



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE QUILETE (*Solanum americanum*
Miller) COMO INSECTICIDA Y LARVICIDA CONTRA EL VECTOR
TRANSMISOR DEL DENGUE (*Aedes aegypti*)**

Ana Dalila Rodríguez de León

Asesorado por el Ing. Mario José Mérida Meré e

Inga. Telma Maricela Cano Morales

Guatemala, abril de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE QUILETE (*Solanum americanum*
Miller) COMO INSECTICIDA Y LARVICIDA CONTRA EL VECTOR
TRANSMISOR DEL DENGUE (*Aedes aegypti*)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ANA DALILA RODRÍGUEZ DE LEÓN

ASESORADO POR EL ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ
E INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, ABRIL DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

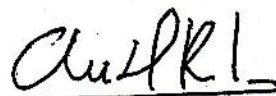
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
EXAMINADOR	Ing. César Ariel Villela Rodas
EXAMINADORA	Inga. Casta Petrona Zeceña Zeceña
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE QUILETE (*Solanum americanum*
Miller) COMO INSECTICIDA Y LARVICIDA CONTRA EL VECTOR
TRANSMISOR DEL DENGUE (*Aedes aegypti*)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 30 de enero de 2013.



Ana Dalila Rodríguez de León



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Guatemala, 13 de Enero 2016

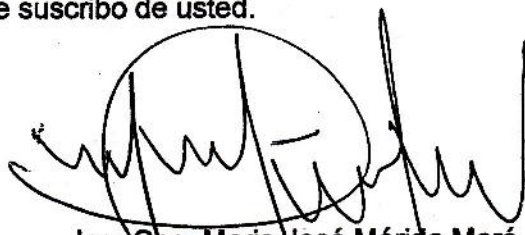
Ingeniero
Carlos Salvador Wong Davi
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente


Ingeniero Wong:

Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al informe final del trabajo de graduación **“EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE QUILETE (*Solanum americanum* Miller) COMO INSECTICIDA Y LARVICIDA CONTRA EL VECTOR TRANSMISOR DEL DENGUE (*Aedes aegypti*)”**, de la estudiante de Ingeniería Química Ana Dalila Rodríguez de León quien se identifica con el carné número 2008-15275.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,


Ing. Qco. Mario José Mérida Meré
Coordinador
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales
Sección Química Industrial CII / USAC
Asesor




Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
Profesora Investigadora Titular IX
Sección Química Industrial
Centro de Investigaciones de Ingeniería / USAC
Asesora





Guatemala, 02 de febrero de 2016.
 Ref. EIQR.TG-IF.007.2016.

Ingeniero
 Carlos Salvador Wong Davi
 DIRECTOR
 Escuela de Ingeniería Química
 Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQR-PRO-REG-007 correlativo 012-2013 le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por la estudiante universitaria: **Ana Dalila Rodríguez de León**.
 Identificada con número de carné: **2008-15275**.
 Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

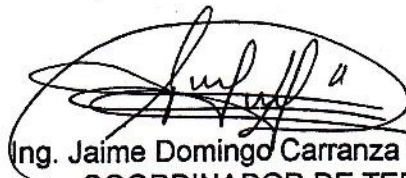
Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE QUILETE (*Solanum americanum* Miller)
 COMO INSECTICIDA Y LARVICIDA CONTRA EL VECTOR TRANSMISOR DEL
 DENGUE (*Aedes aegypti*)**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por los Ingenieros Químicos: **Telma Maricela Cano Morales** y **Mario José Mérida Meré**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Jaime Domingo Carranza González
 COORDINADOR DE TERNA
 Tribunal de Revisión
 Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.018.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **ANA DALILA RODRÍGUEZ DE LEÓN** titulado: **"EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE QUILETE (SOLANUM AMERICANUM MILLER) COMO INSECTICIDA Y LARVICIDA CONTRA EL VECTOR TRANSMISOR DEL DENGUE (AEDES AEGYPTI)"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Salvador Wong Davila
Director
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, abril 2016

Cc: Archivo
CSWD/ale





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE QUILETE (*Solanum americanum* Miller) COMO INSECTICIDA Y LARVICIDA CONTRA EL VECTOR TRANSMISOR DEL DENGUE (*Aedes aegypti*)**, presentado por la estudiante universitaria Ana Dalila Rodríguez de León, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, abril 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por la fortaleza y sabiduría.
Mi madre	Dalila de León, por todo el apoyo y amor.
Mi padre	Everardo Rodríguez (q. e. p. d.), por el amor y enseñanzas.
Mis hermanos	Sandra y Jacobo Rodríguez (q. e. p. d.), por ser una parte importante de mi vida.
Mi sobrino	José Leonel, por ser un ángel en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por formarme como profesional.

Facultad de Ingeniería

Por todo el conocimiento brindado.

**Escuela de Ingeniería
Química**

Por ser una parte fundamental en mi desarrollo profesional.

Mis asesores

Ing. Mario Mérida e Ing. Telma Cano, por todo el apoyo antes y durante la realización de mi trabajo de graduación.

Luis Catalán

Por todo el apoyo, comprensión, paciencia y amor.

Marta López

Por su amistad y apoyo durante todos estos años.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
Hipótesis	XVIII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Extractos vegetales	3
2.1.1. Extracción sólido-líquido	3
2.1.1.1. Variables de proceso en la extracción sólido-líquido	3
2.1.1.2. Solvente.....	5
2.1.1.2.1. Clasificación de los solventes	5
2.1.1.2.2. Constante dieléctrica de los solventes.....	6
2.1.1.2.3. Hexano (C ₆ H ₆).....	6
2.1.1.2.4. Etanol (C ₂ H ₆ O)	6
2.1.1.2.5. Agua (H ₂ O).....	7
2.1.1.3. Maceración	7

	2.1.1.4.	Percolación.....	8
2.1.2.		Tipos de extracto.....	8
	2.1.2.1.	Extracto fluido.....	8
	2.1.2.2.	Extracto blando	8
	2.1.2.3.	Extracto seco.....	9
2.1.3.		Materia prima vegetal.....	9
	2.1.3.1.	Análisis macroscópico.....	9
	2.1.3.2.	Constituyentes químicos	10
	2.1.3.3.	Alcaloides	12
		2.1.3.3.1. Reconocimiento de alcaloides	13
		2.1.3.3.2. Extracción y aislamiento.....	13
	2.1.3.4.	Ensayos fisicoquímicos	14
2.2.		Monografía del <i>Solanum americanum</i> Miller	15
	2.2.1.	Origen.....	15
	2.2.2.	Obtención	15
	2.2.3.	Descripción botánica	15
	2.2.4.	Usos	17
	2.2.5.	Composición química	18
	2.2.6.	Toxicología	20
2.3.		Dengue.....	21
	2.3.1.	Transmisión de la enfermedad del dengue	22
2.4.		<i>Aedes aegypti</i>	23
	2.4.1.	Ciclo biológico del <i>Aedes aegypti</i>	23
		2.4.1.1. Huevo.....	23
		2.4.1.2. Larva	24
		2.4.1.3. Pupa.....	25
		2.4.1.4. Adulto	28

2.5.	Insecticidas.....	30
2.5.1.	Clasificación.....	30
2.5.1.1.	Insecticidas inorgánicos.....	30
2.5.1.2.	Insecticidas orgánicos	31
2.5.1.3.	Insecticidas microbiales.....	31
2.5.1.4.	Insecticidas vegetales.....	31
3.	DISEÑO METODOLÓGICO	33
3.1.	Localización.....	33
3.2.	Variables.....	33
3.3.	Delimitación del campo de estudio	35
3.4.	Recursos humanos.....	35
3.5.	Recursos materiales	35
3.6.	Técnica cualitativa o cuantitativa	37
3.7.	Recolección y ordenamiento de la información	38
3.8.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	40
3.9.	Métodos y procedimientos.....	49
3.9.1.	Selección y preparación del material vegetal.....	50
3.9.1.1.	Selección del material vegetal	50
3.9.1.2.	Preparación de la material vegetal	50
3.9.2.	Caracterización del material vegetal.....	51
3.9.2.1.	Determinación de cenizas	51
3.9.2.2.	Evaluación de presencia de alcaloides por cromatografía de capa fina.....	51
3.9.3.	Selección de solvente y tiempo de extracción	52
3.9.3.1.	Porcentaje de sólidos extraíbles y tiempo óptimo de extracción	52

3.9.3.2.	Obtención de extractos.....	52
3.9.3.3.	Porcentaje de alcaloides en la extracción con hexano	53
3.9.3.4.	Porcentaje de alcaloides en las extracciones con etanol y agua	53
3.9.3.5.	Determinación de porcentaje de solvente	54
3.9.3.6.	Determinación de densidad.....	55
3.9.3.7.	Determinación de pH.....	55
3.9.3.8.	Obtención de extractos a escala planta piloto	55
3.9.3.9.	Preparación de soluciones a evaluar como insecticida.....	55
3.9.3.10.	Preparación de mezclas a evaluar como larvicidas.....	56
3.9.3.11.	Evaluación de la susceptibilidad o resistencia de larvas de <i>Aedes aegypti</i>	56
3.9.3.12.	Evaluación de la susceptibilidad o resistencia del <i>Aedes aegypti</i> adulto ...	57
3.10.	Procesamiento de la información	57
3.10.1.	Porcentaje de materia extraña	57
3.10.2.	Porcentaje de cenizas	58
3.10.3.	Sólidos extraíbles	58
3.10.4.	Porcentaje de rendimiento.....	58
3.10.5.	Densidad	59
3.10.6.	Porcentaje de alcaloides	59
3.10.7.	Porcentaje de mortalidad.....	60
3.11.	Análisis estadístico.....	60

3.11.1.	Obtención de extractos	60
3.11.2.	Evaluación de la actividad larvicida	61
3.11.3.	Evaluación de la actividad insecticida.....	61
3.12.	Técnica estadística.....	62
3.12.1.	Media aritmética	62
3.12.2.	Desviación estándar	63
3.12.3.	Coeficiente de variación	63
4.	RESULTADOS	65
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	79
	CONCLUSIONES	83
	RECOMENDACIONES	85
	BIBLIOGRAFÍA.....	87
	APÉNDICES	89
	ANEXOS.....	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Planta de <i>Solanum americanum</i> Miller	16
2.	Silueta de la Hoja de <i>Solanum americanum</i> Miller	17
3.	Representación de la fruta de <i>Solanum americanum</i> Miller	17
4.	Estructura química de Solasodina.....	18
5.	Estructura química de Solasonina.....	19
6.	Estructura química de la Diosgenina.....	19
7.	Diagrama de la morfología de la larva de <i>Aedes aegypti</i>	26
8.	Vista ventral y dorsal de la cabeza de la larva de <i>Aedes aegypti</i>	26
9.	Vista ventral y dorsal del tórax de la larva de <i>Aedes aegypti</i>	27
10.	Vista dorsal del segmento terminal de la larva de <i>Aedes aegypti</i>	27
11.	Diagrama de la morfología del insecto adulto de <i>Aedes aegypti</i>	29
12.	Diagrama de recolección y ordenamiento de datos	38
13.	Porcentaje en peso de hojas según tamaño de tamiz.....	65
14.	Porcentaje en peso de frutos según tamaño de tamiz	66
15.	Tiempo óptimo de extracción de frutos utilizando etanol.....	68
16.	Tiempo óptimo de extracción de hojas utilizando etanol.....	69
17.	Tiempo óptimo de extracción de frutos utilizando agua	69
18.	Tiempo óptimo de extracción de hojas utilizando agua.....	70
19.	Tiempo óptimo de extracción de frutos utilizando hexano.....	70
20.	Tiempo óptimo de extracción de hojas utilizando hexano.....	71
21.	Mortalidad de larvas en función de concentración de extracto de hojas de quilete	75

22.	Mortalidad de larvas en función de concentración de extracto de frutos de quilete	75
23.	Mortalidad de insectos en función de concentración de extracto de hojas de quilete.....	77
24.	Concentración de extracto de frutos en función de mortalidad de insectos	77

TABLAS

I.	Compuestos activos en el <i>Solanum americanum</i> Miller.....	20
II.	Variables involucradas en la investigación	34
III.	Delimitación de campo de estudio	35
IV.	Técnica a utilizar	37
V.	Formas utilizadas en el diagrama de recolección y ordenamiento de la información	39
VI.	Nomenclatura utilizada en el diagrama de recolección y ordenamiento de la información.....	39
VII.	Porcentaje de materia extraña	40
VIII.	Elección de tamaño de partícula para hojas de quilete.....	40
IX.	Elección de tamaño de partícula para frutos de quilete	41
X.	Porcentaje de cenizas.....	41
XI.	Tiempo de extracción y sólidos extraíbles de hojas de quilete	42
XII.	Tiempo de extracción y sólidos extraíbles de frutos de quilete	43
XIII.	Cuantificación de alcaloides	44
XIV.	Mediciones fisicoquímicas del extracto de hojas de quilete.....	45
XV.	Mediciones fisicoquímicas y rendimiento del extracto de frutos de quilete	46
XVI.	Rendimiento de los extracto de hojas y frutos de quilete.....	47
XVII.	Extractos de frutos y hojas a escala planta piloto	48

XVIII.	Mortalidad de larvas de <i>Aedes aegypti</i>	48
XIX.	Mortalidad de mosquitos	49
XX.	Porcentaje de materia extraña de frutos y hojas de quilete.....	65
XXI.	Porcentaje de cenizas en quilete	66
XXII.	Tiempo óptimo de extracción utilizando etanol como solvente	67
XXIII.	Tiempo óptimo de extracción utilizando agua como solvente	67
XXIV.	Tiempo óptimo de extracción utilizando hexano	68
XXV.	Porcentaje de alcaloides en extractos de frutos y hojas.....	71
XXVI.	Porcentaje de rendimiento de los extractos de frutos y hojas	72
XXVII.	Densidad de los extractos de frutos y hojas.....	72
XXVIII.	Porcentaje de solvente de los extractos de frutos y hojas.....	73
XXIX.	pH de los extractos de frutos y hojas de quilete.....	73
XXX.	Presencia de alcaloides en extractos de quilete	74
XXXI.	Porcentaje de rendimiento de extractos obtenidos a escala planta piloto utilizando etanol como solvente.....	74
XXXII.	Mortalidad de larvas según concentración de extracto	74
XXXIII.	Dosis letal media de extractos para larvas.....	76
XXXIV.	Mortalidad de insectos según concentración de extracto.....	76
XXXV.	Dosis letal media para insectos.....	78

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
CV	Coeficiente de variación
ρ	Densidad
σ	Desviación estándar
g	Gramo
m	Metro
mL	Mililitro
min	Minuto
nm	Nanómetro

GLOSARIO

Densidad	Relación entre la masa y volumen de una sustancia.
Maceración dinámica	Técnica de extracción en la cual el material vegetal está siendo agitado mecánicamente dentro de una cantidad definida e inmutable de solvente.
Materia vegetal	Cualquiera de las partes de una planta.
pH	Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución.
Sólidos totales	Contenido total de sólidos disueltos en un solvente específico.
Solvente	Componente que se encuentra en mayor proporción en una solución.
Técnica Soxhlet	Técnica de extracción de materia vegetal, en la cual el solvente está constantemente en circulación mediante un sistema de evaporación-condensación.
Vector	Organismo que transmite un agente desde los organismos que lo poseen hasta otros que aún no portan ese agente.

RESUMEN

La presente investigación consiste en la caracterización fisicoquímica de los extractos de frutos y hojas de quilete (*Solanum americanum* Miller). Son obtenidos por maceración dinámica, y la evaluación de la actividad insecticida y larvicida contra el vector transmisor del dengue (*Aedes aegypti*) de estos extractos.

Inicialmente se caracterizó el material vegetal, mediante la determinación de materia extraña, porcentaje de cenizas y tamaño óptimo de partícula.

Se evaluó el tiempo óptimo de extracción para frutos y hojas, mediante la técnica Soxhlet, utilizando tres diferentes solventes. Esto se efectuó mediante la determinación continua de los sólidos extraíbles durante el proceso de extracción.

Utilizando el tiempo óptimo de extracción para cada uno de los seis tipos de extractos, se realizaron extractos para frutos y hojas, utilizando la técnica de maceración dinámica. Los extractos obtenidos se caracterizaron fisicoquímicamente. Esto mediante la determinación de humedad, densidad, pH, identificación y porcentaje total de alcaloides.

Los extractos de frutos y hojas con mayor porcentaje de alcaloides totales se escalaron a planta piloto. Posteriormente, se prepararon en tres concentraciones diferentes, en dos presentaciones, para evaluar su capacidad larvicida e insecticida en contra del vector *Aedes Aegypti*.

OBJETIVOS

General

Evaluar al extracto de quilete (*Solanum americanum* Miller) como insecticida y larvicida contra el vector transmisor del dengue (*Aedes aegypti*).

Específicos

1. Evaluar el porcentaje de rendimiento del extracto de frutos de quilete, en función de la polaridad del solvente utilizado.
2. Evaluar el porcentaje de rendimiento del extracto de hojas de quilete, en función de la polaridad del solvente utilizado.
3. Caracterizar fisicoquímicamente cada extracto de hojas y frutos de quilete, obtenidos a escala laboratorio.
4. Cuantificar los alcaloides en cada uno de los extractos de hojas y frutos de quilete, obtenidos a escala laboratorio.
5. Extraer, mediante maceración dinámica a escala planta piloto, hojas y frutos de quilete. Esto utilizando como agente de extracción el solvente que haya presentado el mayor porcentaje de alcaloides totales a escala laboratorio.

6. Determinar el rendimiento, con respecto a la sustancia seca de los extractos obtenidos a escala planta piloto.
7. Establecer la actividad larvicida e insecticida de los extractos de frutos y hojas de quilete, frente a vectores de *Aedes aegypti*.

Hipótesis

Los extractos de frutos y hojas de quilete (*Solanum americanum* Miller) tienen actividad insecticida y larvicida contra el vector transmisor del dengue (*Aedes aegypti*).

Hipótesis nula:

- Ho₁: el extracto de hojas de quilete no presenta actividad insecticida ni larvicida en contra del vector transmisor del dengue (*Aedes aegypti*).
- Ho₂: el extracto de frutos de quilete no presenta actividad insecticida ni larvicida en contra del vector transmisor del dengue (*Aedes aegypti*).

Hipótesis alternativa:

- Ha₁: el extracto de hojas de quilete presenta actividad insecticida y larvicida en contra del vector transmisor del dengue (*Aedes aegypti*).
- Ha₂: el extracto de frutos de quilete presenta actividad insecticida y larvicida en contra del vector transmisor del dengue (*Aedes aegypti*).

INTRODUCCIÓN

El quilete es una planta común en Guatemala que crece espontáneamente sobre escombros, matorrales y sembradillos. Por lo que este trabajo de investigación tiene como objetivo caracterizar fisicoquímicamente los extractos de frutos y hojas de quilete, comparando los resultados obtenidos con tres solventes de distinta polaridad.

