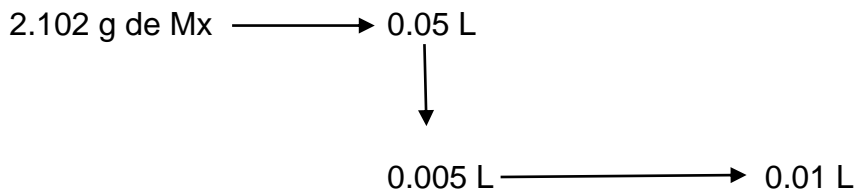


Figura N°31. Determinación de hierro por el método de EAA de llama

Al calcular el factor de dilución se realizó esquema de dilución de la muestra, con dicho factor este se multiplico por la concentración directa que da el equipo en ppm de hierro, luego se dividió entre el peso de la muestra, obteniendo mg/g y se utilizó una regla de tres para convertirlos a ppm, a continuación, se presentan dichos cálculos:

- **Ejemplo:** esquema de dilución y cálculos para la muestra de *Jacaranda mimosifolia*. (Ver **Tabla N° 22**) (Ver **Anexo N° 10**)

Cascada de dilución para la determinación de hierro (Fe).



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

$$FD = \frac{(0.05\text{L})(0.01\text{L})}{(0.005)}$$

$$FD = 0.10 \text{ L}$$

Ejemplo

Muestra G₁ (Lectura 1)

Cantidad de Fe en mg = (C_{mx}) (FD)

Cantidad de Fe en mg = (2.8876 mg/L) (0.10 L)

Cantidad de Fe en mg = 0.2888 mg

- Calculando el promedio de la concentración de Hierro en ppm en la lectura 1.

$$Ppm_{Fe} = \frac{\text{mg de Mg}}{P_{mx}} \times \frac{1000\text{g}}{1 \text{ Kg}}$$

$$\text{Ppm}_{\text{Fe}} = \frac{0.2888 \text{ mg}}{2.102 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}}$$

$$\text{Ppm}_{\text{Fe}} = 137.37$$

5.13.7.1 Resultados del análisis de hierro

La codificación de las muestras, el peso de muestra y los resultados de las lecturas directas se detallan en la Tabla N°22.

Tabla N° 22. Resultados de las concentraciones de hierro (Fe) para cada muestra vegetal.

Planta medicinal	Muestra	Concentración de Fe en ppm (mg/L)	Peso de muestra (g)	Factor de dilución utilizado (L)	Concentración final encontrada en muestra ppm (mg/kg)	Promedio de la concentración final (mg/kg)	Límite de hierro ⁽⁵¹⁾
<i>Gnaphalium viscosum</i>	GL1	4.0679	2.014	0.25	504.95	511.070	20-600 ppm
		4.1671			517.27		
		4.1165			510.99		
<i>Croton guatemalensis</i>	CO1	3.4337	2.014	0.05	85.25	86.910	
		3.5609			88.40		
		3.5076			87.08		
<i>Syzygium jambos</i>	Mr1	3.2578	2.114	0.05	77.05	77.523	
		3.3102			78.29		
		3.2654			77.23		
<i>Moringa oleifera</i>	M1	3.9949	2.029	0.25	492.23	498.150	
		4.0773			502.38		
		4.0567			499.84		
<i>Ternstroemia lineata</i>	T1	2.1372	2.009	0.05	53.19	52.487	
		2.083			51.84		
		2.1065			52.43		
<i>Dysphania ambrosioides</i>	E1	5.7441	2.038	0.05	140.92	140.990	
		5.7498			141.06		
		5.7467			140.99		

*Según Kumar y Shivay en 2008.⁽⁵¹⁾

<i>Jacaranda mimosifolia</i>	G1	2.8876	2.102	0.10	137.37	140.020	20-600 ppm
		2.9813			141.83		
		2.9609			140.86		
<i>Turnera diffusa</i>	D1	4.6684	2.002	0.25	582.97	587.910	
		4.7601			594.42		
		4.6954			586.34		
<i>Tagetes lucida</i>	HS1	3.3935	2.025	0.05	83.79	83.027	
		3.3402			82.47		
		3.3543			82.82		
<i>Matricaria chamomilla</i>	Ma1	4.0479	2.015	0.05	100.44	101.487	
		4.1254			102.37		
		4.0965			101.65		
<i>Passiflora platyloba</i>	P1	4.906	2	0.05	122.65	125.960	
		5.123			128.08		
		5.086			127.15		
<i>Acourtia nudicaulis</i>	V1	5.2085	2.009	1	2592.58	2620.390	
		5.327			2651.57		
		5.2576			2617.02		
<i>Lantana camara</i>	CN1	5.1548	2.038	0.05	126.47	130.723	
		5.4841			134.55		
		5.3456			131.15		
<i>Peumus boldus</i>	B1	4.3279	2.013	0.05	107.50	109.110	
		4.4926			111.59		
		4.3578			108.24		

Todas las plantas se mantuvieron dentro del rango establecido por Kumar y Shivay en 2008,⁽⁵¹⁾ que va de 20 – 600 ppm a excepción de *Acourtia nudicaulis*, la cual presenta un valor de concentración de 2629.39 ppm, que sobrepasa dicho rango, lo que equivale a un porcentaje realmente elevado.

5.14 Discusión de resultados de la cuantificación de metales pesados, minerales y oligoelementos por cada especie vegetal analizada.

- *Gnaphalium viscosum* “Gordolobo”.

Tabla N° 18: Concentraciones de metales pesados, minerales y oligoelementos en *Gnaphalium viscosum* “Gordolobo”.

plomo (ppm)	arsénico (mg/Kg)	calcio (ppm)	magnesio (ppm)	zinc (ppm)	cobre (ppm)	hierro (ppm)
ND*	0.050	8474.843	2146.123	35.463	11.867	511.070

*ND: No Detectable

Como se pueden observar en la Tabla N°18, el único metal pesado detectado fue el arsénico con un valor de 0.05 mg/Kg, magnitud cuatro veces inferior al límite permisible según la normativa establecida por el Codex Alimentarius de 0.20 mg/Kg.⁽¹⁹⁾ (Ver **Tabla N° 18**).

Los minerales se encontraron en una relación de 4:1 aproximadamente, siendo 8474.843 ppm para calcio y 2146.123 ppm para magnesio, respectivamente.

Las concentraciones de oligoelementos en plantas medicinales se encuentran en el rango de 20-600 ppm de hierro, 10-250 ppm de zinc y de 2-50 ppm para el cobre.⁽⁵²⁾ Como se puede observar los tres metales se encuentran dentro del rango establecido por Kumar y Shivay en 2008.⁽⁵²⁾

Las flores y partes aéreas de *Gnaphalium viscosum* han sido utilizados en la medicina tradicional para el tratamiento de diversas enfermedades respiratorias, tales como gripe, fiebre, asma, bronquitis y tos.⁽¹⁶⁾, y nuestro mercado es frecuentemente comercializada para estos padecimientos.

➤ *Croton guatemalensis* “Copalchi”.

Tabla N° 19: Concentraciones de metales pesados, minerales y oligoelementos en *Croton guatemalensis* “Copalchi”.

plomo (ppm)	arsénico (mg/Kg)	calcio (ppm)	magnesio (ppm)	zinc (ppm)	cobre (ppm)	hierro (ppm)
0.028	0.060	61997.270	2973.383	19.780	3.113	86.910

En el análisis de minerales de esta especie vegetal, el contenido de calcio y magnesio fue abundante, con una concentración de: 61997.270 ppm y 2973.383 ppm, respectivamente, como se muestra en la Tabla N°19.

En cuanto a oligoelementos los resultados obtenidos fueron: cobre 3.113 ppm, seguido de zinc 19.780 ppm y 86.910 ppm para hierro (ver **Tabla N°19**), dichos valores no sobrepasan los rangos específicos para plantas medicinales según Kumar y Shivay.⁽⁵¹⁾

Según encuestas realizadas por la Asociación Salvadoreña de Diabetes (ASADI), en el país existen alrededor de 800,000 salvadoreños diabéticos, con una prevalencia del 9.69% localizada en San Salvador; 12.5% en San Vicente y 13.3% en San Francisco Gotera.⁽⁸⁾

Gran parte de la población con acceso limitado a medicamentos o que optan por el consumo de plantas medicinales como alternativa más saludable utilizan el

Croton guatemalensis, en el tratamiento de la diabetes, como parte de la medicina tradicional.⁽⁸⁶⁾

En un estudio realizado en 2015 por Cruz y Andrade,⁽²³⁾ referente al uso de *Croton guatemalensis* en el tratamiento de Diabetes tipo 2, del total de la población entrevistada, 97% se encontraban bajo prescripción médica, 91% utilizaba plantas medicinales, y solo 3% utilizaba exclusivamente plantas medicinales. Casi todos los pacientes (94.5%) utilizaban plantas medicinales recomendadas por un amigo o un familiar. Luego del consumo de esta planta durante 22 días/mes, 98% de la población reportó sentirse mejor y recomendaron el uso a otras personas.⁽²³⁾

Es importante tener en cuenta que la diabetes no se cura, y la mayoría de los tratamientos médicos crónicos tienen como objetivo mantener el nivel de glucosa en sangre bajo control para evitar complicaciones.⁽²³⁾⁽⁸⁶⁾ Razón por la cual es de vital importancia la cuantificación de metales pesados en plantas medicinales que se consuman para esta enfermedad. En nuestro caso, plomo,⁽⁷⁴⁾ y arsénico⁽¹⁹⁾, se encontraron por debajo de los límites permisibles bajo las normas establecidas (Ver **Tabla N°19**)

Es importante resaltar el papel del magnesio en el metabolismo de la glucosa, ya que los resultados de un estudio realizado por Guerrero y Rodríguez en 2001,⁽³⁹⁾ confirman de manera inequívoca que la ingesta de magnesio se asocia con la disminución del riesgo de diabetes tipo 2, manteniéndose una relación inversa significativa entre la ingesta de magnesio y el riesgo de diabetes. Por lo que el contenido de magnesio presente en esta especie, podría ser importante para el tratamiento de la diabetes.

➤ *Syzygium jambos* “Manzana Rosa”

Tabla N°20: Concentraciones de metales pesados, minerales y oligoelementos en *Syzygium jambos* “Manzana Rosa”.

plomo (ppm)	arsénico (mg/Kg)	calcio (ppm)	magnesio (ppm)	zinc (ppm)	cobre (ppm)	hierro (ppm)
ND*	0.030	11316.226	2904.350	11.297	1.597	77.523

*ND: No Detectable

Para *Syzygium jambos* no se detectó concentración de plomo y en el caso de arsénico, el contenido se encuentra por debajo del límite permitido por la normativa establecida por el Codex Alimentarius.⁽¹⁹⁾ (Ver **Tabla N°20**)

Los resultados más elevados para esta planta medicinal fueron los minerales calcio y magnesio como se muestra en la Tabla N°20. Del análisis de los oligoelementos, solo el cobre se encuentra por debajo del parámetro establecido por Kumar y shivay⁽⁵¹⁾

Syzygium jambos es una planta medicinal utilizada para el tratamiento de diversas enfermedades, entre las que destaca la diabetes⁽⁸⁴⁾. La presencia de flavonoides y fenoles es de gran importancia en esta especie vegetal, para poder contrarrestar el estrés oxidativo provocado en las células beta del páncreas, por los radicales libres reactivos, lo cual exacerba aún más el desarrollo y la progresión de diabetes y sus complicaciones.⁽³⁴⁾

- *Moringa oleifera* “Moringa”.

Tabla N°21: Concentraciones de metales pesados, minerales y oligoelementos en *Moringa oleifera* “Moringa”.

plomo (ppm)	arsénico (mg/Kg)	calcio (ppm)	magnesio (ppm)	zinc (ppm)	cobre (ppm)	hierro (ppm)
ND*	0.200	36743.266	3940.260	16.237	4.703	498.150

*ND: No Detectable

Al igual que para “Gordolobo” y “Copalchi”, *Moringa oleifera* presentó las concentraciones de oligoelementos dentro de los rangos 20-600 ppm de hierro, 10-250 ppm de zinc y entre 2 y 50 ppm para el cobre.⁽⁵¹⁾

Por otro lado, plomo no fue detectado en las hojas de *Moringa oleifera*, y el arsénico se encontró en el límite permitido según el Codex Alimentarius⁽¹⁹⁾ (ver **Tabla N°21**). Cabe resaltar que una elevada concentración de arsénico en una planta medicinal de uso crónico, como las utilizadas para la diabetes, puede generar graves consecuencias para la salud del paciente, tales como problemas cardiacos, daños al cerebro, lesiones en la piel y por último la muerte.

Diversos estudios indican que las semillas de *Moringa oleifera* pueden actuar como bioremediadores⁽⁶⁴⁾ y son capaces de capturar iones metálicos entre ellos, el arsénico y acumularlo en su interior; razón por la cual esta planta medicinal es ampliamente utilizada para remover metales pesados de sistemas acuosos. Esto podría justificar el valor obtenido en el límite permisible de arsénico como se puede observar en la Tabla N°21.⁽⁹⁴⁾⁽¹⁹⁾

- *Ternstroemia lineata* "Tilo".

Tabla N°22: Concentraciones de metales pesados, minerales y oligoelementos en *Ternstroemia lineata* "Tilo".

plomo (ppm)	arsénico (mg/Kg)	calcio (ppm)	magnesio (ppm)	zinc (ppm)	cobre (ppm)	hierro (ppm)
ND*	ND*	6405.966	3501.640	5.520	5.763	52.487

*ND: No Detectable

La concentración de metales pesados en las flores de esta planta medicinal estuvo por debajo de los límites detectables. (Ver **Tabla N°22**)

Hasta el momento no hay estudios científicos que validen el uso de *Ternstroemia lineata* como antihipertensivo. En nuestro país, la decocción de sus flores es ingerida durante tiempo prolongado, dado la naturaleza crónica de la hipertensión, por lo que es necesario el monitoreo de metales en esta especie vegetal.

Por otro lado, la concentración de minerales es alta, como se puede observar en la Tabla N°22; este es un dato a tomar en cuenta ya que es una planta medicinal recomendada para la hipertensión.

El contenido de zinc que se encuentra comúnmente en las plantas se encuentra en el rango 10-250 ppm,⁽⁵¹⁾ llama la atención el bajo contenido de este metal en esta especie vegetal (5.52 ppm), mientras que el hierro y cobre no sobrepasan el rango para plantas medicinales.⁽⁵¹⁾

➤ *Dysphania ambrosioides* “Epazote”.

Tabla N°23: Concentraciones de metales pesados, minerales y oligoelementos en *Dysphania ambrosioides* “Epazote”.

plomo (ppm)	arsénico (mg/Kg)	calcio (ppm)	magnesio (ppm)	zinc (ppm)	cobre (ppm)	hierro (ppm)
ND*	0.123	36230.883	8037.903	81.540	5.770	140.990

*ND: No Detectable

Dysphania ambrosioides, es una especie vegetal anual o en algunos casos perenne, que ha sido utilizada tradicionalmente como condimento y como purgante para lombrices intestinales, entre otros.⁽⁵⁵⁾

El contenido de arsénico en esta especie vegetal fue de 0.123 mg/Kg, un resultado aproximadamente a la media de su límite permisible de 0.2 mg/Kg⁽¹⁹⁾. Dado su uso tradicional como antihelmíntico en zonas rurales, es importante monitorear el contenido de este metal pesado.

El contenido de los oligoelementos hierro, zinc y cobre, no sobrepasan el rangos para plantas medicinales, como se puede observar en la Tabla N°23. Por otro lado, los valores más altos fueron los correspondientes a los minerales calcio y magnesio, con 36230.884 ppm y 8037.903 ppm, respectivamente. (Ver **Tabla N°23**)

➤ *Jacaranda mimosifolia* “Gualanday”

Tabla N°24: Concentraciones de metales pesados, minerales y oligoelementos en *Jacaranda mimosifolia* “Gualanday”.

plomo (ppm)	arsénico (mg/Kg)	calcio (ppm)	magnesio (ppm)	zinc (ppm)	cobre (ppm)	hierro (ppm)
ND*	0.093	11699.273	4075.980	7.247	7.073	140.020

*ND: No Detectable

Las hojas de *Jacaranda mimosifolia*, son tradicionalmente recomendadas por los suchileros para el tratamiento de parásitos intestinales y presenta la capacidad de acumular ciertos metales, plomo, arsénico, hierro, zinc, cobre, calcio, magnesio, entre otros metales ⁽⁶⁷⁾

La fitoremediación se refiere al uso de plantas para contener, hacer inofensivos o eliminar contaminantes ambientales ⁽⁷¹⁾ y *Jacaranda mimosifolia* tiene la capacidad de acumular en su interior diversos metales, entre ellos los siete estudiados en el presente trabajo.⁽⁶⁷⁾

Así, los minerales calcio y magnesio se encontraron en altas concentraciones, con un valor de 11699.273 ppm y 4075.980 ppm, respectivamente (ver Tabla N°24), la capacidad de acumulación de metales que posee *Jacaranda mimosifolia*⁽⁶⁷⁾ puede que haya contribuido a los resultados obtenidos para metales pesados, minerales y oligoelementos.(Ver **Tabla N°24**).

En el estudio no se detectaron niveles de plomo, y el arsénico se encontró por debajo del límite permisible.⁽¹⁹⁾

- *Turnera diffusa* “Damiana”.

Tabla N°25: Concentraciones de metales pesados minerales y oligoelementos en *Turnera diffusa* “Damiana”.

plomo (ppm)	arsénico (mg/Kg)	calcio (ppm)	magnesio (ppm)	zinc (ppm)	cobre (ppm)	hierro (ppm)
ND*	0.110	15324.153	5397.210	27.827	6.460	587.910

*ND: No Detectable

Se observaron grandes cantidades de calcio y de magnesio como se muestra en la Tabla N°25. El valor de magnesio fue mucho mayor que el reportado por Soriano-Melgar y *col.* en el 2013,⁽¹⁰²⁾ donde se encontró que la concentración fue de 3900 ppm. En cuanto a los oligoelementos presentes en *Turnera diffusa*, estos concuerdan con el estudio realizado por Kumar y Shivay (2008).⁽⁵¹⁾

Las hojas de *Turnera diffusa* son utilizadas tradicionalmente en la elaboración de té, licores, productos cosméticos y como estimulante⁽¹⁰²⁾ en el tratamiento de la ansiedad y depresión, además de ser empleada por su alto poder antioxidante⁽⁷⁴⁾ por lo cual es necesario monitorear los contenidos de metales y minerales en esta especie vegetal. En este estudio no se detectó contenido de plomo y el arsénico, ya que, presenta un valor menor al límite permitido.⁽¹⁹⁾

- *Tagetes lucida* “Hierba de San Juan”

Tabla N°26: Concentraciones de metales pesados minerales y oligoelementos en *Tagetes lucida* “Hierba de San Juan”.

plomo (ppm)	arsénico (mg/Kg)	calcio (ppm)	magnesio (ppm)	zinc (ppm)	cobre (ppm)	hierro (ppm)
0.326	ND*	20854.523	2569.650	26.243	5.690	83.027

*ND: No Detectable

El contenido de plomo resulto por debajo del límite permisible.⁽⁷⁴⁾ mientras el arsénico no fue detectado en el análisis.

Los resultados obtenidos de oligoelementos fueron: cobre 5.690 ppm, seguido de zinc 26.243 ppm y 83.037 ppm para hierro, dichos valores no sobrepasan los rangos establecidos por Kumar y Shivay⁽⁵¹⁾ para plantas medicinales. Así mismo los resultados de los minerales fueron 20854.523 ppm para calcio y 2569.650 ppm para magnesio, respectivamente. (Ver **Tabla N°26**)

Tagetes lucida comúnmente llamada también “Pericón” o “Hierba de San Juan” es una hierba perenne que crece en laderas rocosas y bosques secos de América Central y América del Sur y naturalizada en otras regiones tropicales y subtropicales.⁽⁵⁰⁾ Estudios *in vivo* demuestran que la decocción de sus partes aéreas tiene actividad antidepresiva, involucrando al sistema serotoninérgico⁽⁵⁵⁾, y su probable participación en la patología de la depresión.⁽⁶⁶⁾ Además otros estudios farmacológicos reportan propiedades antibacteriales⁽¹⁶⁾, insecticidas⁽¹⁰⁶⁾, citotóxicas⁽⁷³⁾ y antioxidantes.⁽⁴⁾

- *Matricaria chamomilla* “Manzanilla”.

