



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

**DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN
FISICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE APAZOTE (*Chenopodium
ambrosioides* L.) OBTENIDO DE PLANTAS COSECHADAS EN DIFERENTES
ETAPAS DE DESARROLLO A NIVEL LABORATORIO**

Mynor Alexander Oliveros Borrayo

Asesorado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales y
el Ing. Mario José Mérida Meré

Guatemala, julio de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN
FISICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE APAZOTE (*Chenopodium
ambrosioides* L.) OBTENIDO DE PLANTAS COSECHADAS EN DIFERENTES
ETAPAS DE DESARROLLO A NIVEL LABORATORIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MYNOR ALEXANDER OLIVEROS BORRAYO
ASESORADO POR LA INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES
Y EL ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, JULIO 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 Mirian 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. Otto Raúl de León de Paz
EXAMINADOR	Ing. Cesar Ariel Villela Rodas
EXAMINADOR	Ing. Adrián Antonio Soberanis Ibañez
SECRETARIO	Inga. 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:

**DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN
FISICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE APAZOTE (*Chenopodium
ambrosioides* L.) OBTENIDO DE PLANTAS COSECHADAS EN DIFERENTES
ETAPAS DE DESARROLLO A NIVEL LABORATORIO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 27 de noviembre de 2013.

Mynor Alexander Oliveros Borrayo



Guatemala, 28 de Enero 2016

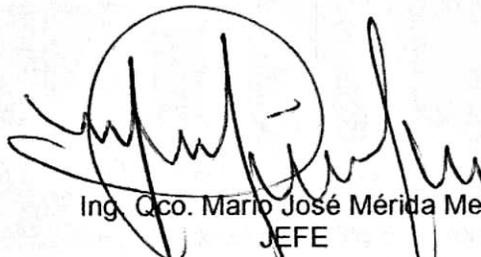
Ingeniero
Carlos Salvador Wong Davi
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Ingeniero Wong:

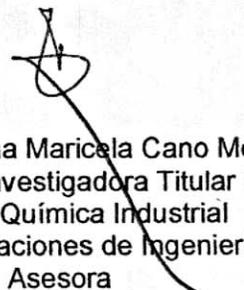
Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al Informe Final del trabajo de graduación "DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE APAZOTE (*Chenopodium ambrosioides* L.) OBTENIDO DE PLANTAS COSECHADAS EN DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO A NIVEL LABORATORIO", del estudiante de Ingeniería Química Mynor Alexander Oliveros Borrayo quien se identifica con el carné número 2009-15496.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,


Ing. Qco. Mario José Mérida Mérida
JEFE
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales - LIEXVE-
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, 25 de abril de 2016.
Ref. EIQ.TG-IF.023.2016.

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 EIQ-PRO-REG-007 correlativo **167-2013** 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 el estudiante universitario: **Mynor Alexander Oliveros Borrayo**.
Identificado con número de carné: **2009-15496**.
Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

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:

**DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE
ESENCIAL DE APAZOTE (*Chenopodium ambrosioides* L.) OBTENIDO DE PLANTAS
COSECHADAS EN DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO A NIVEL LABORATORIO**

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. Víctor Manuel Monzón Valdez
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.040.2016

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 del estudiante, **MYNOR ALEXANDER OLIVEROS BORRAYO** titulado: **"DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE APAZOTE (*CHENOPODIUM AMBROSIODES L.*) OBTENIDO DE PLANTAS COSECHADAS EN DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO A NIVEL LABORATORIO"**. 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 Davi
Director
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, julio 2016

Cc: Archivo
CSWD/ale

Universidad de San Carlos
de Guatemala

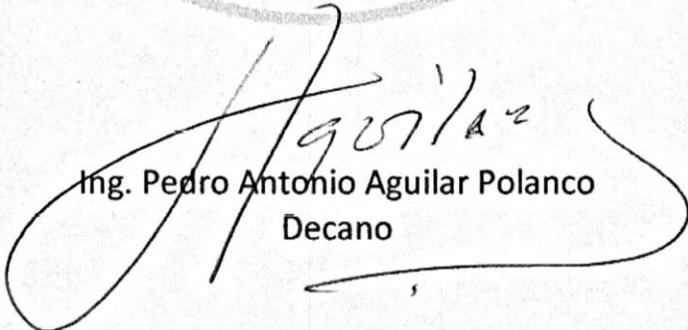


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 341.2016

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: **DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE APAZOTE (Chenopodium ambrosioides L.) OBTENIDO DE PLANTAS COSECHADAS EN DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO A NIVEL LABORATORIO**, presentado por el estudiante universitario: **Mynor Alexander Oliveros Borrayo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, julio de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Mi familia

A mi padre, por amor transmitido en esfuerzo y arduo trabajo con el cual, me brindó todo el apoyo necesario para completar mi formación académica, cumpliendo así el anhelo sincero de su corazón. A mi madre, por sus consejos de vida, sus regaños, su amor sincero, por siempre estar pendiente de mí y apoyándome en todo sentido. El ejemplo de ambos como pareja y como padres me ha enseñado muchas cosas, es por esto que este trabajo está dedicado especialmente para ustedes.

Mis hermanos

Porque disfruté realizándolo. Hay cosas en la vida que pueden dar una satisfacción real, la sensación de saber que te esforzaste, al final apreciar el resultado del trabajo duro es una buena sensación. He aprendido que el trabajo y el esfuerzo tienen su recompensa en sí mismos cuando uno por misericordia de Dios disfruta lo que hace.

Mis amigos

Aquellas personas que por misericordia de Dios pueden acompañarme en mi vida y yo a ellos. Dedico este trabajo a ustedes porque dejo mi pensamiento y mi esfuerzo en él. Pensamiento

que ustedes comparten conmigo, sobre este mundo maravilloso y las cosas creadas por Dios. Lo dedico a ustedes por la misericordia que Dios ha tenido por nosotros para permitirnos conocerlo a Él a través de todas las cosas creadas. Dios nos permite investigar y de su sabiduría aprender para enseñar a otros si Él nos permite.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres

Por ser el ejemplo que Dios les permitió ser y por esforzarse dando toda su vida por darme las herramientas que consideran mejores para mí. Muchas gracias por enseñarme tantas cosas, no tanto con sus palabras sino más bien con sus actitudes. Gracias por su paciencia y su confianza depositada en mí.

Mis hermanos

Por su cariño y apoyo, ustedes siempre han estado conmigo, en las buenas y en las malas, siempre la hemos pasado juntos y siempre será así. Gracias por su compañía en todo momento.

Mis amigos

Gracias por su cariño sincero que, por parte de la misericordia y los planes de Dios, permite la amistad y compartir la vida como una familia. Dios tenga aun misericordia de nosotros.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
Hipótesis	XX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Investigaciones sobre usos farmacológicos y actividades biológicas más relevantes a nivel mundial.....	7
1.2. Investigaciones sobre usos farmacológicos y actividades biológicas más relevantes en Guatemala	8
2. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. Generalidades del apazote.....	13
2.1.1. Clasificación botánica	13
2.1.2. Descripción	14
2.1.3. Usos medicinales populares	16
2.1.4. Efectos adversos	17
2.2. Cultivo de apazote	17
2.2.1. Labores de cultivo.....	17
2.2.2. Control de malezas.....	18
2.2.3. Fertilización.....	18
2.2.4. Riego	18

2.2.5.	Control de plagas	18
2.2.6.	Cosecha	19
2.2.7.	Rendimiento potencial	19
2.2.8.	Producción de semilla	19
2.2.9.	Programa control de enfermedades:	19
2.3.	Aceites esenciales.....	20
2.3.1.	Métodos generales para la extracción de aceites esenciales	20
2.3.2.	Hidrodestilación.....	21
2.3.2.1.	Destilación con agua	21
2.3.2.2.	Destilación con agua y vapor	21
2.3.2.3.	Destilación con vapor	22
2.3.3.	Expresión	23
2.3.4.	Extracción.....	23
2.3.4.1.	Enfloración	23
2.3.4.2.	Maceración.....	24
2.3.4.3.	Extracción con solventes volátiles.....	24
2.3.5.	Selección del solvente.....	25
2.4.	Caracterización de aceites esenciales	26
2.4.1.	Cromatografía	27
2.4.1.1.	Cromatografía en capa fina	28
2.4.1.1.1.	Análisis cuantitativo de cromatografía en capa fina.....	30
2.4.1.2.	Cromatografía en fase gaseosa	34
2.4.1.3.	Cromatografía gas-líquido.....	35
2.4.1.4.	Cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC)	37
2.4.1.4.1.	Tipos de HPLC	39

2.5.	Aceite esencial de apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>)..	45
2.5.1.	Componentes químicos de la planta de apazote	46
2.5.2.	Composición química del aceite esencial	48
2.5.2.1.	Ascaridol (C ₁₀ H ₁₆ O ₂).....	50
2.5.2.1.1.	Biogénesis de ascaridol	51
2.5.2.2.	Para-cimeno (C ₁₀ H ₁₄).....	53
2.5.2.3.	Alfa-limoneno (C ₁₀ H ₁₆)	54
2.5.2.4.	Terpineno (C ₁₀ H ₁₄)	55
2.5.2.5.	Alcanfor (C ₁₀ H ₁₆ O)	56
2.6.	Análisis estadístico	57
2.6.1.	Análisis de varianza simple (Andeva)	57
2.6.2.	Muestreo aleatorio simple (Andeva)	59
2.6.2.1.	Tamaño de la muestra.....	60
3.	DISEÑO METODOLÓGICO	61
3.1.	Variables.....	61
3.2.	Delimitación del campo de estudio	62
3.3.	Recursos humanos disponibles.....	64
3.4.	Recursos materiales disponibles (equipo y cristalería).....	64
3.5.	Técnica cualitativa y cuantitativa	67
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	68
3.6.1.	Procedimiento de siembra, cosecha y monitoreo del apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>)	69
3.6.2.	Procedimiento para el deshidratado y extracción del aceite esencial de apazote (<i>Chenopodium Ambrosioides L.</i>).....	71
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	73

3.7.1.	Datos físicos cuantitativos de las plantas de apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>) usadas para la extracción de aceite esencial	73
3.7.2.	Datos obtenidos del secado de las muestras cosechadas de apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>).....	78
3.7.3.	Datos obtenidos de la evaporación del solvente de captura y la concentración del aceite esencial de apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>).....	79
3.7.4.	Datos obtenidos del rendimiento obtenido del aceite esencial de apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>).....	79
3.7.5.	Datos obtenidos para el índice de refracción del aceite esencial de apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>).....	81
3.7.6.	Datos obtenidos del análisis de cromatografía en capa gaseosa acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) del aceite esencial de apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>)	81
3.8.	Análisis estadístico.....	83
3.8.1.	Muestreo estadístico para el desarrollo de la planta apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>) durante su ciclo de vida.....	83
3.8.2.	Evaluación de hipótesis de investigación por medio del análisis de varianza simple (Andeva).....	84
4.	RESULTADOS.....	89

4.1.	Propiedades físicas cuantitativas y cualitativas de plantas de apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>) durante su ciclo de vida.....	89
4.2.	Evaluación del rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de Apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>).....	91
4.3.	Evaluación del porcentaje de humedad de plantas de apazote cosechadas en diferentes tiempos de desarrollo	95
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	97
	CONCLUSIONES	105
	RECOMENDACIONES.....	107
	BIBLIOGRAFÍA.....	109
	APÉNDICES	117
	ANEXOS	189

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Apazote (<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.) de cuatro meses	14
2.	Etapas del ciclo de vida del apazote	20
3.	Tipos de cromatografía.....	27
4.	Fases estacionarias líquidas y temperaturas máximas de utilización ..	37
5.	Descripción de los componente encontrados en la planta apazote.....	47
6.	Molécula de ascaridol.....	51
7.	Mecanismo de reacción ocurrido en la planta apazote (<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.) para la formación de ascaridol a partir de alfa-terpineno	53
8.	Molécula de para-cimeno	54
9.	Molécula de alfa-limoneno.....	55
10.	Moléculas de terpineno	56
11.	Molécula de alcanfor	56
12.	Desarrollo de la planta apazote (<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.) durante su ciclo de vida.....	90
13.	Índice de refracción para el aceite esencial de apazote (<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.) cosechado en diferentes etapas de desarrollo contra valores de referencia	92
14.	Área representativa de los componentes comunes encontrados en el aceite esencial de apazote (<i>Chenopodium Ambrosioides</i> L.).....	94

TABLAS

I.	Descripción taxonómica del apazote.....	13
II.	Características del aceite esencial de apazote	49
III.	Características del aceite esencial de apazote, evaluados en Estados Unidos.....	49
IV.	Principales características del ascaridol.	50
V.	Características en el para-cimeno.....	53
VI.	Características en el alfa-limoneno	54
VII.	Características del terpineno	55
VIII.	Análisis de varianza simple	57
IX.	Variables independientes y dependientes.....	61
X.	Instrumentos de medición de las variables independientes y dependientes.....	61
XI.	Condiciones del experimento	62
XII.	Recursos humanos disponibles	64
XIII.	Técnicas empleadas en la evaluación del ciclo de vida de la planta apazote	67
XIV.	Técnicas empleadas en la descripción fisicoquímica de la planta y del aceite esencial de apazote.....	68
XV.	Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 98	73
XVI.	Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 126	75
XVII.	Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 154	76
XVIII.	Secado de la muestra con 98 días de desarrollo	78
XIX.	Secado de la muestra con 126 días de desarrollo	78
XX.	Secado de la muestra con 154 días de desarrollo	78