El dengue es una enfermedad viral aguda, producida por el virus del dengue y transmitida por el mosquito *Aedes aegypti*. Este se cría, preferentemente, en depósitos de agua estancada. En la actualidad la forma de retención de la propagación del dengue consiste en eliminación de criaderos de mosquitos, utilización de barreras físicas y uso de repelentes e insecticidas. Pero las sustancias comúnmente utilizadas presentan una alta toxicidad para organismos superiores y plantas, así como efectos nocivos sobre el medio ambiente.

Con el fin de disminuir el uso de insecticidas sintéticos se ha propuesto, en los últimos años, una búsqueda de insecticidas botánicos que sean menos tóxicos, biodegradables y eficientes. Bajo este objetivo se evaluó el efecto insecticida y larvicida en contra el vector transmisor del dengue, de los extractos de frutos y hojas de quilete.

1. ANTECEDENTES

En Guatemala se han realizado investigaciones referentes al extracto de *Solanum americanum* Miller y *Solanum nigrecense*, específicamente se ha evaluado su actividad antifúngica y antimicrobiana. Entre estas investigaciones se pueden mencionar:

- *Caracterización del extracto y tintura del Macuy (Solanum americanum Miller) como antifúngico contra la Candida Albicans*: estudio de tesis realizado en el 2006 por Claudia Annelize Morales de León, estudiante de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En esta investigación se caracterizó el extracto y tintura de macuy. Además se determinó la acción antifúngica de ambos, concluyéndose que no presenta actividad antifúngica contra la *Candida Albicans*.
- *Plants used in Guatemala for Treatment of gastrointestinal disorders, Screening of 84 plants against enterobacteria*: estudio realizado en 1990 por Armando Cáceres, Orlando Cano, Blanca Samayoa y Leila Aguilar. En este estudio se analizó el efecto del *Solanum americanum* Miller ante cinco tipos de enterobacterias patógenas para el hombre, obteniéndose inhibición negativa en tres de estas, siendo *Escherichia coli*, *Salmonella typhi* y *Shigella flexneri*.

Dentro de los estudios referentes al efecto larvicida que poseen algunos extractos vegetales y aceites esenciales contra el *Aedes aegypti*, se puede citar:

- *Determinación de la actividad larvica de seis extractos y aceites de plantas del género Lippia nativas de Guatemala, contra Aedes aegypti y Anopheles albimanus vectores transmisores del dengue y el paludismo respectivamente*: estudio de tesis realizado en el 2011, por Blanca Alicia Alvarado Rodríguez, Química Bióloga, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El propósito de esta investigación fue medir la actividad larvica y la concentración letal media de los extractos diclorometánicos, metanólicos y en aceites esenciales de seis plantas nativas de Guatemala pertenecientes al género *Lippia* concluyéndose que solo una de las seis especies ensayadas presento efecto larvica apreciable.

También se ha investigado acerca del efecto que poseen algunos productos botánicos sobre el control microorganismos, de los que se puede referir:

- *Evaluación de tres productos botánicos (Crotalaria longirostrata, Tajetes tenuifolia y Asparagus officinalis) y dos concentraciones para control de nemátodo meloidogyne sp. en el cultivo de zanahoria (Daucus carota); a nivel de invernadero*: estudio de tesis realizado en el 2004, por Alejandro Enrique Carranza González, Ingeniero Agrónomo, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Extractos vegetales

Consiste en una separación de porciones biológicamente activas de los componentes inertes o inactivos de una planta u otro material vegetal. Entre los métodos extractivos se pueden mencionar:

- EFS, fluidos supercríticos
- Extracción sólido-líquido
- Extracción líquido-líquido
- Extracción por centrifugación
- Extracción en fase sólida

2.1.1. Extracción sólido-líquido

Consiste en la separación preferencial de uno o más componentes de una mezcla sólida por disolución en un disolvente líquido. La separación implica, normalmente, la disolución selectiva, con difusión o sin ella. El constituyente soluble puede ser sólido o líquido y estar incorporado, combinado químicamente o adsorbido.

2.1.1.1. Variables de proceso en la extracción sólido-líquido

Dentro de las variables que afectan directamente la velocidad de extracción se encuentran:

- Tamaño de partícula
- Temperatura
- Concentración del solvente
- Porosidad
- Agitación
- Solvente

Una extracción sólido-líquido generalmente se realiza con disolventes orgánicos. Estos penetran en la materia vegetal y disuelven las sustancias, que son concentradas a baja temperatura. La selección del solvente debe cumplir los siguientes requisitos:

- Ser capaz de disolver rápidamente todos los principios activos.
- Disolver la menor cantidad de materia inerte.
- Tener un punto de ebullición bajo y uniforme que permita eliminarlo rápidamente, pero evitando pérdidas por evaporación.
- Ser químicamente inerte, para no reaccionar con los componentes a analizar.

Para maximizar el rendimiento se tiene que ofrecer al disolvente superficies de intercambio grandes y recorridos de difusión cortos. Ambas variables dependen directamente del tamaño de partícula a extraer.

Al aumentar la temperatura la solubilidad generalmente tiende a aumentar. Por lo que se logra un mayor agotamiento del material a extraer. Esto a temperatura ambiente, pero la temperatura máxima para cada sistema está limitada por: el punto de ebullición del solvente, el punto de degradación del material, solubilidad de impurezas y economía.

La concentración del solvente es importante en soluciones acuosas, debido a la saturación. Este puede frenar el proceso de extracción sólido-líquido.

La porosidad del material a extraer, permite que el líquido penetre a través de los canales formados por los poros dentro del sólido, aumentando así el área activa para la extracción.

La agitación provee una mayor eficiencia a la extracción. Esto debido a que disminuye la película de fluido que cubre la superficie del sólido en reposo y que actúa como una resistencia a la difusión.

2.1.1.2. Solvente

Es un líquido en cual se introduce una o más sustancias para constituir una fase homogénea. El solvente no es definido por su estructura química sino más bien por su estado físico, el estado líquido y por su uso.

Un buen solvente debe presentar la solvatación, que es la capacidad de formar enlaces. Esta depende de un elevado momento dipolar y la naturaleza de los enlaces químicos formados

2.1.1.2.1. Clasificación de los solventes

La polaridad es una de las características más importantes de los solventes, ya que establece una diferencia en la carga eléctrica sobre varias porciones de una molécula. Esta es la diferencia fundamental entre los solventes, ya que establece un punto a partir del cual pueden clasificarse. De lo anterior, los solventes pueden catalogarse de dos maneras: polares y no

polares. Además pueden subdividirse en solventes polares próticos, polares apróticos, solventes no polares no oxigenados y no polares oxigenados.

2.1.1.2.2. Constante dieléctrica de los solventes

La relación de la constante dieléctrica muestra qué tanto una sustancia está polarizada y la capacidad de asociación del solvente a otras moléculas.

A escala atómica se afirma que, las moléculas están polarizadas cuando hay una separación entre el centro de gravedad de las cargas negativas, y la correspondiente a las cargas positivas de la molécula.

La capacidad de asociación puede expresarse en términos de la constante dieléctrica. Cuanto más polar sea un solvente, mayor será su respectiva constante dieléctrica.

2.1.1.2.3. Hexano (C₆H₆)

Es un hidrocarburo alifático saturado posee enlaces covalentes simples. Es uno de los solventes industriales no polares más ampliamente utilizados. Esto debido a su punto de ebullición, relativamente alto, de 69 °C y su constante dieléctrica de 2,0.

2.1.1.2.4. Etanol (C₂H₆O)

Es un compuesto alquílico con un grupo funcional hidroxilo. Este posee un punto de ebullición de 79 °C. Es un solvente polar-prótico con una constante dieléctrica de 24,0.

2.1.1.2.5. Agua (H₂O)

Es un disolvente para muchos compuestos iónicos, como para otras sustancias que son capaces de formar enlaces de hidrógeno.

Es un solvente clasificado como polar-prótico, con una constante dieléctrica de 82 y un punto de ebullición de 100 °C.

2.1.1.3. Maceración

Este proceso consiste en poner en contacto la materia vegetal de tamaño moderadamente grueso o semifino con un disolvente establecido. Se trata de un proceso que da como resultado un equilibrio de concentración entre la materia vegetal y el disolvente. El rendimiento del extracto disminuye cuando la relación materia vegetal/disolvente aumenta.

La absorción de la materia es un factor de gran importancia, porque aumenta la permeabilidad de la pared celular y la difusión del disolvente. La velocidad con que se obtiene el equilibrio está en función del tamaño de partícula de la materia vegetal, de la absorción de las células y las propiedades del disolvente.

El proceso clásico de maceración denominado maceración simple consiste en dejar la materia en contacto con el disolvente durante varias horas, con agitación ocasional. Con el objetivo de abreviar el tiempo de operación, en el proceso de maceración, se puede mantener en movimiento constante la mezcla solvente-materia vegetal. En este caso el procedimiento recibe el nombre de maceración dinámica.

2.1.1.4. Percolación

Consiste en hacer pasar el disolvente a través de la materia vegetal, hasta obtenerse una extracción exhaustiva.

La percolación comprende una etapa preliminar de humedecimiento de la materia vegetal, fuera del cuerpo del percolador. Este procedimiento tiene como objetivo aumentar el contacto, facilitando el paso del disolvente y no permitiendo la formación de falsas vías, que perjudican la eficiencia del proceso.

2.1.2. Tipos de extracto

Estos se dividen en:

2.1.2.1. Extracto fluido

Estos son preparaciones líquidas en las que en general, se guarda una relación 1:1 de extracto seco y solvente.

Generalmente se realiza en primer lugar una extracción exhaustiva en la que se obtiene el 80 % como líquido. Luego el resto se concentra a vacío para llegar a la concentración requerida.

2.1.2.2. Extracto blando

Son preparaciones de consistencia intermedia entre los extractos fluido y seco. Se obtienen mediante evaporación parcial del disolvente, su concentración es igual o superior al 2:1 de relación extracto seco-solvente.

2.1.2.3. Extracto seco

Son preparaciones de consistencia sólida. Son obtenidos por evaporación del disolvente, los extractos secos tienen un residuo seco no inferior al 95 % en masa.

2.1.3. Materia prima vegetal

Está constituida por todas las secciones de las plantas que contienen compuestos capaces de ser extraídos

2.1.3.1. Análisis macroscópico

Para la obtención del extracto es importante identificar que el material vegetal cumpla con especificaciones preestablecidas. Esto con el fin de evitar la presencia de material extraño que pueda interferir con la investigación. Dentro de los aspectos a evaluar, según la sección del vegetal, están:

- Tallos: tipo, sección, disposición de las hojas
- Hojas: forma, nerviación, pelos, textura
- Inflorescencias: disposición de las flores, brácteas
- Flores: cáliz, corola, estambres, carpelos
- Frutos: tipo, forma y dimensiones
- Semillas: tamaño, color, forma
- Corteza: color, estriaciones, arrugas
- Leño: zonas de crecimiento, vasos, radios medulares
- Órganos subterráneos: forma, aspecto, consistencia

2.1.3.2. Constituyentes químicos

Los compuestos metabólicos encontrados en los tejidos vegetales pueden ser divididos en dos grandes categorías basadas en sus funciones. La primera categoría comprende los metabolitos primarios que son los involucrados en los procesos fisiológicos de la planta, absolutamente necesarios para la vida y son omnipresentes en el reino vegetal.

Estos procesos incluyen, la fotosíntesis, respiración y metabolismo del ácido nucleico, proteínas, carbohidratos y lípidos. La segunda comprende los metabolitos secundarios, compuestos que no son absolutamente necesarios para los procesos de la vida. Aunque pueden tener funciones importantes en las interacciones de la planta con otros organismos, tales como interacciones alelopáticas, defensa química contra herbívoros y patógenos y atracción para la polinización y animales dispersadores de semilla.

Muchos metabolitos secundarios son conocidos por tener actividad farmacológica y son la base para la quimiotaxonomía de las plantas. Los metabolitos secundarios pueden ser clasificados en diferentes clases químicas. Entre las que se encuentran:

Aminoácidos no proteicos, flavonoides, xantonas, umarinas, poliacetilenos, policétidos cíclicos, monoterpenos, sesquiterpenos, iridoides, triterpenos, esteroides, terpenos que contienen nitrógeno y alcaloides.

Estas clases químicas no son omnipresentes en el reino vegetal, pero tienden a ser específicas de ciertas clases botánicas, órdenes y familias. Además, muchas subclases químicas y compuestos secundarios individuales son específicos para ciertas subfamilias, géneros y especies. Son estas

subclases químicas y compuestos individuales los que pueden ser usados como compuestos marcadores, para ayudar en la identificación apropiada del material vegetal.

Para la mayoría de extractos botánicos, no se conoce con certeza cuál de los componentes es el responsable del efecto registrado. Generalmente se cree que varios constituyentes actúan sinérgicamente para proveer dicho efecto.

Para el material vegetal que posee una monografía, ciertos constituyentes químicos son elegidos y se describen ensayos cuantitativos para evaluar su contenido. La elección de tales componentes, generalmente conocidos como marcadores, está basada en ciertas consideraciones. Actualmente, los siguientes tipos de marcadores son especificados en las monografías y pueden ser identificados en la materia prima:

- Principios activos: son constituyentes que tienen actividad clínica probada.
- Marcadores activos: son compuestos que tienen actividad farmacológica conocida y contribuyen en cierto grado a su eficacia.
- Marcadores analíticos: cuando ni los principios activos ni los marcadores activos son definidos.
- Marcadores negativos: son constituyentes que pueden tener propiedades tóxicas o alergénicas y cuya presencia es indeseable en el extracto botánico.

2.1.3.3. Alcaloides

Nombre tradicional y convencionalmente aceptado para un grupo de compuestos. Estos se pueden considerar como: compuestos orgánico de origen natural (generalmente vegetal), nitrogenado, derivados generalmente de aminoácidos, de carácter más o menos básico, de distribución restringida. Con propiedades farmacológicas importantes a dosis bajas y que responden a reacciones comunes de precipitación y los cuales en mayor o menor grado, presentan ciertas características comunes como:

- Biogénesis: el nitrógeno proviene de aminoácidos y forma parte de un anillo heterocíclico.
- Distribución restringida: son de origen vegetal aunque algunas sustancias derivadas de bacterias, hongos y animales son considerados alcaloides.
- Poseen uno o más nitrógeno en un anillo heterocíclico que le imparte propiedades básicas a la molécula.

Los alcaloides generalmente se subclasifican en:

- Alcaloides verdaderos: cumplen estrictamente con las características de la definición de alcaloide. Son formados a partir de aminoácidos, tienen siempre un nitrógeno intracíclico. Estos son de carácter básico y existen en la naturaleza normalmente en estado de sal.
- Protoalcaloides: son aminas simples con nitrógeno extracíclico, de carácter básico y son productos del metabolismo de los aminoácidos.

- Pseudoalcaloides: presentan algunas de las características de la definición de alcaloide, pero no son derivados de aminoácidos.
- Alcaloides imperfectos: son derivados de bases púricas, no precipitan con los reactivos específicos para alcaloides.

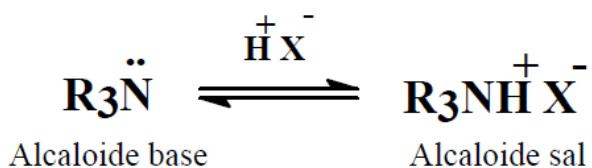
En cuanto a su estado natural, los alcaloides son esencialmente sustancias presentes en todos los órganos de la planta. Estos pueden encontrarse mayoritariamente en hojas, flores, frutos, semilla, corteza y raíz.

2.1.3.3.1. Reconocimiento de alcaloides

Las técnicas de reconocimiento son basadas en la capacidad que tienen los alcaloides en estado de sal (extractos ácidos), de combinarse con el yodo y metales pesados como bismuto, mercurio y tungsteno formando precipitados.

En la práctica se utilizan reactivos generales para detectar alcaloides como: la solución de yodo-yoduro de potasio (reactivo de Wagner), mercurio tetrayoduro de potasio (reactivo de Mayer), tetrayodo bismuto de potasio (reactivo de Dragendorff), solución de ácido pícrico (reactivo de Hager), ácido sílico túngtico (reactivo de Bertrand), p-dimetilamino benzaldehído (reactivo de Ehrlich); nitración de alcaloides (reacción de Vitali-Morin) se usa para alcaloides en estado base.

2.1.3.3.2. Extracción y aislamiento



Puesto que los alcaloides son compuestos de carácter básico, su solubilidad en los diferentes solventes varía en función del pH, es decir según se encuentre en estado de base o de sal. En forma de base son solubles en solventes orgánicos no polares como benceno, éter etílico, cloroformo, diclorometano y acetato de etilo. En forma de sales son solubles en solventes polares, agua, soluciones ácidas e hidroalcohólicas.

2.1.3.4. Ensayos fisicoquímicos

Se denominan así a los ensayos que se realizan sobre la materia vegetal entera, pulverizada o extractos de ella. Son ensayos cualitativos o cuantitativos que permiten conocer la composición de la planta, caracterizar principios activos y reconocer falsificaciones.

Se realizan con una finalidad cualitativa (identificar sustancias), cuantitativa (determinar su concentración) o ambas. Los ensayos cuantitativos comunes son los siguientes:

- Humedad.
- Cenizas.
- Residuo seco.
- Materia extraíble.
- Parámetros físicos (densidad, poder rotatorio, índice de refracción)
- Índices químicos (acidez, saponificación, sobre todo para aceites esenciales).
- Índices de hinchamiento (para mucílagos).
- Índices de espuma (para saponinas).
- Contaminantes. Metales pesados, plaguicidas y aflatoxinas.

2.2. Monografía del *Solanum americanum* Miller

- Nombre común en Guatemala: quilete, macuy o hierba mora

2.2.1. Origen

Procede de Sur América crece espontáneamente sobre escombros, matorrales y sembradíos. En Guatemala se encuentra a alturas de 350-1500 msnm, en los departamentos de Alta y Baja Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, Escuintla, Guatemala, Huehuetenango, Jutiapa, Petén, Retalhuleu, Sacatepéquez, San Marcos, Santa Rosa, Suchitepéquez y Zacapa.

2.2.2. Obtención

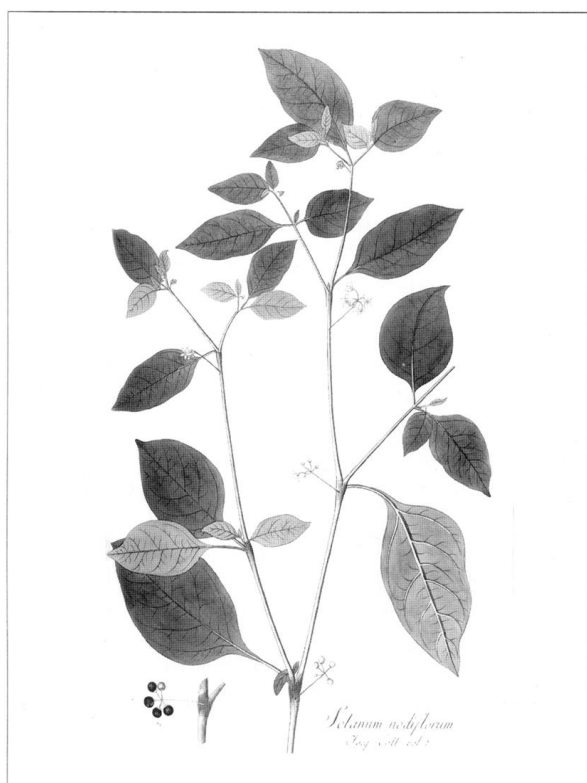
Se obtiene por recolección en lugar de crecimiento silvestre, su propagación se hace por semilla que germina a los 15-20 días.