Tabla N°27: Concentraciones de metales pesados minerales y oligoelementos en *Matricaria chamomilla* “Manzanilla”.

plomo (ppm)	arsénico (mg/Kg)	calcio (ppm)	magnesio (ppm)	zinc (ppm)	cobre (ppm)	hierro (ppm)
ND*	0.040	10867.660	2014.167	63.070	9.383	101.487

*ND: No Detectable

El contenido de plomo detectado en la manzanilla resulto por debajo del límite permisible, ⁽⁷⁴⁾ mientras el arsénico no fue detectado en el análisis. ⁽¹⁶⁾ (Ver **Tabla N°27**)

Para los minerales, se obtuvieron resultados de 10867.660 ppm de calcio y de 2014.167 ppm de magnesio, respectivamente. En un estudio realizado en Macedonia en el mercado de Kapani donde se analizó la *matricaria chamomilla*, el contenido de calcio fue de 11,500 ppm⁽⁵¹⁾ y para magnesio de 4000 ppm⁽²⁴⁾, valores que se asemejan a nuestros resultados. Los valores de cobre y hierro, también fueron muy similares a excepción del valor de zinc con 63.070 ppm en nuestro estudio y de 20.58 ppm en Macedonia ⁽²⁴⁾ Los tres oligoelementos analizados se mantienen dentro del rango establecido por Kumar y Shivay⁽⁵¹⁾

Matricaria chamomilla (Asteraceae) es una planta medicinal utilizada en todo el mundo y entre sus usos principales son como sedante, ansiolítico y antiespasmódico, y tratamiento para la irritación leve de la piel y la inflamación. Tiene un uso extendido como un remedio casero. Ensayos con animales sugieren eficacia como sedante, ansiolítico y antiespasmódico, pero se necesitan estudios clínicos en seres humanos. ⁽⁹⁷⁾ En el Mercado Central de San Salvador los “Suchileros” recomiendan el consumo de esta planta medicinal para disminuir la ansiedad y depresión

- *Passiflora platyloba* “Pasiflora”.

Tabla N°28: Concentraciones de metales pesados minerales y oligoelementos en *Passiflora platyloba* “Pasiflora”.

plomo (ppm)	arsénico (mg/Kg)	calcio (ppm)	magnesio (ppm)	zinc (ppm)	cobre (ppm)	hierro (ppm)
ND*	ND*	28608.940	1216.083	14.287	4.273	125.960

*ND: No Detectable

Las hojas de “Pasiflora” son recomendadas por los suchileros para el tratamiento de la depresión, es una planta muy utilizada a nivel nacional por su efectividad para tratar dicha enfermedad.

En esta especie vegetal se detectó concentraciones de calcio de 28608.940 ppm, y de magnesio 1216.083 ppm, respectivamente, en cuanto a los oligoelementos se obtuvo una concentración de 14.287 ppm de zinc, 4.273 ppm de cobre y 125.960 ppm de hierro, los cuales están dentro del límite permisible ⁽⁵¹⁾.

No se detectaron niveles de plomo y arsénico en las hojas de *Passiflora platyloba*.

➤ *Acourtia nudicaulis* “Valeriana”.

Tabla N°29: Concentraciones de metales pesados minerales y oligoelementos en *Acourtia nudicaulis* “Valeriana”.

plomo (ppm)	arsénico (mg/Kg)	calcio (ppm)	magnesio (ppm)	zinc (ppm)	cobre (ppm)	hierro (ppm)
0.141	0.156	11275.820	4205.657	20.363	5.503	2620.390

En el análisis realizado los valores más altos encontrados fueron para los minerales calcio y magnesio como se muestran en la Tabla N°29, seguido de hierro, zinc y cobre, en los cuales el único que sobrepasó el rango de concentración fue el hierro con 2620.390 ppm,

El contenido de arsénico y plomo de esta especie vegetal se encontraron bajo el límite permisible.⁽¹⁹⁾⁽⁷⁴⁾

Acourtia nudicaulis “Valeriana” Asteraceae, no debe confundirse con *Valeriana officinalis* “Valeriana” Caprifoliaceae, cuya acción sedante si está comprobada

científicamente.⁽¹⁵⁾, ya que provienen de Familias botánicas completamente diferente.

Acourtia nudicaulis crece en lugares secos o húmedos, abiertos o con muchos arbustos o en bosque, frecuentemente en bosque de pino-encino a 900– 2,500 msnm y se ha reportado en Guatemala, El Salvador y Honduras.⁽⁹⁶⁾

➤ *Lantana camara* “Cinco Negritos”.

Tabla N°30: Concentraciones de metales pesados, minerales y oligoelementos en *Lantana cámara* “Cinco Negritos”.

plomo (ppm)	arsénico (mg/Kg)	calcio (ppm)	magnesio (ppm)	zinc (ppm)	cobre (ppm)	hierro (ppm)
ND*	0.093	33788.230	5626.940	22.523	5.110	130.723

*ND: No Detectable

En contenido arsénico en la hojas de *Lantana camara*, se encontraron dentro del límite establecido por el Codex Alimentarius⁽¹⁹⁾, por otro lado no se detectaron concentraciones de plomo en esta especie vegetal.

Es de resaltar el alto contenido de los minerales calcio y magnesio, como se muestra en la Tabla N°30.

Lantana camara es una planta silvestre muy utilizada y muy conocida en El Salvador, y posee una gran variedad de usos medicinales, tales como antiinflamatorio, analgésico, antioxidante y antidiabético, entre otros.⁽⁹⁵⁾

En un estudio realizado por Prajapati y Tripathi, en 2008, *Lantana cámara* revelo la acumulación de los siguientes metales: plomo, manganesio, cobre, hierro, por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica. Esta especie tiene la peculiaridad de ser de carácter silvestre, además de ser muy comercializada en

los mercados ⁽⁹⁵⁾ *Lantana camara* reveló la acumulación de grandes cantidades de estos contaminantes. ⁽⁹⁵⁾ se detectó hierro con 130.723 ppm, seguido de zinc con 22.52 ppm y 5.110 ppm para cobre. De los oligoelementos analizados solo hierro esta fuera del parámetro establecido ⁽⁵¹⁾

➤ *Peumus boldus* “Boldo”.

Tabla N°31: Concentraciones de metales pesados, minerales y oligoelementos en *Peumus boldus* “Boldo”.

plomo (ppm)	arsénico (mg/Kg)	calcio (ppm)	magnesio (ppm)	zinc (ppm)	cobre (ppm)	hierro (ppm)
ND*	0.080	17655.966	1908.017	9.470	0.963	109.110

*ND: No Detectable

No se detectó plomo en las hojas de *Peumus boldus*, y en el caso del arsénico presento un contenido por debajo del límite permisible de acuerdo a la normativa del Codex Alimentarius.⁽¹⁹⁾

Las concentraciones de calcio y magnesio, es abundante en esta especie vegetal con valores de 17655.966 ppm y 1908.017 ppm, respectivamente. Mientras que los oligoelementos zinc, cobre y hierro, se encuentran en el rango acorde a la investigación de Kumar y Shivay en el año 2008.⁽⁵¹⁾

Peumus boldus es muy utilizado para los procesos digestivos y debido a ello es recomendada para reducir de peso.⁽⁵⁷⁾ Los “Suchileros” del Mercado Central de San Salvador recomiendan su consumo en forma de infusión específicamente 3 hojas por cada taza de agua, 2 veces al día hasta ver resultados.(Ver Anexo N° 1)

5.15 Gráficos de comparación del contenido de minerales y oligoelementos en cada planta medicinal.

En este apartado no se presentan las concentraciones de los metales pesados plomo y arsénico, ya que nuestro interés radica en dar a conocer el contenido de minerales y oligoelementos en las especies vegetales analizadas, en busca de potenciales usos de carácter nutricional o como suplementos.

A continuación, se muestran gráficos que representan la cantidad de cada mineral y oligoelemento en las 14 plantas medicinales procedentes del Mercado Central de San Salvador.

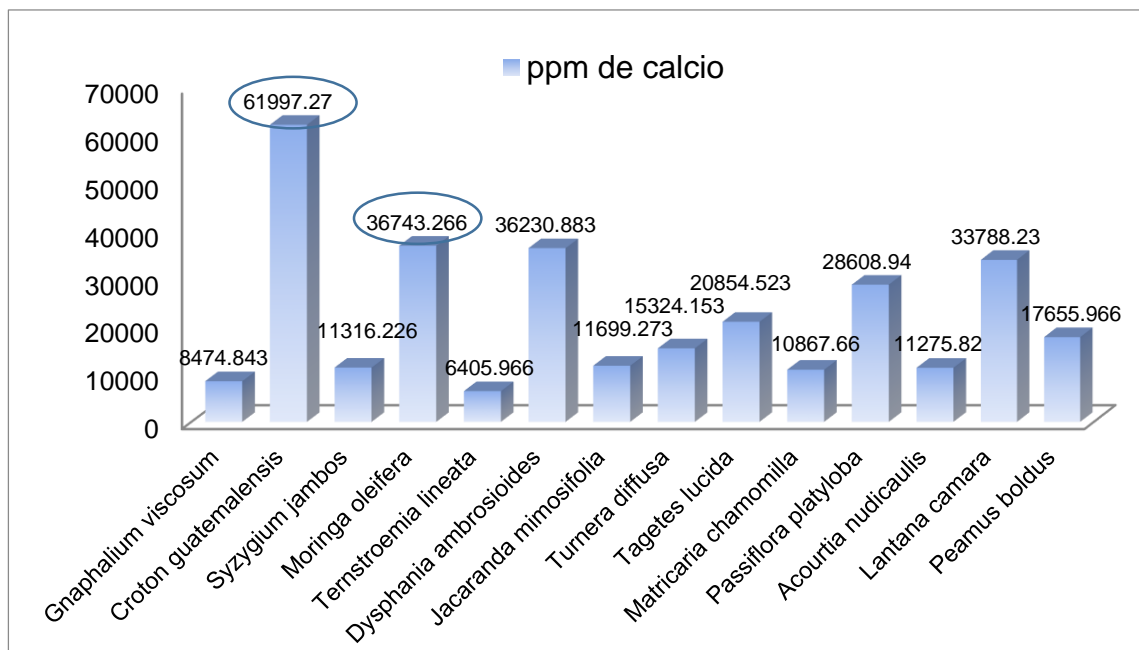


Grafico N°1: Comparación del contenido de calcio en las 14 plantas medicinales procedentes del Mercado Central de San Salvador.

El calcio es un mineral muy rico en gran mayoría de plantas y en nuestro organismo es el principal componente de huesos y dientes, revestimiento sanguíneo y muscular.⁽⁹⁹⁾ A causa de ello la recomendación nutricional se ha

elevado en algunos países hasta 1 200 mg/d para adolescentes y se discute la propuesta por organismos internacionales.⁽¹⁰¹⁾ El aumento de la densidad ósea, la reducción del riesgo de osteoporosis, hipertensión arterial y neoplasias colorrectales que se observa en grupos de población con niveles adecuados o elevados de calcio en la dieta, amplían el campo de influencia de este mineral en la prevención de enfermedades crónicas de reconocida influencia en el cuadro de morbilidad y mortalidad vigente en la actualidad para muchos países.⁽⁹⁹⁾ No obstante las comprobadas evidencias sobre la vinculación del calcio con estas enfermedades crónicas, no se propone la recomendación unilateral de la elevación de su consumo con la dieta, sino incorporada a la promoción de un estilo de vida sano, que comprende la reducción del consumo de sal, proteínas de origen animal, alcohol y cafeína, aumento de la actividad física y exposición a la luz solar, mantenimiento de un peso corporal adecuado, así como un manejo terapéutico eficaz de los cambios hormonales de la adultez.⁽⁴¹⁾

Como se puede observar en la Grafica N°1, de las 14 especies vegetales estudiadas *Croton guatemalensis* "Copalchi" posee el valor más alto con 61,997.27 ppm, seguida por *Moringa oleifera* "Moringa" con 36743.266 ppm. Caso contrario para *Ternstroemia lineata* "Tilo" con 6405.966 ppm, fue la especie vegetal con la más baja concentración de este mineral, sin embargo, posee un contenido significativo de este mineral. (Ver **Gráfico N°1**)

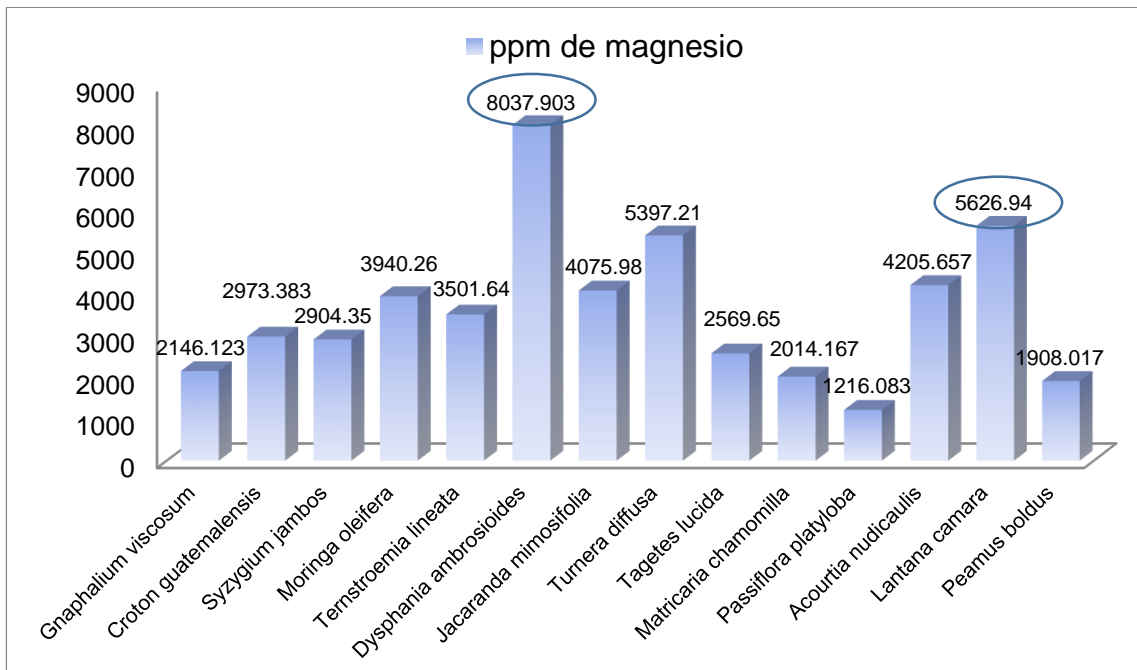


Grafico N°2: Comparación del contenido de magnesio en las plantas medicinales procedentes del Mercado Central de San Salvador.

La *Dysphania ambrosioides* “Epazote”, es una planta utilizada tradicionalmente para el tratamiento de la parasitosis. Su resultado de concentración de magnesio fue de 8037.09 ppm siendo el más elevado con respecto al resto de las plantas medicinales analizadas, seguido por *Lantana camara* “Cinco Negritos” El contenido de este mineral vario entre las plantas medicinales, pero siempre manteniendo un valor por encima de las 1000 ppm. *Peamus boldus* “Boldo”, presento el contenido más bajo para este mineral (**Ver Grafica N°2**).

El magnesio es muy importante en el funcionamiento metabólico de nuestro cuerpo, ya que es el segundo catión intracelular más abundante en el organismo.⁽¹⁰⁾ La hipomagnesemia se debe a una insuficiencia de magnesio en la dieta y al consumo crónico de alcohol. El déficit de magnesio aumenta el riesgo de sufrir algunas enfermedades, como la diabetes tipo 2, la hipertensión y la aterosclerosis. Por otra parte, la hipermagnesemia se debe a un aporte masivo

de magnesio al líquido extracelular (sobrepasando la gran capacidad fisiológica de excretar este catión) o a una alteración marcada de la función renal produciendo anomalías como náuseas, diarreas, calambres abdominales, enfermedades de Addison, nefritis crónica y la muerte.⁽¹⁰⁾ Así mismo el consumo adecuado de magnesio previene muchas enfermedades en el sistema nervioso central, migrañas, enfermedades cardiovasculares, envejecimiento y diabetes tipo 2.⁽¹⁰⁾

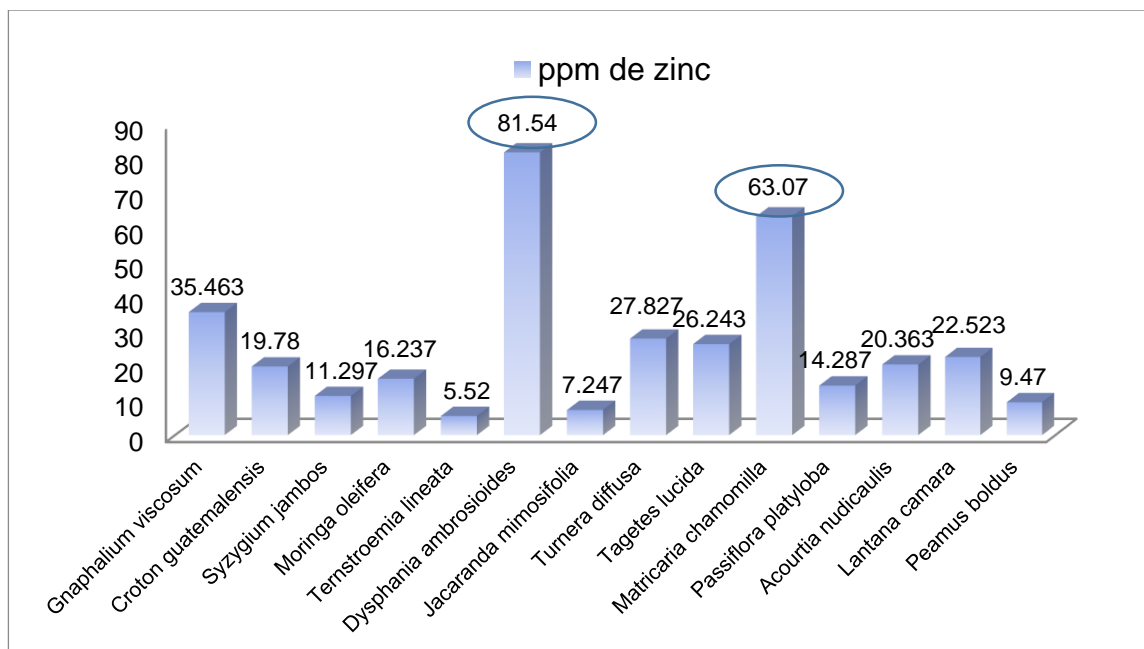


Grafico N°3: Comparación del contenido de zinc en las plantas medicinales procedentes del Mercado Central de San Salvador.

El zinc es uno de los elementos esenciales más abundantes en el cuerpo humano. Su cantidad en el individuo adulto oscila entre 1 y 2,5 g, siendo el segundo oligoelemento en relación a la cantidad total en el organismo, siendo superado tan sólo por el hierro.⁽²⁾

Nuevamente *Dysphania ambrosioides*, al igual que lo fue para magnesio resultó ser la planta más rica en zinc, con 81.54 ppm como se observa en el Gráfico N°3, la segunda especie vegetal con mayor contenido de este metal fue *Matricaria chamomilla* “Manzanilla”. A pesar de ser un valor alto con respecto a las demás especies vegetales, se encuentra dentro del rango común en las plantas medicinales, que va de 10 a 250 ppm.⁽⁵¹⁾

De las 14 plantas medicinales estudiadas *Ternstroemia lineata* “Tilo”, presentó el valor más bajo con solo 5.52 ppm. (Ver **Gráfico N°3**).