XXI.	Tiempo de evaporación del solvente de captura	79
XXII.	Rendimiento extractivo de las plantas con 98 días de desarrollo.....	80
XXIII.	Rendimiento extractivo de las plantas con 126 días de desarrollo.....	80
XXIV.	Rendimiento extractivo de las plantas con 154 días de desarrollo.....	80
XXV.	Índice de refracción del aceite esencial obtenido de plantas con diferentes etapas de desarrollo	81
XXVI.	Componentes mayoritarios y área representativa del aceite obtenido de plantas de apazote con 98 días de desarrollo	82
XXVII.	Componentes mayoritarios y área representativa del aceite obtenido de plantas de apazote con 126 días de desarrollo	82
XXVIII.	Componentes mayoritarios y área representativa del aceite obtenido de plantas de apazote con 154 días de desarrollo	83
XXIX.	Criterios usados para la realización del muestreo aleatorio simple a la población estudio de plantas de apazote	84
XXX.	Análisis de varianza para el rendimiento extractivo de aceite esencial obtenido para la planta apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>) con diferentes etapas de desarrollo	85
XXXI.	Análisis de varianza para el índice de refracción del aceite esencial extraído de la planta apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>) en diferentes etapas de desarrollo	86
XXXII.	Análisis de varianza para la altura de la planta apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>) en diferentes etapas de desarrollo ...	86
XXXIII.	Análisis de varianza para el diámetro de la planta apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>) en diferentes etapas de desarrollo ...	87
XXXIV.	Análisis de varianza para el número de hojas en la planta apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>) para diferentes etapas de desarrollo	87
XXXV.	Análisis de varianza para el número de ramas en la planta apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>) para diferentes etapas de desarrollo	87

XXXVI.	Comportamiento de las propiedades físicas cuantitativas de la planta apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>) durante su ciclo de vida	89
XXXVII.	Observaciones en las muestras cosechadas de la planta apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>) para la extracción de aceite esencial	90
XXXVIII.	Rendimientos de aceite esencial obtenido de apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>) cosechado en diferentes etapas de desarrollo	91
XXXIX.	Índice de refracción del aceite esencial obtenido de apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>) cosechado en diferentes etapas de desarrollo	91
XL.	Comparación de las composiciones químicas del aceite esencial y porcentaje de área representativa de apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>) evaluadas en diferentes etapas de desarrollo usando cromatografía de gases con acoplamiento a espectrometría de masas (GC-MS)	92
XLI.	Posibles usos y atribuciones medicinales de la planta apazote (<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>) en cada una de las etapas de desarrollo evaluadas	94
XLII.	Porcentaje de humedad de la muestra de apazote con 98 días	95
XLIII.	Porcentaje de humedad de la muestra de apazote con 126 días	95
XLIV.	Porcentaje de humedad de la muestra de apazote con 154 días	96

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados centígrados
g	Gramo
Hi	Hipótesis de investigación
Ho	Hipótesis nula
F	Indicador de la distribución de Fisher
IR	Índice de refracción
Kg	Kilogramo
L	Litro
m	Metro
Meq	Miliequivalente
mg	Miligramo
mL	Mililitro
mm	Milímetro
α	Nivel de confianza
ppm	Partes por millón
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno
Z	Probabilidad de la distribución normal
Rf	Recorrido de frente
T	Temperatura
t	Tiempo

GLOSARIO

Aceite esencial	Fracción líquida volátil generalmente destilable por arrastre con vapor de agua, esta fracción contiene los compuestos aromáticos característicos de la planta.
Aleatorio	Proceso realizado al azar.
Almácigo	Semillero lleno de un nutriente, sustrato o suelo apto para la germinación de semillas en pilones.
Antiespasmódico	Agente con propiedades para calmar los espasmos o desórdenes nerviosos.
Antifúngica	Propiedad del agente que destruye los hongos.
Antihelmíntica	Agente capaz de extinguir los parásitos de la especie helmíntica.
Apoplejía	Detención de la acción cerebral súbita causada por derrames sanguíneos.
Cernir	Picar el suelo erosionado con el fin de aflojarlo y mezclarlo, generalmente con abono orgánico. Proceso previo a la siembra de un cultivo.

Chapear	Eliminación de maleza o plantas ajenas a un cultivo específico usando regularmente un azadón.
Cromatografía	Técnica de separación que consiste en colocar una muestra dentro de dos fases una móvil y la otra estacionaria. La separación se da cuando los componentes de la muestra se desplazan a través de alguna de estas fases, el tiempo que le tome a cada compuesto desplazarse se conoce como tiempo de retención.
Detritus	Resultado de la descomposición de una masa molida en partículas.
Diuréticos	Propiedad que posee una sustancia o fármaco capaz de aumentar la secreción y excreción de orina.
Emenagogas	Propiedad del agente que provoca la evacuación menstrual.
Espasmo	Contracción muscular involuntaria. Exagerada y persistente, que puede localizarse tanto en los músculos estriados voluntarios, como en las fibras musculares lisas involuntarias de los órganos internos.
Estomático	Perteneciente al estómago.

Febrífugo	Agente capaz de quitar la fiebre.
Gastroenteritis	Inflamación de la mucosa gástrica.
Horadar	Acción de abrir agujeros.
Metabolito secundario	Compuesto químico orgánico sintetizado por una planta que cumple funciones diversas y específicas. Estos generalmente son los que intervienen en las interacciones entre el medio y la planta.
Muestra representativa	Definición estadística de elementos, tomados de un conjunto universo, que describen una característica del universo con un determinado error.
Oblongolanceoladas	Más largo que ancho
Oleoso	Aceitoso
Pilón	Planta germinada en un almacigo y útil para el trasiego a suelo.
Pitmost	Nutriente esencial a base de detritus orgánico proveniente de lugares nevados.

Solvente

Sustancia que permite la dispersión de otra en su seno. Componente de la mezcla que se encuentra en mayor proporción.

Vermífugo

Propiedad del agente capaz de expulsar los gusanos intestinales.

RESUMEN

Son varias las propiedades atribuidas a la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*), estas se deben a los diferentes compuestos químicos que la conforman, una de las formas de conocer estos compuesto es de analizar la composición química de su aceite esencial. Las plantas de apazote, al igual que todos los seres vivos están sujetas al tiempo, el cual, es la variable usada para definir la vida en el planeta, muchos procesos, reacciones químicas, bioquímicas o ambas, sucesivamente, ocurren dentro de un organismo en el transcurso de su vida, modificando sus componentes o sus proporciones y estas reacciones están definidas a su vez, naturalmente por las necesidades fisiológicas del organismo, con lo cual es posible evaluar las características físicas de un determinado organismo luego de evaluar la composición molecular de una de sus fracciones en un tiempo determinado, es por esto que el objetivo de este estudio es la determinación de los compuestos moleculares existentes en el aceite esencial de la planta de apazote evaluados en diferentes tiempos de desarrollo tomadas *in-situ* de una población de plantas estudio, monitoreadas durante todo su ciclo de vida. Dado que el aceite esencial es la materia prima para el análisis cromatográfico de detección de masas, el rendimiento extractivo es otra variable importante que se tomó en cuenta. El índice de refracción se tomó también, para evaluar la eficacia del método empleado en cuanto a la pureza del aceite esencial obtenido.

La siembra del apazote se realizó en un terreno preparado para ese fin, el apazote se cultivó desde la germinación de las semillas y se monitorearon hasta que se secaron de forma natural. Las muestras para la extracción se tomaron luego de 98, 126 y 154 días de desarrollo. Las muestras obtenidas fueron

deshidratas previo a la aplicación del método de extracción de aceite esencial, por hidrodestilación, usando un solvente de captura.

La humedad de las muestras de apazote no presentó diferencia significativa conforme al tiempo de desarrollo, el porcentaje de rendimiento extractivo presentó diferencia significativa con respecto al tiempo de desarrollo, siendo 0,24 % a los 98 días de desarrollo el rendimiento extractivo más bajo y 0,41 % a los 154 días de desarrollo el rendimiento extractivo más alto. El índice de refracción no fue significativamente diferente en ninguna de las tres muestras analizadas. Los compuestos en el aceite esencial presentaron diferencias en cuanto a concentraciones y componentes químicos, mostrando algunos compuestos comunes y otros únicos del tiempo de desarrollo. Entre los compuestos comunes de las tres etapas de desarrollo evaluadas se encontraron: D-limoneno, trans-carveol, 2-metilen-5-(1-metiletenil)-ciclohexanol, S(+)-carvona, trans-p-menta-2,8-dieno-1-ol y fitol, en ninguna de las muestras analizadas se encontró presencia del principio activo ascaridol. La concentración de D-limoneno fue más elevada en las plantas cosechadas luego de 154 días de desarrollo con un porcentaje de área representativa de 51,79 %, en las plantas cosechadas luego de 126 días de desarrollo se encontró P-cimeno con un porcentaje de área representativa de 1,59 % y en las plantas cosechadas luego de 98 días de desarrollo se encontró presencia de P-cimenol con un porcentaje de área representativa de 0,27 %, entre otros.

Las condiciones climáticas del cultivo se colocaron en la sección de anexos para el periodo de tiempo dentro del cual el ciclo de vida de la población estudio de las plantas de apazote se desarrolló.

OBJETIVOS

General

Determinar el rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) obtenido de plantas en diferentes etapas de desarrollo a nivel laboratorio.

Específicos

1. Cultivar un lote de plantas de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) y medir sus características físicas cuantitativas y cualitativas en función del tiempo de cultivo.
2. Evaluar el rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*), usando plantas cosechadas en diferentes etapas de desarrollo.
3. Identificar los componentes mayoritarios en el aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*).
4. Investigar y recomendar los usos más favorables para cada tiempo de desarrollo en función de los componentes químicos identificados en el aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*).

Hipótesis

Es posible determinar el rendimiento y características fisicoquímicas del aceite esencial de apazote (*Chenopodium Ambrosioides* L.) obtenido de plantas en diferentes etapas de desarrollo a nivel laboratorio.

Hipótesis de investigación

H_{i_1} : hay diferencia significativa en el rendimiento del aceite esencial de apazote obtenido de tres muestras cosechadas en diferentes etapas de desarrollo.

H_{i_2} : hay diferencia significativa en el índice de refracción del aceite esencial de apazote obtenido de tres muestras cosechadas en diferentes etapas de desarrollo.

H_{i_3} : hay diferencia significativa en las características físicas cuantitativas de tres muestras de apazote cosechadas en diferentes etapas de desarrollo.

Hipótesis nula

H_{o_1} : no hay diferencia significativa en el rendimiento del aceite esencial de apazote obtenido de tres muestras cosechadas en diferentes etapas de desarrollo.

H_{o_2} : no hay diferencia significativa en el índice de refracción del aceite esencial de apazote obtenido de tres muestras cosechadas en diferentes etapas de desarrollo.

H_{o_3} : no hay diferencia significativa en las características físicas cuantitativas de tres muestras de apazote cosechadas en diferentes etapas de desarrollo.

INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país multiétnico, con una amplia riqueza cultural y tradición. Muchas de las prácticas realizadas por las diferentes etnias guatemaltecas tienen orígenes y objetivos distintos, sin embargo, la mayoría de las poblaciones del país están familiarizadas con la práctica denominada medicina naturista o natural, la cual se entiende como la aplicación de distintas plantas naturales, con características específicas, en el tratamiento de diferentes enfermedades. Estas prácticas fueron desarrolladas de forma empírica y tal conocimiento fue desde entonces, transmitido de generación en generación. Actualmente la medicina naturista es un conocimiento que forma parte de la tradición y cultura del país.

La medicina natural es de gran importancia en Guatemala y muchos otros países, sin embargo, su aplicación no siempre es beneficiosa. Esto debido a muchos factores involucrados como: las condiciones ambientales donde se desarrolla la planta, la etapa de maduración en la que se encuentra o la falta de información sobre la aplicación correcta de la misma como remedio.

Tal es el caso del apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*), el cual es de amplio uso en Guatemala para el tratamiento de enfermedades estomáticas relacionadas con parásitos, malestares por intoxicación alimenticia, entre otras. También es aplicado en heridas cutáneas con el fin de obtener una desinfección del área y una rápida cicatrización. El apazote, como todas las plantas de la naturaleza, presenta diferentes metabolitos secundarios en función de sus etapas de maduración durante su ciclo de vida. Los componentes químicos y bioquímicos involucrados en su ciclo de vida, hacen que la misma presente

diferentes propiedades, ya que existen distintas reacciones que dan lugar a muchos componentes y cada uno de estos puede presentar una aplicación más favorable o desfavorable para un fin buscado, asimismo, es importante conocer las condiciones ambientales más favorables para su desarrollo, como también es necesario conocer las características físicas cualitativas y cuantitativas que describen sus etapas de maduración más características, con el fin de poder identificarlas de manera práctica y relacionarlas con un posible uso.

El presente trabajo de graduación busca tecnificar los conocimientos tradicionalistas en cuanto al uso de esta planta medicinal, a identificado los compuestos activos en el aceite esencial obtenido de plantas en diferentes etapas de desarrollo, cosechadas de un cultivo monitoreado durante todo su ciclo de vida.

1. ANTECEDENTES

La planta de apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) es ampliamente utilizada y conocida en varios lugares en el mundo entero, es oriunda de América, ha sido utilizada como medicina y como alimento por siglos por las diferentes culturas de América, desde los indios norteamericanos y mexicanos, hasta las diferentes culturas indígenas de Suramérica, por ejemplo, de Bolivia, Perú, Ecuador, entre otros. Está ampliamente distribuida en las regiones templadas y tropicales de ambos mundos. Crece espontáneamente en los bordes de las charcas, terrenos de cultivo, bordes de los jardines y parques. “En Cuba, esta hierba crece cerca de las costas bajas y a veces en terrenos yermos y cultivados. En México está distribuida en Baja California, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Distrito Federal, Durango, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos y varias regiones más”¹.

En 1654, Cobo, en *Historia del nuevo mundo* se refiere al apazote en los siguientes términos: “Es el paico una yerba muy medicinal, sus hojas aplicadas en forma de emplasto sobre cualquier tumor, lo resuelven. El cocimiento del paico, con mucha sal, deshinchas las piernas gotosas”².

El aceite esencial de esta planta fue y es aún oficial en varios países. En Estados Unidos de Norteamérica estuvo desde 1820 hasta 1947, en la Farmacopea. En Francia fue introducida en la Farmacopea en 1949.³

¹ GIRAULT, Louis. *Curanderos Itinerantes de los Andes*. p. 178.

² *Ibíd.*

³ POUSSER, Jean Louis. *Plantas Medicinales Africanas*. p. 56.