2.2.3. Descripción botánica

Subarbusto herbáceo, anual, tallo pubescente o glabro, ramificado desde la base; hasta 1 m de altura; hojas lanceoladas a ovado-lanceoladas de 3.0 a 6,2 cm de largo x 1,1-4,0 cm de ancho en la parte media, márgenes enteros a ondeado, rara vez sinuado-dentado. Las inflorescencias simples, cimas umbellate, 3 a 6 flores, pedúnculos a 2,8 cm de largo fructificación; pedicelos de hasta 14 mm de largo de fructificación, los cálices de 1,1 a 2,0 mm de largo, sépalos recurvados lejos de las bayas maduras. Corolla estrellado, blanco, ocasionalmente púrpura, con la estrella basal translúcido a amarillo-verdoso, de 1,6 a 4,0 mm de radio; anteras amarillas, 0,7 a 1,5 mm de largo. Polen de 15,0 a 21,7 micras de diámetro; estilos de 1,2 a 3,5 mm de largo. Por

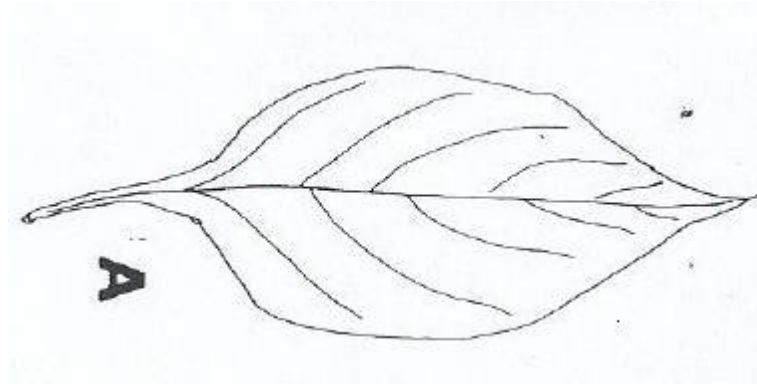
lo general exerta más allá de las anteras, hasta 2,5 mm; frutos baya globosa o subglobosa, de 4 a 8 mm de diámetro, verdes y negros al madurar; semillas de, 5 mm de largo, 24 a 70 por baya; gránulos escleróticas generalmente ausentes, ocasionalmente presentes.

Figura 1. **Planta de *Solanum americanum* Miller**



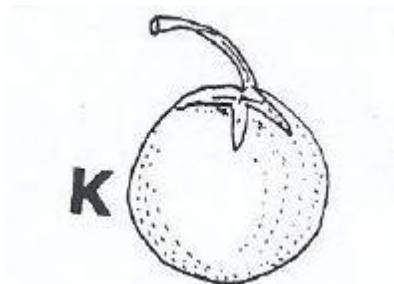
Fuente: EDMONDS, Jennifer; CHWEYA, James. *Black nightshades*. p. 24.

Figura 2. **Silueta de la Hoja de *Solanum americanum* Miller**



Fuente: GATTUSO, Martha. *Analytical Micrographic Characters*. p. 32.

Figura 3. **Representación de la fruta de *Solanum americanum* Miller**



Fuente: GATTUSO, Martha. *Analytical Micrographic Characters*. p. 32.

2.2.4. Usos

Popularmente las hojas son consumidas como alimento y es frecuente encontrarla en los mercados.

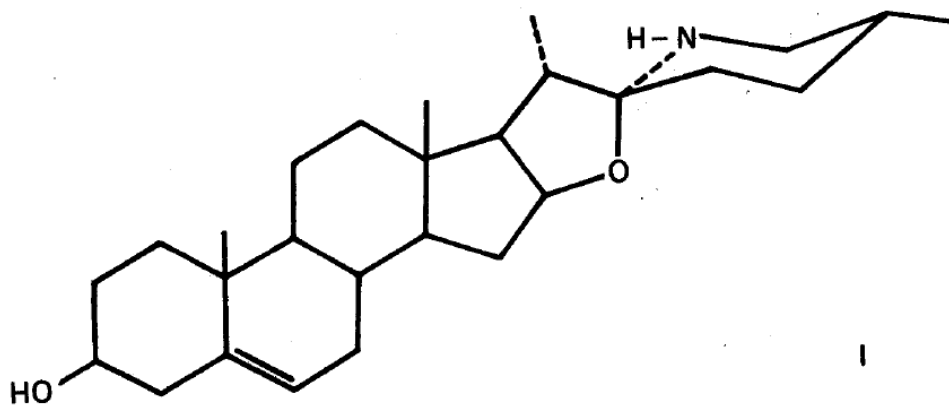
La decocción de hojas se usa por vía tópica para el tratamiento de afecciones dermatomucosas. Además se le atribuyen propiedades aperitiva, calmante, depurativa, diurética, desinflamante, emoliente, febrífuga, mineralizante, reconstituyente, sedante y vulneraria.

2.2.5. Composición química

Contiene alcaloides tales como: solasodina ($C_{27}H_{43}NO_2$) (figura 4) y solasonina (figura 5). En general los efectos de toxicidad y medicinales de las plantas del tipo *Solanum* son atribuidos a la presencia de glicoalcaloides.

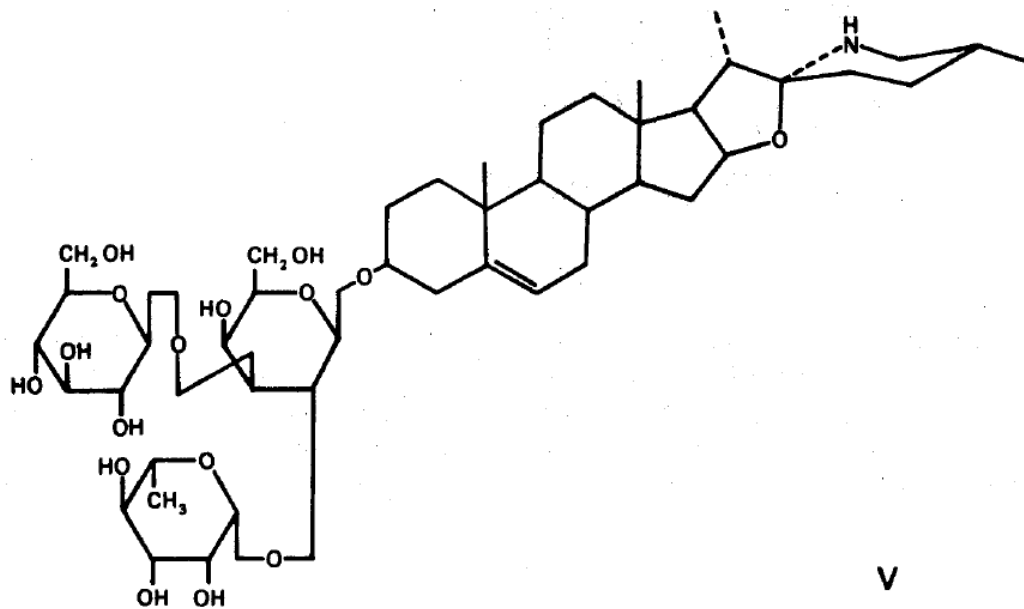
En el caso de *Solanum americanum* se ha reportado presencia de solasodina en todas las partes de la planta. Pero la mayor concentración, en frutos verdes, en donde se encuentran cantidades alrededor de 0,65 %. En estos frutos se encuentran además cantidades significativas de diosgenina ($C_{27}H_{40}O_{23}$) (figura 6), alrededor del 1,2 %. Por su parte los frutos maduros contienen alrededor de 0,3-0,45 % de solasonina.

Figura 4. Estructura química de Solasodina



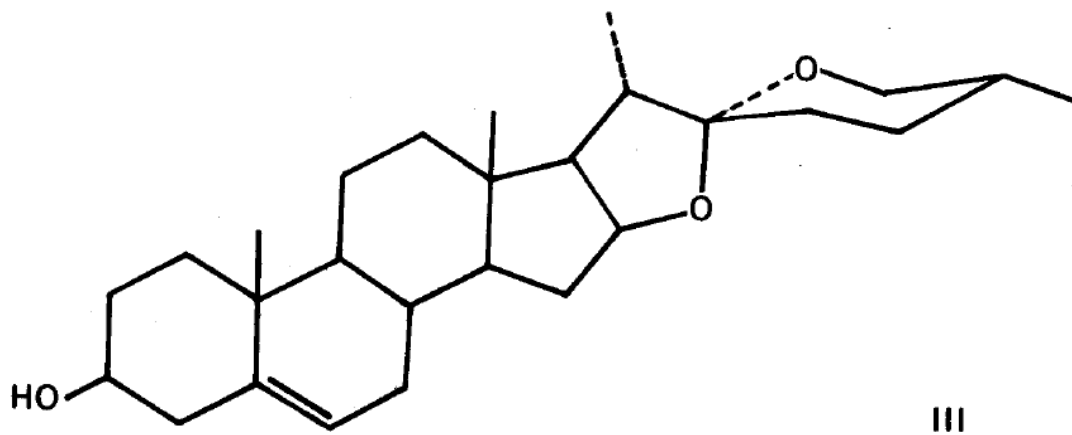
Fuente: URZÚA A. *Componentes esteroideos de Solanum pinnatum*. p. 12.

Figura 5. Estructura química de Solasonina



Fuente: URZÚA A. *Componentes esteroidales de Solanum pinnatum*. p. 14.

Figura 6. Estructura química de la Diosgenina



Fuente: URZÚA A. *Componentes esteroidales de Solanum pinnatum*. p. 13.

En la tabla I se resumen algunas características de los compuestos presentes en el *Solanum americanum* Miller.

Tabla I. **Compuestos activos en el *Solanum americanum* Miller**

Característica	Compuesto		
	Solasonina	Solasodina	Diosgenina
Temperatura de fusión	235-240 °C	266-268 °C	206.5-210 °C
Tipo de compuesto	Alcaloide	Alcaloide	Saponina
Presencia en <i>Solanum americanum</i> Miller	Toda la planta, hojas y frutos verdes predominantemente.	Frutos maduros predominantemente.	Frutos verdes.

Fuente: elaboración propia.

2.2.6. Toxicología

El clorhidrato de solanina ha sido evaluado en ratones, dando una DL50 de 42mg/kg por vía intraperitoneal.

Los frutos de *S. nigrum* se consideran tóxicos al ganado, ovejas, caballos, pollos y patos. Los principios tóxicos se atribuyen a solanina y solanidina. Esta toxicidad no ha sido demostrada en *Solanum americanum*.

2.3. Dengue

Es una enfermedad viral transmitida por la picadura del mosquito *Aedes aegypti*.

Los virus del dengue han sido agrupados en cuatro serotipos estrechamente relacionados: DEN-1, DEN-2, DEN-3 y DEN-4. Cualquier serotipo puede producir formas graves de la enfermedad, aunque los serotipos 2 y 3 han sido asociados a la mayor cantidad de casos graves y fallecidos.

La inmunidad es serotipo-específica por lo que la infección con un serotipo determinado confiere inmunidad permanente contra el mismo (inmunidad homóloga), y solo por unos meses contra el resto de los serotipos (inmunidad heteróloga). Aunque en teoría, una persona podría padecer dengue hasta cuatro veces a lo largo de su vida (una por cada serotipo), hasta el momento solo se han comprobado hasta tres infecciones en un mismo individuo.

Las cuatro formas en que se puede presentar el dengue en humanos, son:

- Dengue asintomático: este ocasiona una leve molestia como catarro común o gripe, o con signos o síntomas casi imperceptibles.
- Fiebre de dengue o dengue clásico: en este caso se presenta una fiebre de hasta 7 días, de origen no aparente, asociado a la presencia de dolor de cabeza, dolor retroocular, dolor en los músculos y en las articulaciones.

- Fiebre hemorrágica de dengue: este presenta, además de todos los síntomas del dengue clásico, una extravasación de plasma conducente a acumulación de líquidos (edema) con dificultad respiratoria, sangrado severo y afectación severa de órgano (hígado, corazón, cerebro).
- Síndrome de choque de dengue (SCD): este se manifiesta cuando después de algunos días de fiebre, el estado del paciente empeora bruscamente. Coincidiendo con el descenso de la temperatura o poco después, se pueden presentar signos de insuficiencia circulatoria; la piel se torna fría, con manchas y congestionada. Se puede presentar cianosis peribucal y el pulso se hace rápido y débil con estrechamiento de la presión del pulso o hipotensión. El choque tiene una duración entre 12-24 horas. Generalmente los enfermos con SCD fallecen por congestión pulmonar y falla cardíaca.

2.3.1. Transmisión de la enfermedad del dengue

Un mosquito vector del dengue puede quedar infectado cuando se alimenta de un huésped humano durante la viremia. Después de un período de incubación intrínseca de diez a doce días, el virus atraviesa el intestino medio del mosquito vector para infectar otros de sus tejidos; incluyendo las glándulas salivares. Si el mosquito hembra busca su alimento en la sangre de otras personas susceptibles y la pica después que sus glándulas salivares se han infectado, le transmite el virus dengue mediante la inyección del fluido salivar. Esta es la única vía de transmisión de la infección por virus dengue al humano.

2.4. *Aedes aegypti*

Es un mosquito principalmente doméstico que se asocia muy estrechamente con los humanos. Los recipientes artificiales son sus más importantes lugares de cría.

Este mosquito se desarrolla en envases caseros que puedan retener agua, tales como latas, barriles, cubos, tanques, llantas descartadas, floreros, y cisternas; todos los cuales se hallan frecuentemente en ambientes urbanos domésticos. Aunque los mosquitos *Aedes aegypti* se reproducen también en los huecos de los árboles y posiblemente en otras cavidades naturales con agua acumulada; y cualquier objeto hecho por el hombre que pueda retener agua y que no esté rodeado de tierra por sus costados.

2.4.1. Ciclo biológico del *Aedes aegypti*

Consiste en cinco fases:

2.4.1.1. Huevo

Luego de una alimentación sanguínea las hembras *Aedes aegypti* pueden colocar entre 50 y 150 huevos. Estos son de aproximadamente 1mm de largo; de superficie lisa, color blanco y se oscurecen a partir de las dos horas de vida hasta alcanzar un color negro brillante. Aproximadamente de 2 a 3 días después de puesto el huevo se desarrolla la fase larval, si no encuentran humedad se secan y mueren; pero si hay abundante humedad estos huevos con las larvas desarrolladas tendrán resistencia a sequías y pueden sobrevivir hasta 2 años.

Generalmente los huevos son puestos individualmente en las paredes de depósitos de agua, cerca de la superficie y nunca en el agua.

2.4.1.2. Larva

Del huevo de *Aedes aegypti* emerge la forma larvaria, acuática, nadadora, de respiración aérea. Estos se alimentan por filtración de material en suspensión o acumulado en paredes y fondo del recipiente, para lo cual utilizan las cerdas bucales en forma de abanico. Son fotosensibles, al iluminarlas se desplazan al fondo del recipiente casi de inmediato.

La fase larval es el período de mayor alimentación, crecimiento y vulnerabilidad en el ciclo de vida de *Aedes aegypti*. La duración del desarrollo larval depende de la temperatura, la disponibilidad de alimento y la densidad de larvas en el recipiente. En condiciones óptimas (temperaturas de 25 °C a 29 °C) el período desde la eclosión hasta la pupación es de 5 a 7 días, habitualmente es de 7 a 14 días. Las larvas no pueden resistir temperaturas inferiores a 10 °C o superiores a 45 °C, a menos de 13 °C se interrumpe el pasaje a estado de pupa.

La fase larval del *Aedes aegypti* presenta 4 fases (larva I, II, III, IV). Cada uno de estas de mayor tamaño que la precedente. Los tiempos estimados de duración de cada una de las fases son:

- Fase I: 1-1,5 días
- Fase II: 1,7-2,20 días
- Fase III: 2,5 -2,8 días
- Fase IV: 2,9-3,15 días

Las características morfológicas que diferencian a las larvas de *Aedes aegypti* son:

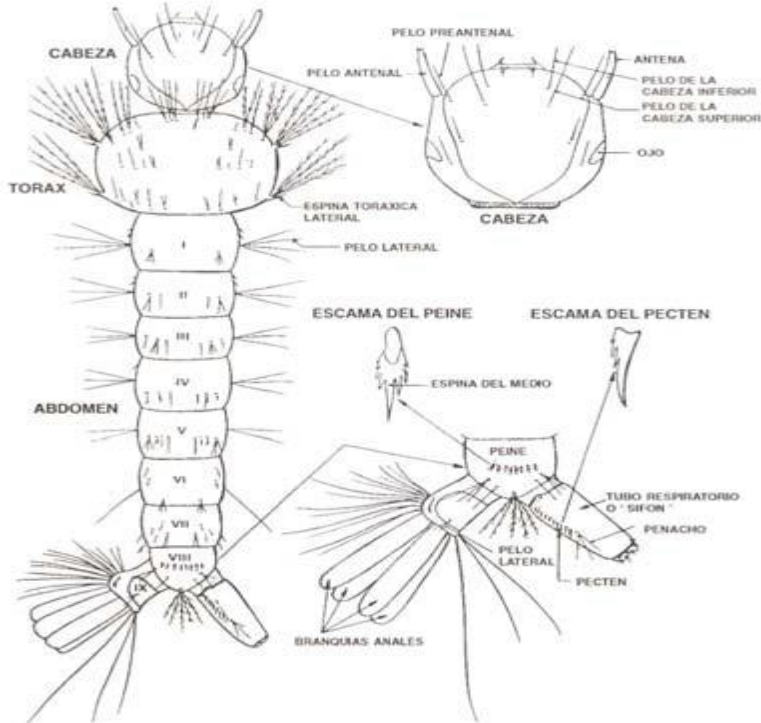
- Pelo cefálico superior e inferior simple
- Espina torácica lateral en forma de uña
- Escama del peine con tres dientes laterales y una espina central

En las figuras 4-7 se presentan un diagramas sobre la morfología, así como vistas ventrales y dorsales de la larva de *Aedes aegypti*.