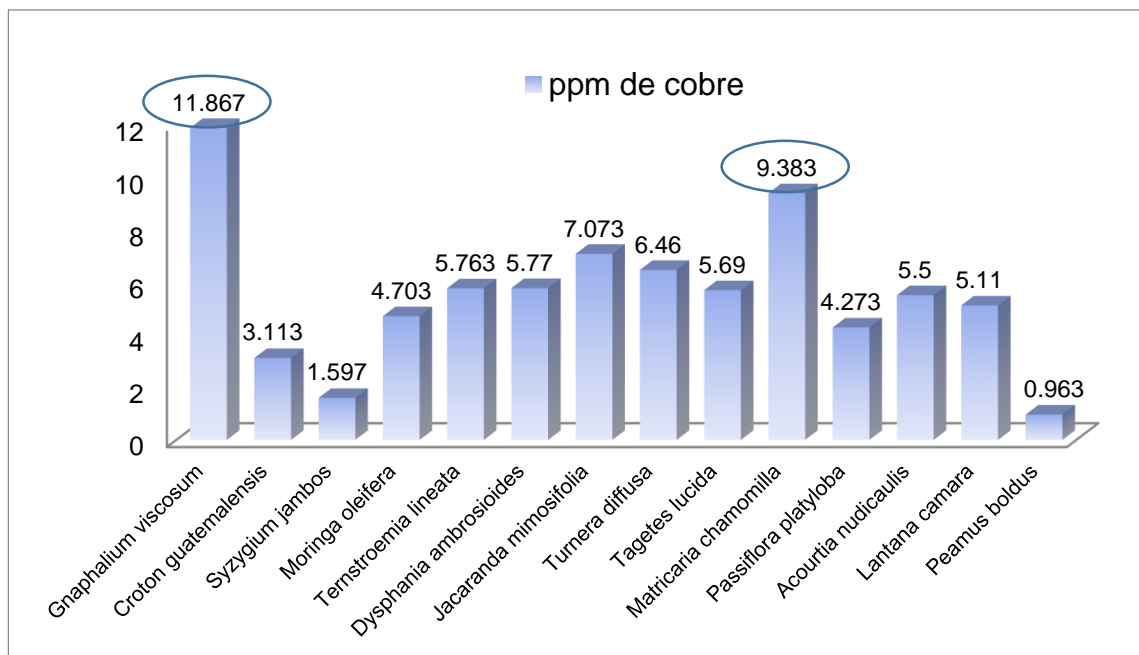


Gráfico N°4: Gráfico de comparación del contenido de cobre en las plantas medicinales procedentes del Mercado Central de San Salvador.

El cobre es esencial para mantener buena salud, previene la osteoporosis, mejora el aspecto de la piel pero altas cantidades pueden ser dañinas, por

ejemplo, la ingestión de altos niveles de cobre puede producir daño al hígado y al riñón y puede incluso causar la muerte.⁽²⁾

El “Gordolobo” *Gnaphalium viscosum* presentó la concentración más alta con respecto a las demás plantas medicinales analizadas. Por otro lado, una de las plantas medicinales más populares entre la población es la “Manzanilla”, siendo la segunda especie vegetal con más cobre en este estudio con 9.383 ppm (Ver **Gráfico N°4**).

Peamus boldus “Boldo” con apenas 0.97 ppm es la especie vegetal con el contenido más bajo en cobre, quedando por debajo del rango normal establecido.⁽¹⁶⁾ (Ver **Grafica N°4**)

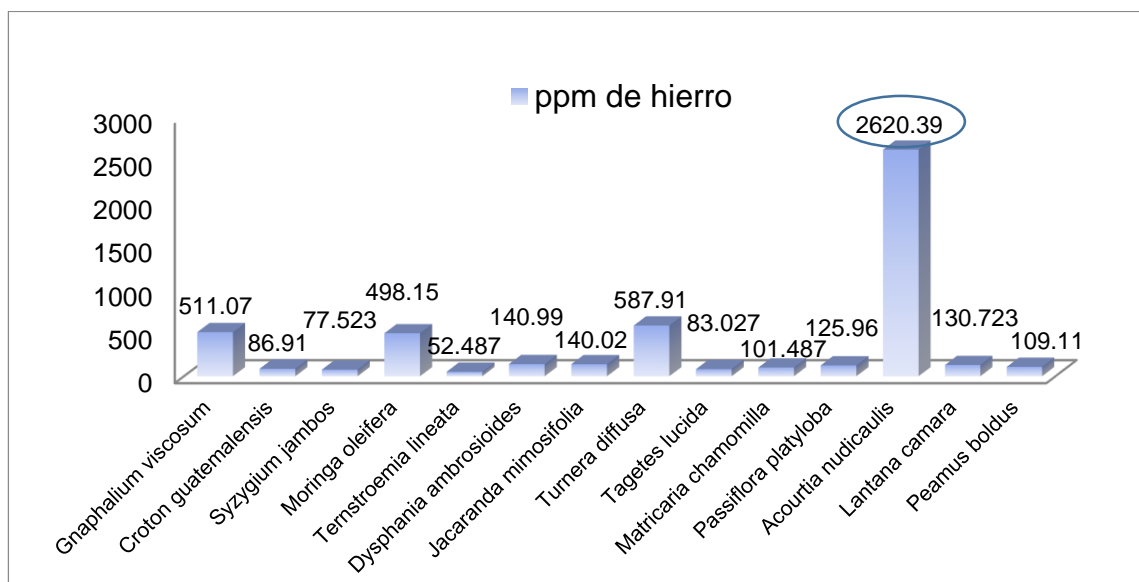


Grafico N°5: Comparación del contenido de hierro en las plantas medicinales procedentes del Mercado Central de San Salvador.

El valor más alto obtenido de hierro fue de 2620.39 ppm correspondiente a *Acourtia nudicaulis* “Valeriana”, como se puede observar en el Grafico N°5,

mientras que las demás plantas medicinales variaban entre 50 y 600 ppm. *Acourtia nudicaulis* podría ser explorada como un suplemento nutricional para la necesidad del hierro en el organismo, pero sería necesario conocer si las cantidades elevadas de hierro provienen directamente de la planta o si se trata de las bondades del suelo donde fue cultivada. Por otra parte, la concentración más baja corresponde a la especie *Ternstroemia lineata* "Tilo".

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES

1. La comercialización de plantas medicinales en los diferentes mercados de El Salvador carece de una legislación nacional que regule su contenido de metales pesados minerales y oligoelementos que asegure un consumo apto en la población.
2. Se llevó a cabo por primera vez el análisis fitoquímico de *Passiflora platyloba* "Pasiflora" y *Acourtia nudicaulis* "Valeriana", en la primera especie, se detectaron taninos, mientras que en "Valeriana" se reportaron flavonoides.
3. Las especies vegetales que dieron prueba positiva para lactonas insaturadas fueron *Croton guatemalensis*, *Syzigium jambos* ambas recomendadas para el tratamiento de la Diabetes; y *Ternstroemia lineata* para el tratamiento de la hipertensión; investigaciones anteriores indicaron que se encuentran presentes metabolitos secundarios con agrupamientos lactónicos y no glicósidos cardiotónicos .
4. Estudios previos indican que la presencia de Flavonoides poseen un efecto regulador en el tratamiento de la Diabetes, y se encontraron presentes en las tres especies vegetales recomendadas para este padecimiento: *Croton guatemalensis*, *Syzigium jambos* y *Moringa oleífera*.
5. En el análisis de pérdida por secado, las especies que sobrepasaron los límites establecidos en la Farmacopea Herbolaria Mexicana fueron: *Gnaphalium viscosum*, *Turnera diffusa* y *Passiflora platyloba*, por lo que estas plantas podría ser susceptibles a contaminaciones microbianas.

6. El contenido de cenizas en las especies *Passiflora platiloba*, *Turnera diffusa* y *Peumus boldus* se mantuvieron dentro el rango establecido por la Farmacopea Herbolaria Mexicana. Las demás plantas medicinales presentaron un contenido de cenizas en el rango de 5-18%.
7. *Ternstroemia lineata* "Tilo" es recomendada por los "Suchileros" del Mercado Central para el tratamiento de la Hipertensión Arterial, mas no hay estudios a la fecha que comprueben su eficacia para este padecimiento.
8. Las especies vegetales presentaron concentraciones de plomo y arsénico que no sobrepasaron las normativas de referencia; sin embargo, en el caso de *Moringa oleifera* "Moringa", esta se encuentra en el límite de arsénico, con 0.2 mg/Kg, y siendo una planta medicinal utilizada para el tratamiento crónico de la diabetes, es necesario que monitorear si el contenido de este metal pesado se debe a la especie vegetal o al uso de sustancias químicas en el suelo donde fue cultivada.
9. *Acourtia nudicaulis* "Valeriana" es utilizada para el tratamiento de la Ansiedad y Depresión mas no hay estudios a la fecha que comprueben su eficacia.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

VII RECOMENDACIONES

1. Monitorear el contenido de metales pesados, minerales y oligoelementos de forma periódica en las plantas medicinales comercializadas en los diferentes mercados de El Salvador por parte de los organismos de salud pública.
2. Realizar investigaciones a las hojas de *Moringa oleifera* "Moringa", acerca del contenido de arsénico y la capacidad que presenta esta especie vegetal de acumularlo en su interior.
3. Se debería de realizar un estudio acerca de la actividad sedante-hipnótica a la especie vegetal *Acourtia nudicaulis* "Valeriana", para asegurar su eficacia en el tratamiento de la Ansiedad y Depresión.
4. Realizar futuras investigaciones sobre la actividad antihipertensiva a las flores de *Ternstroemia lineata* "Tilo", ya que es una especie muy recomendada.
5. Realizar un estudio farmacognóstico del contenido de cenizas en las especies *Gnaphalium viscosum*, *Croton guatemalensis*, *Syzigium jambos*, *Moringa oleífera*, *Ternstroemia lineata*, *Dysphania ambrosioides*, *Jacaranda mimosifolia*, *Tagetes lucida*, *Matricaria chamomilla*, *Acourtia nudicaulis* y *Lantana camara*
6. Verificar el contenido de minerales así como de oligoelementos a las plantas medicinales utilizadas por tiempo prolongado en especial si el consumidor presenta problemas renales.

7. *Acourtia nudicaulis* presentó elevadas concentraciones de Hierro por lo que se debería investigar si este valor se debe al suelo donde se cultivó o a la especie vegetal en sí, para buscar si esta podría utilizarse como fuente de este oligoelemento.

8. Que el Ministerio de Salud de El Salvador realice controles de calidad microbiológico a las plantas medicinales comercializadas en diferentes mercados de El Salvador, para asegurar un producto apto para el consumo humano..

BIBLIOGRAFIA

1. Agencia Europea de Evaluación de Medicamentos (2008). *guideline on the specification limits for residues of metal catalyts or metal reagents draft*. London. Disponible en: <http://www.emea.europa.eu>
2. Agency for Toxic Substances and Disease registry. (2002). *Cobre. Division of Toxicology*. [On line]: Autor Disponible en: <http://ndb.usda.gov>
3. Alegría, V. y Rivera, R. (2014). *Estudio gastronómico y nutricional de frutas y hortalizas salvadoreñas*. [Seminario de graduación] El Salvador: Universidad Dr. José Matías Delgado. Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola.
4. Aquino, R., Cáceres, A., Morrelli, S., Rastrelli, L., (2002). An extract of *Tagetes lucida* and its phenolic constituents as antioxidants. *Journal of Natural Products* 65, 1773–1776.
5. Arana, M. y Ortiz, N. (2012). *Inhibición por extractos vegetales de uso medicinal de Pseudomonas aeruginosas y Acinetobacter baumannii multi-resistente*. [Seminario de Investigación] Guatemala.
6. Aranda P.; Planells E.; Llopis J. et. al. (2000). *Magnesio*. Scientific communication. Universidad de Granada. Departamento de Fisiología e Instituto de Nutrición y Tecnología de los alimentos. Facultad de Farmacia. Campus de Cartuja.. 18071 Granada. 1; 91-100. España.
7. Araujo, C. (2010). *Cuantificación del Plomo, Mercurio y Cadmio en agua de consumo humano de cinco comunidades de El Salvador por*

Espectrofotometría de Absorción Atómica. [Trabajo de graduación] El Salvador; p. 78.

8. Asociación Salvadoreña de Diabetes. (2011) Aumentan los casos de Diabetes en El Salvador. (On line).

Disponible:http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2850.pdf

9. Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1970). Official Analytical Chemists- 11th Ed. Washigton DC. Published By The Association of Official Chemists

10. Baca, S.; Ríos, P.; Rojas, J. et. al. (2015). Importancia del magnesio en la dieta humana. *Agroindustrial Science*, 5(2), 11-14.

11. Benitez, A. (1988). *Plantas de uso médico popular en el municipio de San Miguel Departamento de San Miguel*. [Trabajo de graduación] San Salvador, El Salvador.

12. Bermejo, J.; León, F.; Brovard, I. et. al. (2011). *Identificación y síntesis de metabolitos secundarios aislados de plantas y hongos de Canaria, Norte de África y Suramérica*. [Trabajo de Graduación] Departamento de Química, Unidad Asociada al CSIC, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.

13. Bonilla, J.; Santamaría, A.; Núñez, J. et. al. (2014). Efecto sedante. Ansiolítico y toxicológico del extracto acuoso de *Erythrina berteroana* (pito) en ratones. *Revista cubana de Plantas Medicinales*, 19(1), 383-398.

14. Bushra, H.; Rizwani, G.; Naseem, S. et. al. (2011). Determination of toxic

metals in some herbal drugs through atomic absorption spectroscopy. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 24(3), 353–358.

15. Cáceres, A. (2003). *Vademecum Nacional De Plantas Medicinales*. Guatemala: Editorial Universitaria.
16. Cáceres, A.; Álvarez, A. Ovando A. y Samayoa, E. (1991). Plants used in Guatemala for the treatment of respiratory diseases 1. Screening of 68 plants against gram-positive bacteria. *Journal of Ethnopharmacology*, 31, 193-208.
17. Cenicerros, L.(2006), *Análisis de productos herbales por CCF como parte del proceso de control de calidad*, s.i. 84p.
18. Cipriani, F.; Figueiredo, M.; Soares, G. et. al. (2012). Implicaciones químicas de la sistemática y filogenia de Bignoniaceae. *Química Nova*, 35(11), 2125-2131.
19. Codex Alimentarius, (2012). *Informe de la 11ª reunión del Comité del Codex sobre Principios Generales*. París, 25 - 29 Roma.
20. Concepción, N. y Méndez, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Archivos de Neurociencias*, 16(3), 140-147.
21. Cooman, A. y Torres, C. (2005). *Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (Physalis peruviana L.) bajo cubierta. II. Efecto de la oferta de calcio, boro y cobre*. 2ª edición. [Trabajo de graduación] Universidad de Colombia.

22. Corella, M.; Rascón, A.; Gastélum, J. et. al. (2015). Evaluación del efecto de la infusión de tila (*Trenstroemia pringlei*) sobre tejido sanguíneo y hepático. *Revista Noticonaquic*, 23(66), 37-40.
23. Cruz, E. y Andrade, A. (2015). Ethnopharmacological field study of the plants used to treat type 2 diabetes among the Cakchiquels in Guatemala. *Journal of Ethnopharmacology*, 159, 238-244.
24. Darinka, G.; Kadifkova-Panovsk T.; Baceva K.; et. al (2011). *Metalic Trace Elements in Medicinal Plants from Macedonia*. *Journal of Scientific Research*, 7(1), 109-114.
25. Dghaim, R.; Khatib, S.; Rasool, H. et. al. (2015). Determination of heavy metals concentration in traditional herbs commonly consumed in the United Arab Emirates. *Journal of Environmental and Public Health*. 17(4), 56-73.
26. Dirección Nacional de Medicamentos. (2013). *Ley de Medicamento. Decreto No 1008*, Asamblea Legislativa de la Republica de El Salvador.
27. Farmacopea Argentina (2014). *Determinación de humedad*. Octava edición, volumen 1: Autor.
28. Farmacopea Herbolaria de los Estados Unidos Mexicana (2013) *Porcentaje de cenizas*, segunda edición: Autor

29. Ferrer A. (2003). *Intoxicación por metales*. Análisis del Sistema Sanitario de Navarra, [Trabajo de graduación] Costa Rica: Universidad para la cooperación internacional. 26, 143.
30. Flores, J.; Carranza, F. y Bonilla, B. (2012). *Manual de Laboratorio de Analisis Bromatologicos*. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Química Agrícola. Kioto, Japan.
31. Garay, M. (2015). *Caracterización de la raíz de moringa y detección de actividad antifúngica del extracto de su raíz*. [trabajo de graduación] Departamento de Administración Agropecuaria, División de Ciencias Socioeconómicas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
32. García, C.; Kim, N.; Bich, N. et. al. (2009). Metabolitos secundarios en los extractos secos de *Passiflora incarnata* L., *Matricaria recutita* L. y *Morinda citrifolia* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 14(2) 1-7.
33. García, D. y Medina, M. (2006). Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zootecnia Tropical*, 24(3), 233.
34. Gavillán, J.; Aguilar, A.; Rivera, N. et. al. (2015). Chemical profile and in vivo hypoglycemic effects of *Syzygium jambos*, *Costus speciosus* and *Tapeinochilos ananassae* plant extracts used as diabetes adjuvants in Puerto Rico. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 15,244.
35. Gbolade, A.; Tira-Picos, V. y Noguera, J. (2010). Chemical constituents of *Chenopodium ambrossioides* var. *anthelminticum* herb essential oil from nigeria. *Chemistry of Natural Compounds*, 46(4), 654-655.

36. Gioanetto, F.; Díaz, J. T. y Quintero, R. (2010). *Usos alelopáticos, agroecológicos, medicinales, alimentarios, veterinarios y rituales de las adventicias silvestres y arvenses*. Morelia, México.
37. Gómez, M., Milton G.(2015). *Caracterización de metabolitos secundarios y evaluación del potencial citotóxico de Iresine spiculigera Seubert (Amaranthaceae)*. [Trabajo de graduación] Universidad Tecnológica de Pereira.
38. Gomez; J. (2008). Epazote (*Chenopodium ambrosioides*). Revisión a sus características morfológicas, actividad farmacológica, y biogénesis de su principal principio activo, ascaridol. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas medicinales y Aromáticas*, 7 (1), 3-9.
39. Guerrero, F. y Rodríguez, M. (2014). Magnesio y diabetes. Unidad de Investigación Biomedica, Instituto Mexicano del Seguro Social, Delegación Durango, Durango, México. 82(2), 282-289.
40. Gupta, R.; Mathur, M.; Bajaj, J. et. al. (2012). Evaluation of antidiabetic and antioxidant activity of *Moringa oleifera* in experimental diabetes. *Journal of Diabetes*, 4(2),164-171.
41. Hernandez, M. y Porrata, C. (1999). Calcio, osteoporosis, hipertensión arterial y cáncer colorrectal. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 13(1), 33-45.
42. Hernandez, T.; García, A.; Serrano, R. et. al. (2015). Fitoquímica y actividades biológicas de plantas de importancia en la medicina tradicional

del valle de tehuacán-cuicatlán. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 18(2),116-121.

43. Hinojosa, J.; Gutiérrez, M., Siller, L. et. al. (2013). Screening fitoquímico y capacidad antiinflamatoria de hojas de *Tithonia tubaeformis*. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 15(2), 53-60.
44. Hughes, W.; Genest, K. y Skakum, W. (1968). Alkaloids of *Peumus boldus*. Isolation of Laurotetanine and Laurolitsine. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 57(9), 1629-1621.
45. Instituto de Ecología y Sistemática (2007). *Estudio fitoquímico de la especie Syzygium jambos en la parte superior del rio San Diego*: Autor.
46. Jimenez, R. (2010). *Plant-based methods for remediating arsenic-polluted mine soils in Spain*. [tesis doctoral], Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Química y Farmacia, España. p. 224.
47. Kalita, S.; Kumar, G.; Karthik, L. et. al. (2012). A Review on medicinal properties of *Lantana camara* Linn. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 5(6), 711-715.
48. Kamal, M. y Jawaid, T. (2011). Herbal drugs in mirror of anxiety disorder - a review. *International Journal of Biomedical Research*, 2(1), 62-72.
49. Kamaldeep, D., Sanju, D.; y Anupam, S. (2004). Passiflora: a review update. *Journal of Ethnopharmacology*, 94, 1-23.