El aceite esencial de esta planta está incluido en las farmacopeas de España, México, Portugal, Argentina, India, Italia y Turquía.⁴

El *epázotl* es una de las plantas indígenas de México. La información más antigua sobre la opinión de los habitantes del México prehispánico, respecto al apazote, se encuentra en los textos en náhuatl de los informantes indígenas que colaboraron con fray Bernardino de Sahagún, en el siglo XVI. En dichos textos se lee: “*Epázotl*. Es delgadillo y largo. Sus espigas son comestibles”. “Sirve para dar sabor, sirve para hacer guisados. Yo pongo *epázotl* al guisado”. El nombre *epázotl* proviene del épatl, que significa zorrillo y cuya relación con la planta obedece al desagradable olor que emite el vegetal y que recuerda al de la orina del zorrillo. Todavía hoy en algunas partes del país a esta planta le llaman “epazote del zorrillo”.⁵

Los primeros datos de carácter médico sobre el uso y las propiedades del apazote los proporcionó la obra de Francisco Hernández, quien lo calificó de oloroso y calorífico en tercer grado y que, agregado a las comidas, fortalece. Indica que es el cocimiento de las raíces el remedio utilizado para contener las disenterías, quitar las inflamaciones y arrojar del vientre los animales nocivos, y que la planta es comestible cruda o cocida. Debió ser tan frecuente el uso de esta hierba entre los mexicanos, que el mismo médico español dice que se cultivaba en los huertos de las regiones templadas a causa de su utilidad.

Durante la colonia, la mayor parte de los autores de obras de herbolaria medicinal y, en general de recursos terapéuticos locales, transcribieron la misma información de Hernández y “corroboraron que el apazote, ya sea su raíz, sus tallos o sus hojas, administrando en forma de cocimiento y por vía oral,

⁴ May. Willian; F. REYNOLDS, James E. *The Extra Pharmacopoeia*. p. 90.

⁵ LÓPEZ Agustín, A. *Descripción de medicinas en textos dispersos del libro XI de los códices Matritense y Florentino*. p. 198.

era remedio eficaz para combatir la disentería, el asma, los trastornos intestinales por lombrices y el dolor de dientes”⁶. Solo Esteyneffer señaló “la utilidad del apazote para el dolor de cabeza, el resfrío ordinario y el reumatismo, además, agregó que el cocimiento de la planta debe beberse con atole”⁷. Resulta interesante señalar que desde entonces se elaboran unos supositorios para facilitar la evacuación en los niños: se hacían de jabón y se les añadían polvos de visco y hojas de apazote, costumbre que todavía persiste.

Hacia el final del siglo XVIII, Cervantes escribió respecto al apazote, que era frecuente hallarlo en todas partes de la Nueva España y afirma que: “excita poderosamente el sudor, la orina y el menstuo; cura los flatos y corrobora el estómago. Reconoció también otro apazote cercano, el llamado cimarrón, al que clasificó como *anthelminticum*, ya que escribió: “se tiene por excelente remedio para las lombrices de cuya virtud tomó el nombre”⁸.

Por último, Cervantes proporcionó un dato importante sobre la exportación que de la planta se hizo hacia Europa, o por lo menos de su afamado uso, cuando dice que: “en muchos pueblos de Castilla le llaman té de España y si la preocupación de los hombres fuera tanta en estimar siempre por superiores las producciones más retiradas, abandonarían seguramente el té de China por esta planta y muchas otras que poseemos y que no ceden en virtud de aquellas”.

Ya en el siglo XIX, la farmacopea mexicana, en sus varias ediciones incluía al apazote como medicamento útil y en ella se transcriben los datos químicos sobre la composición de la planta, realizados por Bley en 1827, cuya referencia no se ha podido localizar. Probablemente fue este el primer estudio químico sobre el apazote. Desde entonces se puso de manifiesto el contenido

⁶ LÓPEZ, Gregorio. *Tesoro de medicinas*. p. 135.

⁷ XIMENEZ, Farfán. *Cuatro libros de la naturaleza*. p. 125.

⁸ CERVANTES, V. *Materia medica vegetal*. p. 115.

abundante en aceite esencial de la planta. Los usos del apazote señalados en esta fuente son: *antihelmíntico* y *emenagogo*. Noriega dio un paso más adelante en la información sobre el apazote al señalar que, si bien las hojas se empleaban en infusión como tónico y estomáquico, las flores se usaban en Brasil como vermífugas y en México, los frutos de la variedad antihelmíntica eran superiores a la especie tradicional.⁹

González descubrió el dato que la planta apazote llevada a Europa, recibió allá los nombres de “té de México”, “anserina”, “ambrosina” y “pazte”. El doctor Plenck, al realizar estudios en el tratamiento de corea utilizando la infusión de la planta obtuvo sorprendentes resultados. Ya que entonces la lista de usos medicinales del apazote comprendía las siguientes aplicaciones terapéuticas: antiasmático, antidisentérico, antitusígeno, antirreumático, diurético, sudorífico, antihelmíntico y antiespasmódico. La Farmacopea Nacional establecía que su actividad terapéutica residía en el aceite esencial obtenido en proporción de 1 por ciento en los frutos y 0,4 por ciento en las hojas. Además, señalaba la presencia de un alcaloide (quenopodina), de colina y de una resina, cuyas propiedades se desconocían. El aceite volátil del apazote se obtenía como un líquido incoloro o ligeramente amarillo de color muy penetrante, parecido al alcanfor y de sabor amargo. La mencionada obra resalta el uso antihelmíntico como el mejor conocido y avalado por la práctica médica.

Hacia el segundo decenio de este siglo, Herrera incluyó el apazote en su amplia obra, *Farmacopea latinoamericana*, diciendo que de las hojas se había obtenido por destilación el limoneno y que ya existía en forma comercial como aceite rico en ascaridol. En ese entonces ya se había demostrado que el ascaridol paralizaba las lombrices intestinales en los perros y en aquellos

⁹ NORIEGA, Juan Manuel. *Curso de historia de drogas*. p. 217.

tiempos se le calificaba como el más valioso de los vermífugos por su fácil administración a los pacientes y ser poco tóxico. Unas 10 a 15 gotas de la esencia de apazote en azúcar, seguida de aceite de ricino, se recomendaba como excelente desparasitante¹⁰.

Su uso etnomédico, fundamentalmente en Cuba, es como antiparasitario, aunque, también se han reportado otros usos, como: afecciones de la piel, trastornos renales, cólicos, dolores de estómago y hemorroides. Usualmente se prepara como decocción de la planta fresca entera¹¹.

En México, el apazote es una hierba comestible de amplio uso en todo el país, es una herencia indígena tanto para la elaboración de cotidianos platillos en la cocina mexicana, como por sus propiedades curativas. En la medicina tradicional, el apazote continúa siendo utilizado de manera doméstica para la elaboración de tisanas que, administradas por vía oral, permiten el tratamiento eficaz de pacientes con lombrices intestinales.

En Honduras se usa para el tratamiento de gastralgias, parásitos intestinales (lombrices), dolor de estómago, presión alta, inflamación y la tos.

En El Salvador, el aceite de quenopodio seguido de un purgante de sulfato de magnesio es un remedio contra la polihelmintiasis. También se usa para los dolores de estómago.

En Nicaragua se utiliza para expulsar las lombrices, la diarrea, el malestar del estómago, gases, empacho y trastorno en la menstruación.

¹⁰ GONZÁLEZ, Eleuterio. *Lecciones orales de materia médica y terapéutica*. p. 39.

¹¹ ROIG, Juan Tomas. *Plantas medicinales aromáticas o venenosas de Cuba*. p. 135.

En Panamá se emplea como antihelmíntico, amebicida y antiasmático. El jugo de toda la hierba se administra a los niños en dosis de tres cucharaditas en una taza de agua o leche, en ayunas durante cinco días. Los aztecas han usado esta planta para disentería y para las picaduras de insectos venenosos y de arañas.

En Argentina y muchos otros países de América, esta planta es utilizada como vermífuga.

En Uruguay se emplea la infusión de tallos, hojas, semillas y frutos como eupéptica, diaforética, carminativa, emenagogo, antihelmíntica, antipalúdica, febrífuga y para la bronquitis. En uso externo sirve para hemorroides (tomas y baños de asiento), reumatismo y como resolutivo.

En Perú se utiliza como antiespasmódico, tónico estomáquico, aperitivo, condimentico, carminativo, diurético, abortivo, para indigestiones y cólicos, en los cólicos por frío, indigestiones y espasmos se prepara la infusión levemente concentrada de la planta entera (o el zumo de las hojas), se agrega leche o agua tibia, se toma preferentemente en ayunas. Como antiparasitario, se toma el aceite extraído de sus semillas y luego aceite de ricino. En el lavado de heridas se usa el cocimiento de hojas con las de papaya. En el tratamiento de almorranas y de la picadura de insectos, se lava el área afectada con el cocimiento de las ramas. Es una planta muy ampliamente usada a nivel mundial.

1.1. Investigaciones sobre usos farmacológicos y actividades biológicas más relevantes a nivel mundial

El efecto antiparasitario del ascaridol ha sido ampliamente demostrado¹². Este principio activo es muy tóxico para los áscaris y ancylostomas¹³. A esta planta se le han realizado estudios farmacológicos en relación a su acción antiulcerosa, antimalárica, hipotensora, relajante muscular, estimulante respiratorio, depresora cardiaca, antifúngica y antibacteriana frente a la *pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus*¹⁴. En todas estas investigaciones las actividades estudiadas fueron corroboradas.

La dosis letal de ascaridol en el ratón es de 0,075 mg/Kg. El aceite esencial de apazote puede presentar efectos tóxicos como: náuseas, vómitos, depresión del sistema nervioso, lesiones hepáticas y renales, sordera, trastornos visuales, problemas cardiacos, respiratorios y en dosis altas puede provocar la muerte. Pueden producirse efectos tóxicos por acumulación, aunque pequeñas dosis sean utilizadas en varios días independientemente. “A esta planta le ha sido comprobada una acción carcinogénica en ratas”¹⁵.

“El ascaridol puede producir en dosis elevadas, serios efectos colaterales como dolor de cabeza, taquicardia, postración y ha llegado a producir la muerte por paro respiratorio”¹⁶. “En estudios recientes de tipo clínico en los que se usó directamente la hoja pulverizada en dosis de 240 a 420 mg/kg de peso, no se

¹² May. A.R. *A pharmacodynamic study on the anthelmintic properties of two oils Chenopodium*. p. 17.

¹³ FERNÁNDEZ NÚÑEZ, Fidel Angel. *A contribution of helminthoc therapy*. p. 389.

¹⁴ CAMBAR. P. *Prevención de la producción de úlceras gástricas experimentales por algunos extractos de plantas*. p. 141.

¹⁵ KAPADIA, G.J. *Carcinogenicity of some folk medicinal herb in rats*. p. 587.

¹⁶ GOLDSMITH, R.S. *Anthelmintic drugs*. In: *Review of Medical Pharmacology*. p. 164.

obtuvo el efecto desparasitante buscado”¹⁷. “El uso del aceite extraído por arrastre de vapor administrado en una sola dosis a pacientes adultos (1,5 ml por vía oral) ha mostrado ser eficaz en el manejo de diversas parasitosis intestinales; sin embargo, prevalece la dificultad de su estandarización como tratamiento en vista de la variación del principio activo en la planta y la existencia de numerosas variedades de la especie”¹⁸.

1.2. Investigaciones sobre usos farmacológicos y actividades biológicas más relevantes en Guatemala

En Guatemala se han realizado varios estudios relacionados con la planta de apazote, en algunos casos los resultados varían en cuanto a los rendimientos de aceite esencial extraído, la calidad del aceite, y sobre todo los componentes presentes y las proporciones de dichos componentes en los extractos obtenidos.

“El apazote en Guatemala recibe nombres específicos dependiendo de la región donde se encuentra, según esta localización puede encontrarse como: *Much*, *Siq’uij* y *Suuq’an*, nombres que se encuentran en el idioma de la respectiva región. Los efectos medicinales de la planta cultivada en la región de Guatemala han sido estudiados a lo largo de la historia, dado que el apazote ha sido, y es aún, una planta de uso tradicional para las personas en algunas regiones del país”¹⁹.

El efecto antihelmíntico se ha estudiado inicialmente por Ana Lucrecia Posada de León, quien enfocó su tesis en la evaluación del efecto terapéutico

¹⁷ KLIKS, M.M. *Studie on the traditional herbal anthelmintic Chenopodium ambrosioides L. Ethopharmacological evaluation and clinical file.* p.127.

¹⁸ CERVANTES, V. *Materia medica vegetal.* p 121.

¹⁹ CÁCERES. Armando. *Plantas de uso medicinal en Guatemala.* p. 10.

del aceite de apazote en el tratamiento de áscaris con respecto al medicamento normalmente utilizado llamado mebendazole. Esta prueba la realizó en 100 niños, de 7 a 12 años de edad, con áscaris, de la escuela mixta primaria Los Cerritos, Sansare, El Progreso. En la metodología utiliza medios estadísticos para comparar bajo condiciones de variables similares (edad, tiempo de tratamiento y especie de parásito), siendo la dosis recomendada de aceite esencial de 1 a 2 gotas por año de edad o bien 3 a 5 gotas por kilogramos de peso, en ayunas por tres días.

En el estudio, al primer grupo se administró una gota por año de edad y disueltas en una taza de agua tibia al día, por tres días consecutivos en ayunas.

Al segundo grupo se le suministró mebendazole a dosis de 100 mg dos veces al día por tres días. La conclusión principal del estudio fue descrita por la autora con las siguientes palabras: “El aceite esencial de quenopodio es tan eficaz como el mebendazol”.

Este mismo efecto fue evaluado por Mayra Wong Catalán, pero con la diferencia de que ella utilizó una infusión o decocción de apazote en lugar del aceite esencial obteniendo resultados desfavorables²⁰.

En la metodología seguida por la investigadora sigue la dosificación: 100 g de hojas y sumidades floridas en 1,5 L de agua hervida, en reposo durante 5 minutos; se administró 150 ml en una sola dosis. La conclusión de este estudio fue la ineficacia del apazote como agente antihelmíntico²¹.

²⁰ PERKINS K. *Williard W. Guide to the poisonous and irritant plants of Florida.* p. 51.

²¹ VIESCA, C. *Prevención y terapéutica mexicanas en historia general de la medicina en México.* p. 99.

También es válido mencionar que el aceite esencial de apazote es catalogado como un compuesto tóxico y peligroso en altas concentraciones, por lo cual en el tratamiento de áscaris se recomienda la administración de aceite de oliva o carbohidratos en la dosis de aceite esencial para disminuir la toxicidad y mantener la acción narcótica paralizante sobre los áscaris y anquilostomas, pero no es eficaz sobre tenías y tricocéfalos²².