2.4.1.3. Pupa

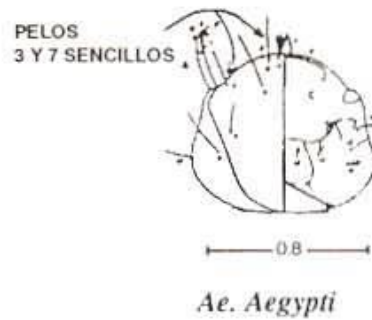
Es la etapa transitoria de la fase acuática o larval, a la fase aérea (adulto). En esta etapa el mosquito no se alimenta. La duración de este estadio es de 2 a 3 días. A continuación se presenta la morfología de la pupa de *Aedes aegypti*.

Figura 7. **Diagrama de la morfología de la larva de *Aedes aegypti***



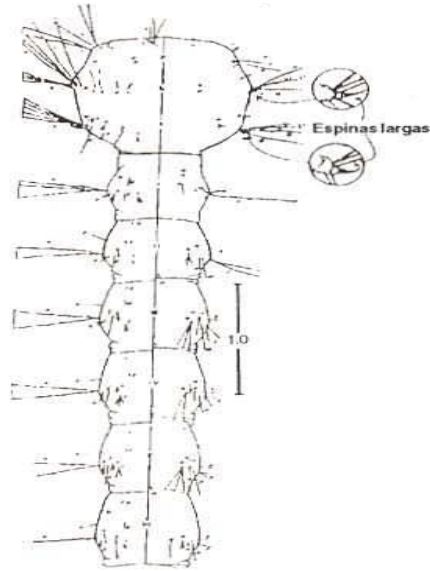
Fuente: Centro nacional de laboratorios de salud pública de Perú. *Guía práctica para la identificación del Aedes aegypti*. p. 10.

Figura 8. **Vista ventral y dorsal de la cabeza de la larva de *Aedes aegypti***



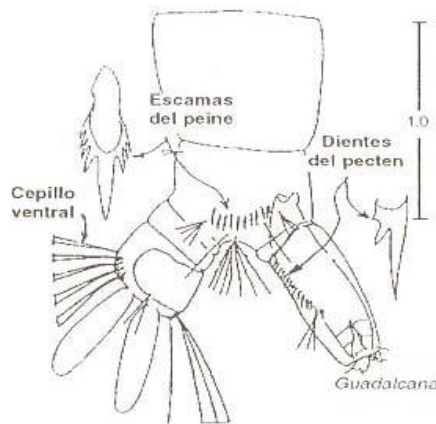
Fuente: Centro nacional de laboratorios de salud pública de Perú. *Guía práctica para la identificación del Aedes aegypti*. p. 11.

Figura 9. **Vista ventral y dorsal del tórax de la larva de *Aedes aegypti***



Fuente: Centro nacional de laboratorios de salud pública de Perú. *Guía práctica para la identificación del Aedes aegypti*. p. 12.

Figura 10. **Vista dorsal del segmento terminal de la larva de *Aedes aegypti***



Ae. Aegypti

Fuente: Centro nacional de laboratorios de salud pública de Perú. *Guía práctica para la identificación del Aedes aegypti*. p. 12.

2.4.1.4. Adulto

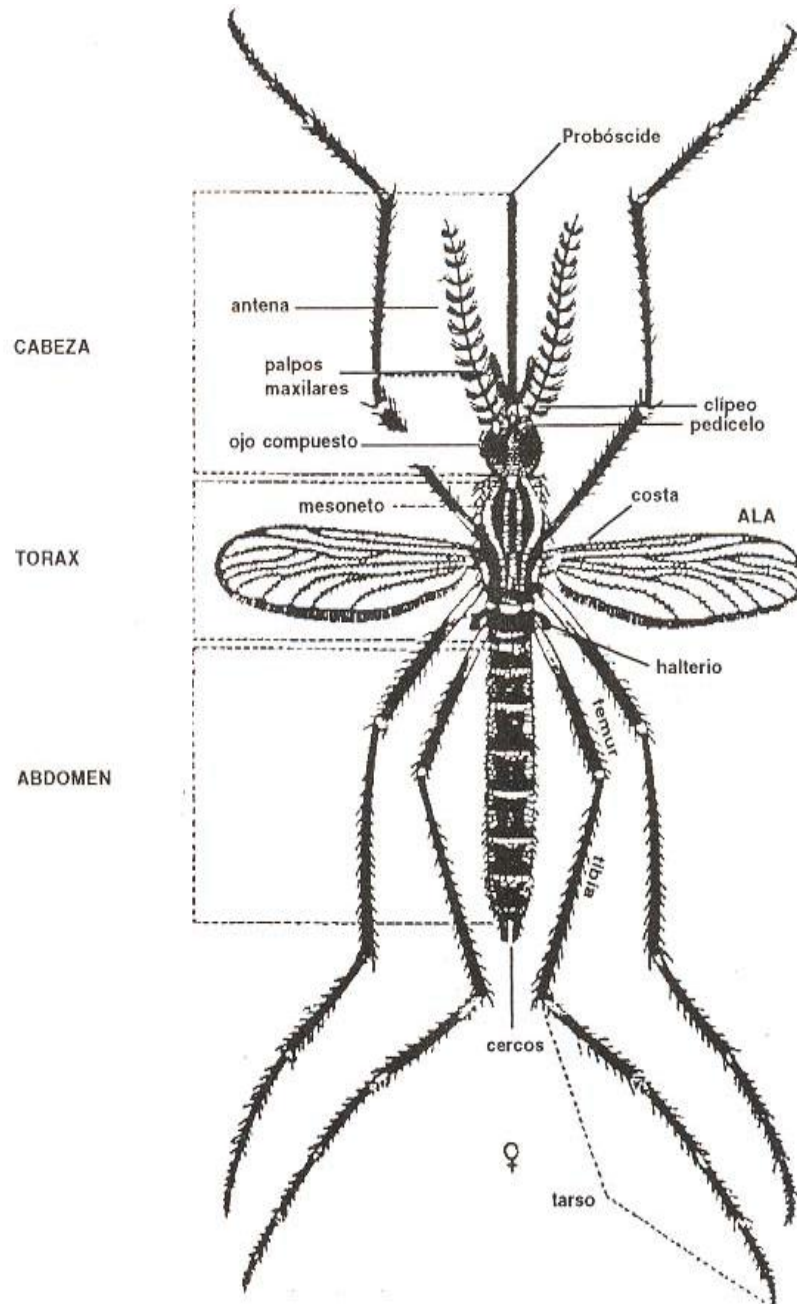
Es la última fase de desarrollo del mosquito conocida como la etapa reproductora. En esta fase emerge de la pupa el insecto adulto, posándose sobre las paredes del recipiente por varias horas. Esto le permite el endurecimiento de su exoesqueleto. En el caso de los machos se produce la rotación de 180° de la parte terminal del abdomen.

A partir de las 24 horas del estadio adulto se produce el apareamiento, generalmente durante el vuelo. Puede haber múltiples apareamientos durante la vida adulta del mosquito.

Tanto la hembra como el macho se alimentan del néctar de las flores; la hembra se alimenta además de sangre caliente, que es la fuente de proteínas para la maduración de los huevos. Después de la alimentación sanguínea, en condiciones óptimas de temperatura y alimentación, desarrolla un lote de huevos cuya postura se realiza a los 3 días. La mortalidad típica diaria del *Aedes aegypti* es de 10 % durante el primer mes.

Las características morfológicas que diferencian a los insectos adultos de *Aedes aegypti* son: escamas claras en el pedicelo y clípeo con escamas claras. La superficie anterior del fémur medio se caracteriza por la presencia de una línea delgada de escamas blancas, y los esternitos abdominales III-V están cubiertos por escamas claras.

Figura 11. Diagrama de la morfología del insecto adulto de *Aedes aegypti*



Fuente: Centro nacional de laboratorios de salud pública de Perú. *Guía práctica para la identificación del Aedes aegypti*. p. 13.

2.5. Insecticidas

Son sustancias con propiedades biocidas para los insectos. Su efecto sobre la fisiología de estos organismos tiene una serie de reacciones físico-químicas que afectan a una especie de insecto en particular.

Los plaguicidas sintéticos actualmente utilizados han demostrado consecuencias negativas. Esto como el desarrollo de resistencia a los productos fitosanitarios por plagas y enfermedades, aparición de nuevas plagas, eliminación de la fauna benéfica y contaminación ambiental y de cultivos alimenticios.

2.5.1. Clasificación

Los insecticidas pueden dividirse de acuerdo a sus componentes químicos y propiedades. Esto se indica en la siguiente clasificación:

2.5.1.1. Insecticidas inorgánicos

Estos insecticidas son de origen mineral, Comúnmente contienen arsénico, cobre, boro, mercurio, azufre, estaño o zinc. Actualmente se usan principalmente en el control de enfermedades de las plantas. Sin embargo, no son específicos y pueden ser tóxicos a una gran variedad de organismos. Estos productos son generalmente menos efectivos que muchos de los compuestos orgánicos. Algunos ofrecen la ventaja de tener una toxicidad aguda relativamente baja en las personas, aunque aquellos que contienen plomo, mercurio y arsénico causan serios problemas de salud y contaminación del medio ambiente.

2.5.1.2. Insecticidas orgánicos

Estos contienen carbono y pueden ser tanto de origen natural como artificial. También contienen oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre, y otros elementos. La mayoría de los insecticidas usados en la actualidad son compuestos orgánicos.

2.5.1.3. Insecticidas microbiales

Están constituidos por bacterias, virus u hongos; capaces de causar enfermedades en ciertas plagas. Son altamente específicos, y por ello no afectan a otras especies.

2.5.1.4. Insecticidas vegetales

Estos son derivados o extraídos directamente de plantas y corresponden principalmente a mecanismos de defensa frente a posibles daños por insectos.

Los compuestos vegetales no persisten mucho tiempo en el medio y sus parámetros farmacocinéticos son poco tóxicos a organismos superiores y causan menos daños al medio ambiente. La actividad de los insecticidas naturales perdura normalmente entre 4 a 15 días bajo condiciones de campo.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Localización

- LIEXVE, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ensayos a realizar: obtención y caracterización de extractos.

- Lipronat de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ensayos a realizar: cromatografía de capa fina.

- Laboratorio de Entomología, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ensayos a realizar: evaluación de Insecticida y larvicida.

3.2. Variables

Estas pueden se dividen en dependientes e independientes.

Tabla II. **Variables involucradas en la investigación**

Variable	Dependiente	independiente	Variación
Caracterización del material vegetal			
Tipo de materia vegetal		X	Hojas y frutos
Porcentaje de cenizas	X		
Presencia de alcaloides	X		
Porcentaje de humedad	X		
Elección de solvente y tiempo de extracción			
Tipo de Solvente		X	Hexano, etanol y agua.
Tiempo de extracción	X		
Porcentaje de sólidos extraíbles	X		
Porcentaje de alcaloides	X		
Caracterización del extracto			
pH	X		
Densidad	X		
Rendimiento			
Rendimiento	X		
Evaluación de susceptibilidad o resistencia de larvas y zancudos			
Insecticida y larvicida		X	Soluciones al 0, 0,25, 1 y 5 % del extracto y una solución de control positivo.
Susceptibilidad o resistencia de larvas y zancudos	X		

Fuente: elaboración propia.

3.3. Delimitación del campo de estudio

A continuación se presentan las variables que forman parte del estudio:

Tabla III. Delimitación de campo de estudio

Variable	Limitación
Material vegetal	<ul style="list-style-type: none">• Hojas entre 2,2-11cm de longitud y 1,1- 6 cm de ancho.• Frutos entre 4-8 mm de diámetro color verde a morado oscuro.
Solvente	<ul style="list-style-type: none">• Solvente apolar: hexano• Solvente polar: etanol• Solvente polar: agua
Larvicida e insecticida	<ul style="list-style-type: none">• Control negativo: agua desmineralizada.• Control positivo: larvicida e insecticida comercial.• Soluciones de extracto al 0, 25, 1 y 5 %.

Fuente: elaboración propia.

3.4. Recursos humanos

- Investigador: Ana Dalila Rodríguez de León
- Asesor: Ing. Mario José Mérida Meré
- Asesora: Inga. Telma Maricela Cano Morales

3.5. Recursos materiales

- Secador eléctrico

- Horno de vacío
- Rotavapor
- Balanza analítica
- Balanza de humedad
- Potenciómetro
- Mufla
- Celda cromatográfica
- Bomba de vacío
- Marmita con agitación
- Marmita de concentración
- Crisoles
- Balones de fondo redondo
- Balones aforados
- Embudo Buchner
- Condensador Allihn
- Agitador magnético
- Ampolla de decantación
- Agua desmineralizada
- Etanol al 70 % (porcentaje volumen-volumen)
- Hexano
- Ácido sulfúrico
- Hidróxido de amonio
- Cloroformo
- Hidróxido de sodio
- Metanol
- Insecticida y larvicida comercial

3.6. Técnica cualitativa o cuantitativa

A continuación se clasifican las variables en función del tipo de técnica utilizada.

Tabla IV. Técnica a utilizar

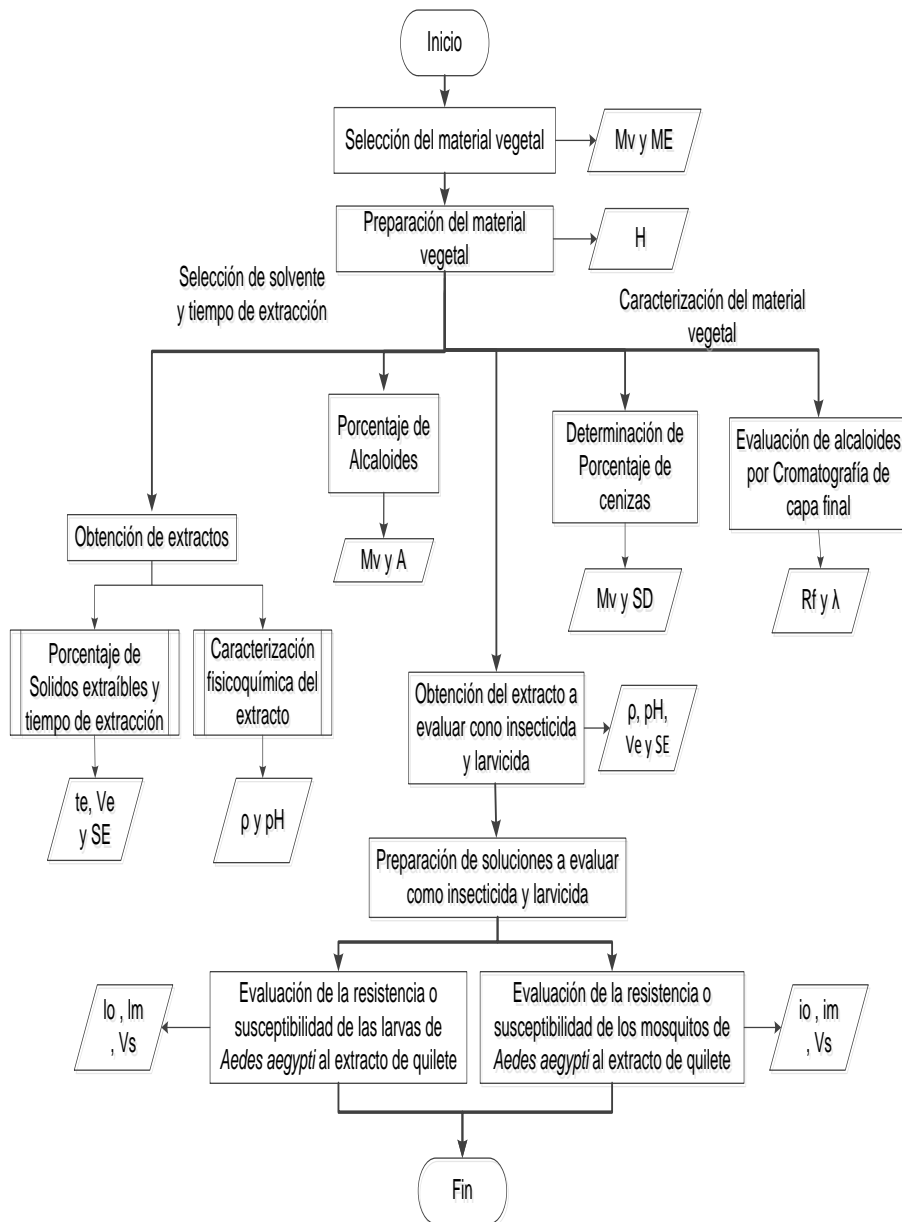
Variable	Cualitativa	Cuantitativa
Caracterización del material vegetal		
Porcentaje de cenizas.		X
Presencia de alcaloides por cromatografía de capa fina.	X	
Porcentaje de humedad.		X
Elección de solvente y tiempo de extracción		
Tiempo de extracción.		X
Porcentaje de sólidos extraíbles.		X
Cuantificación de alcaloides.		X
Caracterización del extracto y evaluación de rendimiento		
pH.		X
Densidad.		X
Rendimiento.		X
Evaluación de susceptibilidad o resistencia de larvas y zancudos		
Susceptibilidad o resistencia de larvas y zancudos.		X

Fuente: elaboración propia.

3.7. Recolección y ordenamiento de la información





A continuación se diagrama el proceso de recolección y ordenamiento de datos.

Figura 12. Diagrama de recolección y ordenamiento de datos



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Tabla V. **Formas utilizadas en el diagrama de recolección y ordenamiento de la información**

Forma	Uso	Forma	Uso
	Inicio y finalización del procedimiento		Subproceso
	Proceso		Datos

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Nomenclatura utilizada en el diagrama de recolección y ordenamiento de la información**

Nomenclatura	Significado	Dimensional
Mv	Masa de materia vegetal	g
ME	Masa de materia extraña	g
H	Humedad	-
Rf	Desplazamiento	cm
Λ	Longitud de onda	nm
SD	Masa de sólidos depositados	g
P	Densidad	g/ml
pH	Potencial de hidrógeno	-
Te	Tiempo de extracción	h
Ve	Volumen de extracto	mL
Se	Masa de sólidos extraíbles	g
Vs	Volumen de solución	mL
vo, vm	Vectores al inicio y muertos respectivamente	-

Fuente: elaboración propia.