50. Kuklinski, C. (2003). *Farmacognosia: Métodos Generales de Obtención de los principios activos*. Barcelona, España: Ediciones Omega, S.A; p. 32-41.
51. Kumar, D., y Shivay, Y.S. (2008). *Definitional Glossary of Agricultural Terms*. New Delhi. I. K. International Publishing House Pvt. Ltd., pp. 259.
52. Lazare, S.; Menkem, E.; Kouipou, R. et. al. (2014). Secondary metabolites from *Jacaranda mimosifolia* and *Kigelia africana* (Bignoniaceae) and their anticandidal activity. *Record of Natural Products*, 8(3), 307-311.
53. Lema, A.; (2013). *Separación y posible identificación de metabolitos secundarios de Jacaranda (Jacaranda mimosifolia) con fines de aporte a una técnica de análisis fitoquímico*. [Tesis de grado para la licenciatura en Bioquímico Farmacéutica] Ecuador.
54. Limo U. (2003). *Fundamentos teóricos del plomo*. Versión III. Ubilis Limo, medio ambiente de Talara. [Trabajo de graduación] Perú.
55. Limo. U. (2003). *Estudio sobre la presencia del plomo*. Ubilis Limo, medio ambiente de Talara. [Trabajo de graduación] Perú.
56. Lock, O. (1995). *Análisis fitoquímico y metabolito secundarios*. Manual de Fitoterapia. Universidad de San Carlos Guatemala. p. 41-64.
57. Lopez Sotelo E. (2010). *usos medicinales del boldo o peumus boldus Molina*. [Trabajo de graduación] Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Mexico.

58. Maldonado, G.; Pacheco, D.; Urdaneta, A. et. al. (2013). Flavonoides presentes en especies de *Psidium* (myrtaceae) en Venezuela. *Revista Facultad Agronómica*, 30, 217-241.
59. Mancebo, B.; Sánchez, L.; Aires, W. et. al. (2014). Tamizaje fitoquímico de extractos metanólicos de *Tephrosia vogelii* Hook, *Chenopodium ambrosoides*, *Cajanus cajan* y *Solanum nigrum* L. de la provincia de Huambo, Angola. *Revista de Salud de Anim.* 36(3), 164-169.
60. Medina, O.; Sánchez, N.; Fraguas, D. et. al. (2008). *Valeriana officinalis* en el tratamiento a largo plazo del insomnio. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 37(4), 614-626.
61. Meena, A.; Bansal, P.; Kumar, S. et. al. (2010). Estimation of heavy metals in commonly used medicinal plants: A market basket survey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 170 (1-4), 657–660.
62. Ministerio de agricultura. (2008). *Plantas medicinales y aromáticas*. P 9-10. El Salvador.
63. Ministerio de salud (2016). *Servicios de salud*. El Salvador: Autor. Disponible en: <http://www.salud.gob.sv/>
64. Mishra, D.; Gupta, R.; Pant, S. C.; Kushwah, P.; Satish, H. T.; Flora, S. J. S. (2007). Co-administration of monoisoamyl dimercaptosuccinic acid and *Moringa oleifera* seed powder protects arsenic-induced oxidative stress and metal distribution in mice. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 19(1), 169-182.

65. Morales, R. y Peñate V. (1992). *Principales plantas medicinales utilizadas en los municipios de Santa Ana, Coatepeque, Chalchuapa y Texistepeque*. [Trabajo de graduación] San Salvador, El Salvador.
66. Mori. (2006). *estudio del mercado regional e internacional de plantas medicinales e insumos para fitoterápicos FIDA / UNOPS*. View research catálogo.
67. Morton, O.; Gómez, J.; Armienta, M. et. al. (2013). Metal accumulation by plant species growing on a mine contaminated site in Mexico. *Environmental Earth Sciences*.
68. Muñoz, N. (2007). *Determinación de plomo y cadmio en hierbas medicinales*. Universidad de Belgrano, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Carrera de Farmacia Buenos aires, Argentina.
69. Na, S. y Mujeeb, M. (2013). Determination of heavy metal in medicinal plants by Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). *International Journal of Phytotherapy Research*, 3(4), 21–26.
70. Nacional U, San MDE, Bioquímica EAPDEFY (2009) *Análisis del uso de plantas medicinales en mercados de abastos del distrito de Ventanilla-Callao*, Venezuela, [Trabajo de graduación] Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica. p. 111.
71. Olowoyo, J.; Heerden E.; Fisher J. et. al. (2010). Trace metals in soil and leaves of *Jacaranda mimosifolia* in Tshwane area, South Africa. *Atmospheric Environment*, 44, 1826-1830.

72. Ong, G.; Yap, C.; Maziah, M. et. al. (2011). Heavy metal accumulation in medicinal plant *Centella asiatica* from Peninsular Malaysia. *Journal of Biological Sciences*, 11(2), 146-155.
73. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2016) *Evaluación de los productos forestales no madereros*. El Salvador. Disponible en: www.fao.org/docrep/007/ae159s/ae159s04.htm
74. Organización mundial de la salud (2013) *Límite de metales pesados en productos naturales*, Ginebra: Autor.
75. Organización Mundial de la Salud (2014) *Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional*.
76. Paula, A.; Sayuri, S.; Fujimori, E. et. al. (2010). Consumo alimentar e ingestión de hierro por mujeres embarazadas y en edad reproductiva. *Revista Latina* 8(2), 34. Disponible en: www.eerp.usp.br/rlae
77. Payo, A.; Oquendo, M. y Oviedo, R. (1996). Tamizaje fitoquímico preliminar de plantas que crecen en Holguin. *Revista Cubana de Farmacia*, 30(2). 274-289.
78. Perez, C. (2014). *Evaluación del potencial antioxidante de mezclas de extractos etanólicos de Mollinedia racemosa, Siparuna sessiliflora y Croton leptostachyus*. [Trabajo de Graduación] Programa de Biología, Facultad de ciencias, Universidad del Tolima.

79. Platero D. y Pacheco K. (2009). *Estudio de adulteración y/o falsificación en productos elaborados a partir de Trigonella foenum-graecum L.(Fenogreco), Turnera ulmifolia (Damiana), Linum usitatissimum L. (Lino), Hamelia patens (Chichipince), Coutarea hexandra (Quina) comercializados en el municipal de Soyapango.* [Trabajo de graduación para la licenciatura en Química y Farmacia] Universidad de El Salvador. El Salvador.
80. Ramos E. (2013). *La sobrevivencia de la medicina tradicional como alternativa en los sectores populares.* Universidad Tecnológica de El Salvador. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10972/319>.
81. Raupp, I.; Sereniki, A.; Virtuoso, S. et. al.(2008). Anxiolytic-like effect of chronic treatment with *Erythrina velutina* extract in the elevated plus-maze test. *Journal of Ethnopharmacology*. (118) 295-299.
82. Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 11.03.56:09 (2012) *Productos farmacéuticos, productos naturales medicinales para uso humano y verificación de la calidad.* anexo 1 de la resolución No.270 - 2011.
83. Rejón, O.; Hernandez, J.; Grajales, A. et. al. (2016). Antinociceptive effect of aqueous extracts from the bark of *Croton guatemalensis* Lotsy in mice. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 11(1), 15-22.
84. Rezende, W.; Borges, L.; Alves, N. et. al. (2013). Chemical variability in the essential oils from leaves of *Syzygium jambos*. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 23(3), 433-440.

85. Richard, C. (2009). *Espectroscopia de emisión y absorción atómica*. Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Químicas. Mexico.
86. Rivera, R. (1996). *Evaluación de la Toxicidad Sub-aguda de hojas y corteza de Croton guatemalensis*. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
87. Rocha, E. (2000). *Espectrometría de absorción atómica*. Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Químicas. Editorial UACH, México, p. 123-230.
88. Rubio, C. y Weller, D. (2016). *El zinc: Oligoelemento esencial*. Universidad de La Laguna, Área de toxicología, España. 1-8.
89. Salamanca, G. (2012). *La familia Euforbiaceae como condición promisoría para la obtención de metabolitos secundarios*. Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Universidad del Tolima. Colombia.
90. Salas, F. y Volke, T. (2007). *Selección in vitro de plantas tolerantes a plomo para su uso en fitorremediación*. [tesis doctoral]. Lab. residuos sólidos, México. P.39.
91. Salatino A.; Faria M. y Negri J. (2007) Traditional uses, Chemistry and Pharmacology of *Croton* species (Euphorbiaceae). *Sociedad brasileña de Quimica*, 18(1), 11-33

92. Salguero, R.; Valencia, C. y Vásquez, A. (1994). *Estudio Etnobotánico de Plantas Medicinales en el Municipio de Santo Tomás* [Trabajo de Graduación], Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
93. Salomón, H. y Bucay, J. (2009). Algunas plantas utilizadas en México para el tratamiento del asma. *Anales de Otorrinolaringología Mexicana*, 54(4), 145-171.
94. Sánchez, G.; Cabañas, W.; Arana, V.; et. al. (2013). Citoflavonoides como posible alternativa en el tratamiento de la diabetes y sus complicaciones, *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 42(3), 17-21.
95. Sanjeeb, K.; Gaurav, K.; Loganathan, K. et. al. (2012). *A Review on Medicinal Properties of Lantana camara Linn.* 5(6), 711-715.
96. Secretaria de Salud, (2013). *Comision permanente de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos*. Farmacopea Herbolaria de los Estados Unidos Mexicanos.Mexico.
97. Sharafzadeh, S. y Alizadeh, O. (2011). German and Roman Chamomile. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(10), 1-5.
98. Sharapin, N. (2000). *Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos*. [Trabajo de graduación] Universidad Andrés bello, Colombia.
99. Shimadzu Corporation. Atomic Absorption Spectrophotometry Cookbook. Foodstuff Analysis. Fertilizer and Feed Analysis, Section 6.

100. shimadzu corporation. *Health resting methods commentary, Japan Pharmaceutical society publication, Kanehara publishing CO. Section 6, foodstuffs analysis. p. 45.*
101. Simirgiotis, M. y Schmeda, G. (2010). Direct identification of phenolic constituents in Boldo Folium (*Peumus boldus* Mol.) infusions by high-performance liquid chromatography with diode array detection (HPLC-DAD) and electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography*, 54(17), 443–449.
102. Soriano, L.; Alcaraz, L.; Méndez, L. et al. (2014). Antioxidant and trace element content of damiana (*Turnera diffusa* Willd) under wild and cultivated conditions in semi-arid zones. *Industrial Crops and Products*, 37 (2), 321– 327.
103. Subramain, R.; Gayathri, S.; Rathnavel, C. et. al. (2012) *Analysis of mineral and heavy metals in some medicinal plantas collected from local market.* Asian J Trop Biomed;74-8.
104. Valdez, M.; Mejía, V.; Téllez, A. et. al. (2015). Nutritional Content and Elemental and Phytochemical Analyses of *Moringa oleifera* Grown in Mexico. *Journal of Chemistry*, 5, 123-125.
105. Vaquero, E.; Giraldo, D. y Molina, C. (2009). Situación Actual del Comercio de Plantas Medicinales en Venezuela: Potencialidades y Amenazas. Boletín latinoamericano y del caribe de plantas medicinales y aromáticas. *Revistas Científicas de América Latina y del Caribe*, 10(8), 764-769.

106. World Health Organization. (1998). *Quality controls methods for Medicinal plants*. Villa de Geneve. 1^a ed.
107. Yang, L.; Ying, C. y Yen, K. (2000). Induction of apoptosis by hydrolyzable tannins from *Eugenia jambos* L. on human leukemia cells. *Cancer Letters*, 157, 65-75.
108. Younes, W. y Zamrek, M. (2015). Lead and cadmium accumulation in commonly used medicinal plants in Syrian markets. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(4), 777–780.

ANEXOS

ANEXO N°1

TABLAS DE ENFERMEDADES MAS PREVALENTES DE ACUERDO AL
MINSAL.⁽²⁷⁾

Tabla N° 7: Enfermedades más prevalentes de acuerdo al Ministerio de Salud
(MINSAL)

N° de orden	Diagnostico
1	Enfermedades respiratorias
2	Diabetes Mellitus
3	Enfermedades hipertensivas
4	Enfermedades Parasitarias
5	Depresión y ansiedad
6	Dolor (cabeza y articulaciones)
7	Mejorar la digestión

ANEXO N° 2

ENTREVISTA Y FORMAS DE PREPARACIÓN DE LAS PLANTAS
MEDICINALES PARA EL TRATAMIENTO DE
ENFERMEDADES PREVALENTES EN LA POBLACIÓN

**MODELO DE ENTREVISTA INFORMAL REALIZADA A LOS COMERCIANTES
DE PLANTAS MEDICINALES**

Cuadro N° 6: Entrevista informal realizada a los comerciantes de plantas medicinales acerca de la Diabetes.

¿Qué plantas medicinales recomiendan para el tratamiento de la Diabetes?	¿Cuál es el estado de la planta?	¿Qué parte de la planta se debe utilizar?	¿Cuál es su forma de preparación?	¿Cuántas veces al día debe utilizarse?	¿Por cuánto tiempo se debe consumirse?
“Copalchi”	seca	Hoja y Corteza	Tres hojas y un trozo de corteza para dos tazas de agua.	2 veces al día por la mañana y por la tarde	Hasta percibir mejoría
“Manzana rosa”		Hojas	2 hojas por cada taza de agua	2 veces al día por la mañana y por la tarde	
“Moringa”		Hojas	Cantidad considerable de hojas debido a su pequeño tamaño/Taza de Agua	2 veces al día por la mañana y por la tarde	

Cuadro N° 7: Entrevista informal realizada a los comerciantes de plantas medicinales acerca de las enfermedades de los Bronquios y Asma.

¿Qué plantas medicinales recomiendan para el tratamiento de enfermedades de los Bronquios y Asma?	¿Cuál es el estado de la planta?	¿Qué parte de la planta se debe utilizar?	¿Cuál es su forma de preparación?	¿Cuántas veces al día debe utilizarse?	¿Por cuánto tiempo se debe consumirse?
"Gordolobo"	Seca	flores	Infusión de las hojas	2 veces al día por la mañana y por la tarde	Hasta percibir mejoría

Cuadro N° 8: Entrevista informal realizada a los comerciantes de plantas medicinales acerca de la Hipertensión.

¿Qué plantas medicinales recomiendan para el tratamiento de la Hipertensión?	¿Cuál es el estado de la planta?	¿Que parte de la planta se debe utilizar?	¿Cuál es su forma de preparación?	¿Cuántas veces al día debe utilizarse?	¿Por cuánto tiempo se debe consumirse?
"Tilo"	Seca	Flores	Infusión de las flores	2 veces al día por la mañana y por la tarde	Hasta percibir mejoría
"Múerdago"		Hojas	Infusión de las hojas	2 veces al día	Hasta percibir mejoría

Cuadro N° 9: Entrevista informal realizada a los comerciantes de plantas medicinales acerca de las enfermedades de Parasitosis.

¿Qué plantas medicinales recomiendan para el tratamiento de la Parasitosis?	¿Cuál es el estado de la planta?	¿Qué parte de la planta se debe utilizar?	¿Cuál es su forma de preparación?	¿Cuántas veces al día debe utilizarse?	¿Por cuánto tiempo se debe consumirse?
"Epazote"	Seca	Hoja y Tallo	Poner en decocción hoja y tallo de la planta	1 vez al día	Hasta expulsar los parasitos
"Gualanday"		Hoja	Cantidad considerable de hojas debido a su pequeño tamaño/Taza de Agua	1 vez al día	Hasta expulsar los parasitos
"Jalapa"		Hoja	Infusión de las hojas	1 vez al día	Hasta expulsar los parasitos

Cuadro N° 10: Entrevista informal realizada a los comerciantes de plantas medicinales acerca de las la Depresión y la Ansiedad.

¿Qué plantas medicinales recomiendan para el tratamiento de la Depresión y Ansiedad?	¿Cuál es el estado de la planta?	¿Que parte de la planta se debe utilizar?	¿Cuál es su forma de preparación?	¿Cuántas veces al día debe utilizarse?	¿Por cuánto tiempo se debe consumirse?
“Damiana”	Seca	Hojas	Cantidad considerable de hojas debido a su pequeño tamaño/Taza de Agua	3 veces al día	Hasta percibir mejoría
“Hierba de San Juan”		Hojas	Infusión de las hojas	3 veces al día	Hasta percibir mejoría
“Manzanilla”		Toda la planta	Decocción de toda la planta	3 veces al día	Hasta percibir mejoría
“Pasiflora”		Hojas y tallos	Decocción de las hojas y tallos	3 veces al día	Hasta percibir mejoría
“Valeriana”		Hojas	Infusión de las hojas	3 veces al día	Hasta percibir mejoría

Cuadro N° 11: Entrevista informal realizada a los comerciantes de plantas medicinales acerca de las la Depresión y la Ansiedad.

¿Qué plantas medicinales recomiendan para la reducción de peso?	¿Cuál es el estado de la planta?	¿Qué parte de la planta se debe utilizar?	¿Cuál es su forma de preparación?	¿Cuántas veces al día debe utilizarse?	¿Por cuánto tiempo se debe consumirse?
“Boldo”	seca	Hojas	Infusión de las hojas	Antes de cada comida	Hasta resultados esperados
“Alcachofa”		Toda la planta	Decocción de toda la planta	Antes de cada comida	Hasta resultados esperados

ANEXO N°3

CRISTALERIA Y PREPARACION DE REACTIVOS

MATERIALES Y CRISTALERIA

- Agitadores de vidrio
- Ampolla de separación 125 mL
- Aro metálico
- Balones volumétricos 50 mL, 100 mL y 200 mL
- Baño maría
- Bolsas plásticas de 5 lb
- Bolsas plásticas de jardín
- Bolsas plásticas Ziploc
- Crisoles de porcelana
- Embudo de vidrio
- Espátula de plástico
- Etiquetas de papel
- Guantes
- Hielera y hielo
- Hot-plate
- Marcador permanente
- Mascarilla para gases
- Micropipetas de 5 y 10 mL
- Mortero y pistilo
- Papel filtro Whatman # 42
- Papel glassine
- Papel kraft
- Papel toalla
- Pinza sostén
- Pipetas pasteur
- Pizeta plástica
- Probetas 25 mL, 50 mL y 100 mL

- Puntas para micropipetas
- Soporte de madera para filtrar
- Soporte metálico
- Tubos de ensayo
- Vaso de precipitado 25, 50, 100, 250 mL
- Vidrio reloj

EQUIPO

- Balanza analítica
- Balanza granataria
- Cámara de extracción de gases Fisher Hamilton
- Digital ultrasonic bath Symphony
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Shimadzu) AA-7000
- Estufa Thermo scientific Heratherm OMH400
- Horno de Grafito GFA-7000
- Hot plate
- Mufla
- Ultrasonic bath BRANSON M2800H
- Unidad de Generador de Vapor de Hidruros
- Unidad de llama para espectrofotómetro de Absorción Atómica

REACTIVOS

Reactivos utilizados en el análisis fitoquímico preliminar:

- Acetato de etilo
- Ácido clorhídrico 10% (v/v)
- Ácido Clorhídrico concentrado
- Ácido sulfúrico 10% (v/v)
- Ácido sulfúrico concentrado

- Anhídrido acético
- Clorhidrato de quinina 5% (m/v)
- Diclorometano
- Dicromato de potasio al 5% (m/v)
- Etanol 90°
- Hidróxido de potasio al 5% (m/v) en metanol
- Láminas de magnesio
- Metanol
- *n*-hexano
- Reactivo de Baljet
- Reactivo de Dragendorff
- Reactivo de Mayer
- Reactivo de Wagner
- Reactivo revelador de "Kedde"
- Solución de gelatina al 5% (m/v)
- Subacetato de plomo al 5% (m/v)
- Sulfato de sodio anhidro.
- Tricloruro de hierro 1% (v/v) en metanol

Reactivos utilizados en la determinación de metales pesados, minerales y oligoelementos:

- Ácido Clorhídrico concentrado
- Ácido clorhídrico (1:1)
- Ácido nítrico (1:1)
- Agua bidestilada
- Solución Estándar de 1000 ppm de plomo
- Solución Estándar de 1000 ppm de arsénico
- Solución Estándar de 1000 ppm de hierro

- Solución Estándar de 1000 ppm de cobre
- Solución Estándar de 1000 ppm de zinc
- Solución de Nitrato de paladio (II)
- Solución de Yoduro de potasio
- Solución de Tetrahidrobórato de sodio 0.5%

PREPARACIÓN DE REACTIVOS PARA EL ANÁLISIS FITOQUÍMICO

➤ Reactivos utilizados en la prueba de Lieberman – Burchard.

Preparación de 200 mL de ácido sulfúrico 10% (v/v).