Se ha evaluado el efecto cicatrizante del apazote. Francisco Xavier Mendizabal de la Riva evalúa el efecto cicatrizante en heridas provocadas en piel de perro. La metodología empleada por el investigador describe la profundidad de las heridas provocadas intencionalmente y el método para el empleo del apazote, el cual es suministrado en forma de lienzos de infusión de 20 hojas de apazote 2 veces al día; esta forma de suministrar se aplicó a un conjunto de perros, a un segundo conjunto de perros se aplicó emplastos con hojas de apazote 2 veces al día, se realizaron otras heridas a la piel del perro con el fin de obtener un control. La conclusión de este estudio fue satisfactorio y logró demostrar la acción cicatrizante del apazote. Según la conclusión presentada en el estudio se dice que: “el apazote estimula a la migración de células inflamatorias, convierten fibrocitos a fibroblastos para que estos formen fibras de colágeno, estimula a los estratos germinativos de la epidermis, por tanto, el apazote si es efectivo sobre el proceso de cicatrización disminuyendo el tiempo de este, siendo la aplicación del lienzos los que más dieron un mejor resultado”²³. Según los resultados presentados, el tiempo de cicatrización total se reduce casi a la mitad.

Un efecto muy interesante fue evaluado por Rosa Solares, “esta bondad de la planta apazote se relaciona con el efecto inhibidor de la infusión de

²² POUSSER, Jean Louis. *Plantes medicinales africaines*. p. 137.

²³ MARTINDALE, Willian; F. REYNOLDS, James E. *The Extra Pharmacopoeia*. p 325.

apazote sobre el crecimiento de microorganismos cariogénicos, *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus mutans*, bacterias a las cuales se les considera como las principales causantes de la caries dental”²⁴. Según el estudio, al colocar la infusión de apazote sobre un cultivo bacteriológico, las mismas fueron inhibidas, siendo la mejor manera de administrar la infusión de manera pura, es decir, sin ningún vehículo o dilución realizada.

La actividad antiinflamatoria dio resultados favorables. Según la investigación, la administración vía oral de infusiones de apazote a ratas albinas de laboratorio demostró la acción antiinflamatoria en dosis de 750 mg por kilogramos de peso, también se evaluó utilizando dosis de 1 000 mg por kilogramos de peso, pero esta dosis no demostró actividad antiinflamatoria.

El efecto antiséptico de la planta de apazote fue evaluado y comparado con un compuesto antiséptico de uso más común en la actualidad llamado: Iodopovidona en concentración del 10 por ciento. El apazote fue administrado a manera de infusión en concentración del 5 por ciento. El estudio comprueba que la infusión de apazote al 5 por ciento es eficaz en su función antiséptica, pero no mejor que el Iodopovidona.

Muchas más validaciones científicas fueron elaboradas en los últimos años, dando a la planta de apazote un lugar muy importante en la medicina natural, por lo tanto es importante continuar con la investigación relacionada a esta planta con el fin de aprovechar lo más eficientemente posible sus bondades, pues hasta el momento aún falta mucho por conocer a este espécimen, las posibilidades son muchas y es necesario aprender más sobre ella, con el fin de utilizarla de manera correcta, dada su toxicidad. A medida que

²⁴ SOLARES SOLARES, Rosa María. *Efecto inhibitor de la infusión de apazote (Chenopodium ambrosioides L.) sobre el crecimiento de microorganismos cariogénicos, Lactobacillus acidophilus y Streptococcus mutans. In Vitro.* p. 41.

la humanidad regrese a la medicina natural se necesitará la capacidad de controlar de una mejor forma el proceso de administración y cultivo, por lo tanto la investigación en este tema es importante para la sociedad en general.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades del apazote

Es una planta de olor muy peculiar que tiene interesantes propiedades, tanto medicinales como para la cocina.

2.1.1. Clasificación botánica

Las propiedades medicinales atribuidas a la planta de apazote son consecuencia de su composición química y fisicoquímica, estas propiedades varían en relación a la clasificación botánica de la planta.

Tabla I. Descripción taxonómica del epazote

Reino	Vegetal
Subreino	<i>Embryobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Caryophyllidae</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Chenopodiaceae</i>
Género	<i>Chenopodium</i>
Especie	<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>
Nombre común	Apazote
Sinónimos	Apasote, epasote, epazote, ipazote, pasote, entre otros.

Fuente: GAYLORD, Ubaldo, Sac Coti. *Determinación del conjunto de variables adecuadas del secado de la planta de apazote (Chenopodium ambrosioides L.) por medio de la evaluación de las propiedades físico-químicas del extracto orgánico.* p. 38.

Figura 1. **Apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) de cuatro meses**



Fuente: elaboración propia, San Miguel Petapa. Guatemala.

2.1.2. Descripción

El *Chenopodium ambrosioides* L. es una planta anual o perenne, erecta u ascendente, herbácea, de fuerte aroma especial, ramosa, arbustífera; tallo acanalado, rojizo, de hojas alargadas, alternadas, casi sin tallo; oblongo lanceoladas; punteadas por glóbulos de aceite; las superiores son pequeñas y enteras; las inferiores son finamente dentadas; con flores pequeñas amarillo-verdosas y se producen en espigas largas, delgadas, acaudalaras y terminales de color blanco. Semillas horizontales o verticales de 0,6-0,8 mm de ancho, estas son pequeñas, lentiformes, de color negro brillante y contenidas en un cáliz que tiene aroma al secarse²⁵.

Nativa de América tropical. Diseminada en climas ligeramente templados, subtropicales y tropicales en el mundo hasta 2 700 msnm; extendida en toda temperatura moderada de los Estados Unidos, las indias occidentales y en todas las regiones cálidas del mundo. En Guatemala crece en tierra no muy

²⁵ GUENTHER, Ernest. *The essential oils*. p. 110.

húmeda; en terrenos pedregosos y soleados, principalmente en la región oriente, altiplano central y occidental del país²⁶.

Es una planta que crece de forma silvestre y a veces se cultiva. Se propaga por semilla o estaca que se siembra directamente en terreno definitivo. Prefiere terrenos arenosos, pedregosos y tierra húmeda a pleno sol. Se ha demostrado que los niveles de apazote aumentan en las zonas secas; y se cultiva mejor en suelos polvorientos y margos. Las semillas se siembran en hileras separadas entre sí por 1,0 a 1,2 m y se cubren de una manera ligera. Para obtener una buena cosecha es importante el cultivo poco profundo entre hileras. Cuando se cultiva con el fin de obtener las semillas, se debe recoger las semillas justamente antes que las mismas tomen color pardo. Las plantas se siegan y se secan al calor, después de lo cual se recogen las semillas y se limpian, pasándolas por tamices de tela metálica. Cuando la planta se cultiva con el fin de obtener aceite esencial, una vez que ha madurado hasta el grado de haberse oscurecido la mayor parte de las semillas, se cortan las plantas²⁷.

En cuanto al uso de fertilizantes, experimentos que contienen nitrógeno, fósforo y potasio han determinado que el mayor incremento en ascaridol, cerca del 20 % fue obtenido usando una alta proporción de potasio. Una buena proporción balanceada de fósforo y nitrógeno asegura la correcta maduración de plata, ya que si la maduración se retarda tiende a bajar el contenido de ascaridol en el aceite. La proporción de nitrógeno, fósforo y potasio debe ser de 3:12:6 o 2:9:5; si la planta es cultivada en suelo apropiado, pero si se cultiva en otros tipos de terreno, la proporción debe ser apreciablemente más alta en potasio²⁸.

²⁶ GUENTHER, Ernest. *The essential oils*. p. 115.

²⁷ XIMENEZ, Farfán. *Cuatro libros de la naturaleza*. 189.

²⁸ GUENTHER, Ernest. *The essential oils*. p. 116.

Se ha demostrado que la planta desarrolla su más alto contenido de aceite durante el periodo de polinización. El aceite en esta época, sin embargo, es muy bajo en el contenido de ascaridol y contiene mayormente p-cimeno. El aceite de las plantas floreciendo contiene de 6 a 10 % de ascaridol y con la semilla completamente madura de 50 a 96 % con muy poco P-cimeno. La solubilidad del aceite en 70 % de alcohol mejora con el contenido de ascaridol. Posteriores investigaciones han demostrado que una sustancial porción de ascaridol se forma al final del periodo floreciente. El más alto contenido de ascaridol se encontró en las plantas maduras, en el punto en donde la semilla se torna negra.

Después de cortadas las plantas son dejadas en campos para secarlas. Esto requiere de unos pocos días, hasta una semana; dependiendo del ambiente. La pérdida de peso de la planta es de aproximadamente el cincuenta por ciento.

2.1.3. Usos medicinales populares

En medicina natural, la decocción de las hojas y semillas del apazote se usa en quemaduras, raspones, infecciones de la piel, asma, malaria, catarro, afecciones nerviosas como la corea (baile de san Vito), febrífugo, dolor de muelas y desórdenes menstruales. Se le atribuyen propiedades diuréticas, sudoríficas, desinflamantes, emenagogos, vermífugo y antifúngicas. Utilizada como remedio contra los trastornos y daños renales y la apoplejía. Ampliamente usada en el tratamiento de afecciones gastrointestinales; particularmente, para tratar parasitosis intestinales, inapetencia, indigestión, diarrea y disentería, también es utilizado para tratar afecciones del hígado. El aceite es

antibacteriano, antihelmíntico, antimalárico, carcinógeno, depresor cardíaco, hipotensor, relajante muscular y estimulante respiratorio²⁹.

2.1.4. Efectos adversos

La dosis excesiva de este aceite han causado dolor de cabeza, náusea, alucinación, gastroenteritis, vértigos, vómitos, disturbios del sistema nervioso central, debilidad, convulsiones, daños del hígado y riñón, parálisis, coma y fatalidades en humanos y ganadería. La planta en dosis excesiva es peligrosa en individuos débiles, anémicos, ancianos y mujeres embarazadas, ya que se cataloga como abortivo³⁰.

2.2. Cultivo de apazote

La época de siembra es todo el año, la densidad de población es de 200 plantas/m², la distancia entre plantas debe ser de 5-8 cm, el arreglo topológico es a chorrillo y es adecuado asociar con plantas como jitomate, tomate, chile serrano y pimienta.

2.2.1. Labores de cultivo

Poda del tallo central para que la planta rebrote, así como el recorte de las flores, hará que crezcan más ramas laterales y se parecen a las plantas más cortas, por lo que no se necesita mantenimiento, puede servir como cobertura del suelo.

²⁹ CÁCERES. Armando. *Plantas de uso medicinal en Guatemala*. p. 39

³⁰ ROIG, Juan Tomas. *Plantas medicinales aromáticas o venenosas de Cuba*. p. 195.

2.2.2. Control de malezas

Se realiza de una a dos escardas para la eliminación de malezas que signifique competencia para el cultivo, permitiendo tener un periodo libre de malezas de 3-6 semanas.

2.2.3. Fertilización

Aportar 2,5-3 kg/m² de composta. Lixiviado de estiércol alrededor de una vez al mes para ayudar a promover el crecimiento 2 ml/m². Y, como con la mayoría de las hierbas, no fertilizarlo con químicos, para que no se debilite el sabor.

2.2.4. Riego

Se recomiendan aportes de agua constantes después de la plantación, aproximadamente de 400 ml diarios. Las plantas necesitarán riego normal durante épocas de escasez de precipitaciones. Es muy resistente a la sequía.

2.2.5. Control de plagas

El apazote no es propicio a presentar demasiadas plagas y enfermedades, sus elevados contenidos de aceites esenciales le proporcionan una protección eficaz contra numerosas plagas.

2.2.6. Cosecha

La cosecha se realiza a los 50 días después de haberla sembrado, se cortan las hojas más grandes para que la planta pueda seguir reproduciéndose. Se cortan las hojas con los dedos en la mañana, después de que se seque el rocío.

Para la cosecha, cortar el tallo central primero, para fomentar la producción de hojas. Podar la planta con frecuencia para evitar la floración y asegurar un suministro continuo de la hoja, pero no cosechar más de la mitad de la planta a la vez.

2.2.7. Rendimiento potencial

Puede producir 60 g por planta, con un rendimiento potencial de 11,2 ton/ha.

2.2.8. Producción de semilla

Se puede obtener numerosas semillas propias si se deja florecer las matas (seleccionando las más desarrolladas), al secar la inflorescencia se cosecha y se colocan en bolsa de papel.

2.2.9. Programa control de enfermedades

Cultivarlo en lugares con buena ventilación, el suelo debe tener muy buen drenaje para que el agua de riego no se estanque, a la hora de regar hay que procurar que no se mojen las hojas.

Figura 2. **Etapas del ciclo de vida del apazote**

SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
ETAPAS DE DESARROLLO													
	GERMINACION		ESTADO VEGETATIVO				FLORACION			MADURACION DE SEMILLAS		SENESCENCIA	
LABORES		CONTROL DE MALEZAS, PLAGAS Y ENFERMEDADES				COSECHA PODA DE TALLO CENTRAL					COSECHA DE SEMILLA		
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	CONTROL, EVITAR MOJAR EL FOLLAJE Y LOS EXCESOS DE HUMEDAD												

Fuente: GARCÍA BUENDÍA, Ana Cristina. *Etapas del ciclo de vida del apazote*. p. 58.

2.3. Aceites esenciales

Dentro de las actividades farmacológicas se utiliza el aceite esencial de diferentes especies vegetales como medicina aplicada a diferentes afecciones. Contenido en el aceite esencial se presentan las bondades principales de una determinada especie vegetal.

2.3.1. Métodos generales para la extracción de aceites esenciales

Hay tres métodos de producción de aceites esenciales volátiles: destilación con vapor de agua (hidrodestilación), expresión y extracción, estos métodos de extracción son los más utilizados, pero en la industria es también utilizado el método de extracción por fluidos súper críticos.