3.8. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

A continuación se presenta la información recolectada durante el estudio

Tabla VII. **Porcentaje de materia extraña**

Corrida	Peso de materia vegetal (g)	Peso de materia extraña (g) frutos	Peso de materia extraña (g) hojas
1	100	0,9890	1,1567
2	100	1,1988	1,3240
3	100	0,9754	0,9869

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Elección de tamaño de partícula para hojas de quilete**

Peso	Peso total	Porcentaje retenido (%)	Número de tamiz	Tamaño de partícula (μm)
90,64	994,92	9,110	>70	>210
28,43	994,92	2,858	70	210
57,75	966,49	5,975	60	250
134,83	966,49	13,950	50	297
212,12	966,49	21,947	40	400
283,22	966,49	29,304	30	595
187,93	966,49	19,445	20	841

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Elección de tamaño de partícula para frutos de quilete**

Peso	Peso total	Porcentaje retenido (%)	Número de tamiz	Tamaño de partícula (µm)
45,97	329,3	13,960	>70	>210
32,00	329,3	9,718	70	210
30,73	329,3	9,332	60	250
49,33	329,3	14,980	50	297
56,53	329,3	17,167	40	400
66,31	329,3	20,137	30	595
48,43	329,3	14,707	20	841

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Porcentaje de cenizas**

Corrida	Peso de muestra (g)		Tara de crisol (g)		Peso final de crisol (g)	
	Hojas	Frutos	Hojas	Frutos	Hojas	Frutos
1	1,0012	1,0015	16,6103	16,3942	16,7245	16,4715
2	1,0003	1,0008	16,3927	16,6137	16,5057	16,6879
3	1,0005	1,0013	16,4616	16,4728	16,5742	16,5387

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Tiempo de extracción y sólidos extraíbles de hojas de quilete**

Solvente	Volumen de Picnómetro (ml)	Tiempo de extracción (min)	masa de alícuota (g)	Contenido de solvente (g/g)
Etanol	1,054	30	0,9479	0,9893
	1,054	60	0,9449	0,9744
	1,054	90	0,9442	0,9735
	1,054	120	0,9455	0,9722
	1,054	150	0,9301	0,9717
	1,054	180	0,9518	0,9697
	1,054	210	0,9537	0,9728
	1,054	240	0,9530	0,9841
Agua	1,054	5	1,0496	0,9987
	1,054	26	1,0169	0,9973
	1,054	55	1,0153	1,0000
	1,054	88	0,9770	1,0000
	1,054	108	0,9063	1,0000
	1,054	149	1,0359	1,0000
	1,054	10	0,6926	0,9837
Hexano	1,054	32	0,6909	0,9945
	1,054	38	0,6865	1,0000
	1,054	44	0,6764	0,8668
	1,054	53	0,6848	0,9937
	1,054	67	0,6753	0,9973
	1,054	73	0,6681	0,9939
	1,054	78	0,6798	0,9961
	1,054	103	0,7390	0,9977
	1,054	118	0,6795	1,0000
	1,054	131	0,6817	1,0000

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Tiempo de extracción y sólidos extraíbles de frutos de quilete**

Solvente	Volumen de Picnómetro (ml)	Tiempo de extracción (min)	masa de alícuota (g)	Humedad (g/g)
Etanol	1,054	30	1,0224	0,9452
	1,054	60	0,9522	0,9522
	1,054	90	0,9584	0,9669
	1,054	120	0,9561	0,9694
	1,054	150	0,9389	0,9751
	1,054	180	0,9590	0,9666
	1,054	210	0,9335	0,9678
	1,054	240	0,9647	0,9805
Agua	1,054	0	1,0452	0,9984
	1,054	29	1,0261	0,9988
	1,054	58	0,9347	0,9390
	1,054	77	0,9588	0,9977
	1,054	104	0,9930	0,9974
	1,054	117	0,9913	0,9980
	1,054	130	0,9762	1,0000
	1,054	161	1,0211	1,0000
Hexano	1,054	0	0,6935	0,9939
	1,054	10	0,6899	0,9479
	1,054	18	0,6412	0,9882
	1,054	32	0,6877	0,9602
	1,054	38	0,6900	0,9689
	1,054	49	0,6905	0,9841
	1,054	65	0,6826	0,9913
	1,054	73	0,6495	1,0000
	1,054	86	0,6858	1,0000
	1,054	102	0,6636	1,0000

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Cuantificación de alcaloides**

Solvente	Corrida	Tara de balón (g)		Peso de material vegetal (g)		Peso final (g)	
		Hojas	Frutos	Hojas	Frutos	Hojas	Frutos
Etanol	1	308,90	308,10	25,00	25,00	309,05	309,28
	2	308,98	311,19	25,00	25,00	309,11	312,28
	3	308,86	311,19	25,00	25,00	308,99	312,00
	4	308,90	312,00	25,00	25,00	309,14	312,99
Hexano	1	311,30	312,32	25,00	15,00	311,46	312,48
	2	312,00	311,85	25,00	15,00	312,11	312,04
	3	296,10	312,00	25,00	15,00	296,22	312,22
	4	309,22	311,19	25,00	15,00	309,32	311,35
	5	309,55	-	25,00	-	309,67	-
Agua	1	-	-	25,00	25,00	-	-
	2	-	-	25,00	25,00	-	-
	3	-	-	25,00	25,00	-	-
	4	-	-	25,00	25,00	-	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Mediciones fisicoquímicas del extracto de hojas de quilete**

Solvente	Número	Densidad (ρ)		Propiedades	
		Peso (g)	Volumen (ml)	Contenido de solvente (%)	pH
Etanol	1	0,9408	1,054	97,750	6,700
	2	0,9616	1,088	97,710	6,170
	3	0,9754	1,088	97,750	6,430
	4	0,9394	1,054	98,170	6,650
Hexano	1	0,6710	1,054	100,00	11,56
	2	0,6840	1,054	100,00	8,220
	3	0,6560	1,054	100,00	8,600
	4	0,6870	1,054	100,00	10,48
	5	0,6730	1,054	100,00	8,800
Agua	1	1,0392	1,054	99,800	6,520
	2	1,0609	1,054	98,890	6,600
	3	1,0658	1,054	98,890	6,500
	4	1,0654	1,054	98,620	6,510

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Mediciones fisicoquímicas y rendimiento del extracto de frutos de quilete**

Solvente	Número	Densidad (ρ)		Propiedades	
		Peso (g)	Volumen (ml)	Contenido de solvente (%)	pH
Etanol	1	0,8975	1,054	97,90	5,73
	2	0,9761	1,088	96,54	5,33
	3	1,0740	1,088	96,92	5,75
	4	1,0760	1,088	99,11	6,90
Hexano	1	0,7305	1,067	100,00	7,41
	2	0,7175	1,067	98,90	6,86
	3	0,7193	1,067	100,00	7,24
	4	0,7160	1,067	98,99	6,92
Agua	1	1,1098	1,088	97,34	4,80
	2	1,0612	1,054	96,37	4,30
	3	1,1062	1,088	97,20	4,65
	4	1,1098	1,088	96,67	4,80

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Rendimiento de los extracto de hojas y frutos de quilete

Solvente	Número	Hojas			Frutos		
		Tara balón (g)	Peso de materia (g)	Peso final (g)	Tara balón (g)	Peso de materia (g)	Peso final (g)
Etanol	1	311,19	25,00	315,87	314,50	25,00	323,53
	2	309,50	25,00	314,26	311,19	25,00	319,54
	3	309,39	25,00	314,26	312,63	25,00	321,85
	4	311,81	25,00	316,66	303,98	25,00	312,71
Hexano	1	311,19	25,00	311,98	311,19	25,00	312,04
	2	311,19	25,00	312,34	311,19	25,00	312,38
	3	311,19	25,00	312,00	309,50	25,00	310,95
	4	311,19	25,00	312,55	309,50	25,00	310,58
	5	308,98	25,00	309,77	-	-	-
Agua	1	305,10	15,00	309,25	315,38	15,00	320,04
	2	305,10	15,00	309,39	308,98	15,00	314,34
	3	311,43	15,00	316,33	316,89	15,00	321,54
	4	308,98	15,00	313,23	315,38	15,00	320,04

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Extractos de frutos y hojas a escala planta piloto**

Peso de materia prima seca (g)		Tara de frasco (g)		Peso final (frasco+ extracto) (g)	
Frutos	Hojas	Para hojas	Para frutos	Hojas	Frutos
1 450,00	1 560,00	301,54	255,10	535,54	557,63

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Mortalidad de larvas de *Aedes aegypti***

Corrida	Concentración del extracto	Tipo de extracto			
		Hojas		Frutos	
		Larvas iniciales	Larvas muertas	Larvas iniciales	Larvas muertas
1	0,25 %	20	2	20	3
	1 %	20	2	20	3
	5 %	20	3	20	5
2	0,25 %	20	2	20	3
	1 %	20	3	20	4
	5 %	20	4	20	4
Corrida	Tipo de control	Larvas iniciales		Larvas muertas	
1	Positivo	20		20	
	Negativo	20		0	
2	Positivo	20		20	
	Negativo	20		0	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Mortalidad de mosquitos**

Corrida	Concentración del extracto	Tipo de extracto			
		Hojas		Frutos	
		Insectos iniciales	Insectos muertos	Insectos iniciales	Insectos muertos
1	0,25 %	15	1	16	1
	1 %	17	2	15	2
	5 %	16	2	18	3
2	0,25%	16	1	15	1
	1 %	18	1	15	1
	5 %	15	2	18	3
Corrida	Tipo de control	Insectos iniciales		Insectos muertos	
1	Positivo	15		15	
	Negativo	16		0	
2	Positivo	18		18	
	Negativo	15		0	

Fuente: elaboración propia.

3.9. **Métodos y procedimientos**

A continuación se describen los procedimientos utilizados durante el estudio:

3.9.1. Selección y preparación del material vegetal

Se seleccionaron hojas y frutos de quilete, sanos, vivos y representativos de la población. El corte se realizó cuando los frutos se encontraban en maduración.

3.9.1.1. Selección del material vegetal

Se determinó el porcentaje de materia extraña, constituida por toda la materia prima que no cumple con la descripción botánica del *Solanum americanum* Miller.

- Pesado de 100 g de materia vegetal y selección de la materia según los siguientes requisitos:
 - Hojas lanceoladas y ova-lanceoladas de 2,2 a 11 cm de longitud y 1,1 – 6,6 cm de ancho.
 - Fruto globoso de 4-8 mm de diámetro, color verde a morado oscuro.
- Determinación del porcentaje de materia extraña en la muestra.
- Eliminación de toda la materia extraña presente.

3.9.1.2. Preparación de la materia vegetal

El material se utilizó seco. Esto con el fin de disminuir la actividad de los microorganismos presentes, desacelerando de esta manera la descomposición de la materia vegetal.

- Reducción del tamaño del material, hasta que sea adecuado para la extracción.

3.9.2. Caracterización del material vegetal

A continuación se describen los métodos utilizados en la evaluación del material vegetal:

3.9.2.1. Determinación de cenizas

El porcentaje de cenizas permite estimar la cantidad de minerales en la materia vegetal. El procedimiento utilizado en la evaluación del porcentaje de cenizas consistió en:

- Pulverización de una porción del material vegetal a evaluar
- Pesado de 1 g del material pulverizado en un crisol previamente tarado
- Incineración a una temperatura menor de 450 °C
- Pesar del crisol conteniendo el material vegetal incinerado
- Determinación del porcentaje de cenizas

3.9.2.2. Evaluación de presencia de alcaloides por cromatografía de capa fina

- Pesado de 1 g de material vegetal seco y molido.
- Adición de 1 mL de hidróxido de amonio al 10 % (p/v) y extracción con 5 mL de metanol.
- Calentamiento en baño María a 60 °C durante 5 minutos.
- Filtrado y concentración.
- Aplicación del extracto en una placa de sílica gel 60 F254.
- Revelado por exposición sin tratamiento químico a luz UV 254 nm, UV 365 nm y reactivo de Dragendorff.

3.9.3. Selección de solvente y tiempo de extracción

A continuación se presentan los procedimientos utilizados:

3.9.3.1. Porcentaje de sólidos extraíbles y tiempo óptimo de extracción

- Pesado de 20 g de material vegetal.
- Colocación del material en un dedal de Soxhlet.
- Armado del equipo de Soxhlet, utilizando el solvente a evaluar.
- Toma de 5 ml del extracto en ciclos de tiempo iguales.
- Medición de densidad del extracto.
- Determinación del porcentaje de humedad de 1 g de extracto.
- Retorno del extracto al Soxhlet.
- El tiempo de extracción óptimo, se obtendrá mediante la comparación del porcentaje de sólidos extraíbles a diferentes tiempos.

3.9.3.2. Obtención de extractos

Se realizaron extracciones, por el método de maceración dinámica a temperatura ambiente. Esto para hojas y frutos por separado y se evaluaron tres distintos solventes de diferente polaridad, siendo estos: hexano, etanol (70 % v/v) y agua.

- Pesado de 20 g de material vegetal deshidratado y molido.
- Agitación durante 30 minutos, con 10 mL de carbonato de sodio al 5 % (v/v). (Este paso aplica únicamente cuando se evalúa la extracción con hexano).
- Adición de solvente en una relación 1:10.

- Maceración dinámica, hasta el agotamiento de la materia vegetal.

Repetición de cuatro corridas para cada solvente.

3.9.3.3. Porcentaje de alcaloides en la extracción con hexano

- Pesado de 25 g de materia vegetal deshidratado y molido.
- Agitación durante 30 minutos del material vegetal, con 25 mL de carbonato de sodio al 5 % (v/v).
- Adición de hexano: hasta la obtención de una relación 1:10 material: hexano.
- Maceración dinámica: hasta el agotamiento de la materia vegetal cuyo tiempo fue evaluado anteriormente.
- Filtrado del extracto y concentración mediante rotaevaporación.
- Agitación del extracto concentrado con una solución de ácido sulfúrico al 5 %, espera de la formación de dos fases.
- Separación por decantación de la fase acuosa acida.
- Alcalinizado de la fase acuosa acida con hidróxido de amonio hasta un pH de 9,5.
- Agitación con cloroformo: espera de la formación de dos fases.
- Separación por decantación la fase orgánica.
- Concentración mediante rota evaporación.
- Repetición del procedimiento anterior, al menos por tres corridas.

3.9.3.4. Porcentaje de alcaloides en las extracciones con etanol y agua

- Pesado de 25 g de materia vegetal deshidratado y molido.

- Adición de solvente hasta obtener una relación 1:10 materia:solvente.
- Maceración dinámica: hasta el agotamiento de la materia vegetal cuyo tiempo fue evaluado anteriormente.
- Filtrado del extracto obtenido.
- Adición de agua y ácido sulfúrico: hasta pH de 3.5.
- Concentración mediante rotaevaporación: hasta la eliminación del solvente.
- Agitación con cloroformo del extracto libre de etanol o agua, esperar la formación de dos fases.
- Separación de la fase acuosa ácida mediante decantación.
- Alcalinizado de la fase acuosa ácida con hidróxido de amonio hasta un pH de 9,5.
- Agitación con cloroformo, esperar la formación de dos fases.
- Separación por decantación la fase orgánica.
- Evaporación del solvente, mediante rota evaporación.
- Repetición del procedimiento anterior, al menos por tres corridas.

3.9.3.5. Determinación de porcentaje de solvente

- Colocar un platillo de aluminio en la balanza de humedad.
- Tarar el platillo y esperar a que la balanza marque cero en el peso.
- Agregar aproximadamente 1 g del extracto al platillo tarado, sin retirarlo de la balanza.
- Cerrar la balanza y esperar hasta que de una lectura estable.
- Anotar el porcentaje de solvente que marca la balanza.

3.9.3.6. Determinación de densidad

- Tara de picnómetro
- Llenado del picnómetro con el extracto hasta la línea de aforo
- Pesado del picnómetro conteniendo el extracto

3.9.3.7. Determinación de pH

- Calibración de potenciómetro con soluciones *buffer* correspondientes
- Lavado del potenciómetro con agua desmineralizada
- Determinación de pH del extracto
- Lavado de potenciómetro con agua desmineralizada

3.9.3.8. Obtención de extractos a escala planta piloto

- Pesar y adicionar a la marmita la materia vegetal deshidratada.
- Adición de solvente: elegido según resultados a escala laboratorio, hasta obtener una relación 1:10 materia vegetal: solvente.
- Agitación utilizando una marmita con agitador incorporado.
- Maceración dinámica: hasta el agotamiento de la materia vegetal cuyo tiempo fue evaluado anteriormente a escala laboratorio.
- Concentración del extracto utilizando una marmita de concentración.
- Eliminación del solvente utilizando rota evaporación.

3.9.3.9. Preparación de soluciones a evaluar como insecticida

- Pesado de 0,25 g, 1 g y 5 g de extracto concentrado

- Aforo a 100 mL con etanol al 70 % (v/v)
- Agitación hasta la completa dispersión del extracto en el solvente

3.9.3.10. Preparación de mezclas a evaluar como larvicidas

- Pesado de 0,25 g, 1 g y 5 g de extracto concentrado
- Disolver en 25 mL de etanol al 70 %
- Mezclado con 99,75 g, 99 g y 95 g de arena de río, respectivamente
- Dejar secar al aire, sin ser expuesto a la luz solar por 1h

3.9.3.11. Evaluación de la susceptibilidad o resistencia de larvas de *Aedes aegypti*

- Recolección de larvas de *Aedes Aegypti*, que presenten movimientos serpenteantes y que realicen la respiración en la superficie del agua en forma perpendicular al recipiente.
- Colocar las larvas en un recipiente.
- Traslado de 5 grupos de 10 larvas en fase III a recipientes conteniendo agua del criadero.
- Vertido de 1 g de cada una de las mezclas preparadas con arena-extracto a diferentes grupos de larvas.
- Adición de 1 g de larvicida comercial a un grupo de larvas.
- Adición de 1 g de arena sin ningún tratamiento previo a un grupo de larvas, que se utiliza como grupo control.
- Recuento de mortalidad de larvas, después de 24 horas del vertido.
- Repetición del procedimiento.

3.9.3.12. Evaluación de la susceptibilidad o resistencia del *Aedes aegypti* adulto

- Recolección de larvas de mosquito.
- Traslado de las larvas: utilizando un colador, a un recipiente conteniendo agua del criadero.
- Transferir entre 10-20 insectos a jaulas de cedazo.
- Conteo de los insectos.
- Rociado de los insectos con 10 mL de las tres soluciones insecticidas preparadas, a tres diferentes grupos, mediante una bomba atomizadora.
- Rociado de un grupo de insectos con 10 mL de insecticida comercial.
- Rociado de un grupo control de insectos, con 10mL de etanol al 70 %.
- Espera de 24 h después del atomizado.
- Conteo de los insectos muertos.
- Rociado de los insectos sobrevivientes con el insecticida comercial y esperar a que la mortalidad sea total.
- Repetición de este procedimiento.