1. Medir 20.8 mL de ácido sulfúrico concentrado (96 %) en una probeta de 25 mL.
2. Transferir el volumen anterior a un beaker de 250 mL (Beaker “A”).
3. Agregar un volumen aproximado de 100 mL de agua desmineralizada al beaker “A”.
4. Realizar dos lavados de 10 mL a la probeta y recibirlos en el beaker “A”.
5. Dejar enfriar el beaker “A” y una vez frío transferir la solución a un balón volumétrico de 200 mL.
6. Realizar dos lavados de 10 mL al beaker “A” y recibirlos en el balón.
7. Agitar el balón para homogenizar.
8. Aforar el balón con agua desmineralizada con la ayuda de una pizeta y agitar nuevamente para homogenizar.

➤ Reactivos utilizados en la determinación de Glicósidos cardiotónicos.

Preparación de 100 mL del reactivo revelador “Kedde”.

- Kedde “A”:

1. Pesar 1.0 g de ácido 3,5 dinitrobenzónico en un beaker de 50 mL (Beaker “A”).
2. Agregar 30 mL de metanol al beaker “A” y agitar hasta disolver.
3. Transferir el contenido del beaker “A” a un balón volumétrico de 50 mL.
4. Realizar dos lavados de 5 mL de metanol al beaker “A” y recibirlos en el balón volumétrico.
5. Agitar el balón para homogenizar.
6. Aforar el balón con metanol por medio de una pizeta y agitar nuevamente para homogenizar.

- Kedde “B”:

1. Pesar 2.85 g de hidróxido de potasio en un beaker de 50 mL (Beaker “B”).
2. Agregar 30 mL de metanol al beaker “B” y agitar hasta disolver.
3. Transferir el contenido del beaker “A” a un balón volumétrico de 50 mL.
4. Realizar dos lavados de 5 mL de metanol al beaker “A” y recibirlos en el balón volumétrico.
5. Agitar el balón para homogenizar.
6. Aforar el balón con metanol por medio de una pizeta y agitar nuevamente para homogenizar.

➤ **Reactivos utilizados en la determinación de Glicósidos antraquinónicos.**

Preparación de 100 mL del reactivo revelador “KOH 5 % (m/v) en metanol”.

1. Pesar 5 g de hidróxido de potasio en un beaker de 100 mL (Beaker “K”).
2. Agregar 70 mL de metanol al beaker “K” y agitar hasta disolver.
3. Transferir el contenido del beaker “K” a un balón volumétrico de 100 mL.
4. Realizar dos lavados de 10 mL de metanol al beaker “K” y recibirlos en el balón volumétrico.
5. Agitar el balón para homogenizar.
6. Aforar el balón con metanol por medio de una pizeta y agitar nuevamente para homogenizar.

➤ **Reactivos utilizados en la determinación de Taninos.**

Preparación de 100 mL de subacetato de plomo 5% (m/v).

1. Pesar 5 g de acetato de plomo en un beaker de 100 mL (Beaker “P”).
2. Agregar 70 mL de agua desmineralizada al beaker “P” y agitar hasta disolver.
3. Transferir el contenido del beaker “P” a un balón volumétrico de 100 mL.
4. Realizar dos lavados de 10 mL de agua desmineralizada al beaker “P” y recibirlos en el balón volumétrico.

5. Agitar el balón para homogenizar.
6. Aforar el balón con agua desmineralizada por medio de una pizeta y agitar nuevamente para homogenizar.

Preparación de 100 mL de dicromato de potasio 5% (m/v).

1. Pesar 5 g de dicromato de potasio en un beaker de 100 mL (Beaker "D").
2. Agregar 70 mL de agua desmineralizada al beaker "D" y agitar hasta disolver.
3. Transferir el contenido del beaker "D" a un balón volumétrico de 100 mL.
4. Realizar dos lavados de 10 mL de agua desmineralizada al beaker "D" y recibirlos en el balón volumétrico.
5. Agitar el balón para homogenizar.
6. Aforar el balón con agua desmineralizada por medio de una pizeta y agitar nuevamente para homogenizar.

Preparación de 100 mL de solución de gelatina al 5% (m/v).

1. Pesar 5 g de gelatina en un beaker de 100 mL (Beaker "G").
2. Pesar 10 g de cloruro de sodio en un vidrio reloj.
3. Agregar 70 mL de agua desmineralizada al beaker "G".
4. Calentar suavemente el contenido del beaker "G" y agitar hasta disolver.
5. Una vez disuelta la gelatina, incorporar los 10 g de cloruro de sodio.
6. Agitar hasta disolver.
7. Dejar enfriar la solución.
8. Transferir el contenido del beaker "G" a un balón volumétrico de 100 mL.

9. Realizar dos lavados de 10 mL de agua desmineralizada al beaker "G" y recibirlos en el balón volumétrico.
10. Agitar el balón para homogenizar.
11. Aforar el balón con agua desmineralizada por medio de una pizeta y agitar nuevamente para homogenizar.

Preparación de 100 mL de clorhidrato de quinina 5% (m/v).

1. Pesar 5 g de clorhidrato de quinina en un beaker de 100 mL (Beaker "G").
2. Agregar 70 mL de agua desmineralizada al beaker "Q".
3. Calentar suavemente el contenido del beaker "Q" y agitar hasta disolver.
4. Dejar enfriar la solución.
5. Transferir el contenido del beaker "Q" a un balón volumétrico de 100 mL.
6. Realizar dos lavados de 10 mL de agua desmineralizada al beaker "Q" y recibirlos en el balón volumétrico.
7. Agitar el balón para homogenizar.
8. Aforar el balón con agua desmineralizada por medio de una pizeta y agitar nuevamente para homogenizar.

Preparación de 100 mL de tricloruro de hierro 1% (v/v) en metanol.

1. Pesar 1 g de tricloruro de hierro en un beaker de 100 mL (Beaker "T").
2. Agregar 70 mL de metanol al beaker "T" y agitar hasta disolver.

3. Transferir el contenido del beaker "T" a un balón volumétrico de 100 mL.
4. Realizar dos lavados de 10 mL de metanol al beaker "T" y recibirlos en el balón volumétrico.
5. Agitar el balón para homogenizar.
6. Aforar el balón con metanol por medio de una pizeta y agitar nuevamente para homogenizar.

➤ **Reactivos utilizados en la determinación de Alcaloides.**

Preparación de 200 mL de ácido clorhídrico 10% (v/v).

1. Medir 54 mL de ácido clorhídrico concentrado (37 %) en una probeta de 100 mL.
2. Transferir el volumen anterior a un beaker de 250 mL (Beaker "C").
3. Agregar un volumen aproximado de 100 mL de agua desmineralizada al beaker "C".
4. Realizar dos lavados de 10 mL a la probeta y recibirlos en el beaker "C".
5. Dejar enfriar el beaker "C" y una vez frío transferir la solución a un balón volumétrico de 200 mL.
6. Realizar dos lavados de 10 mL al beaker "C" y recibirlos en el balón.
7. Agitar el balón para homogenizar.
8. Aforar el balón con agua desmineralizada con la ayuda de una pizeta y agitar nuevamente para homogenizar.

Preparación de 100 mL del reactivo de Dragendorff.

9. Pesar 8.0 g de nitrato de bismuto pentahidratado ($\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) en un beaker de 50 mL (Beaker "N").
10. Pesar 27.2 g de yoduro de potasio (KI) en un beaker de 100 mL (Beaker "Y").
11. Adicionar 20 mL de ácido nítrico (HNO_3) al 30 % al beaker "N" y agitar hasta disolver.
12. Incorporar 50 mL de agua desmineralizada al beaker "Y" y agitar hasta disolver.
13. Transferir el contenido del beaker "N" al beaker "Y".
14. Dejar reposar el contenido del beaker "Y" por 24 hrs.
15. Transferir el contenido del beaker "Y" a un balón volumétrico de 100 mL.
7. Realizar dos lavados de 10 mL de agua desmineralizada al beaker "Y" y recibirlos en el balón volumétrico.
16. Aforar el balón con agua desmineralizada por medio de una pizeta y agitar nuevamente para homogenizar.

Preparación de 100 mL del reactivo de Mayer.

1. Pesar 1.36 g de dicloruro de mercurio (HgCl_2) en un beaker de 100 mL (Beaker "M").
2. Pesar 5.0 g de yoduro de potasio (KI) en un beaker de 25 mL (Beaker "U").
3. Adicionar 60 mL de agua desmineralizada al beaker "M" y agitar hasta disolver su contenido.
4. Incorporar 10 mL de agua desmineralizada al beaker "U" y agitar hasta disolver su contenido.
5. Transferir el contenido del beaker "U" al beaker "M".

6. Decantar el contenido del beaker "M" a un balón volumétrico de 100 mL.
7. Realizar dos lavados de 10 mL de agua desmineralizada al beaker "M" y recibirlos en el balón volumétrico.
8. Aforar el balón con agua desmineralizada por medio de una pizeta y agitar nuevamente para homogenizar.

Preparación de 100 mL del reactivo de Wagner.

1. Pesar 1.27 g de yodo (I_2) en un beaker de 50 mL (Beaker "W").
2. Pesar 2 g de yoduro de potasio (KI) en un vidrio de reloj.
3. Adicionar 50 mL de agua desmineralizada al beaker "W" y agitar.
4. Incorporar al beaker "W" los 2 g de yoduro de potasio.
5. Transferir el contenido del beaker "W" a un balón volumétrico de 100 mL.
6. Realizar dos lavados de 10 mL de agua desmineralizada al beaker "W" y al vidrio reloj, recibir estos lavados en el balón volumétrico.
7. Aforar el balón con agua desmineralizada por medio de una pizeta y agitar para homogenizar.

➤ **Reactivos utilizados en la determinación de sesquiterpenlactonas.**

Preparación de 100 mL del reactivo revelador "Baljet".

- Solución "A":

7. Pesar 1.0 g de ácido pícrico en un beaker de 50 mL (Beaker "S").
8. Agregar 30 mL de etanol 90° al beaker "S" y agitar hasta disolver.

9. Transferir el contenido del beaker "S" a un balón volumétrico de 50 mL.
10. Realizar dos lavados de 5 mL de etanol 90° al beaker "S" y recibirlos en el balón volumétrico.
11. Agitar el balón para homogenizar.
12. Aforar el balón con etanol 90° por medio de una pizeta y agitar nuevamente para homogenizar.

- **Solución "B":**

1. Pesar 5 g de hidróxido de sodio en un beaker de 50 mL (Beaker "B").
2. Agregar 30 mL de agua desmineralizada al beaker "B" y agitar hasta disolver.
3. Transferir el contenido del beaker "A" a un balón volumétrico de 50 mL.
4. Realizar dos lavados de 5 mL de agua desmineralizada al beaker "A" y recibirlos en el balón volumétrico.
5. Agitar el balón para homogenizar.
6. Aforar el balón con agua desmineralizada por medio de una pizeta y agitar nuevamente para homogenizar.

- **Reactivo de Baljet:**

1. Mezclar en partes iguales de la solución "A" y "B".

ANEXO N°4

MODELO DE ETIQUETA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS PLANTAS
MEDICINALES

ANEXO N°4

Nombre común: "Epazote"

Nombre científico: *Dysphania ambrosioides* L.

Lugar de recolección: Mercado Central de San Salvador

Fecha de recolección: 11/06/16

Nombre común: "Gordolobo"

Nombre científico: *Gnaphalium viscosum* kunth

Lugar de recolección: Mercado Central de San Salvador

Fecha de recolección: 11/06/16

Nombre común: "Manzanilla"

Nombre científico: *Matricaria chamomilla* L.

Lugar de recolección: Mercado Central de San Salvador

Fecha de recolección: 11/06/16

ANEXO N° 5

CERTIFICADO DE IDENTIFICACION DE MUESTRAS BOTANICAS



San salvador, 20 de Junio de 2016

Dr. Marvin Nuñez
Laboratorio de Investigación de Productos Naturales
Facultad de Química y Farmacia
Universidad de El Salvador
Presente.

Reciba un cordial saludo en espera de encontrarse obteniendo los mejores resultados en sus investigaciones.

Por este medio hago constar que los estudiantes: Br. *Sofía Gabriela Hernández Mancía* y Br. *Melissa Alexandra Morataya Gonzalez*, han traído para su identificación científica 20 muestras de plantas a las cuales se les atribuyen usos medicinales populares como parte del estudio de tesis denominado: **“Análisis fitoquímico y determinación de metales pesados, minerales y oligoelementos, en plantas medicinales comercializadas en el mercado central de San Salvador”**, desarrollado por la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Para los usos que estime conveniente se extiende la presente constancia de identificación de muestras botánicas, las cuales se registran en el cuadro anexo.

Atentamente,

F. 

Lic. José Gabriel Cerén López
Curador Herbario MHES
Museo de Historia Natural de El Salvador





Museo de Historia Natural de El Salvador - Herbario MHES
Tesis: "Análisis fotoquímico y determinación de metales pesados, minerales y oligoelementos, en plantas medicinales comercializadas en el mercado central de San Salvador". Facultad de Química y Farmacia, UES.

Identificación de especies realizada por: José Gabriel Cerén López y Jenny Elizabeth Menjivar Cruz

	Familia	Nombre Científico	Nombre común	Origen
1	Amaranthaceae	<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin & Clemants	"epazote"	Cosmopolita
2	Asteraceae	<i>Cynara</i> sp.	"alcachofa"	Nativa
3	Asteraceae	<i>Gnaphalium viscosum</i>	"gordolobo"	Norteamérica
4	Asteraceae	<i>Matricaria chamomilla</i>	"manzanilla"	Eurasia
5	Asteraceae	<i>Acourtia nudicaulis</i>	"valeriana"	Nativa
6	Asteraceae	<i>Tagetes lucida</i>	"hierba de san juan"	Nativa
7	Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	"gualanday"	Nativa del norte de Argentina y zonas adyacentes de Bolivia.
8	Euphorbiaceae	<i>Croton guatemalensis</i>	"copalchi" corteza	Nativa
9	Euphorbiaceae	<i>Croton guatemalensis</i>	"copalchi" hojas	Nativa
10	Monimiaceae	<i>Peumus boldus</i>	"boldo"	Chile
11	Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i>	"moringa"	Norte de Africa hasta la India, cultivada ampliamente en los trópicos
12	Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i>	"manzana rosa"	región Indo-Malaya
13	Passifloraceae	<i>Passiflora platyloba</i>	"pasiflora"	Nativa
14	Passifloraceae	cf. <i>Piriqueta</i> sp.	"damiana turnera de california"	Americana
15	Passifloraceae	<i>Turnera diffusa</i>	"damiana"	Nativa
16	Pentaphylacaceae	<i>Temstroemia lineata</i>	"tilo"	México
17	Rubiaceae	cf. <i>Augusta</i> sp.	"jalapa"	Nativa
18	Simaroubaceae	cf. <i>Quassia amara</i>	"hombre grande"	Nativa
19	Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	"cinco negritos"	Antillas Mayores
20	Viscaceae	<i>Phoradendron</i> cf. <i>robustissimum</i>	"muerdago"	Nativas

ANEXO N° 6

PREPARACION DE EXTRACTOS

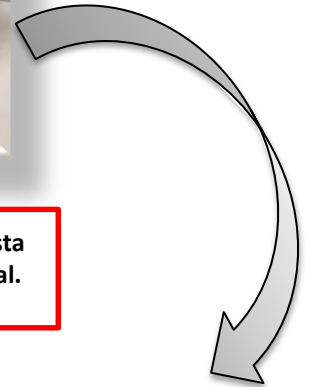
Extracción ultrasónica del material vegetal



Pesar 10.0 g del material vegetal en un Erlenmeyer de 125 mL.



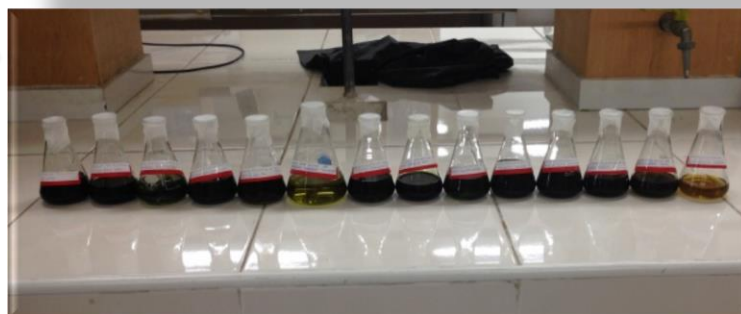
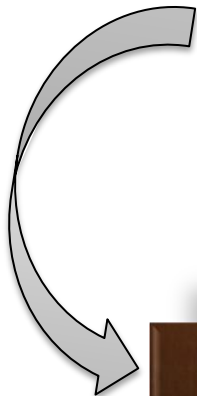
Adicionar etanol 95° hasta cubrir el material vegetal.



Colocar el erlenmeyer en el sonicador por 1 hora..



Filtrar la solución



Etiquetar los extractos fluidos medicinales

Fig. N° 5: Preparación de extractos de cada una de las plantas

ANEXO N° 7

PREPARACION DE SOLUCIONES STOCK

Preparación de Solución stock para plomo, arsénico, hierro, cobre, zinc, calcio y magnesio.

Preparación de Solución stock (100 ppb) para plomo y arsénico a partir de una solución de 1000 ppb para cada elemento.

Transferir 10.0 mL de la solución estándar de plomo (1000 ppb) con una pipeta de 10.0 mL, colocar en un frasco volumétrico de 100.0 mL. Diluir con agua destilada, llevar a volumen y mezclar.

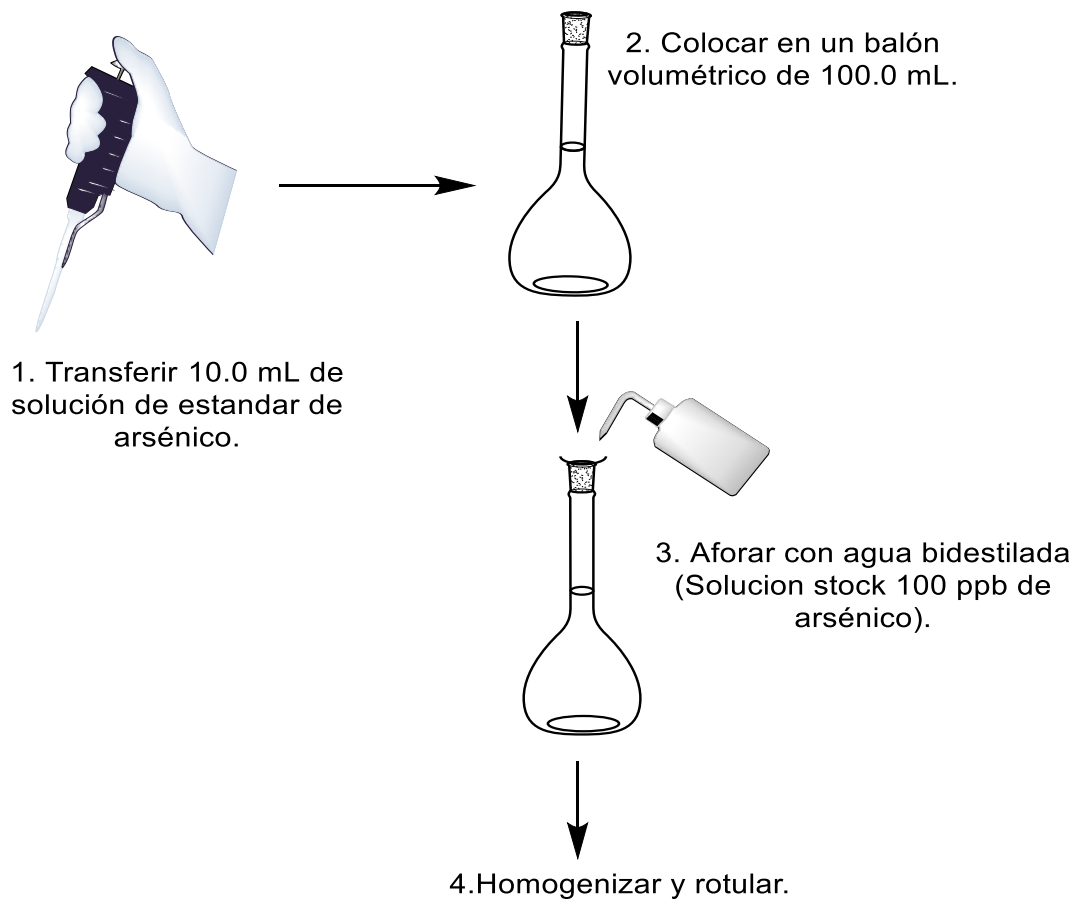


Figura N° 18: Preparación de solución stock de arsénico.