2.3.2. Hidrodestilación

La destilación con vapor de agua es el método más común para separar los aceites esenciales del material de la planta. La expresión “hidrodestilación” abarca los tres tipos que se describen a continuación:

- Destilación con vapor
- Destilación con agua y vapor
- Destilación con vapor directo

2.3.2.1. Destilación con agua

Con la aplicación de este método, el material está en contacto directo con el agua hirviente; este puede flotar en el agua o estar completamente inmerso, lo cual depende de la gravedad específica y la cantidad de material por carga. El agua es hervida por aplicación de calor por métodos usuales. Este método se emplea con frecuencia para la destilación del aceite de pétalos (aceite de azahar y aceite de rosas), donde el material de la planta no se aglutina en pellas que el vapor no pueda penetrar.

2.3.2.2. Destilación con agua y vapor

El material es soportado sobre una red perforada o una reja insertada, una distancia sobre el fondo del destilador. La parte baja del destilador es llenada con agua a un nivel un poco debajo de la red y el agua es calentada por alguno de los métodos usuales. Las características típicas de este método son que el vapor está siempre saturado, húmedo y nunca sobrecalentado; y el material está en contacto solamente con el vapor y no con el agua hirviendo.

2.3.2.3. Destilación con vapor

El tercer método conocido como destilación con vapor o destilación con vapor directo. Es semejante al anterior. El vapor se genera en una caldera separada (se emplea vapor seco); en algunos casos, se introduce vapor recalentado a presión ligeramente superior a la atmosférica, el cual sale por los orificios de un serpentín situado bajo la carga.

Considerando los principios fundamentales de la destilación de dos líquidos inmiscibles, poca diferencia puede haber en estos tres métodos de hidrodestilación; pero en la práctica intervienen factores importantes. El aceite esencial no está distribuido por igual en el material de la planta. Sino que se halla en muchas pequeñas glándulas de aceite o sacos oleíferos. Para que el vapor se ponga en contacto con el aceite, hay que desgarrar los tejidos y romper las membranas de las glándulas o hacer que el aceite se difunda a través de estas membranas. Este proceso complejo de difusión y osmosis recibe el nombre de hidrodifusión. La destilación con vapor recalentado tiende a impedir la hidrodifusión; la destilación en agua la facilita.

Por medio de ensayos se ha averiguado qué método de destilación es mejor para cada aceite esencial. A pesar de que muchos aceites esenciales son extraídos por estos procesos de destilación, debido a su relativa larga acción del vapor o el agua en su punto de ebullición, para muchas plantas estos procesos ocasionan efectos adversos a sus componentes más delicados o volátiles. Los principales efectos adversos son la hidrólisis de ciertos componentes de los aceites esenciales, la polimerización, la racemificación y la descomposición de sus más delicados componentes ocasionada por el calor, que provoca una larga acción del vapor o el agua hirviendo.

Cuando por hidrodestilación, prácticamente la producción de aceite esencial es baja, o la calidad no es la apropiada, estos métodos son inútiles. Por lo tanto, flores de este tipo tienen que ser procesadas por otros métodos de extracción.

2.3.3. Expresión

Los aceites de los frutos cítricos se obtienen por expresión. El aceite esencial está contenido en numerosas celdillas ovales distribuidas en el epicardio (parte coloreada exterior a la corteza). Exprimiendo la corteza se rompen las celdillas y sale de ellas el aceite, que se recoge como líquido turbio con el agua de las células y *detritus* celulares. El aceite se separa y clarifica por decantación, centrifugación u otro método de separación.

2.3.4. Extracción

Como se mencionó anteriormente, ciertas plantas no producen aceites directamente por destilación. O bien el aceite se destruye con la acción del vapor, o las pequeñas cantidades de aceite realmente destilado están completamente disueltas en el gran volumen de agua de destilación. Para este tipo de plantas deben emplearse métodos diferentes. La extracción puede hacerse con grasa fría (enfloración), con grasa caliente (maceración) o con solventes volátiles.

2.3.4.1. Enfloración

El uso de este método es restringido a flores como jazmín, tuberosa y algunas otras que después de cortadas continúan con su actividad fisiológica formada y emitiendo perfume. El método de extracción con grasa fría es sencillo

y consiste en colocar las flores en contacto con una delgada capa de grasa dentro de pequeñas cámaras. El perfume desprendido de las flores se fija en la grasa, debido a su gran afinidad, los pétalos veinticuatro horas sobre la grasa (cuerpo), luego se reemplaza por nuevos pétalos. Pasados 60 días, aproximadamente, al final del periodo de recolección, la grasa llega a estar saturada con el aceite de la flor. La extracción alcohólica de la grasa olorosa, llamada pomada, da una solución llamada extracto; eliminando el alcohol por destilación, se produce el absoluto de enfloración.

2.3.4.2. Maceración

Como la mayor parte de las flores dejan de producir perfume después de recolectadas, se pueden emplear ventajosamente otros métodos distintos de la enfloración. Uno de ellos es la maceración o extracción con grasa caliente.

El método es, en general, parecido a la enfloración, salvo que los pétalos se sumergen en grasa caliente en lugar de ser extendidos sobre un recipiente. Antes de la aparición de extracción con solventes volátiles la maceración se empleó con más frecuencia. En general, los productos de la maceración son de calidad inferior a los de la extracción con solventes volátiles.

2.3.4.3. Extracción con solventes volátiles

La extracción con solventes es usada actualmente para la extracción de plantas en varios países. Es técnicamente el más avanzado. Está basado en el hecho de que los solventes volátiles (éter, etílico, benceno, hexano, alcohol, entre otros) penetra rápidamente en las hojas, flores, pétalos y disuelven casi todas las sustancias odoríficas naturales.

Preparación del material: la apropiada preparación del material vegetal es de gran importancia en la producción de los aceites esenciales. La trituración expone más glándulas de aceite esencial y reduce el grueso del material; esto permite una destilación más rápida, mayor rendimiento y mejor calidad del aceite esencial, al mismo tiempo que menor consumo del solvente. El grado de trituración para cada planta hay que aprenderlo por experiencia. Es claro que el material desmenuzado debe ser destilado lo más pronto posible para reducir al mínimo la pérdida del aceite esencial por evaporación.

Se ha verificado que la mayor parte del aceite esencial fácilmente extraíble proviene de las células que se rompen durante los procesos de trituración, cocción, presión, laminado, extracción por solvente (aceite obtenido de las células rotas); mientras que la fracción más difícil de extraer proviene de las células enteras o rotas parcialmente, extracción por difusión.

2.3.5. Selección del solvente

Para una eficiente extracción con solvente, es necesaria una adecuada selección del mismo, el cual debe cumplir con las siguientes características:

- Disolverse rápidamente.
- Ser de un punto de ebullición lo suficientemente bajo para permitir su remoción fácilmente (destilado), sin recurrir a altas temperaturas; el punto de ebullición no debe ser muy bajo, ya que esto implicaría considerables pérdidas de solvente por evaporación en climas cálidos.
- El solvente no debe ser soluble en agua, ya que el agua que contiene las plantas se disolvería y se acumularía en el solvente.
- El solvente debe ser químicamente inerte y no reaccionar con los componentes del aceite esencial.

- El solvente cuando se evapora no debe dejar ningún residuo; los ligeros rastros de componentes de alta ebullición arriba de la evaporación del solvente se acumularían y permanecerían en el aceite esencial de las flores y dañarían completamente el aroma.

La selección final del solvente va depender exclusivamente de los componentes químicos del aceite esencial que se desea extraer. Por ejemplo, al analizar, los componentes del aceite de quenopodio se determina que todos los componentes principales son infinitamente solubles en hexano, éter etílico, benceno y alcohol isopropílico; en experiencias anteriores las extracciones se han realizado con éter etílico; sin embargo, por su solubilidad parcial en clorofila y agua (7,5 % en agua), en el extracto final hay presencia de estos componentes, lo que representa problemas de separación.

El n-hexano (C_6H_{14}) posee un punto de ebullición de 68,7 °C, una solubilidad en agua de 0,014 por ciento a 15 °C y al igual que todos los alcanos es insoluble en disolventes de alta polaridad; lo cual permite ser eliminado fácilmente por destilación, sin arrastrar los componentes del aceite esencial, además de esto no extrae la clorofila de la planta ni el agua que pudiera poseer la planta.

2.4. Caracterización de aceites esenciales

La caracterización de un aceite esencial son los métodos utilizados para describir las características de un compuesto de manera cuantificada y cualificada. Existen diferentes métodos utilizados para la caracterización de los aceites esenciales, se describen a continuación algunos de los más utilizados.

2.4.1. Cromatografía

Es una técnica de separación extraordinariamente versátil que presenta distintas variantes. En toda separación cromatográfica hay dos fases (sólida, líquida o gas) una móvil y otra estacionaria, que se mueven una con respecto de la otra manteniendo un contacto íntimo. La muestra se introduce en la fase estacionaria y la móvil. Los componentes de la mezcla a separar invierten un tiempo diferente en recorrer cada una de las fases, con lo que se produce la separación. Si un componente está la mayor parte del tiempo en la fase móvil el producto se mueve rápidamente, mientras que si se encuentra la mayor parte en la fase estacionaria, el producto queda retenido y su salida es más lenta.

Figura 3. Tipos de cromatografía

TIPO	FASE ESTACIONARIA	FASE MÓVIL
Líquido-sólido	Sólido inerte como gel de sílice o alúmina	Disolventes
Intercambio iónico	Resina cambiadora	Soluciones acuosas
Líquido-líquido	Líquido absorbido en un soporte sólido	Líquido
Gas-líquido	Película de líquido absorbida sobre un soporte sólido	Gas

Fuente: JOHNSON, M. A.; CROTEAU, R. *Biosynthesis of ascaridole: Iodide peroxidase-catalyzed synthesis of a monoterpene endoperoxide in soluble extracts of Chenopodium ambrosioides fruit.* p. 165.

La más utilizada en química orgánica es cromatografía líquido-sólido en sus dos variantes: cromatografía en columna (CC) y cromatografía de capa fina (TLC).

2.4.1.1. Cromatografía en capa fina

La idea y los fundamentos de la utilización de un adsorbente cromatográfico dispuesto como una delgada capa sobre un soporte inerte rígido, son atribuidos a Izmailov y a Shaiber. Estos investigadores analizaron tinturas farmacéuticas por cromatografía en capa fina utilizando albúmina como adsorbente en una placa de vidrio, con el objetivo de obtener cromatogramas circulares. En 1949, Meinhard y Hall utilizaron una goma para unir una mezcla de celita y albúmina en láminas de microscopio, obteniendo una capa homogénea y más fina. Kirchner y sus colaboradores usaron por primera vez un desarrollo ascendente, como ya era usando en la cromatografía en papel. Sin embargo, fueron el trabajo de Stahl y el consecuente desarrollo de adsorbentes estandarizados comercialmente, los responsables por el auge vertiginoso del uso de la cromatografía en capa fina. Stahl publicó un excelente libro sobre este tema. Desde entonces, la cromatografía en capa fina fue aceptada como una técnica analítica reproducible. Wagner y sus colaboradores elaboraron un libro en el cual describen el análisis de materias primas vegetales.

La cromatografía en capa fina consiste en la separación de los componentes de una mezcla a través de la migración diferencial sobre una capa fina de adsorbente, retenida sobre una superficie plana. En esta técnica, una solución de la muestra que va a ser analizada se aplica por medio de un tubo capilar sobre la superficie de un adsorbente inerte (sílica, alúmina, entre otros), distribuido uniformemente sobre una placa de vidrio o de aluminio. La placa se coloca verticalmente dentro de una cámara previamente saturada con el vapor de la fuente adecuada, de tal forma que la parte inferior de la placa que contiene la muestra entre en contacto con la fase móvil. El eluyente va a migrar por capilaridad en la placa cromatográfica, separando por migración diferencial los diversos componentes de la mezcla a ser estudiada. Después de que ha

ocurrido, se evapora el eluente y la placa se analiza utilizando luz UV o luz visible, o aplicando reactivos que dan como resultado reacciones de coloración con las sustancias contenidas en la mezcla analizada.

El gran desarrollo de esta técnica se debe a las múltiples ventajas que ella ofrece, entre las cuales se pueden citar: su fácil comprensión y rápida ejecución, la versatilidad, su reproducibilidad y el bajo costo. El proceso de separación está fundamentado principalmente en una serie de etapas o equilibrios de adsorción-desorción. Otros tipos de cromatografía, como la de reparto o la de intercambio iónico, pueden tener lugar cuando se utilizan fases estacionarias apropiadas. En el mercado se pueden encontrar diferentes tipos de adsorbentes entre los cuales se pueden citar: la síicagel (SiO_2), la celita (tierra de diatomeas), la alúmina (Al_2O_3), la celulosa (para cromatografía de reparto) y la poliamida. También ha sido bastante utilizada la incorporación de reactivos a los adsorbentes, con lo cual se busca la separación de las sustancias muy relacionadas.

En el mercado se puede encontrar las placas cromatográficas prefabricadas a un precio relativamente elevado, las cuales no necesitan de la fase preparatoria y son más homogéneas y uniformes, facilitando de esta manera una mejor separación y haciendo más reproducibles los valores de R_f (factor de retención). El factor de retención es la medida de la migración de una sustancia determinada en un solvente dado.

Las placas cromatográficas pueden ser preparadas en el propio laboratorio de análisis para disminuir los costos. F.J. de Abreu Matos describe la forma de preparar estas placas, así como la técnica de aplicación de la muestra, la elusión, el revelado y la observación de los resultados. Escoger la fuente apropiada es de gran importancia para la buena separación de las

sustancias. Este se selecciona en función de la fase estacionaria empleada y en función de la naturaleza de las sustancias que van a ser separadas. Las ventajas del uso de la cromatografía en capa fina pueden ser resumidas de la siguiente manera:

- Se necesita equipo simple y de bajo costo.
- Es fácil su comprensión y ejecución.
- Rapidez, reproducibilidad y versatilidad en el análisis
- Utilización de una pequeña cantidad de solvente y de la muestra a ser analizada.
- Posibilidad de revelar las placas con reactivos cromogénicos, lo cual hace posible detectar sustancias que no absorben en la región UV/visible.
- Posibilidad de efectuar separaciones en escala semipreparativa.