3.10. Procesamiento de la información

A continuación se presentan las ecuaciones utilizadas:

3.10.1. Porcentaje de materia extraña

$$\%ME = \frac{ME * 100 \%}{M_V}$$

[Ec. 1]

Donde

%ME: porcentaje de materia extraña (porcentaje)

ME: materia extraña (gramos)

Mv: materia vegetal utilizada (gramos)

3.10.2. Porcentaje de cenizas

$$\%C = \frac{SD}{M_v} * 100 \%$$

[Ec. 2]

Donde

%C: porcentaje de cenizas (porcentaje)

SD: sólidos depositados (gramos)

Mv: materia vegetal utilizada (gramos)

3.10.3. Sólidos extraíbles

$$\%SE = (1 - H) * \rho * 100$$

[Ec. 3]

Donde

%SE: sólidos extraíbles (gramos/100 mL)

H: humedad (gramos/gramos)

ρ : densidad (gramos/mililitros)

3.10.4. Porcentaje de rendimiento

$$\%R = \frac{(M_f - M_b) * 100 \%}{M_v}$$

[Ec. 4]

Donde

%R: porcentaje de rendimiento del extracto (porcentaje)

Mf: peso final (balón + extracto) (gramos)

M_b: tara de balón (gramos)

M_v: materia vegetal (gramos)

3.10.5. Densidad

$$\rho = \frac{Me}{Ve}$$

[Ec. 5]

Donde

ρ: densidad (gramos/mililitros)

Me: masa extracto (gramos)

Ve: volumen de extracto (mililitros)

3.10.6. Porcentaje de alcaloides

$$\%A = \frac{(m_f - m_b) * 100 \%}{Mv}$$

[Ec. 6]

Donde

%A: porcentaje de alcaloides (porcentaje)

Mf: peso final (balón + extracto de alcaloides) (gramos)

M_b: Tara de balón (gramos)

M_v: materia vegetal (gramos)

3.10.7. Porcentaje de mortalidad

$$\%M = \frac{(E_f - E_b) * 100 \%}{E_b}$$

[Ec. 7]

Donde

%M: porcentaje de mortalidad (porcentaje)

E_f : especímenes vivos después de 24h

E_b: especímenes vivos al inicio

3.11. Análisis estadístico

Tipo de diseño: totalmente al azar

3.11.1. Obtención de extractos

Se realizaron 2 tratamientos distintos. Estos consistieron en la obtención de los extractos de hojas y frutos de quilete para 3 solventes de diferente polaridad, de la siguiente forma:

- Tratamiento número 1: extracto de hojas obtenido mediante 3 distintos solventes.
- Tratamiento número 2: extracto de frutos obtenido mediante 3 distintos solventes.

Número de réplicas por tratamiento: 3

Número de observaciones: 24

3.11.2. Evaluación de la actividad larvicida

Se realizaron 2 tratamientos distintos. Estos consistieron en la aplicación de los extractos de hojas y frutos:

- Tratamiento número 1: extracto de hojas contra 3 grupos de larvas
- Tratamiento número 2: extracto de frutos contra 3 grupos de las larvas

Además se evaluaron dos grupos de control, de la siguiente forma:

- Control positivo: aplicando un insecticida comercial contra un estadio de larvas.
- Control negativo: aplicando agua reposada, contra un estadio de las larvas.

Número de réplicas por tratamiento: 1

Cada uno de los 3 tratamientos de los extractos en mención se evaluó contra 2 grupos de larvas, empleando 3 dosis distintas. Además se evaluaron dos grupos control con una réplica.

Número de observaciones: 16

3.11.3. Evaluación de la actividad insecticida

Se realizaron 2 tratamientos distintos. Estos consistieron en la aplicación de los extractos de hojas y frutos de quilete:

- Tratamiento número 1: extracto de hojas contra 3 grupos de insectos

- Tratamiento número 2: extracto de frutos contra 3 grupos de insectos

Además se evaluaron dos grupos de control, de la siguiente forma:

- Control positivo: se utilizando un insecticida comercial contra un grupo de insectos.
- Control negativo: se utilizando agua reposada, contra un grupo de insectos.

Número de réplicas por tratamiento: 2.

Cada uno de los 3 tratamientos de los extractos en mención se evaluó contra 2 grupos de insectos, empleando 3 dosis distintas. Además se consideraron dos grupos control con una réplica.

Número de observaciones: 16

3.12. Técnica estadística

A continuación se presentan las ecuaciones utilizadas:

3.12.1. Media aritmética

Proporciona un valor promedio de los datos de una serie de repeticiones. Esta será utilizada para obtener un promedio de los datos de peso de materia extraña, porcentaje de cenizas, tiempo de extracción, alcaloides totales, porcentaje de rendimiento, densidad y pH.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

[Ec. 8]

Donde

\bar{x} : media de los datos experimentales

$\sum x_i$: sumatoria de los valores obtenidos en todas las repeticiones

n : número de repeticiones

3.12.2. Desviación estándar

Es una medida de la variabilidad de una serie de datos. Esta será utilizada en los datos de peso de materia extraña, peso de cenizas, tiempo de extracción, porcentaje de rendimiento, alcaloides totales, densidad y pH.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

[Ec. 9]

Donde

\bar{x} : media de los datos experimentales

x_i : dato experimental de la repetición "i"

n : número de repeticiones

3.12.3. Coeficiente de variación

Es una medida, en porcentaje, de la variabilidad de una serie de datos. Será determinado en los datos de peso de materia extraña, peso de cenizas,

tiempo de extracción, porcentaje de rendimiento, alcaloides totales, densidad y pH.

$$CV = 100 \% * \frac{s}{\bar{x}}$$

[Ec. 10]

Donde

CV: coeficiente de variación

\bar{x} : media de los datos experimentales

s : desviación estándar

4. RESULTADOS

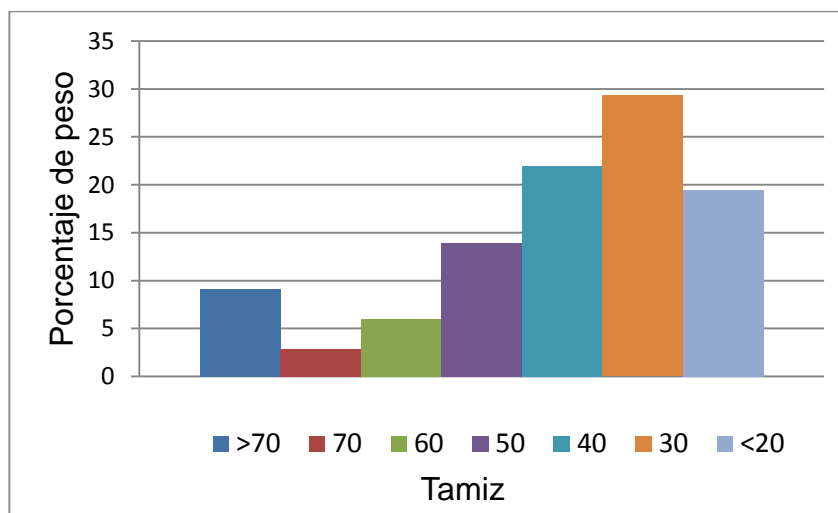
A continuación se presentan los resultados obtenidos en el estudio.

Tabla XX. **Porcentaje de materia extraña de frutos y hojas de quilete**

Corrida Especie	Porcentaje de materia extraña (%)	
	Frutos	Hojas
1	1,20	1,16
2	0,98	1,32
3	1,05	0,99
Media (%)	0,13	1,16
Desviación estándar (%)	11,88	0,17
Coefficiente de Variación (%)	0,99	14,58

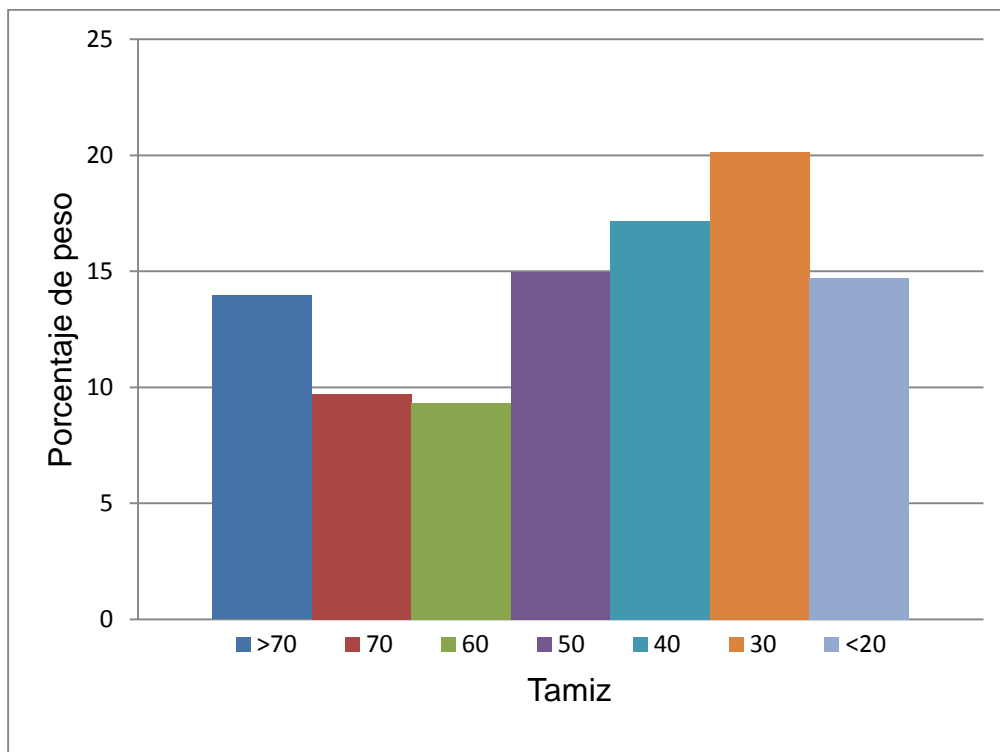
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Porcentaje en peso de hojas según tamaño de tamiz**



Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Porcentaje en peso de frutos según tamaño de tamiz**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Porcentaje de cenizas en quilete**

Corrida	Porcentaje de ceniza en frutos (%)	Porcentaje de ceniza en hojas (%)
1	7,72	11,41
2	7,41	11,30
3	6,58	11,25
Media	7,24	11,31
Desviación estándar	0,59	0,08
Coefficiente de variación	8,13	0,69

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Tiempo óptimo de extracción utilizando etanol como solvente**

Tiempo (min)	Porcentaje de sólidos extraíbles	
	Hojas (%)	Frutos (%)
30	0,96	5,32
60	2,30	4,32
90	2,37	3,01
120	2,49	2,78
150	2,50	2,22
180	2,74	3,03
210	2,46	2,85
240	1,44	1,78

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Tiempo óptimo de extracción utilizando agua como solvente**

Tiempo (min)	Porcentaje de sólidos extraíbles en frutos (%)	Tiempo (min)	Porcentaje de sólidos extraíbles en hojas (%)
0	0,159	5	0,129
29	0,117	26	0,260
58	5,410	55	0,000
77	0,209	88	0,000
104	0,245	108	0,000
117	0,188	149	0,000
130	0,000		
161	0,000		

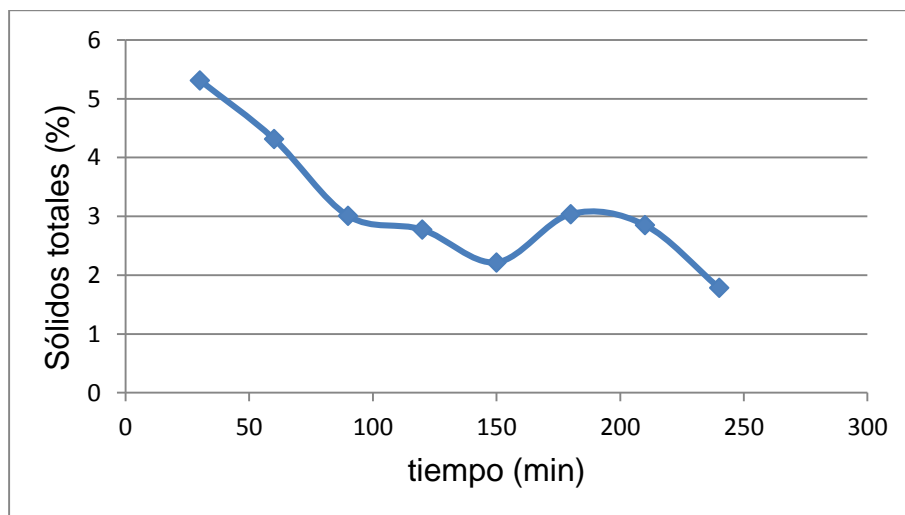
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Tiempo óptimo de extracción utilizando hexano**

tiempo (min)	Porcentaje de sólidos extraíbles en frutos (%)	tiempo (min)	Porcentaje de sólidos extraíbles en hojas (%)
0	0,4014	10	1,0711
10	3,4102	32	0,3605
18	0,7179	38	0,0000
32	2,5968	44	8,5481
38	2,0360	53	0,4093
49	1,0416	67	0,1730
65	0,5634	73	0,3867
73	0,0000	78	0,2515
86	0,0000	103	0,1613
101	0,0000	118	0,0000
		131	0,0000

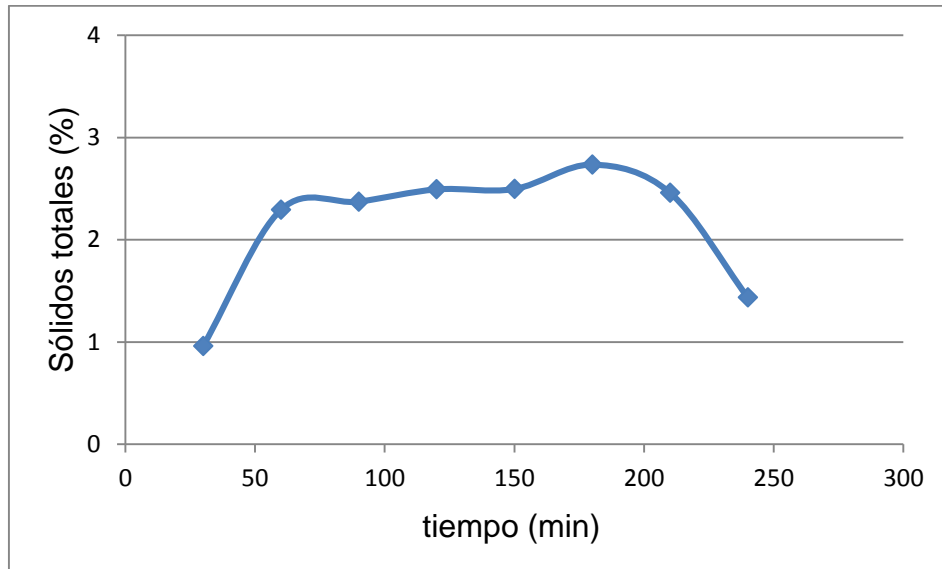
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Tiempo óptimo de extracción de frutos utilizando etanol**



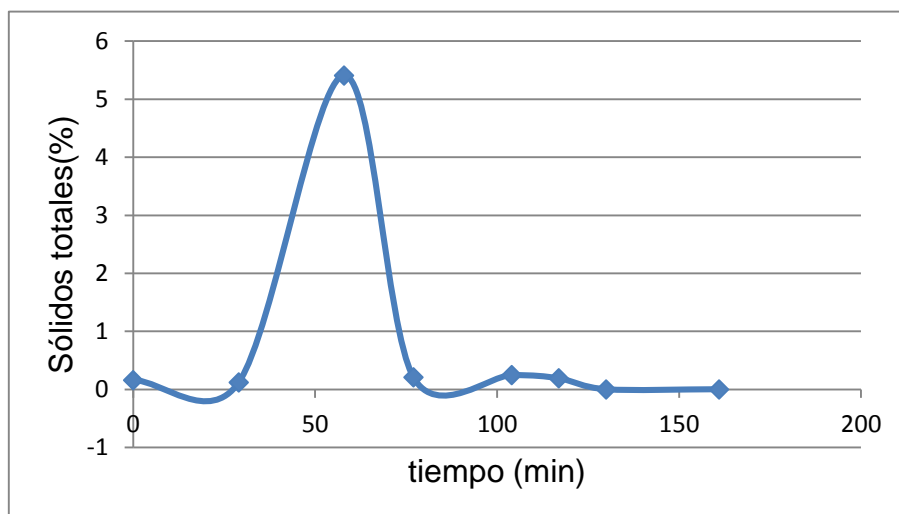
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Tiempo óptimo de extracción de hojas utilizando etanol**



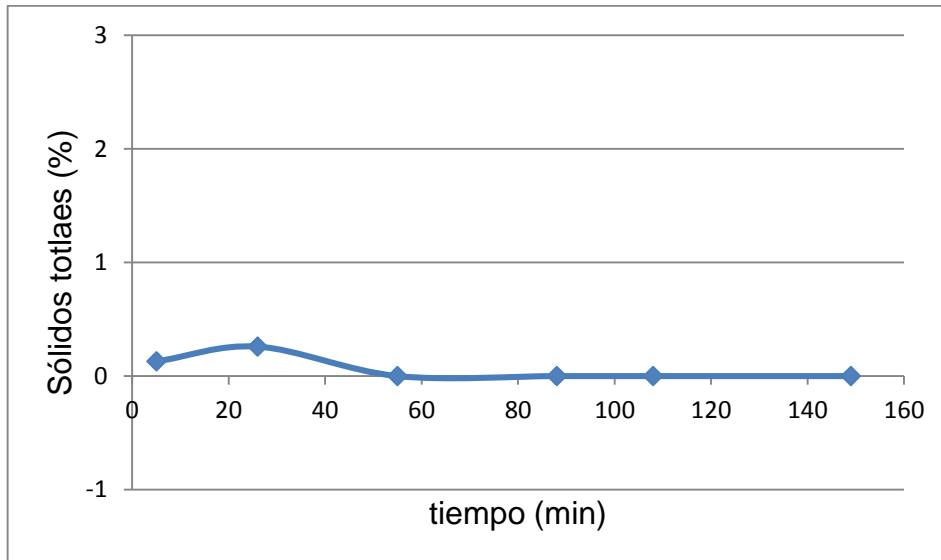
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Tiempo óptimo de extracción de frutos utilizando agua**



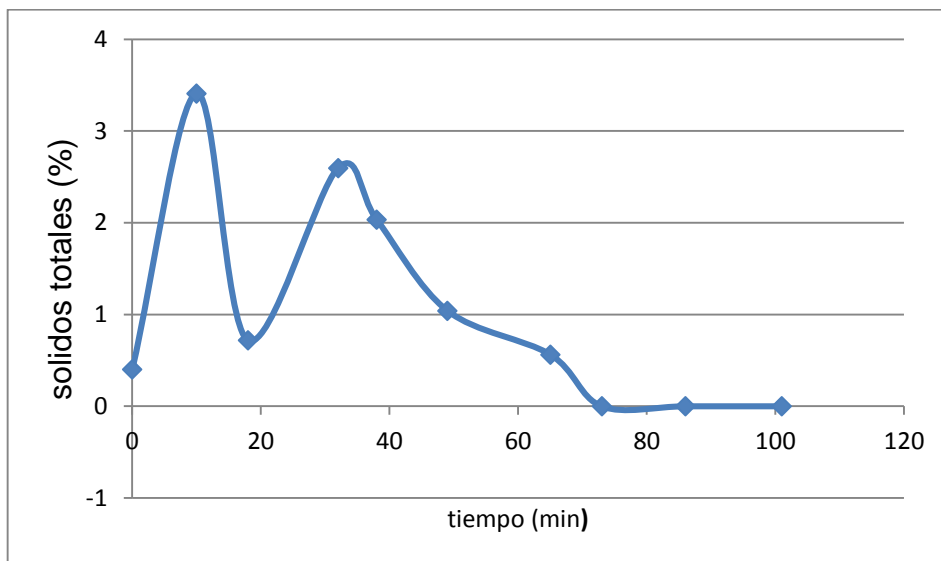
Fuente: elaboración propia

Figura 18. **Tiempo óptimo de extracción de hojas utilizando agua**



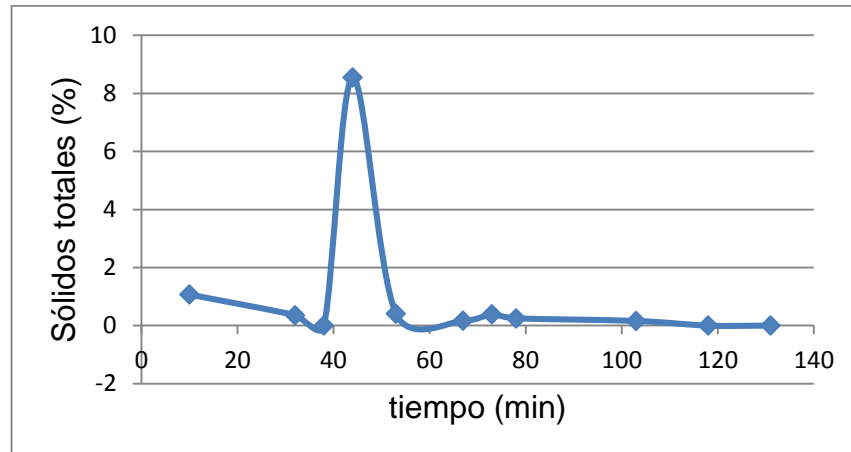
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Tiempo óptimo de extracción de frutos utilizando hexano**