Nota: repetir el mismo procedimiento para la preparación de la Solución stock (100 ppb) para plomo a partir de una solución de 1000 ppb de dicho elemento.

Preparación de Solución stock (100 ppm) para hierro, cobre, zinc, calcio y magnesio a partir de una solución de 1000 ppm para cada elemento.

Medir 10.0 mL de la solución estándar de hierro (1000 ppm) con una pipeta de 10.0 mL, colocar en un frasco volumétrico de 100.0 mL. Diluir con agua bidestilada, llevar a volumen y mezclar.

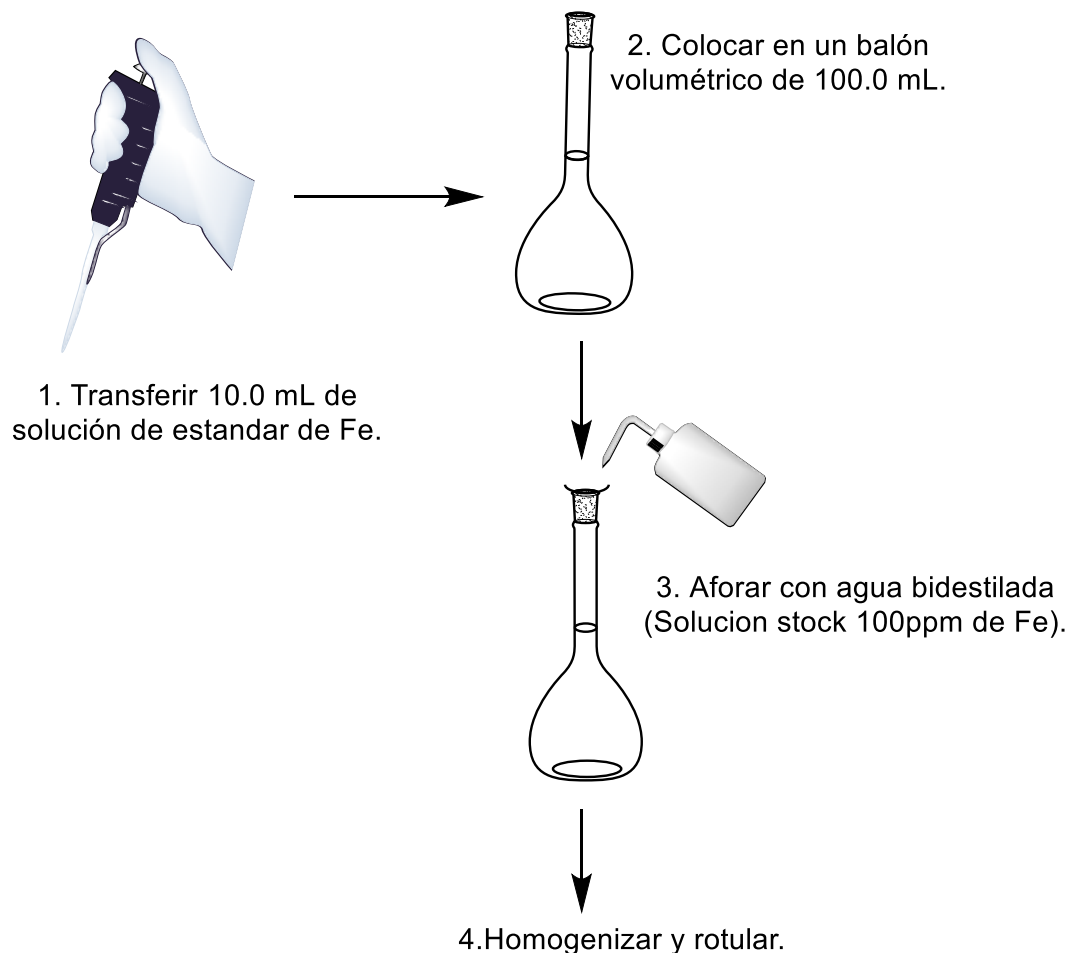


Figura N° 19: Preparación de solución stock de hierro.

Nota: repetir el mismo procedimiento para la preparación de la Solución stock (100 ppm) para cobre (Cu), zinc (Zn), calcio (Ca) y magnesio (Mg) a partir de una solución de 1000 ppm de cada elemento respectivamente.

Preparación de Soluciones estándares para plomo, arsénico, calcio, magnesio, zinc, cobre y hierro para las curvas de calibración.

a) Estándar de Plomo (1 ppb, 5 ppb, 10 ppb, 15 ppb) a partir de una solución stock de 100 ppb de Pb.

Medir 1 mL, 5 mL, 10 mL y 15 mL de la Solución stock de plomo (100 ppb) con una micropipeta de 1 mL para la primera alícuota y una pipeta de 5.0 mL para las demás alícuotas (realizando varias tomas de muestra, según la alícuota), colocar cada alícuota en un balón de 100.0 mL. Diluir con agua bidestilada, llevar a volumen y mezclar.

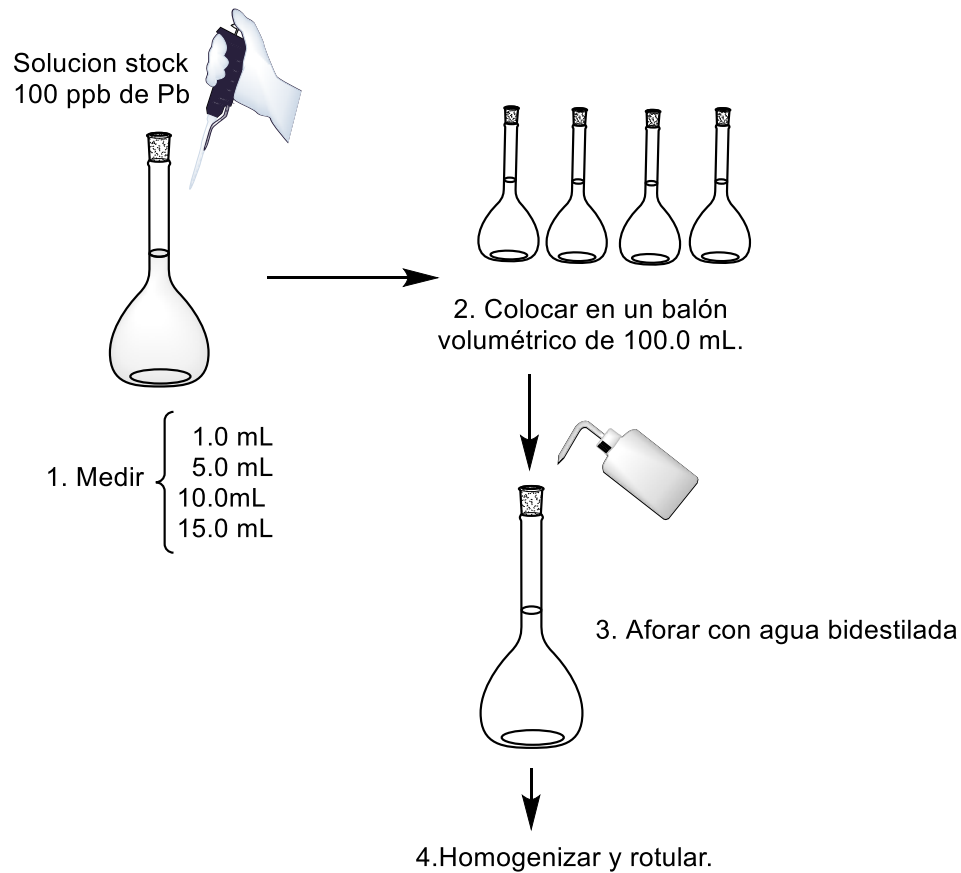


Figura N° 20: Preparación de soluciones estándar para plomo.

b) Estándar de Arsénico (2 ppb, 5 ppb, 10 ppb, 15 ppb) a partir de una solución stock de 100 ppb de As.

Medir 2.0 mL, 5.0 mL, 10.0 mL y 15.0 mL de la Solución stock de arsénico (100 ppb) con una micropipeta de 1.0 mL para la toma de la alícuota de 2 mL y una pipeta de 5.0 mL para las otras alícuotas, realizando las tomas necesarias de muestra, colocar cada alícuota en un balón de 100.0 mL, diluir con agua bidestilada, llevar a volumen y mezclar.

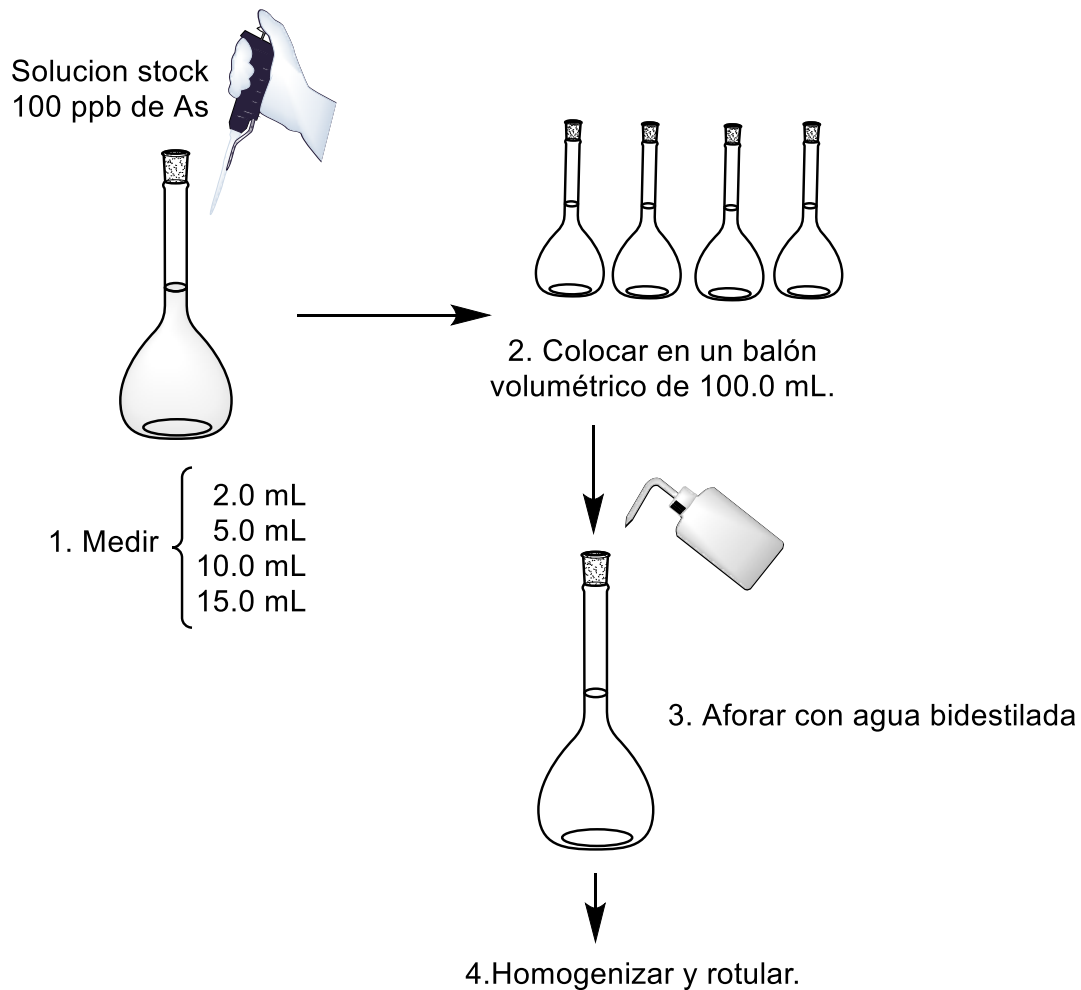


Figura N° 21: Preparación de soluciones estándar para arsénico.

c) Estándar de calcio (0.3 ppm, 1ppm, 3ppm, 6.0 ppm) a partir de una solución stock de 100 ppm de Ca.

Medir 0.3 mL, 1.0 mL, 3.0 mL, 6.0 mL de la Solución stock de calcio (100 ppm) con una micropipeta de 1.0 mL medir los 0.3 mL, 1.0 mL y con una pipeta de 10.0 mL, tomar las otras alícuotas, colocar cada alícuota en un balón de 100.0 mL. Diluir con agua bidestilada, llevar a volumen y mezclar.

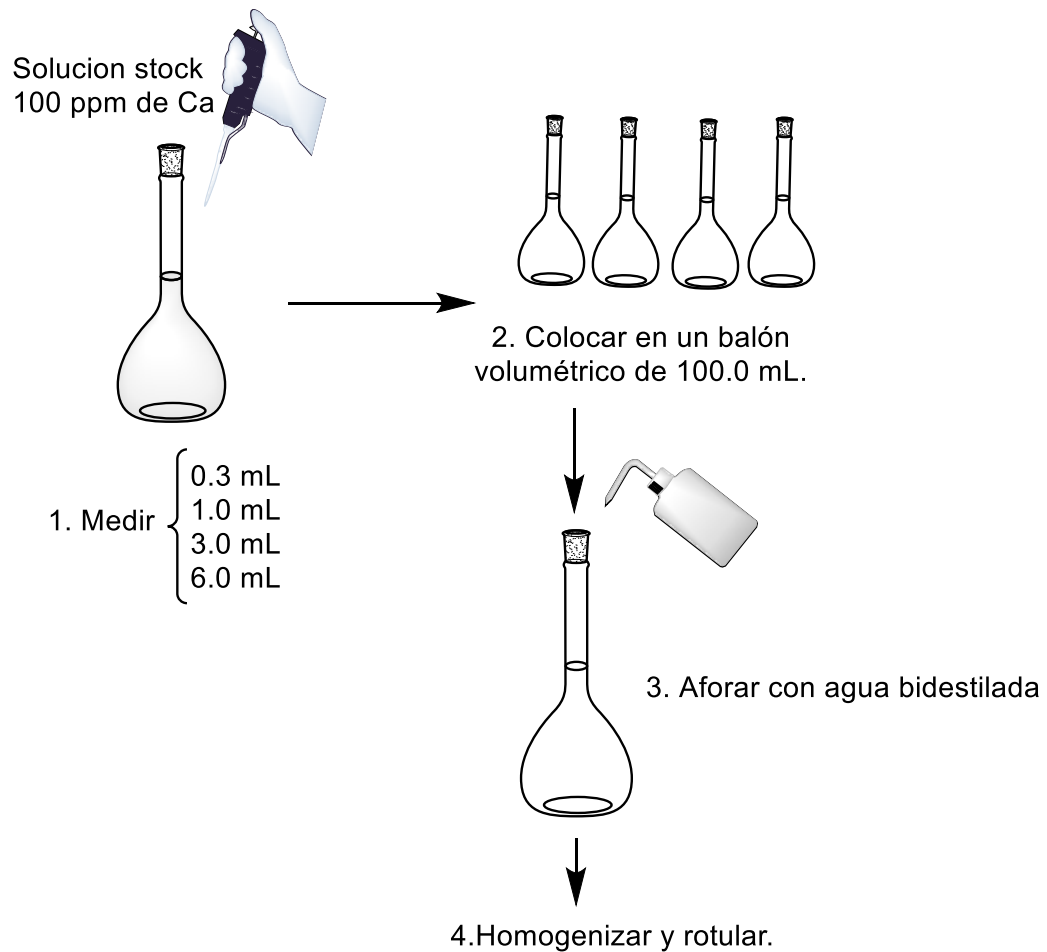


Figura N° 22: Preparación de soluciones estándar para calcio.

d) Estándar de Magnesio (0.1 ppm, 0.25 ppm, 0.5 ppm, 1 ppm) a partir de una solución stock de 100 ppm de Mg.

Medir 0.1 mL, 0.25 mL, 0.5 mL y 1.0 mL de la Solución stock de magnesio (100 ppm) con una micropipeta de 1.0 mL, colocar cada alícuota en un balón de 100.0 mL. Diluir con agua bidestilada, llevar a volumen y mezclar.

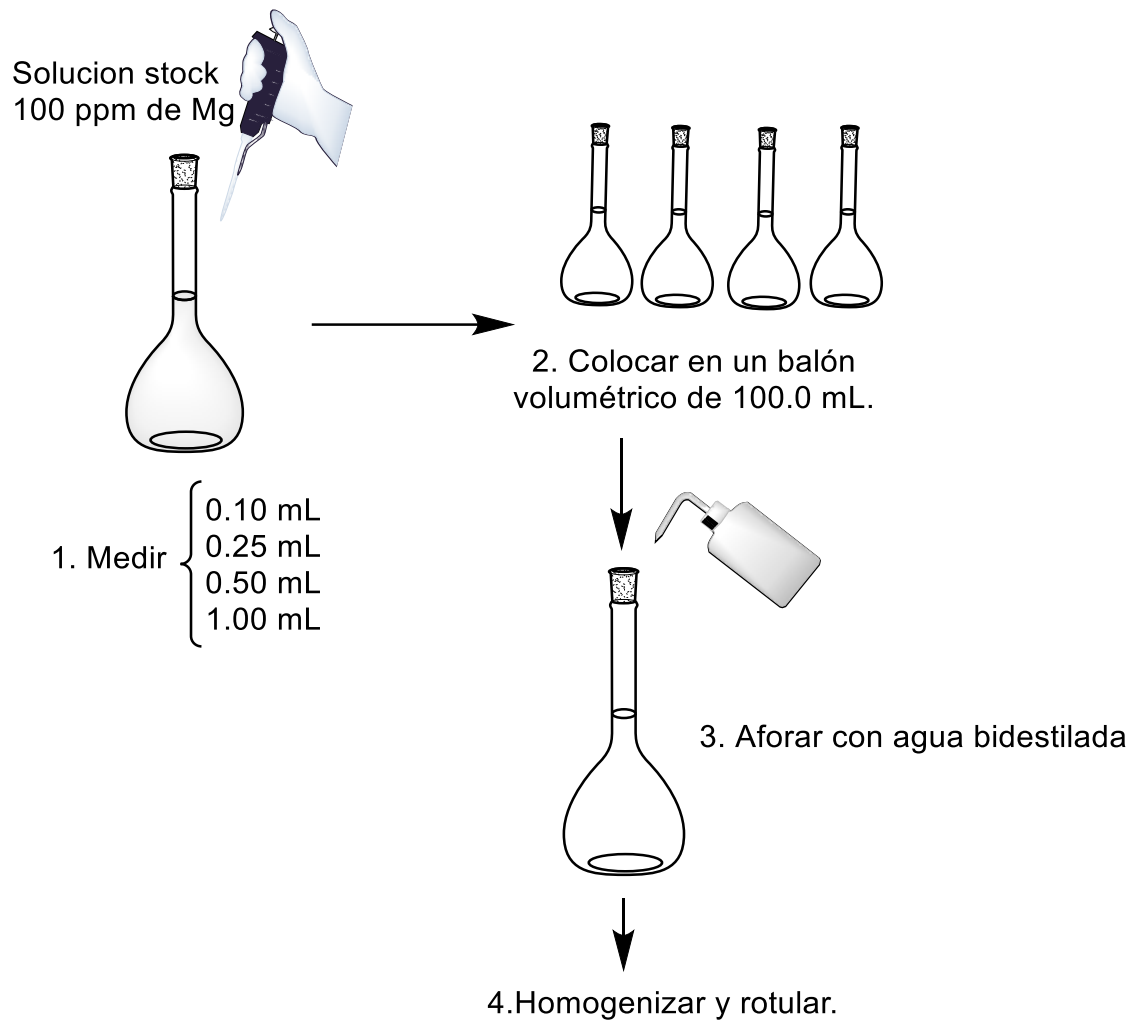


Figura N° 23: Preparación de soluciones estándar para magnesio.

e) Estándar de zinc (0.05 ppm, 0.1 ppm, 0.5 ppm, 1 ppm) a partir de una solución stock de 100 ppm de Zn.

Medir 0.05 mL, 0.1 mL, 0.5 mL y 1.0 mL de la Solución stock de zinc (100 ppm) con una micropipeta de 1.0 mL, colocar cada alícuota en un balón de 100.0 mL. Diluir con agua bidestilada, llevar a volumen y mezclar.