2.4.1.1.1. Análisis cuantitativo de cromatografía en capa fina

Hasta 1987, la principal utilización de la cromatografía en capa fina era básicamente cualitativa o semipreparativa. El desarrollo de los densitómetros modernos permitió la utilización de esta técnica para los análisis cuantitativos. El densitómetro mide el área y la intensidad de las manchas de un cromatograma en capa fina presentando registros en forma de picos. La lectura de una placa puede ser llevada a cabo por transmitancia o reflectancia en la región ultravioleta y visible o por fluorescencia. Para cuantificar una sustancia utilizando esta técnica es necesario, primero, construir una curva de calibración con concentraciones conocidas de un patrón de la sustancia que va a ser analizada.

Sustancias incoloras pueden ser cuantificadas, siempre y cuando se utilicen reactivos cromogénicos, los cuales van a permitir la lectura del densitómetro. En este caso deben tenerse precauciones, pues puede presentarse una distribución desigual de la coloración, dependiendo de la cantidad y de la forma de aplicación del revelador utilizado, de la temperatura utilizada durante el calentamiento que puede volatilizar la muestra y del tiempo empleado entre el revelado y la lectura de la placa. La presencia de manchas difusas e irregulares puede presentarse cuando se aplican sustancias en baja concentración que necesitan de la aplicación de un volumen mayor de la solución que va a ser analizada.

Estos factores pueden afectar la eficiencia de esta técnica. Existen otros factores que pueden ocasionar errores en la lectura y están relacionados con la falta de reproducibilidad de la aplicación de la muestra y con variaciones de las condiciones cromatográficas. Entre estos factores se pueden citar: la homogeneidad del adsorbente empleado o la migración del solvente de forma irregular. Petrovic y sus colaboradores, en un intento por reducir los posibles errores en el análisis de los resultados, introdujeron un proceso de cuantificación basado en la utilización de un instrumento de alta precisión, llamado analizador de colores, bastante utilizado en la industria textil el cual muestra mayor precisión, comparado con los densitómetros usuales.

Para obtener un producto fitoterapéutico estandarizado y de calidad debe asegurarse la uniformidad de todos los lotes de su producción. Para lograr este objetivo es indispensable que cada etapa del proceso de producción sea rígidamente realizada. Factores como el origen del material vegetal, la época en que fue realizada la recolección, el proceso de secado y almacenamiento son de calidad. La cromatografía en capa fina es una técnica importante en todo el proceso, ya que permite proporcionar informaciones sobre la homogeneidad de

los componentes químicos del producto y así garantizar que las sustancias responsables de la actividad farmacológica estén presentes en los niveles adecuados.

El primer paso a seguir en el control de calidad de un producto fitoterapéutico es definir cuáles grupos de sustancias pueden estar presentes, para de esta manera lograr la identificación de la planta (marcadores) y de aquellas sustancias capaces de ejercer las actividades farmacológicas (principios activos). Un principio activo es una sustancia o grupo de sustancias, químicamente caracterizadas, cuya acción farmacológica es conocida, siendo la responsable total o parcialmente de los efectos terapéuticos de los productos fitoterapéuticos. Los marcadores son constituyentes químicos definidos que están presentes en la materia prima vegetal, de preferencia los propios principios activos, destinados al control de calidad de la materia prima vegetal, de las preparaciones fitoterapéuticas intermedias y de los productos fitoterapéuticos.

Siendo así, el primer paso para realizar el análisis de un determinado producto fitoterapéutico, es definir las sustancias químicas que van a ser investigadas, lo que permitirá identificar cuál será el mejor solvente para extraer estas sustancias, así como determinar el mejor sistema de efluentes para la migración en la cromatoplaca e incluso identificar los reveladores más adecuados que serán utilizados para detectar las sustancias presentes. Estas sustancias son las llamadas marcadores y los marcadores ideales son los propios principios activos. No siempre en el análisis se hace posible la utilización de los principios activos debido a los siguientes factores:

- Desconocimiento de las sustancias responsables de la actividad de la planta.

- Los principios activos son difíciles de detectar o están presentes en pequeñas cantidades en la planta.

En estos casos es imposible utilizar los principios activos como marcadores, siendo necesario seleccionar otras sustancias que caracterizan sin duda alguna a la materia prima. El análisis será llevado a cabo comparando determinado producto fitoterapéutico con una sustancia estandarizada, definida de antemano como marcadora. En algunos casos la sola comparación con el patrón no es suficiente, por esta razón es necesario que, además de ser comparada con la sustancia marcadora, sea comparada, también, con el producto auténtico, lo que revela no solamente la presencia de los principios activos sino también, la proporción entre estos y otras sustancias presentes en el extracto.

No siempre se conoce la constitución química de la planta; cuando esto sucede es indispensable realizar su perfil cromatográfico; el extracto, en condiciones definidas de análisis, formará un diseño característico debido a la migración diferencial de sus constituyentes, llamado huella digital (*finger print*) de la planta. Por consiguiente, las plantas de las cuales no se posea alguna información sobre su constitución química, pueden ser controladas, realizando simplemente cromatografías de un extracto patrón, botánicamente identificado y obtenido de la misma manera que el extracto que va a ser analizado. La migración de las manchas presentes en la muestra y en el patrón, aunque no estén identificadas, puede ser comparada a partir del R_f , del tamaño y coloración.

Los análisis cuantitativos del material de origen vegetal pueden ser realizados a través de la lectura de las placas en capa fina en densitómetros. Pepeljnjak y colaboradores, por ejemplo, utilizaron la cromatografía en capa fina

con posterior lectura en un densitómetro para cuantificar la pinocebrina, una isoflavanona a la cual se le atribuyen, en gran parte, las actividades antibacterianas del propóleo. Houston y sus colaboradores cuantificaron igualmente la pinocebrina a través de la cromatografía en capa fina seguida por la lectura con un densitómetro, utilizando como patrón interno la 1, 4 dihidroxiantraquinona, obteniendo resultados comparables a los análisis realizados con la ayuda de un equipo de cromatografía líquida de alta eficiencia, comprobando así, la eficiencia de esta técnica.

2.4.1.2. Cromatografía en fase gaseosa

Es una técnica que permite la separación de sustancias volatilizables. La separación tiene como base la distribución diferencial de las sustancias entre una fase estacionaria, sólida o líquida, y una fase móvil (gaseosa). La muestra es introducida en una columna que contiene la fase estacionaria, a través del sistema de inyección. Temperaturas apropiadas en el sitio de la inyección, y en la columna, posibilitan la volatilización de los componentes de la muestra los cuales, de acuerdo con sus propiedades y las de la fase estacionaria, son retenidos por tiempos variables y llegan al final de la columna en tiempos diferentes. Un detector adecuado, a la salida de la columna, permite la detección y la cuantificación de las sustancias.

La cromatografía en fase gaseosa es una técnica de análisis que ofrece resoluciones excelentes, con sensibilidad del orden de miligramos a picogramos. Los resultados son cuantitativos y se obtienen en un espacio de tiempo relativamente corto. Las desventajas son: los componentes de las muestras deben ser estables a la temperatura de operación, las muestras tienen que ser volátiles; es necesario hacer un tratamiento preliminar de las muestras, lo que convierte el proceso en difícil y complejo, además que su

eficacia no es muy alta, como técnica para las identificaciones cualitativas. La salida de las sustancias de la columna es registrada bajo la forma de picos que deben ser simétricos y sin superposición. La asimetría y la sobreposición indican una separación defectuosa. Los picos asimétricos pueden indicar fallas en la inyección, un exceso de la muestra o pérdida de la eficiencia de la fase estacionaria.

La eficiencia del proceso se mide en términos de platos teóricos (un plato teórico equivale a una etapa del equilibrio de la sustancia entre las fases). La mayor eficiencia se traduce en la obtención de picos estrechos.

2.4.1.3. Cromatografía gas-líquido

En la cromatografía gas-líquido se prepara una columna que contiene un soporte inerte (tubo largo) recubierto con una fase líquida estacionaria. La fase en movimiento es un gas inerte, normalmente helio, aunque a veces se usa el argón y el nitrógeno. La mezcla de muestra se introduce en la corriente de gas y, por tanto, dentro de la columna. El inyector, la columna y los detectores normalmente se calientan. El proceso de migración diferencial está gobernado por la partición del soluto entre la fase gaseosa en movimiento y la fase líquida estacionaria. Por tanto, la velocidad de transporte para un soluto a través de una columna depende de la velocidad del flujo del gas transportador, de la temperatura y de la fase líquida estacionaria. Hay un gran número de choques entre la fase en movimiento y la fase estacionaria para cada molécula de soluto, con el resultado de que aún los compuestos, que son casi idénticos pueden ser separados.

La fase móvil debe tener bajo costo, ser compatible con el detector y tener alta pureza. Para dar mayor reproducibilidad al análisis, la saturación del gas

debe ser constante y ser controlada a través de válvulas de gas. La inyección se realiza, generalmente con microjeringas que contienen la muestra.

El volumen inyectado no debe superar la capacidad de la columna, y entre más pequeño sea el volumen usado de la muestra mayor será la eficiencia y la reproducibilidad del análisis. La temperatura aplicada debe ser suficiente para la volatilización de la muestra.

La eficiencia de una columna para separar especies casi idénticas, se expresa en función de su altura equivalente a un plato teórico (AEPT). La AEPT, para una columna en particular, es la región de la columna, expresada en unidades de longitud, en la cual ocurre un equilibrio entre la fase en movimiento o gaseosa y la fase estacionaria. Mientras más pequeña sea la AEPT, la columna es más eficiente. Los materiales más usados en una columna son el cobre, el acero, el aluminio, el vidrio y el teflón. Las columnas se clasifican en empacadas y capilares, y generalmente tienen formas espiraladas, de acuerdo con el equipo. Las columnas capilares son de menor diámetro y más larga y deben poseer estabilidad de la fase estacionaria sobre la pared o soporte de la columna, además de la estabilidad físico-química.

Las columnas capilares son las más utilizadas porque presentan mejor eficiencia en la separación ya que proporcionan un número mayor de platos teóricos. Estas columnas permiten la aplicación de una menor presión en el sistema. Una mayor longitud da como resultado mayor rapidez en los análisis y mejor resolución de los picos, con un menor volumen de la muestra inyectada.

Una gran variedad de detectores diferentes se usan en la cromatografía gas-líquido, aunque el más común es el detector de conductividad térmica. Los dos lados del detector, una referencia y una muestra, forman los dos brazos del

punto de Wheatstone. Como solo gas transportador está pasando a través de los dos lados, el puente se encuentra balanceado. Con el paso adicional de algún otro gas, además del gas transportador por un lado del detector, la conductividad térmica de ese lado cambia y el puente queda fuera de balance. La señal desbalance se amplifica y se alimenta a un registrador gráfico.

Figura 4. **Fases estacionarias líquidas y temperaturas máximas de utilización**

Fases estacionarias líquidas	Temperatura máxima (°C)
Polietilenoglicol (PEG)	175
Metilsilicona	300
Esqualeno	150
Aceite mineral (nujol)	100
Fenil-metilsilicona 50 %	225

Fuente: JOHNSON, M. A.; CROTEAU, R. *Biosynthesis of ascaridole: Iodide peroxidase-catalyzed synthesis of a monoterpene endoperoxide in soluble extracts of Chenopodium ambrosioides fruit.* p. 141.

2.4.1.4. Cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC)

La cromatografía líquida de alta eficacia o High performance liquid chromatography (HPLC) es un tipo de cromatografía en columna utilizada frecuentemente en bioquímica y química analítica. También se la denomina a veces cromatografía líquida de alta presión o High pressure liquid chromatography (HPLC), aunque esta terminología se considera antigua y está en desuso. El HPLC es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla basándose en diferentes tipos de interacciones químicas entre las sustancias analizadas y la columna cromatográfica.

En la HPLC isocrática el compuesto pasa por la columna cromatográfica a través de la fase estacionaria (normalmente, un cilindro con pequeñas partículas redondeadas con ciertas características químicas en su superficie) mediante el bombeo de líquido (fase móvil) a alta presión a través de la columna. La muestra a analizar es introducida en pequeñas cantidades y sus componentes se retrasan diferencialmente, dependiendo de las interacciones químicas o físicas con la fase estacionaria, a medida que adelantan por la columna. El grado de retención de los componentes de la muestra depende de la naturaleza del compuesto, de la composición de la fase estacionaria y de la fase móvil.

El tiempo que tarda un compuesto a ser eluido de la columna se denomina tiempo de retención y se considera una propiedad identificativa característica de un compuesto en una determinada fase móvil y estacionaria. La utilización de presión, en este tipo de cromatografías, incrementa la velocidad lineal de los compuestos dentro la columna y reduce así su difusión dentro de la columna mejorando la resolución de la cromatografía. Los disolventes más utilizados son el agua, el metanol y el acetonitrilo. El agua puede contener tampones, sales, o compuestos como el ácido trifluoroacético, que ayudan a la separación de los compuestos.

Una mejora introducida a la técnica de HPLC es la variación en la composición de la fase móvil durante el análisis, conocida como elución en gradiente. Un gradiente normal en una cromatografía de fase reversa puede empezar a un 5 % de acetonitrilo y progresar de forma lineal hasta un 50 % en 25 minutos. El gradiente utilizado varía en función de la hidrofobicidad del compuesto. El gradiente separa los componentes de la muestra como una función de la afinidad del compuesto por la fase móvil utilizada respecto a la afinidad por la fase estacionaria. En el ejemplo, utilizando un gradiente

agua/acetonitrilo los compuestos más hidrofílicos eluirán a mayor concentración de agua, mientras que los compuestos más hidrofóbicos eluirán a concentraciones elevadas de acetonitrilo. A menudo hace falta realizar una serie de pruebas previas, por tal de optimizar el gradiente de forma que permita una buena separación de los compuestos.

2.4.1.4.1. Tipos de HPLC

La cromatografía líquida de alta eficiencia tiene variaciones, en cuanto al medio que sostiene la capa de sustancia analizada, esto también provoca variaciones en cuanto al tipo de máquina empleada.

- Cromatografía de fase normal

La cromatografía de fase normal o "Normal phase HPLC" (NPHPLC) fue el primer tipo de sistema HPLC utilizado en el campo de la química, y se caracteriza por separar los compuestos con base en su polaridad. Esta técnica utiliza una fase estacionaria polar y una fase móvil apolar, y se utiliza cuando el compuesto de interés es bastante polar. El compuesto polar se asocia y es retenido por la fase estacionaria. La fuerza de adsorción aumenta a medida que aumenta la polaridad del compuesto y la interacción entre el compuesto polar y la fase estacionaria polar (en comparación a la fase móvil) aumenta el tiempo de retención.