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Tiempo óptimo de extracción de hojas utilizando hexano**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Porcentaje de alcaloides en extractos de frutos y hojas**

Solvente	Etanol		Agua		Hexano	
	Hojas (%)	Frutos (%)	Hojas (%)	Frutos (%)	Hojas (%)	Frutos (%)
Corrida						
1	0,60	0,64	0,00	0,00	0,64	1,07
2	0,52	4,72	0,00	0,00	0,44	1,27
3	0,52	4,36	0,00	0,00	0,48	1,47
4	0,96	3,24	0,00	0,00	0,40	1,07
5	-	3,96	0,00	0,00	0,48	-
Media (%)	0,65	4,07	0,00	0,00	0,49	1,22
Desviación Estándar (%)	0,21	0,63	0,00	0,00	0,09	0,19
Coefficiente de variación (%)	32,32	15,59	0,00	0,00	18,69	15,74

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Porcentaje de rendimiento de los extractos de frutos y hojas**

Solvente	Etanol		Agua		Hexano	
	Hojas (%)	Frutos (%)	Hojas (%)	Frutos (%)	Hojas (%)	Frutos (%)
1	18,72	36,12	27,67	31,07	3,16	3,40
2	19,04	33,40	28,60	35,73	4,60	4,76
3	19,48	36,88	32,67	31,00	3,24	5,80
4	19,40	34,92	28,33	31,07	5,44	4,32
5	-	-	27,67	-	3,16	-
Media (%)	19,16	35,33	29,32	32,60	3,92	4,57
Desviación Estándar (%)	0,35	1,52	2,27	2,71	1,05	1,00
Coefficiente de variación (%)	1,83	4,30	7,73	8,32	26,73	21,81

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Densidad de los extractos de frutos y hojas**

Solvente	Etanol (g/mL)		Agua (g/mL)		Hexano (g/mL)	
	Hojas	Frutos	Hojas	Frutos	Hojas	Frutos
1	0,89	0,85	0,99	1,02	0,64	0,68
2	0,88	0,90	1,01	1,01	0,65	0,67
3	0,90	0,99	1,01	1,02	0,62	0,67
4	0,89	0,99	1,01	1,02	0,65	0,67
5	0,89	-	0,99	-	0,64	-
Media (%)	0,89	0,93	1,00	1,01	0,64	0,68

Continuación de tabla XXVI.

Desviación estándar (%)	0,01	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01
Coefficiente de variación (%)	0,60	7,33	1,19	0,68	1,82	0,91

Fuente: elaboración propia

Tabla XXVIII. **Porcentaje de solvente de los extractos de frutos y hojas**

Solvente	Etanol (%)		Agua (%)		Hexano (%)	
	Hojas	Frutos	Hojas	Frutos	Hojas	Frutos
Corrida						
Media (%)	97,85	97,62	99,05	96,90	100,00	99,47
Desviación estándar (%)	0,22	1,15	0,52	0,45	0,00	0,61
Coefficiente de variación (%)	0,22	1,18	0,52	0,47	0,00	0,61

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **pH de los extractos de frutos y hojas de quilete**

Solvente	Etanol		Agua		Hexano	
	Hojas	Frutos	Hojas	Frutos	Hojas	Frutos
Corrida						
Media (%)	6,49	5,93	6,53	4,64	9,53	7,11
Desviación estándar (%)	0,24	0,68	0,05	0,24	1,43	0,26
Coefficiente de variación (%)	3,73	11,41	0,70	5,09	14,96	3,68
pH del solvente	7,00		7,00		10,00	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Presencia de alcaloides en extractos de quilete**

Solvente	Alcaloides en extracto de frutos	Alcaloides en extractos de hojas
Hexano	Positivo	Positivo
Agua	Negativo	Negativo
Etanol	Positivo	Positivo

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Porcentaje de rendimiento de extractos obtenidos a escala planta piloto utilizando etanol como solvente**

Especie	Hojas	Frutos
Rendimiento con respecto a sustancia seca (%)	15,00	20,86

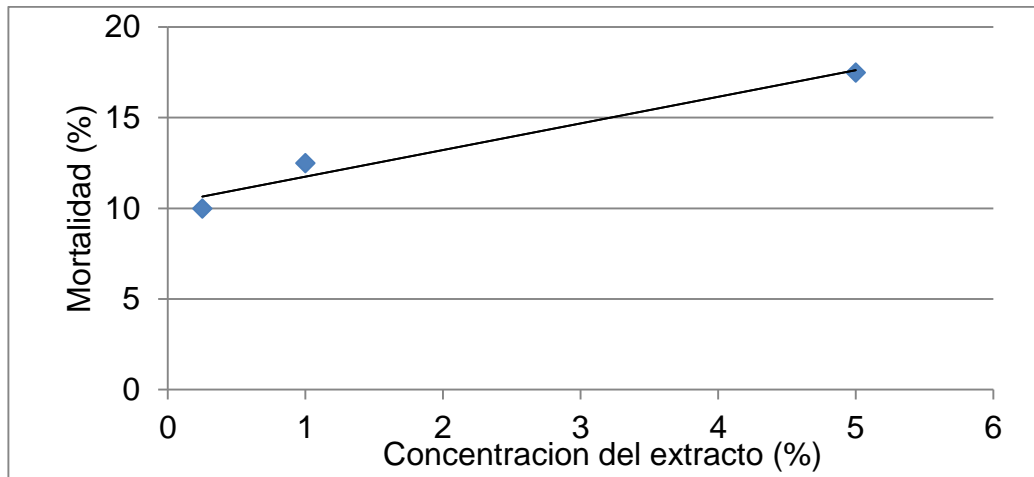
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Mortalidad de larvas según concentración de extracto**

Contenido de extracto	Extracto de hojas			Extracto de frutos		
	Media de mortalidad (%)	Desviación estándar (%)	CV (%)	Media de mortalidad (%)	Desviación estándar (%)	CV (%)
0.25 %	10	0	0	15,0	0,00	0,00
1 %	12,5	3,54	28,28	17,5	3,54	20,20
5 %	17,5	3,54	20,20	22,5	3,54	15,71
Negativo	0	0	0			
Positivo	100	0	0			

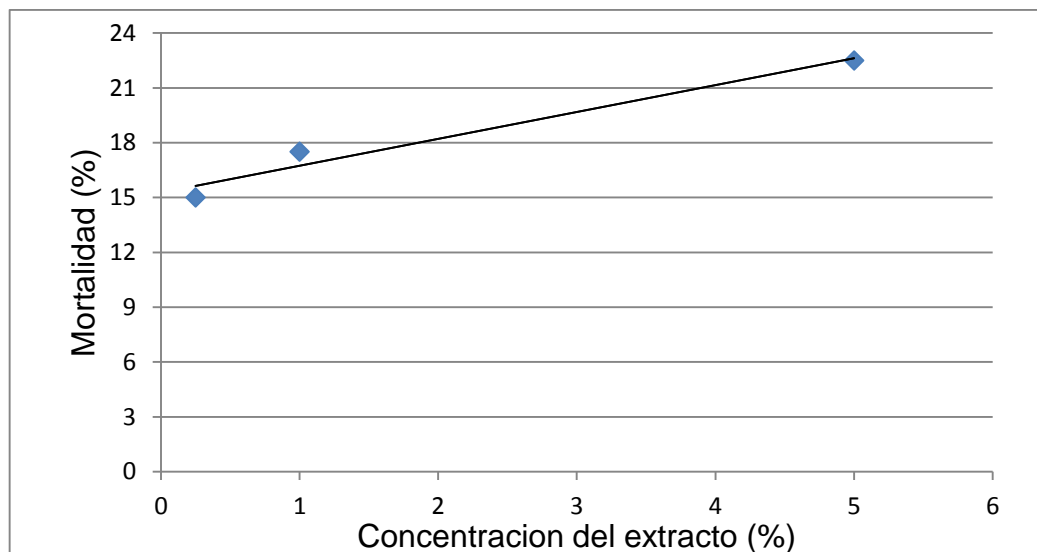
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Mortalidad de larvas en función de concentración de extracto de hojas de quilete**



Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Mortalidad de larvas en función de concentración de extracto de frutos de quilete**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Dosis letal media de extractos para larvas**

	Tipo de extracto	
	hojas	frutos
Ecuación	$Y = 1,4696X + 10,272$	$Y = 1,4695X + 15,272$
Coefficiente de correlación	0,9658	0,9658
Concentración de extracto en función de mortalidad	$X = (Y - 10,272) / 1,4696$	$X = (Y - 15,272) / 1,4695$
Mortalidad a evaluar	50 %	50 %
Concentración del extracto en la mezcla equivalente a DL50	27,03 %	23,63 %
Cantidad de mezcla	1 g	1 g
DL50 (g/10 larvas)	0,2703	0,2363

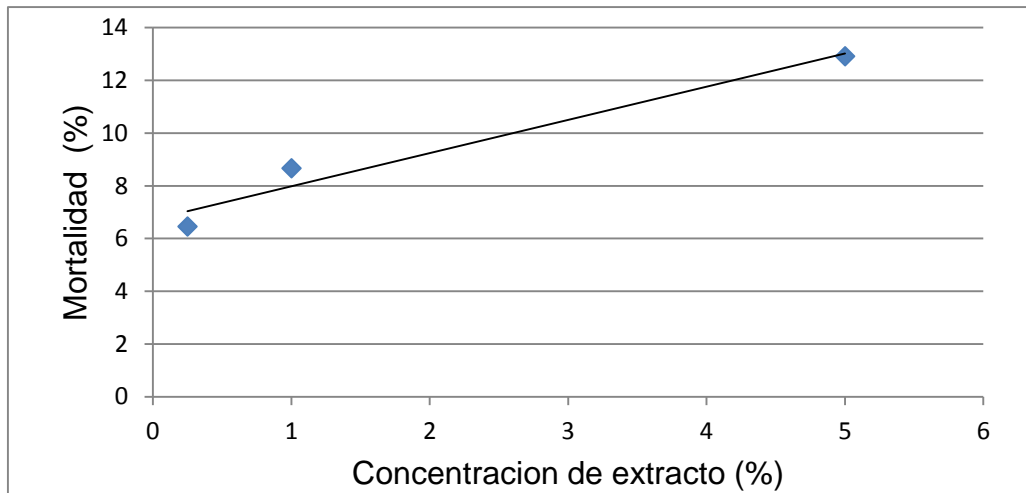
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Mortalidad de insectos según concentración de extracto**

Contenido de extracto	Extracto de hojas			Extracto de frutos		
	Media de mortalidad (%)	Desviación estándar (%)	CV (%)	Media de mortalidad (%)	Desviación estándar (%)	CV (%)
0.25 %	6,46	0,29	4,56	6,46	0,29	4,56
1 %	8,66	4,39	50,70	10,00	4,71	47,14
5 %	12,92	0,59	4,56	16,67	0,00	0,00
Negativo	0	0	0			
Positivo	100	0	0			

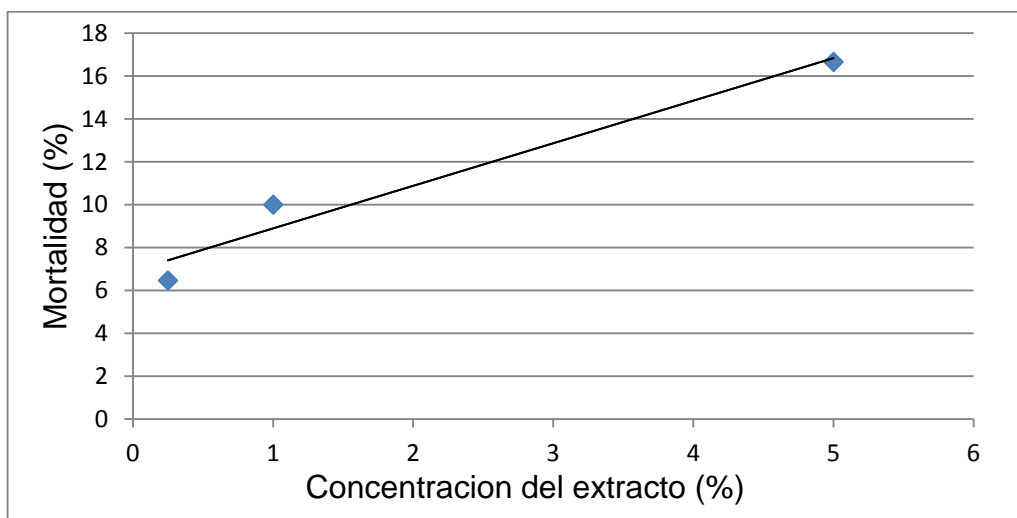
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Mortalidad de insectos en función de concentración de extracto de hojas de quilete**



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Concentración de extracto de frutos en función de mortalidad de insectos**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Dosis letal media para insectos**

	Tipo de extracto	
	Hojas	Frutos
Ecuación	$Y = 1,2615X + 6.717$	$Y = 1,9888X + 6,8983$
Coeficiente de correlación	0,9626	0,9600
Concentración de extracto en función de mortalidad	$X = (Y - 6,717) / 1,2615$	$X = (Y - 6,8983) / 1,9888$
Mortalidad a evaluar	50 %	50 %
Concentración del extracto en la mezcla equivalente a DL50	34,31 %	21,67 %
Cantidad de mezcla	10 mL	10 mL
DL50 (gramos/16 insectos)	3,431g	2,167g

Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para asegurar la uniformidad de la materia vegetal utilizada se determinó el contenido de materia vegetal extraña en 100 gramos muestra. Obteniéndose como resultado para frutos un porcentaje de 0,13 % y 1,16 % para hojas, como puede observarse en la Tabla XX. Esto confirma que la materia vegetal pertenece a la especie *Solanum americanum* Miller y la materia vegetal utilizada se encuentra en el mismo rango de edad.

Los lotes de materia vegetal, que fueron caracterizados con contenido de materia extraña, se molieron y tamizaron para escoger el tamaño de partícula a utilizarse en la investigación. Esto se realizó mediante la comparación de cantidad retenida y tamaño de tamiz; escogiéndose según los resultados de las figuras 12 y 13, los tamices 30, 40 y 50 para frutos y hojas.

Para la determinación de minerales en la materia vegetal se evaluó el porcentaje de cenizas, cuyos resultados se resumen en la tabla XXI. En la cual se puede observar que el contenido de minerales es mayor en hojas que en frutos de quilete.

Mediante la relación de humedad y densidad se determinó el porcentaje total de sólidos extraíbles en función del tiempo, para los extractos de frutos y hojas de quilete. Según las figuras 14 a 19 se eligieron tiempos de extracción de 150 minutos para los extractos etanolicos. Para los extractos con hexano de 68 minutos para frutos y 73 minutos para hojas y para los extractos acuosos de frutos y hojas 130 y 108 minutos respectivamente. Además según la comparación de las tablas XXII, XXIII y XXIV se observa que los menores

tiempos de extracción se dan para los extractos con hexano, el cual a su vez es el solvente que presenta el menor porcentaje de sólidos extraíbles.

Según los antecedentes referentes a las especies de *Solanum*, son los alcaloides presentes los que proveen de efectos tóxicos a esta familia de plantas. Por lo cual, como parte del estudio de investigación, se evaluó cualitativamente mediante cromatografía de capa fina la presencia de alcaloides en los extractos. Estos resultados se resumen en la tabla XXX, en la cual se observa que tanto para extractos de frutos como de hojas el único tipo de extracto que no presenta alcaloides es el acuoso. Esto indica que los alcaloides extraíbles son de carácter apolar.

Mediante extracción selectiva se determinó el porcentaje de alcaloides totales en cada uno de los extractos de frutos y hojas de quilete, obtenidos con los tres diferentes solventes. Los resultados se presentan en la tabla XXV, en la cual se observa que el mayor porcentaje de alcaloides totales se presenta en los extractos etanolicos. Esto tanto para hojas como frutos y que los extractos acuosos no presentan alcaloides cuantificables.

De todos los extractos obtenidos el que presenta mayor contenido de alcaloides totales es el extracto etanolic de frutos de quilete. Por lo cual este debe de ser el que presente una mayor toxicidad para las especies de *Aedes aegypti*.

Se evaluó el porcentaje de rendimiento de cada uno de los extractos, obteniéndose según la tabla XXVI, el mayor rendimiento en el extracto acuoso y etanolic para las hojas y frutos respectivamente. Lo que indica que las hojas de quilete tienen mayor contenido de compuestos polares afines al agua. Tanto para hojas como frutos se obtuvo un bajo porcentaje de rendimiento para el

extracto con hexano. En comparación con los otros dos solventes, lo que implica que estas especies tienen menor contenido de componentes apolares que polares.

Se caracterizaron los extractos obtenidos, mediante la determinación de la densidad, humedad y pH. Como se observa en la tabla XXVII, los extractos acuosos presentaron mayor densidad comparado con los otros solventes. Esto se debe a que la densidad del agua es mayor que la de los demás solventes utilizados y que este tipo de extracto es el que presentó el mayor rendimiento. Esto implica que tienen un mayor contenido de sólidos en el extracto.

Se realizaron extracciones de frutos y hojas de quilete a escala planta piloto utilizando en ambos casos etanol como solvente. Debido a que este es el que presentó el mayor porcentaje total de alcaloides a escala laboratorio. Como se observa en la tabla XXXII, el mayor rendimiento a escala planta piloto se dio en el extracto de frutos. Indicando que este presenta un mayor contenido de sólidos extraíbles con respecto al extracto de hojas.