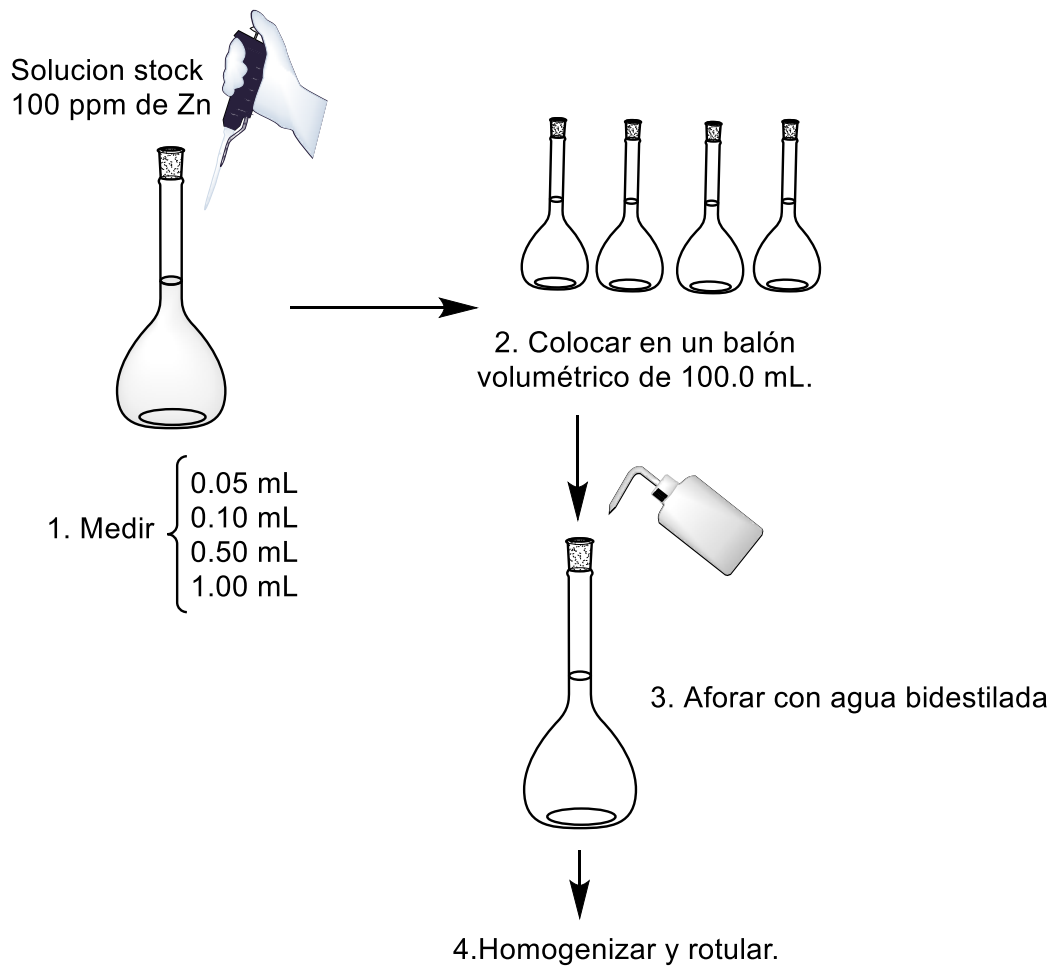


Figura N° 24: Preparación de soluciones estándar para zinc.

f) Estándar de cobre (0.2 ppm, 1 ppm, 2 ppm, 4 ppm) a partir de una solución stock de 100 ppm de Cu.

Medir 0.2 mL, 1.0 mL, 2.0 mL y 4.0 mL de la Solución stock de cobre (100 ppm) con una micropipeta de 1.0 mL medir los 0.2 mL, 1.0 mL y con una pipeta de 5.0 mL tomar las otras alícuotas, colocar cada alícuota en un balón de 100.0 mL. Diluir con agua destilada, llevar a volumen y mezclar.

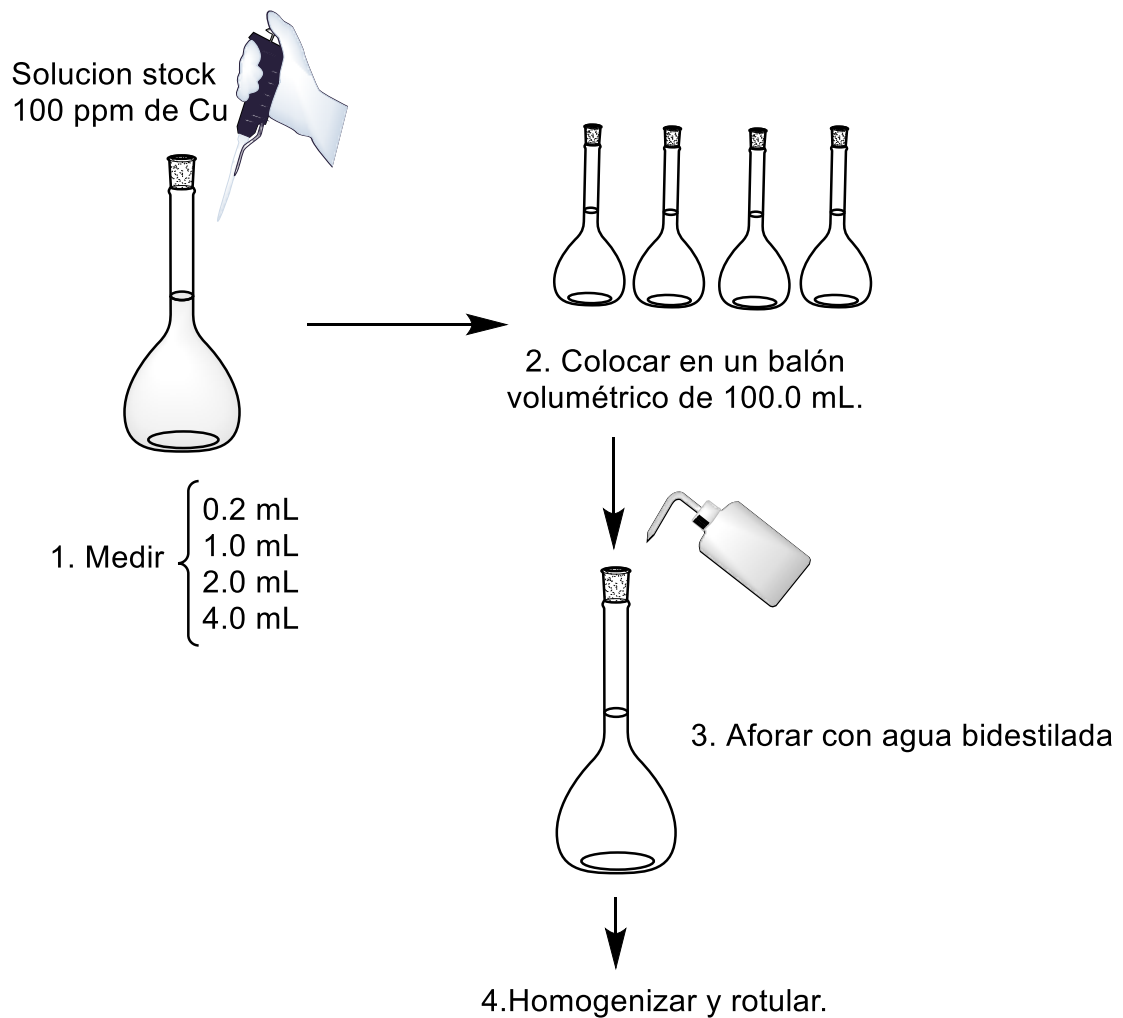


Figura N° 25: Preparación de soluciones estándar para cobre.

g) Estándar de Hierro (0.3 ppm, 1.0 ppm, 3.0 ppm, 6.0 ppm) a partir de una solución stock de 100 ppm de Fe.

Medir 0.3 mL, 1.0 mL, 3.0 mL y 6.0 mL de la Solución stock de hierro (100 ppm) con una micropipeta de 1 mL medir 0.3 mL, 1.0 mL y con una pipeta de 10.0 mL, medir las otras alícuotas, colocar cada alícuota en un balón de 100.0 mL. Diluir con agua bidestilada, llevar a volumen y mezclar.

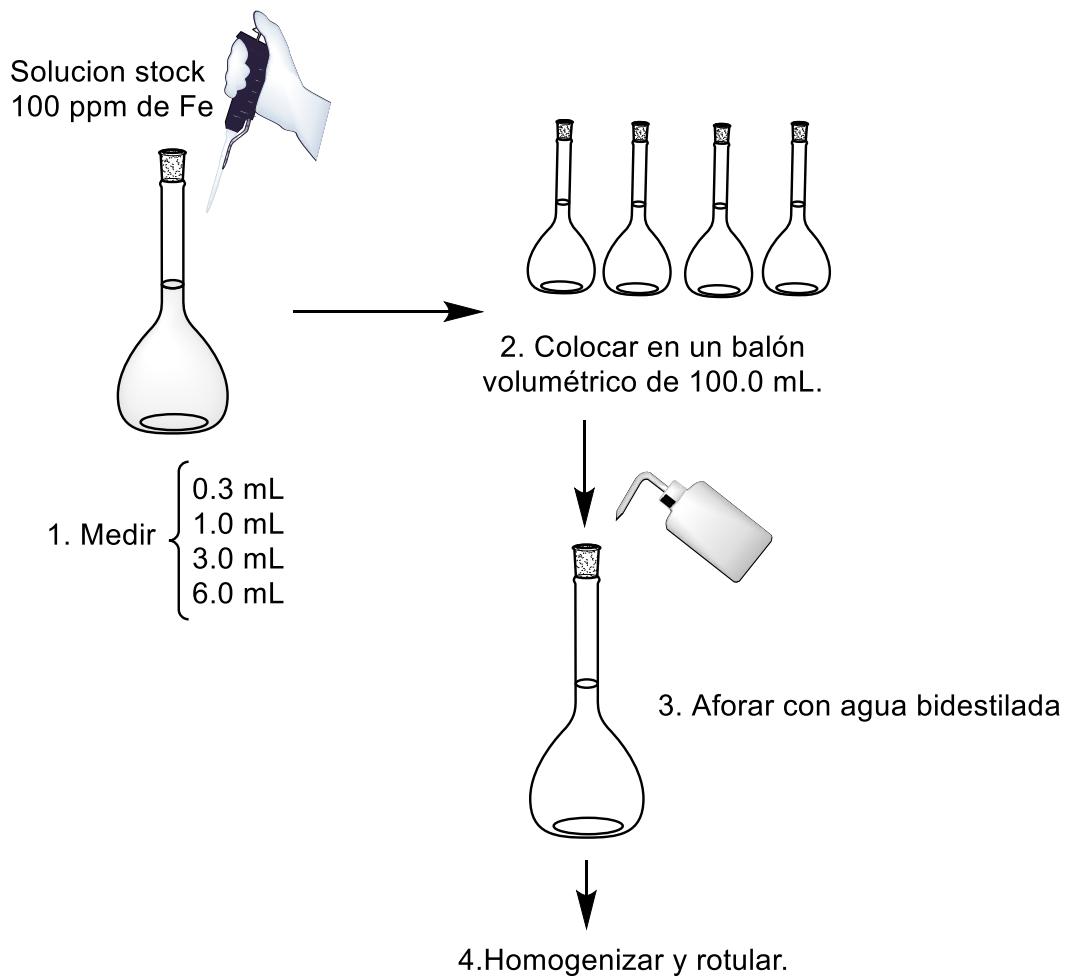


Figura N° 26: Preparación de soluciones estándar para hierro.

ANEXO N° 8

PLANTEAMIENTO DE CÁLCULOS PARA LA PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN STOCK (100 ppm) Y LAS SOLUCIONES ESTÁNDAR DE PLOMO, ARSÉNICO, HIERRO, COBRE, ZINC, CALCIO Y MAGNESIO.

- **Planteamiento de cálculos para la preparación de la Solución stock (40ppm) a partir de una concentración de Solución 1000ppm de plomo, arsénico, hierro, cobre, zinc, calcio y magnesio.**

Ejemplo: Cálculo para la solución stock 100 ppm de Zinc (Zn).

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

Donde:

C₁ = Concentración inicial (1000 ppm de Zn)

C₂ = Concentración final (100 ppm de Zn)

V₂ = Volumen final de la solución stock (100.0 mL)

V₁ = Alícuota a tomar de la solución de 1000 ppm de Zn para la preparación de la solución stock (1000 ppm de Zn).

$$V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1} = \frac{(100 \text{ ppm de Zn}) (100 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppm de Zn})} = 10 \text{ mL}$$

NOTA: El mismo planteamiento se aplicará en el cálculo para la preparación de la solución stock de plomo, arsénico, hierro, cobre, calcio y magnesio.

- **Planteamiento de cálculos para la preparación de las soluciones estándar para la curva de calibración a partir de la solución stock (40 ppm) de plomo, arsénico, hierro, cobre, zinc, calcio y magnesio respectivamente.**

Ejemplo: Cálculo para la solución estándar 0.05ppm de Zinc (Zn).

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

Donde:

C₁ = Concentración inicial (100 ppm de Zn)

C₂ = Concentración final (0.05 ppm de Zn)

V₂ = Volumen final de la solución stock (100.0 mL)

V₁ = Alícuota a tomar de la solución stock de 100 ppm de Zn para la preparación de la solución estándar (0.05 ppm de Zn).

$$V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1} = \frac{(0.05 \text{ ppm de Zn}) (100 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppm de Zn})} = 0.05 \text{ mL}$$

Ejemplo: Cálculo para la solución estándar 0.1 ppm de Zinc (Zn).

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

Donde:

C₁ = Concentración inicial (100 ppm de Zn)

C₂ = Concentración final (0.1 ppm de Zn)

V₂ = Volumen final (100.0 mL)

V₁ = Alícuota a tomar de la solución stock de 100 ppm de Zn para la preparación de la solución estándar (0.1 ppm de Zn).

$$V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1} = \frac{(0.10 \text{ ppm de Zn}) (100 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppm de Zn})} = 0.1 \text{ mL}$$

Ejemplo: Cálculo para la solución estándar 0.5 ppm de Zinc (Zn).

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

Donde:

C₁ = Concentración inicial (100 ppm de Zn)

C₂ = Concentración final (0.5 ppm de Zn)

V₂ = Volumen final (100.0 mL)

V₁ = Alícuota a tomar de la solución stock de 100 ppm de Zn para la preparación de la solución estándar (0.5 ppm de Zn).

$$V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1} = \frac{(0.5 \text{ ppm de Zn}) (100 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppm de Zn})} = 0.5 \text{ mL}$$

Ejemplo: Cálculo para la solución estándar 1 ppm de Zinc (Zn).

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

Donde:

C₁ = Concentración inicial (100 ppm de Zn)

C₂ = Concentración final (1 ppm de Zn)

V₂ = Volumen final (100.0 mL)

V₁ = Alícuota a tomar de la solución stock de 100 ppm de Zn para la preparación de la solución estándar (1 ppm de Zn).

$$V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1} = \frac{(1 \text{ ppm de Zn}) (100 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppm de Zn})} = 1.0 \text{ mL}$$

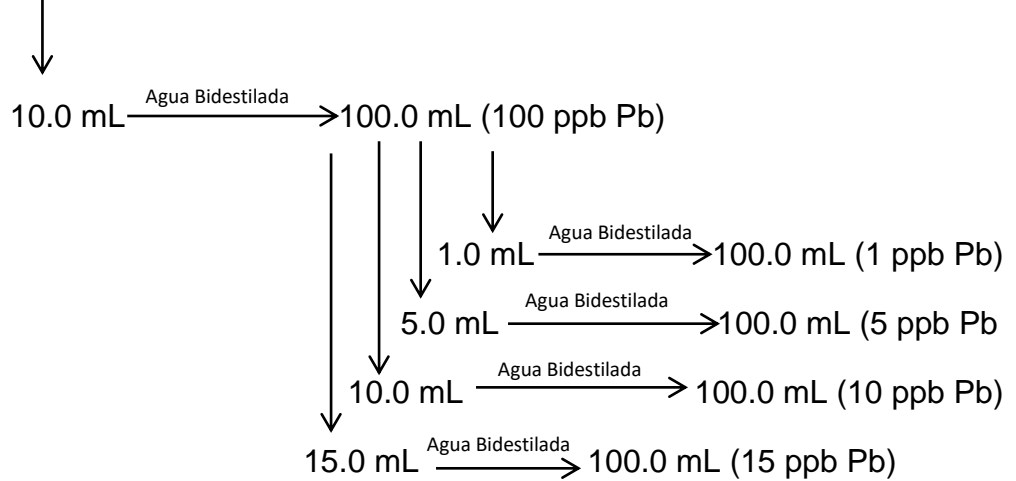
NOTA: El mismo planteamiento se aplicará en el cálculo para la preparación de las soluciones estándares de plomo, arsénico, hierro, cobre, calcio y magnesio con sus respectivas concentraciones.

ANEXO N° 9

CASCADA DE DISOLUCIONES PARA PREPARAR LA CURVA DE ESTÁNDARES DE PLOMO, ARSÉNICO, HIERRO, COBRE, ZINC, CALCIO Y MAGNESIO.

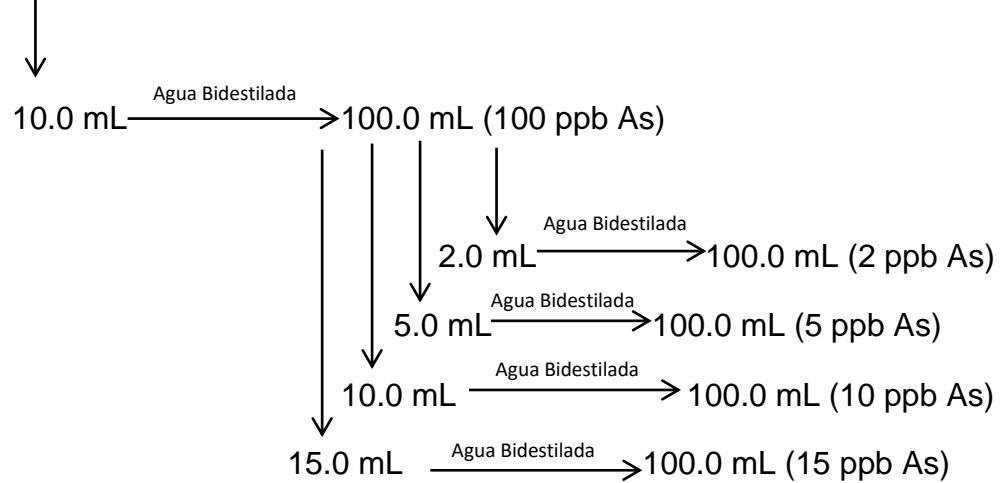
- **Cascada de disoluciones para preparar la curva de estándares de Plomo.**

1,000.0 ppb de plomo (Pb)