La fuerza de interacción no solo depende de los grupos funcionales del compuesto de interés, sino también en factores estéricos de forma que los isómeros estructurales a menudo se pueden diferenciar el uno del otro. La utilización de disolventes más polares en la fase móvil disminuye el tiempo de

retención de los compuestos, mientras que los disolventes más hidrofóbicos tienden a aumentar el tiempo de retención.

La NP-HPLC cayó en desuso en años de 1970 con el desarrollo del HPLC de fase reversa o Reversed-phase HPLC debido a la falta de reproductibilidad de los tiempos de retención puesto que los disolventes práticos cambiaban el estado de hidratación de la sílica o alúmina de la cromatografía.

- Cromatografía de fase reversa

La HPLC de fase reversa (RP-HPLC) consiste en una fase inmóvil apolar y una fase móvil de polaridad moderada. Una de las fases estacionarias más comunes de este tipo de cromatografía es la sílica tratada con RMe_2SiCl , donde la R es una cadena alquil tal como $\text{C}_{18}\text{H}_{37}$ o C_8H_{17} . El tiempo de retención es mayor para las moléculas de naturaleza apolar, mientras que las moléculas de carácter polar eluyen más rápidamente.

El tiempo de retención aumenta con la adición de disolvente polar a la fase móvil y disminuye con la introducción de disolventes más hidrofóbicos. La cromatografía de fase reversa es tan utilizada que a menudo se lo denomina HPLC sin ninguna especificación adicional. La cromatografía de fase reversa se basa en el principio de las interacciones hidrofóbicas que resultan de las fuerzas de repulsión entre un disolvente relativamente polar, un compuesto relativamente apolar, y una fase estacionaria apolar. La fuerza conductora en la unión del compuesto a la fase estacionaria es la disminución del área del segmento apolar del analito expuesto al disolvente. Este efecto hidrofóbico está dominado por la disminución de la energía libre de la entropía asociada con la minimización de la interfase compuesto disolvente polar. El efecto hidrofóbico disminuye con la adición de disolvente apolar a la fase móvil. Esto modifica el

coeficiente de partición de forma que el compuesto se mueve por la columna y eluye.

Las características del compuesto de interés juegan un papel muy importante en la retención. En general, un compuesto con una cadena larga se asocia con un tiempo de retención mayor porque aumenta la hidrofobicidad de la molécula. Aun así, las moléculas muy grandes pueden ver reducida la interacción entre la superficie del compuesto y la fase estacionaria. El tiempo de retención aumenta con el área de superficie hidrofóbica que suele ser inversamente proporcional al tamaño del compuesto. Los compuestos ramificados suelen ir más rápidamente que sus isómeros lineales, puesto que la superficie total se ve reducida.

Aparte de la hidrofobicidad de la fase móvil, otras modificaciones de la fase móvil pueden afectar la retención del compuesto; por ejemplo, la adición de sales inorgánicas provoca un aumento lineal en la tensión superficial, y como que la entropía de la interfase compuesto disolvente está controlada precisamente por la tensión superficial, la adición de sales, tiende a aumentar el tiempo de retención. Otra variable importante es el pH, puesto que puede cambiar la hidrofobicidad del compuesto. Por este motivo, la mayoría de métodos utilizan un tampón como el fosfato de sodio por controlar el valor del pH. Estos tampones controlan el pH, pero también neutralizan la carga o cualquiera resto de sílica de la fase estacionaria que haya quedado expuesta y actúan como contraiones que neutralizan la carga del compuesto. El efecto de los tampones sobre la cromatografía puede variar, pero en general mejoran la separación cromatográfica.

Las columnas de fase reversa se echan a perder con menor facilidad que las columnas de sílica normales. Aun así, muchas columnas de fase reversa

están formadas por silica modificada con cadenas alquil y no se deben utilizar nunca con bases en medio acuoso puesto que estas podrían dañar el esqueleto de silica subyacente. Las columnas se pueden utilizar en ácidos en medio acuoso, pero no deberían estar expuestas demasiado tiempo al ácido, porque puede corroer las partes metálicas del aparato de HPLC.

- Cromatografía de exclusión molecular

También conocida como cromatografía por filtración en gel, separa las partículas de la muestra en función de su tamaño. Generalmente se trata de una cromatografía de baja resolución de forma que se suele utilizar en los pasos finales del proceso de purificación. También es muy útil para la determinación de la estructura terciaria y la estructura cuaternaria de las proteínas purificadas.

La cromatografía de filtración molecular es un método de cromatografía en columna por el cual las moléculas se separan en solución según su peso molecular, o más precisamente, según su radio de *Stokes*.

En esta cromatografía, la fase estacionaria consiste en largos polímeros entrecruzados que forman una red tridimensional porosa. A los fines prácticos, las columnas se empaquetan con pequeñas partículas esféricas formadas por esos polímeros entrecruzados. En consecuencia, estas partículas son porosas, y el tamaño de los poros es tal que algunas moléculas (las demasiado grandes) no podrán ingresar a esos poros, en tanto que otras (las suficientemente pequeñas) podrán pasar libremente. Los poros quedan conectados formando una malla o red, lo cual determina una serie de caminos a ser recorridos por las moléculas que acceden al interior de esta.

- Cromatografía de intercambio iónico

En la cromatografía de intercambio iónico, la retención se basa en la atracción electrostática entre los iones en solución y las cargas inmovilizadas a la fase estacionaria. Los iones de la misma carga son excluidos mientras que los de carga opuesta son retenidos por la columna. Algunos tipos de intercambiadores iónicos son:

- Resinas de poliestireno
- Intercambiadores iónicos de celulosa y dextranos (geles)
- Silica porosa o vidrio de tamaño de poro controlado

En general, los intercambiadores iónicos favorecen la unión de iones elevada carga y radio pequeño. Un incremento en la concentración del contraión (respeto a los grupos funcionales de la resina) reduce el tiempo de retención. Un incremento en el pH reduce el tiempo de retención en las cromatografías de intercambio catiónico mientras que una disminución del pH reduce el tiempo de retención en las cromatografías de intercambio aniónico. Este tipo de cromatografía es ampliamente utilizado en las aplicaciones: purificación de agua y concentración de componentes traza.

- Cromatografía basada en bioafinidad

Este tipo de cromatografía se basa en la capacidad de las sustancias biológicamente activas de formar complejos estables, específicos y reversibles. La formación de estos complejos implica la participación de fuerzas moleculares como las interacciones de Van der Waals, interacciones electrostáticas, interacciones dipolo-dipolo, interacciones hidrofóbicas y puentes de hidrógeno

entre las partículas de la muestra y la fase estacionaria. A continuación se describen los parámetros.

- **Diámetro interno:** el de una columna de HPLC es un aspecto crítico que determina la cantidad de muestra que se puede cargar a la columna y también influye en su sensibilidad. Las columnas de diámetro interno más grande (>10 mm) se utilizan normalmente en la purificación de compuestos para su utilización posterior. En cambio, las columnas de diámetro interno menor (4-5 mm) se utilizan en el análisis cuantitativo de las muestras, y se caracterizan por el aumento la sensibilidad y la minimización del consumo de disolventes que conllevan. Estas columnas se suelen denominar columnas de rango analítico y normalmente están asociadas a un detector UV-VIS. Aparte, existen otros tipos de columnas, como las de tipo capilar, con un diámetro inferior a 0,3 mm, utilizadas, principalmente en espectrometría de masas.
- **Medida de las partículas:** la mayoría de HPLC tradicionales se realizan con una fase estacionaria, unida al exterior, de partículas esféricas de sílica. Estas partículas pueden tener diferentes medidas, siendo las de 5\mm de diámetro las más utilizadas. Partículas más pequeñas ofrecen una mayor superficie y una mejor separación, pero la presión que se requiere por obtener una velocidad lineal óptima aumenta de forma inversamente proporcional al cubo del diámetro de la partícula. Esto significa que disminuir la medida de las partículas, aumentaría la resolución de la columna, pero a la vez, aumentaría la presión necesaria en un factor de ocho.

- Tamaño de poro: muchas fases estacionarias son porosas para proporcionar una mayor superficie. Los poros pequeños proporcionan una mayor superficie mientras que los de mayor medida proporcionan una mejor cinética mejor, especialmente para los compuestos de mayor tamaño; por ejemplo, una proteína que sea ligeramente más pequeña que el tamaño de los poros puede entrar, pero difícilmente saldrá.
- Presión de la bomba: esta es variable según el modelo y el fabricante, pero su rendimiento se mide en su habilidad para generar un flujo constante y reproducible. La presión puede lograr valores de hasta 40 MPa (o unas 400 atmósferas). Los aparatos más modernos de HPLC incorporan mejoras para poder trabajar a presiones más altas y, por lo tanto, poder utilizar partículas de tamaño más pequeño en las columnas (< 2 micrometros). Estos nuevos aparatos, denominados Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC) pueden trabajar con valores de hasta 100 MPa de presión (unas 1 000 atmósferas). (Hay que tener en cuenta que las siglas UPLC son una marca registrada de Waters Corporation, aunque a veces se utilizan de forma general para designar este tipo de aparatos).

2.5. Aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*)

Las bondades del aceite esencial de apazote es el medio obtenido de un proceso de extracción que contiene la mayoría de las características relacionadas con bondades medicinales.

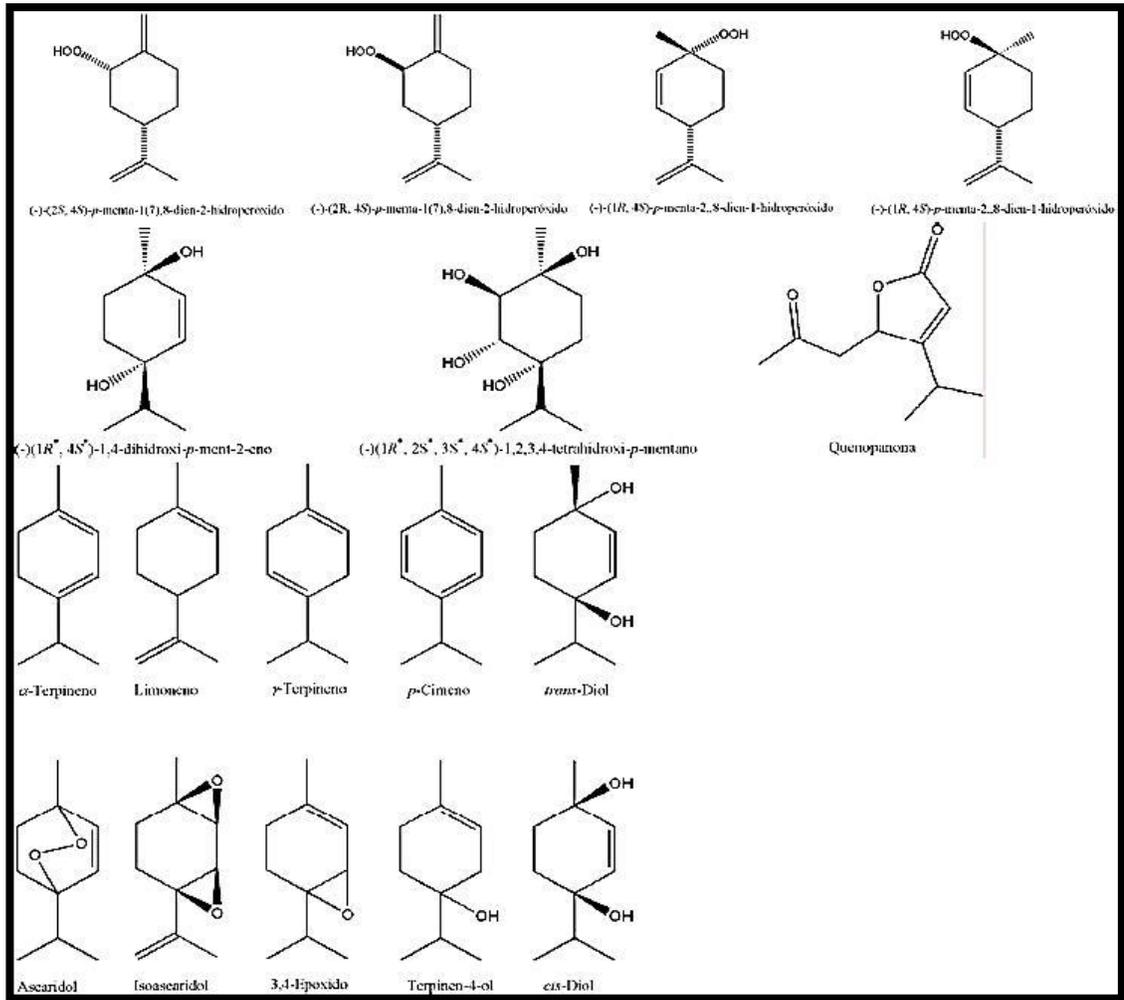
2.5.1. Componentes químicos de la planta de apazote

La planta contiene saponinas, geraniol, alcanfor, cimeno, limoneno, terpireno, mirceno, ácido butírico, spinasterol, metilsalicilato, sulfato y fosfato de magnesio, sapogeninade quenopodio (compuesto pentacíclicoterpenoide) y ureasa. En 100 g de la planta se encuentra calcio (342 mg), hierro (8,6 mg), caroteno (3,5 mg), riboflavina (0,29 mg) y ácido ascórbico (99 mg) (Cáceres, 1989).

Las hojas y flores contienen de 0,35 a 1 % de aceite esencial y los frutos de 0,6 a 3 %. La raíz contiene heterósidos triterpénicos (Ronquillo, 1988). Los componentes encontrados en la planta dependen en gran parte del lugar de cultivo de donde fue obtenida la muestra de apazote. En la figura 1 se muestra un resumen de los compuestos encontrados en el apazote a lo largo de la historia³¹.

³¹ GRANDGUILLOTE M., Joseph H. *Sarvois naturaliste populairense gualope*. p.75.

Figura 5. Descripción de los componente encontrados en la planta apazote



Fuente: JOHNSON, M. A.; CROTEAU, R. *Biosynthesis of ascaridole: Iodide peroxidase-catalyzed synthesis of a monoterpene endoperoxide in soluble extracts of chenopodium ambrosioides fruit.* p. 147.