A partir de los extractos a escala planta piloto, se prepararon mezclas de arena-extracto a tres diferentes concentraciones tanto para frutos como para hojas. Esto con el objetivo de evaluar el efecto como larvicida que posee el extracto contra larvas de la especie *Aedes aegypti*. Obteniéndose como resultado, según la tabla XXXII, que el extracto de frutos presenta un mayor efecto larvicida, que el extracto de hojas. Esto se debe al mayor contenido de alcaloides totales presentes.

Finalmente se prepararon tres soluciones a diferente concentración para cada uno de los extractos obtenidos a escala planta piloto. Para lo cual se utilizó como solvente etanol al 70 %. Estos extractos se aplicaron a diferentes

grupos de insectos adultos de *Aedes aegypti* con el objetivo de evaluar el efecto insecticida. Como se resume en la tabla XXXIV, de la misma forma que para la evaluación como larvicida, el extracto que presentó el mejor efecto, fue el extracto de frutos. Esto se explica con base en el mayor contenido de alcaloides totales que presenta comparado con el extracto de hojas.

Con base en los resultados obtenidos de dosis letal media que se presentan, en las tablas XXXIII y XXXV. Se estableció que el extracto de frutos y hojas de quilete son más eficaces como larvicida que como insecticidas. Aunque sí presentan una moderada actividad insecticida.

CONCLUSIONES

1. Para el extracto de hojas de quilete se obtuvo un rendimiento directamente proporcional a la polaridad del solvente utilizado.
2. El extracto de frutos de hojas presento un mayor rendimiento con el solvente de polaridad intermedia, seguido por el solvente con mayor polaridad y el menor rendimiento se dio con el solvente de mayor apolaridad.
3. Se determinó que la densidad de los extractos es mayor que la del solvente puro y el pH de los extractos es menor que el del solvente puro.
4. El extracto etanólico de hojas y frutos fue el que presentó mayor contenido de alcaloides; mientras que los extractos acuosos no tienen presencia de alcaloides.
5. Se obtuvieron extractos de hojas y frutos de quilete a escala planta piloto, utilizando como agente de extracción etanol al 70 %, teniendo un mayor rendimiento en frutos que en hojas, 20,86 % y 15 % respectivamente.
6. Los extractos de frutos y hojas de quilete presentan actividad larvicida e insecticida frente a vectores de *Aedes aegypti*. En ambos casos es más efectivo el extracto de frutos que el extracto de hojas.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar los extractos utilizando otros solventes con polaridad intermedia, tal como acetona y metanol.
2. Evaluar la incidencia que tienen otros parámetros tales como saponinas, taninos y otros, sobre el efecto insecticida y larvicida.
3. Hacer una aplicación en campo, para verificar el efecto que tienen los extractos sobre especímenes de *Aedes Aegypti*.
4. Evaluar otros métodos de extracción, tal como Soxhlet y maceración dinámica con calentamiento.

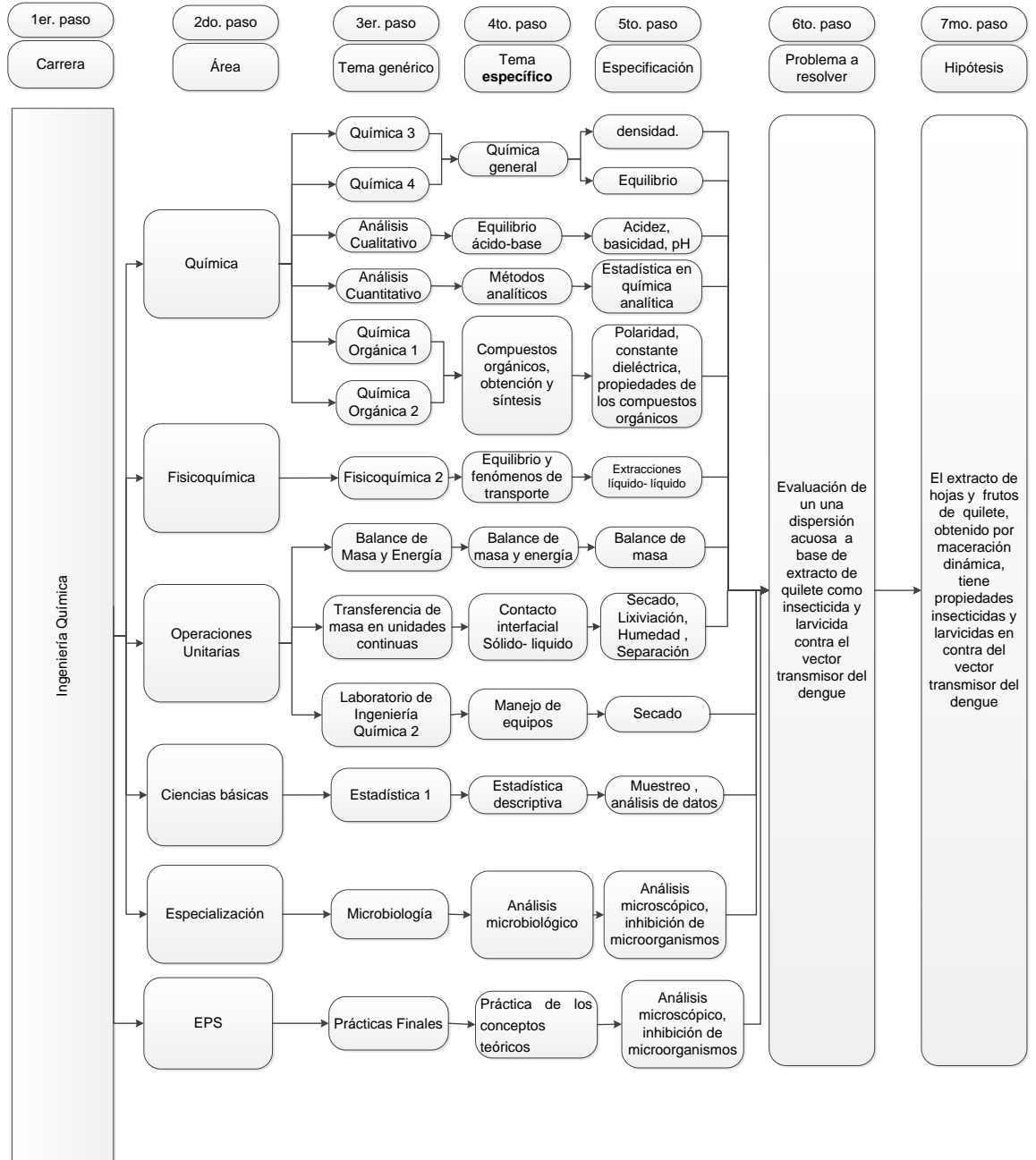
BIBLIOGRAFÍA

1. ALVARADO, Blanca. *Determinación de la actividad larvicida de seis extractos y aceites de plantas del género Lippia nativas de Guatemala, contra Aedes aegypti y Anopheles albimanus vectores transmisores del dengue y el paludismo respectivamente*. Lic. Química Bióloga. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 2011. 62 p.
2. ARANGO, Gabriel. *Alcaloides y compuestos nitrogenados*. Colombia: Universidad de Antioquia, Facultad de Química y Farmacéutica. 2008. 84 p.
3. BALTA, Rosario. *Guía práctica para la identificación de Aedes aegypti. Serie de Guías entomológicas, No. 2*, Perú: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Laboratorios de salud pública, 2007. 17p.
4. Centro de Investigación de Plagas e Insecticidas. [en línea]: <http://www.anmat.gov.ar/webanmat/normativa/Normativa/domisanitarios/Protocolo_Traitoma.pdf>. [Consulta: 20 de diciembre de 2012].
5. Organización Mundial de la Salud. *Resistencia a los insecticidas y lucha contra los vectores*. Serie de informes técnicos, No.191. Suiza: OMS, 1960. 108p.

6. EDMONDS, Jennifer; CHWEYA; James. *Black nightshades, Solanum nigrum L. and related species*. Roma, Italia: International Plant Genetic Resources Institute -IPGRI-, 1997. 112p.
7. FONNEGRA, Ramiro y JIMÉNEZ, Silvia. *Plantas medicinales aprobadas en Colombia*. 2a ed. Colombia: Editorial universitaria de Antioquia, 2007. 50p.
8. MAGENDIE, F. *Formulario para la preparación de varios medicamentos nuevos*. 5a ed. Madrid, España: Imprenta José del Collado. 100p.
9. MANRIQUE, Pablo; DELFÍN, Hugo; PARRA, Victor; IBÁÑEZ, Sergio. *Desarrollo, mortalidad y sobrevivencia de las etapas inmaduras de Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) en neumáticos*. *Revista Biomed*. Vol. 9. 84-91p. abril-junio, 1998.
10. MORALES, Claudia. *Caracterización de extracto y tintura de macuy (Solanum americanum Miller) como antifúngico contra la candida albicans*. Trabajo de graduación de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2006. 122p.
11. VILLATORO, Guillermo. *Historial del dengue en Guatemala*. Guatemala: USAC, Facultad de Humanidades. 2006.
12. ZAPATA, Adan; MANRIQUE, Pablo; REBOLLAR, Eduardo; CHE, Azael y DZUL, Felipe. *Identificación de larvas de mosquitos (Diptera: Culicidae) de Mérida, Yucatán, México y sus principales criaderos*. *Revista Biomed*. Vol. 18:3 (17). 17p. Enero, 2007.

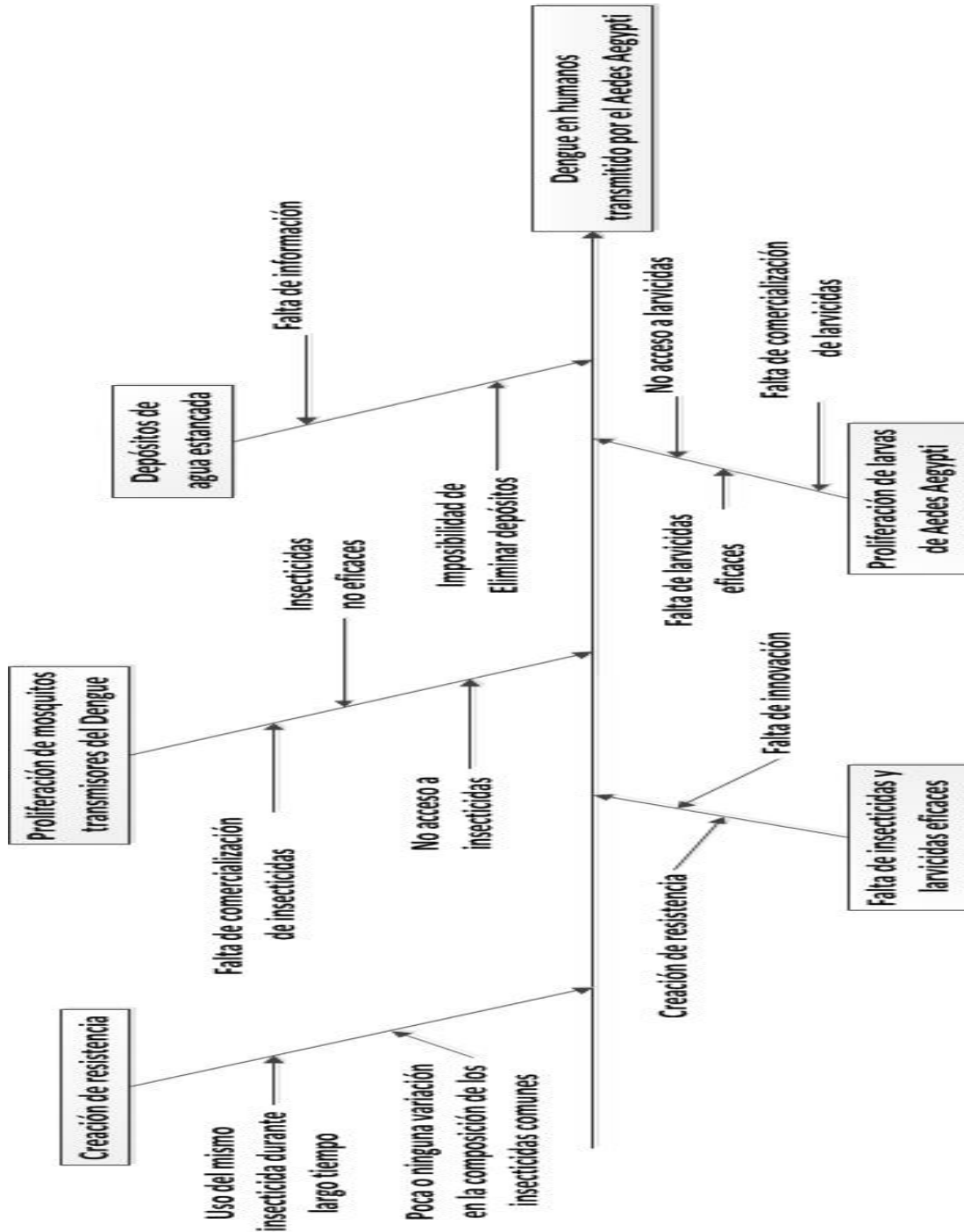
APÉNDICE

Apéndice 1. Requisitos académicos prácticas



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Apéndice 2. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Apéndice 3. Desarrollo experimental

Figura 25. Secado de bandejas del quilete



Fuente: LIEXVE/USAC.

Figura 26. Tiempo óptimo de extracción de hojas de quilete utilizando etanol



Fuente: LIEXVE/USAC.

Continuación de Apéndice 3

Figura 27. **Determinación de cenizas**



Fuente: LIEXVE/USAC.

Figura 28. **Tiempo óptimo de extracción de frutos de quilete utilizando etanol**



Fuente: LIEXVE/USAC.

Continuación de Apéndice 3

Figura 29. **Maceración dinámica de frutos de quilete con agua**



Fuente: LIEXVE/USAC.

Figura 30. **Maceración dinámica de hojas de quilete con etanol**



Fuente: LIEXVE/USAC.

Continuación de Apéndice 3

Figura 31. **Determinación de contenido de solvente en extractos obtenidos mediante Soxhlet**



Fuente: LIEXVE/USAC

Figura 32. **Filtración de extractos a través de mesh 20**



Fuente: LIEXVE/USAC.

Continuación de Apéndice 3

Figura 33. **Concentración mediante rotaevaporación del extracto etanolico de hojas después de la filtración**



Fuente: LIEXVE/USAC.

Figura 34. **Saponificación del extracto para obtención de alcaloides**



Fuente: LIEXVE/USAC.

Continuación de Apéndice 3

Figura 35. **Primera separación mediante extracción líquido-líquido del extracto saponificado**



Fuente: LIEXVE/USAC.

Figura 36. **Extracción con cloroformo del refinado del extracto de alcaloides**



Fuente: LIEXVE/USAC.

Continuación de Apéndice 3

Figura 37. **Extracto concentrado obtenido en planta piloto**



Fuente: LIEXVE/USAC.

Figura 38. **Concentración de extracto obtenido a escala planta piloto**



Fuente: LIEXVE/USAC.

Continuación de Apéndice 3

Figura 39. **Preparación de muestras a evaluar como insecticida a una concentración de 1 % y 0,125 % de izquierda a derecha**



Fuente: LIEXVE/USAC.

Figura 40. **Grupos de larvas de *Aedes aegypti***



Fuente: LIEXVE/USAC.

Continuación de Apéndice 3

Figura 41. **Grupo insectos de *Aedes aegypti***



Fuente: LIEXVE/USAC.

Figura 42. **Transferencia de insectos de *Aedes aegypti***



Fuente: LIEXVE/USAC.

Continuación de Apéndice 3

Figura 43. **Conteo de mortalidad de larvas**



Fuente: LIEXVE/USAC.

Figura 44. **Conteo de insectos muertos**

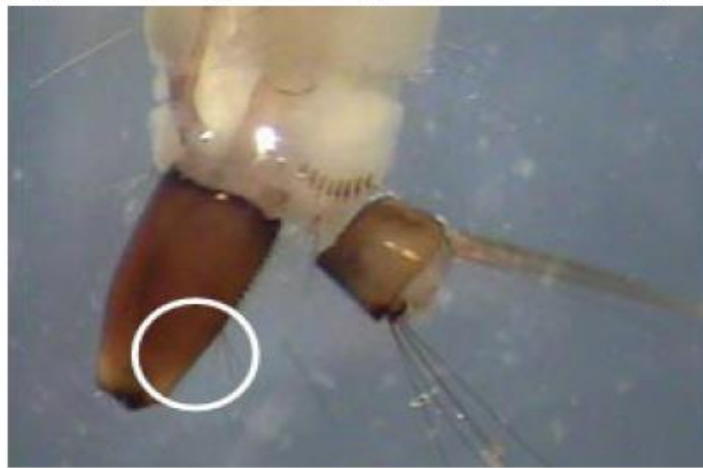


Fuente: LIEXVE/USAC.

ANEXOS

Anexo 1. Clave fotográfica de larvas de *Aedes aegypti*

Figura 45. Sifón con el pelo 1-S con 3 ramas generalmente (5.2x)



Fuente: Revista Biomed. *Identificación de larvas de mosquitos (Diptera: Culicidae) de Mérida, Yucatán, México y sus principales criaderos.* p.12.

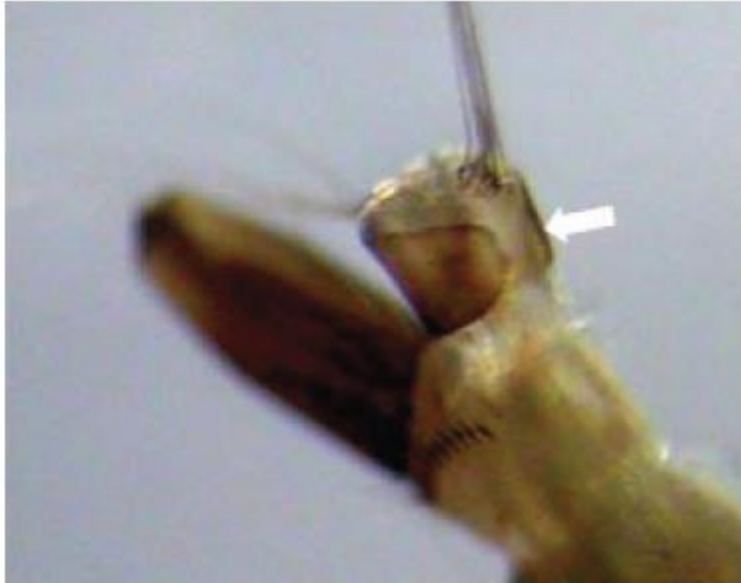
Figura 46. Pelo 6-C sencillo (4x)



Fuente: Revista Biomed. *Identificación de larvas de mosquitos (Diptera: Culicidae) de Mérida, Yucatán, México y sus principales criaderos.* p.12.

Continuación del anexo 1

Figura 47. **Esclerito anal incompleto (5x)**



Fuente: Revista Biomed. *Identificación de larvas de mosquitos (Diptera: Culicidae) de Mérida, Yucatán, México y sus principales criaderos.* p.12.