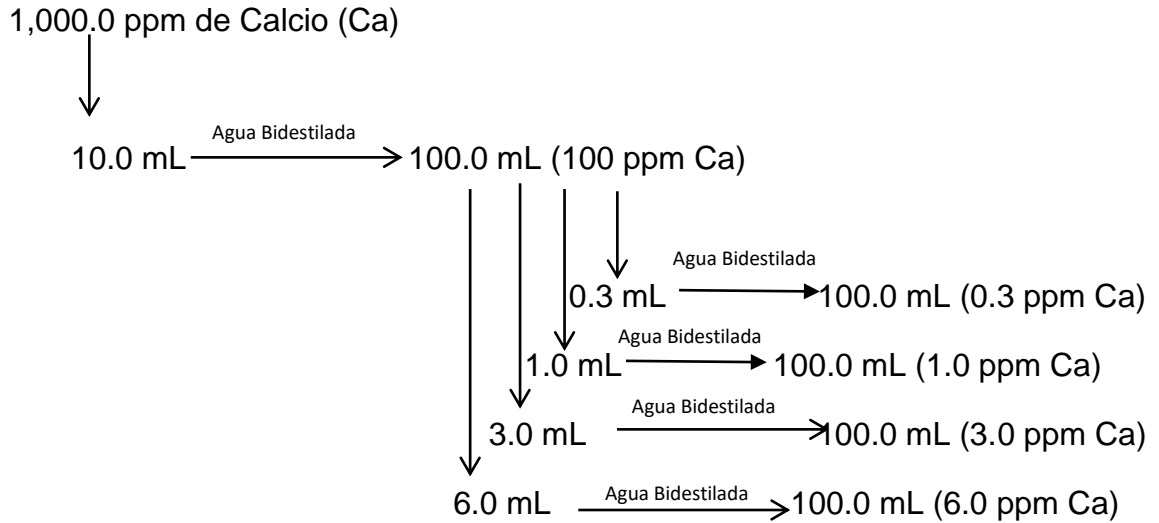


- **Cascada de disoluciones para preparar la curva de estándares de Arsénico.**

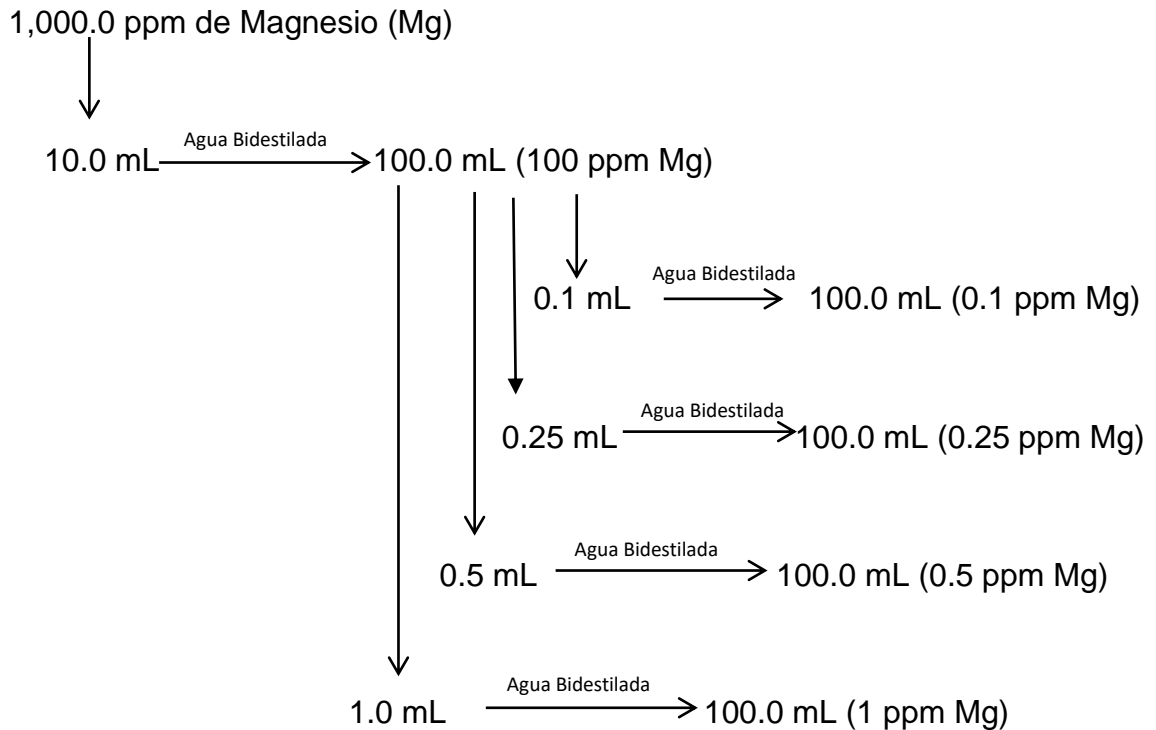
1,000.0 ppb de arsénico (As)



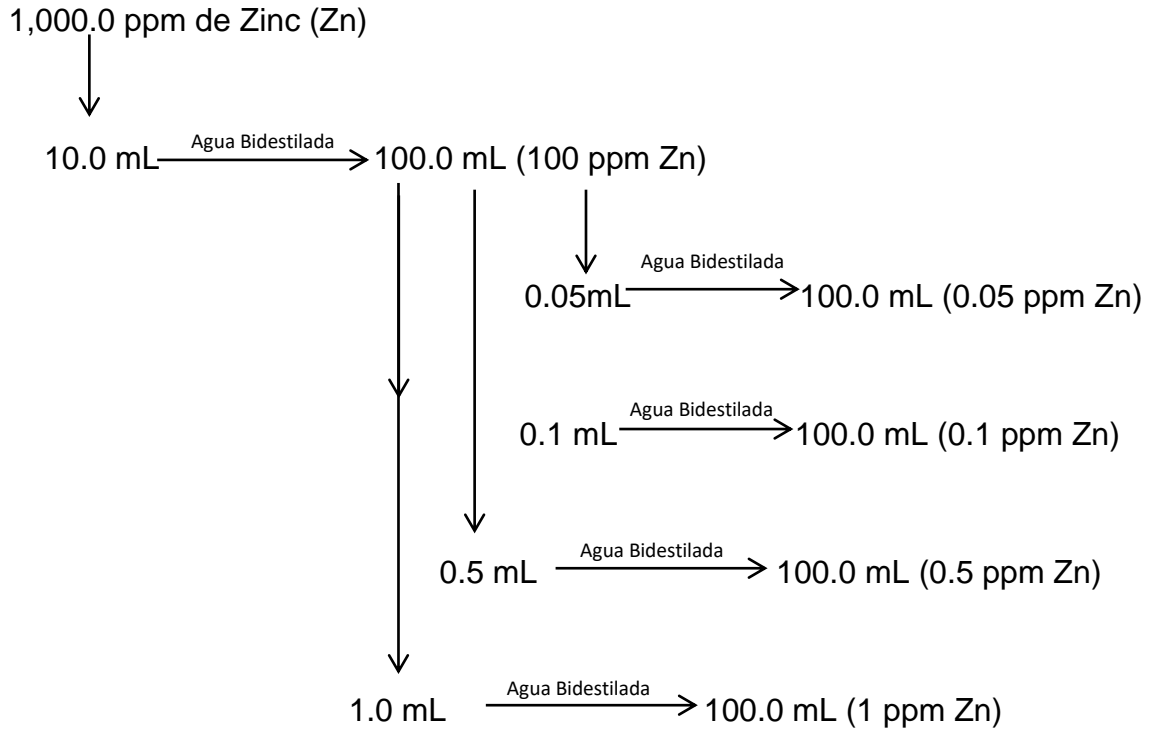
- **Cascada de disoluciones para preparar la curva de estándares de Calcio.**



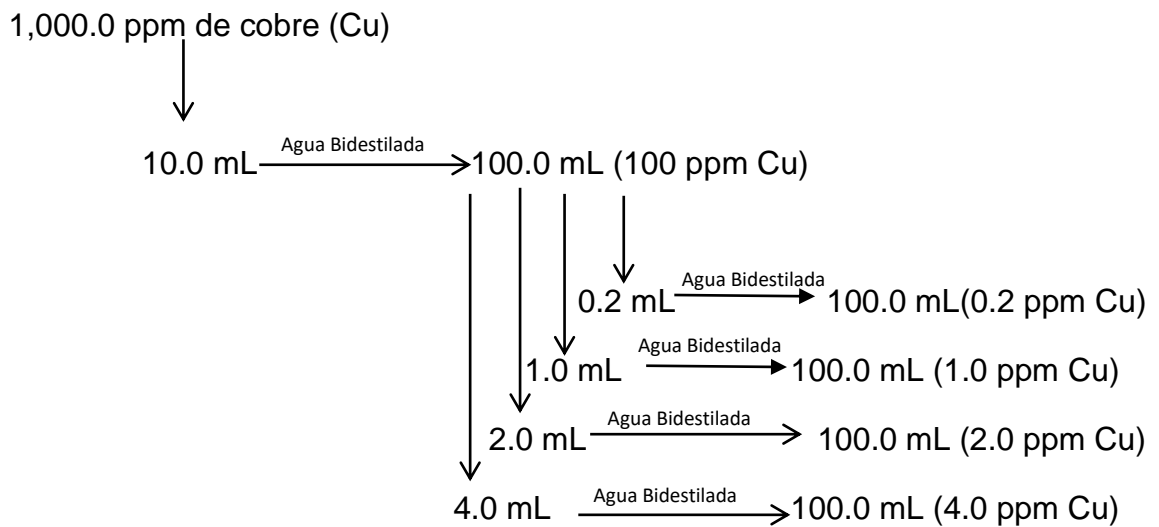
- **Cascada de disoluciones para preparar la curva de estándares de Magnesio.**



- **Cascada de disoluciones para preparar la curva de estándares de Zinc.**

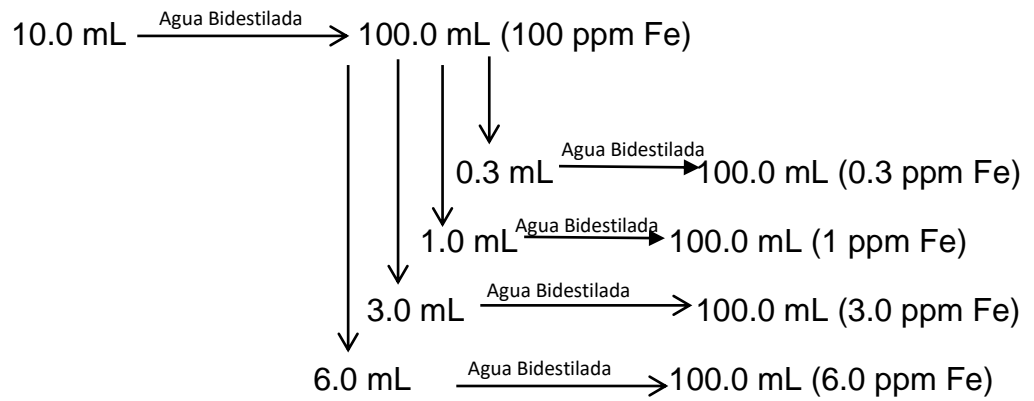


Cascada de disoluciones para preparar la curva de estándares de Cobre.



- **Cascada de disoluciones para preparar la curva de estándares de Hierro.**

1,000.0 ppm de hierro (Fe)

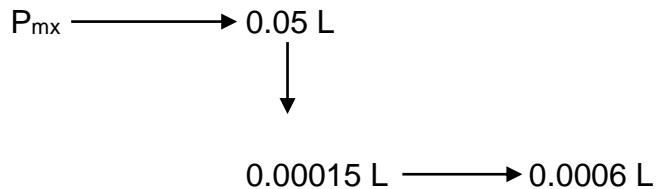


ANEXO N°10

CASCADAS DE DILUCION UTILIZADAS PARA LA REALICIZACION DE
LAS DILUCIONES DE CADA ESPECIE VEGETAL PARA LA
CAUNTIFICACION DE PLOMO, ARSENICO, CALCIO, MAGNESIO,
ZINC, COBRE Y HIERRO.

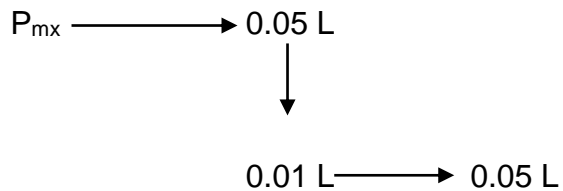
➤ **Cascada de dilución de plomo**

- Para todas las muestras.



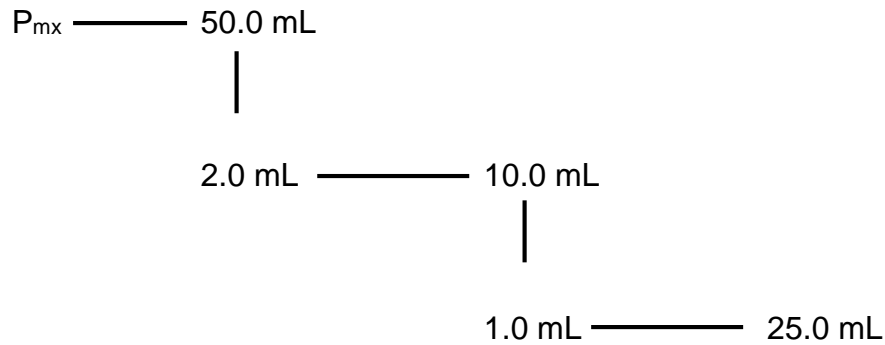
➤ **Cascada de dilución de arsénico**

- Para todas las muestras.

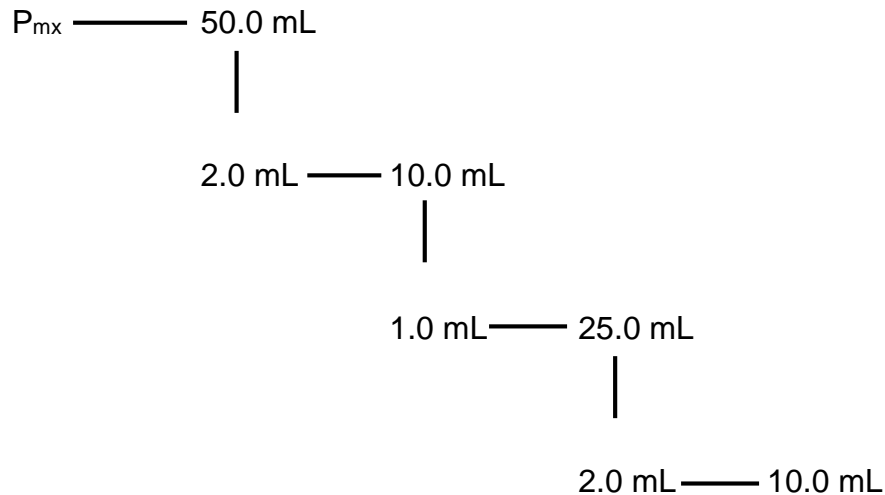


➤ **Cascada de dilución de calcio**

- Para las muestras de *Gnaphalium viscosum* "Gordolobo", *Syzygium jambos* "Manzana Rosa", *Ternstroemia lineata* "Tilo", *Jacaranda mimosifolia* "Gualanday", *Turnera diffusa* "Damiana", *Tagetes lucida* "Hierba de San Juan", *Matricaria chamomilla* "Manzanilla", *Acourtia nudicaulis* "Valeriana" y *Peumus boldus* "Boldo".

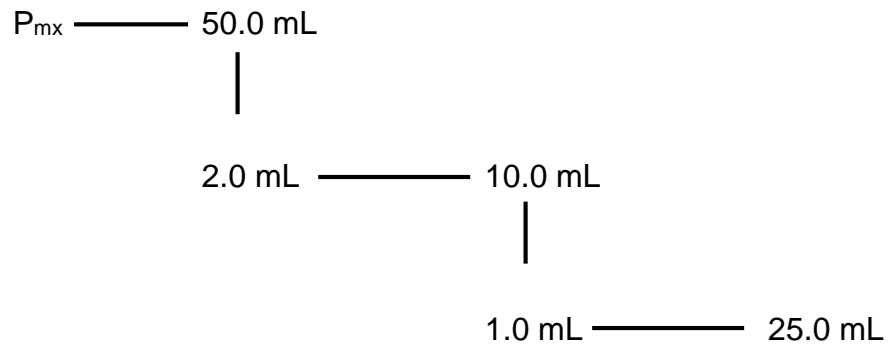


- Para las muestras de *Croton guatemalensis* "Copalchi", *Moringa oleifera* "Moringa", *Dysphania ambrosioides* "Epazote", *Lantana camara* "Cinco Negritos", *Passiflora platyloba* "Pasiflora".

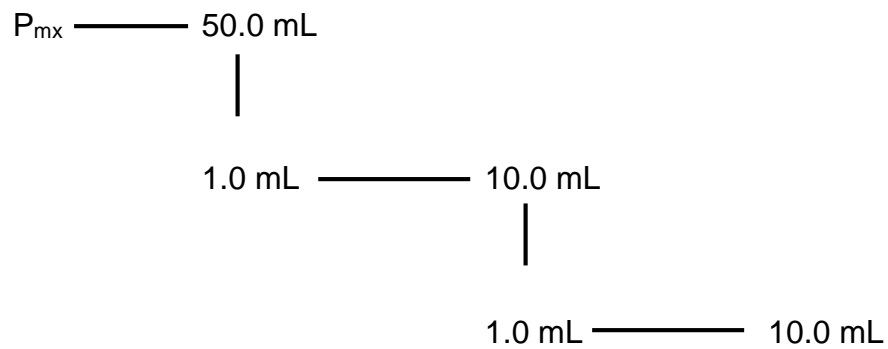


➤ **Cascada de dilución de magnesio**

- Para las muestras de *Gnaphalium viscosum* "Gordolobo", *Croton guatemalensis* "Copalchi", *Syzygium jambos* "Manzana Rosa", *Moringa oleifera* "Moringa", *Ternstroemia lineata* "Tilo", *Jacaranda mimosifolia* "Gualanday", *Tagetes lucida* "Hierba de San Juan", *Matricaria chamomilla* "Manzanilla", *Acourtia nudicaulis* "Valeriana", *Peumus boldus* "Boldo".

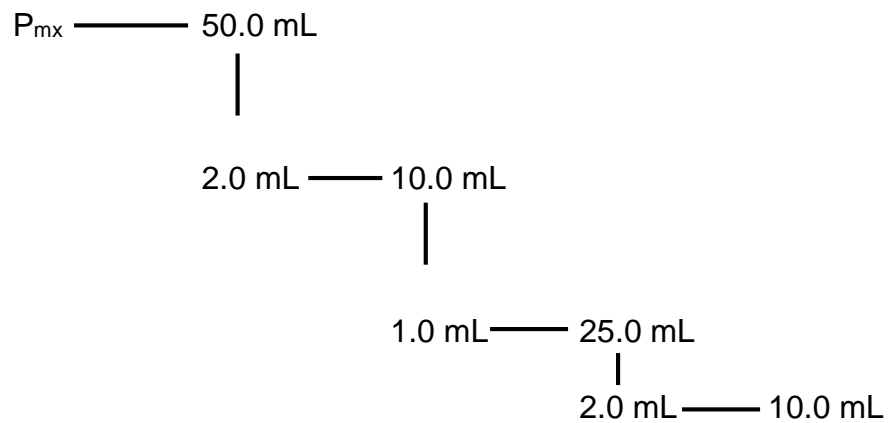


- Para la muestra *Passiflora platyloba* "Pasiflora"



- Para las muestras de *Dysphania ambrosioides* "Epazote", *Lantana camara* "Cinco Negritos" y *Turnera diffusa* "Damiana".

-



➤ **Cascada de dilución de zinc**

- Para las muestras de *Croton guatemalensis* “Copalchi”, *Syzygium jambos* “Manzana Rosa”, *Moringa oleífera* “Moringa”, *Ternstroemia lineata* “Tilo”, *Turnera diffusa* “Damiana”, *Tagetes lucida* “Hierba de San Juan”, *Passiflora platyloba* “Pasiflora”, *Acourtia nudicaulis* “Valeriana”, *Lantana camara* “Cinco Negritos” *Peumus boldus* “Boldo”, *Jacaranda mimosifolia* “Gualanday”.

P_{mx} ————— 50.0 mL

- Para la muestra de *Matricaria chamomilla* “Manzanilla”, *Dysphania ambrosioides* “Epazote”, y *Gnaphalium viscosum* “Gordolobo”.

P_{mx} ————— 50.0 mL
|
2.0 mL ————— 10.0 mL

➤ **Cascada de dilución de cobre**

- Para todas las muestras

P_{mx} ————— 50.0 mL

➤ **Cascada de dilución de hierro**

- Para las muestras de *Croton guatemalensis* “Copalchi”, *Syzygium jambos* “Manzana Rosa”, *Ternstroemia lineata* “Tilo”, *Tagetes lucida* “Hierba de San Juan”, *Passiflora platyloba* “Pasiflora”, *Lantana camara* “Cinco

Negritos”, *Peumus boldus* “Boldo”, *Matricaria chamomilla* “Manzanilla”,
Dysphania ambrosioides “Epazote”.

P_{mx} ————— 50.0 mL

- Para las muestras de *Moringa oleífera* “Moringa”, *Turnera diffusa* “Damiana”, *Gnaphalium viscosum* “Gordolobo”.

P_{mx} ————— 50.0 mL

|

2.0 mL ————— 10.0 mL

- Para la muestra de *Jacaranda mimosifolia* “Gualanday”.

P_{mx} ————— 50.0 mL

|

5.0 mL ————— 10.0 mL

- Para la muestra de *Acourtia nudicaulis* “Valeriana”.

P_{mx} ————— 50.0 mL

|

1.0 mL ————— 10.0 mL

|

5.0 mL ————— 10.0 mL