2.5.2. Composición química del aceite esencial

Los aceites esenciales no pueden ser caracterizados por su estructura molecular, pues no poseen ningún grupo funcional especial. Una definición absolutamente científica de los aceites volátiles es difícilmente posible; más para todos los fines prácticos pueden ser definidos como cuerpos odoríficos de naturaleza oleosa, obtenidos casi exclusivamente de fuentes vegetales, generalmente compuestos orgánicos líquidos algunas veces semisólidos o sólidos a las temperaturas ordinarias y de alta volatilidad. El término aceite esencial es utilizado, en general, para designar aquellas sustancias volátiles obtenidas por la extracción de determinada especie vegetal. La gran variedad de compuestos contenidos en los aceites esenciales pueden clasificarse en cuatro grupos:

- Compuestos de la serie terpénica
- Compuesto acíclicos sin ramas laterales
- Derivados del benceno
- Otros compuestos de diversa estructura química

De estos compuestos dependen las grandes diferencias de olor observadas en varios aceites esenciales³².

El aceite de apazote es un líquido incoloro o de amarillo pálido o anaranjado, con olor peculiar, sabor ardiente y amargo que le da las características especiales al apazote; esta esencia es inestable al ser calentada, tiende a explotar a temperaturas arriba de los 100 °C a presión ordinaria o por tratamiento con ácidos orgánicos y sufre arreglo molecular al ser calentado arriba de los 150 °C. Es por ello que tiende a descomponerse por

³² BERNANDINI, Ernesto. *Tecnología de aceites esenciales y grasas*. p. 38.

ebullición con agua y la destilación debe llevarse lo más rápido posible. Debe protegerse de la luz, mantenerse bien cerrado y a temperaturas bajas.

Tabla II. **Características del aceite esencial de apazote**

Gravedad específica (25 °C/25 °C)	0,950-0,980
Rotación óptica (tubos de 100mm a 20 °C)	-4° a -8°
Índice de refracción(20 °C)	1,4723-1,4790
Solubilidad total	Alcohol (70 %), hexano, cloroformo y éter
Solubilidad parcial	Ácido acético
Solubilidad nula	Agua

Fuente: RONQUILLO BATRES, Fredy A. et.al. *Colecta y descripción de especies vegetales de uso actual y potencial en alimentos y medicina de las zonas semiáridas del nororiente de Guatemala*. p. 55.

Sin embargo, las características de extractos de Maryland, Estados Unidos y Brasil, que son las regiones en donde en años anteriores existía gran producción, las propiedades mostradas en la tabla II varían de la siguiente manera:

Tabla III. **Características del aceite esencial de apazote, evaluados en Estados Unidos**

Gravedad específica (25 °C/25 °C)	0,937-0,990
Rotación óptica (tubos de 100 mm a 25 °C)	-4°20' a -12°27'
Índice de refracción(20 °C)	1,4741-1,4778
Solubilidad total	Alcohol (70 %), hexano, cloroformo y éter
Solubilidad parcial	Ácido acético
Solubilidad nula	Agua

Fuente: GUENTHER, Ernest. *The essential oils*. p. 138.

El aceite esencial de la planta de apazote es llamado aceite quenopodio, el cual, a su vez, está compuesto principalmente por ascaridol (un compuesto

terpen peróxido insaturado derivado del p-cimeno, que representa desde un 42 hasta un 91 % del aceite) y una mezcla de hidrocarburos: para-cimeno, alfa-limoneno, d-alcanfor, terpireno, mentadieno y cineol. Pequeñas cantidades de alcanos, ácidos grasos volátiles (ácido butírico); 0,5 por ciento de silicato de metilo³³.

2.5.2.1. Ascaridol (C₁₀H₁₆O₂)

Molécula componente principal en el aceite esencial del apazote. Su nombre sistemático es 1,4-peroxido-p-menteno-2. Es un peróxido orgánico (peróxido de terpeno), sintetizado de alfa terpireno por tratamiento con oxígeno, clorofila y luz. Puede explotar cuando es calentado o tratado con ácidos orgánicos. El aceite esencial de apazote en promedio presenta contenidos de ascaridol de entre 71,6 y 91 por ciento en masa.

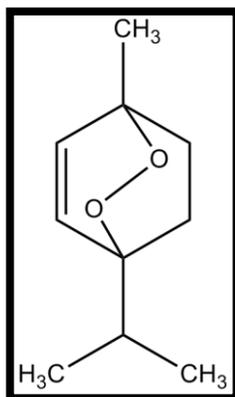
Tabla IV. Principales características del ascaridol

Peso molecular	168,4
Apariencia	Amarillo pálido
Gravedad específica (20 °C/4 °C)	1,0103
Gravedad específica (20 °C/20 °C)	1,0113
Punto de ebullición (°C)	39 – 40
Punto de fusión (°C)	3,3
Rotación óptica (20 °C)	+/- 0,00
Insolubilidad	Agua
Solubilidad	Hexano, pentano, etanol, tolueno

Fuente: RONQUILLO BATRES, Fredy A. et.al. *Colecta y descripción de especies vegetales de uso actual y potencial en alimentos y medicina de las zonas semiáridas del nororiente de Guatemala*. p. 57.

³³ CÁCERES. Armando. *Plantas de uso medicinal en Guatemala*. p. 41.

Figura 6. **Molécula de ascaridol**



Fuente: STECHER, Paul G. *The Merck Index of Chemicals and Drugs*. p. 96.

2.5.2.1.1. **Biogénesis de ascaridol**

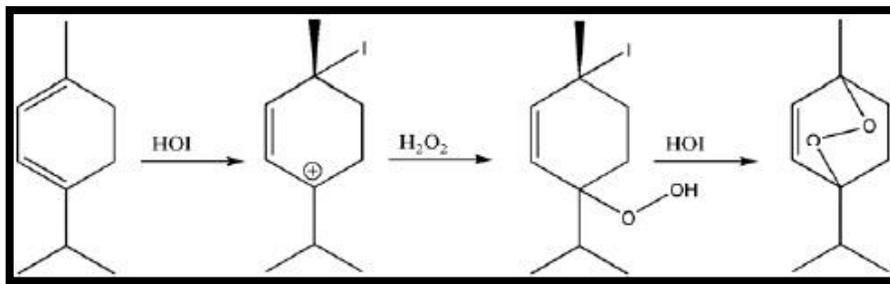
El ascaridol (1-metil-4-isopropil-2,3-dioxabicyclo [2.2.2] oct-5-eno) se presenta en un 60-80 % del aceite esencial de *C. ambrosioides*, y en 1 % en peso fresco, junto con niveles significativos de α -terpineno, que generalmente es considerado su precursor. Esto se refuerza en lo observado por Johnson y Croteau al extraer aceite esencial de *C. ambrosioides* a distintos tiempos de maduración. En los extractos jóvenes se observó mayor concentración de α -terpineno y menor de ascaridol, mientras que en los extractos maduros la concentración de ascaridol llegó a niveles máximos mientras decayó la de α -terpineno en aproximadamente 70 %.

Los esquemas modernos de biogénesis de monoterpenos están basados en condensaciones sucesivas de ácido β -hidroxi- β -metilglutárico como el tioéster de la coenzima A (ruta del acetato-mevalonato). Esta ruta resultaría en la formación del α -terpineno, que luego podría seguir alguno de los siguientes procesos:

- Foto-oxidación sensibilizada por clorofila, involucrando oxígeno siguiente como reactivo intermediario, proceso no enzimático dependiente de luz;
- Oxidación de un electrón seguida de la adición del superóxido, proceso enzimático, no dependiente de luz.

El α -terpineno se encuentra muy distribuido en aceites esenciales, mientras que el ascaridol, su producto de oxidación, solo ha sido reportado en algunas especies de *Chenopodium*, *Peumus* (Fam. *Monimiaceae*), *Croton* (Fam. *Euphorbiaceae*) y *Ledum* (Fam. *Ericaceae*). Aunque la falta de actividad óptica del ascaridol apoya el origen no enzimático del compuesto, su extremadamente rara presencia en relación a α -terpineno sugiere que una acción enzimática específica de las especies de los géneros mencionados puede ser responsable de la formación de este inusual endo-peróxido. Johnson y Croteau, además, aportaron pruebas experimentales que refuerzan el origen biogénico enzimático del ascaridol a partir de α -terpineno. Basándose en peroxidaciones enzimáticas como la de lipoxigenasa y prostaglandin-ciclo-oxigenasa, que tienen como sustratos ácidos grasos y sus esterés, se preparó un experimento con material aéreo de *C. ambrosioides* para observar si existía alguna enzima peroxidasa.

Figura 7. **Mecanismo de reacción ocurrido en la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) para la formación de ascaridol a partir de alfa-terpineno**



Fuente: JOHNSON, M. A.; CROTEAU, R. *Biosynthesis of ascaridole: Iodide peroxidase-catalyzed synthesis of a monoterpene endoperoxide in soluble extracts of *Chenopodium ambrosioides* fruit.* p. 151.

2.5.2.2. Para-cimeno (C₁₀H₁₄)

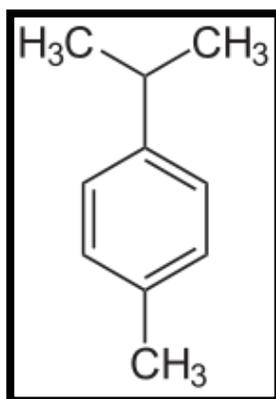
Molécula presente en el aceite esencial de apazote, de la cual se cree se sintetiza el ascaridol. Su nombre sistemático es p-isopropil-tolueno.

Tabla V. **Características en el para-cimeno**

Peso molecular	134,21
Apariencia	Incoloro
Gravedad específica (20 °C/4 °C)	0,857
Punto de ebullición (°C)	177 °C
Punto de fusión (°C)	-72 °C
Rotación óptica (20 °C)	1,4904
Insolubilidad	Agua
Solubilidad	Alcohol y éter

Fuente: STECHER, Paul G. *The Merck Index of Chemicals and Drugs.* p. 97.

Figura 8. **Molécula de para-cimeno**



Fuente: STECHER, Paul G. *The Merck Index of Chemicals and Drugs*. p. 97.

2.5.2.3. Alfa-limoneno (C₁₀H₁₆)

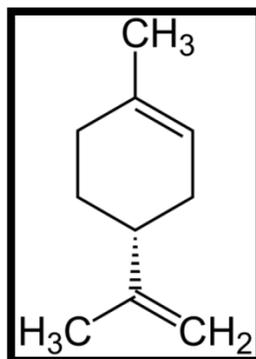
Es una molécula clasificada como un dipentreno, presente en varios aceites, particularmente en el aceite de apazote, junto con cimeno; también en aceite de pino.

Tabla VI. **Características en el alfa-limoneno**

Peso molecular	136,23
Apariencia	Líquido incoloro, con olor agradable a limón
Gravedad específica (20 °C/4 °C)	0,840
Punto de ebullición (°C)	176-178
Punto de fusión (°C)	--
Rotación óptica (20 °C)	1,4730
Insolubilidad	Agua
Solubilidad	Éter y alcohol

Fuente: STECHER, Paul G. *The Merck Index of Chemicals and Drugs*. p. 98.

Figura 9. **Molécula de alfa-limoneno**



Fuente: STECHER, Paul G. *The Merck Index of Chemicals and Drugs*. p. 99.

2.5.2.4. **Terpineno (C₁₀H₁₄)**

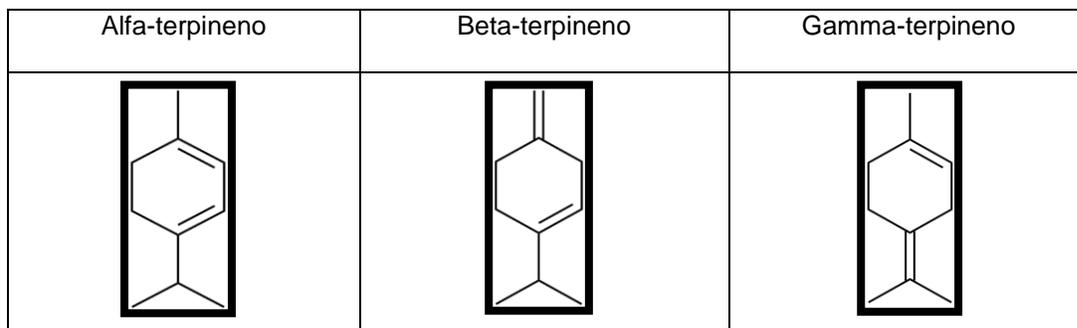
Existe como mezcla de tres hidrocarburos isomericos: alfa, beta y gama.

Tabla VII. **Características del terpineno**

Peso molecular	136,23
Apariencia	Aceite con placentero olor a limón
Insolubilidad	Agua
Solubilidad	Alcohol entre otros

Fuente: STECHER, Paul G. *The Merck Index of Chemicals and Drugs*. p. 101.

Figura 10. **Moléculas de terpineno**

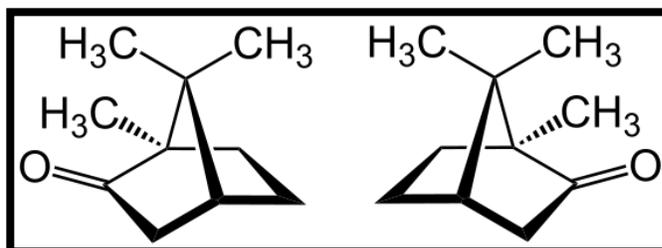


Fuente: STECHER, Paul G. *The Merck Index of Chemicals and Drugs*. p. 105.

2.5.2.5. **Alcanfor (C₁₀H₁₆O)**

Clasificada como una cetona terpénica bicíclica saturada que existe en dos formas, dextro y levo, óptimamente activas y como mezcla racémica de estas dos formas, la dextro se obtiene de madera y corteza del árbol de alcanfor, mientras que la levo se encuentra en algunas esencias y la forma inactiva se obtiene del crisantemo asiático o se sintetiza a partir de ciertos terpenos³⁴.

Figura 11. **Molécula de alcanfor**



Fuente: STECHER, Paul G. *The Merck Index of Chemicals and Drugs*. p. 106.

³⁴ SOLARES SOLARES, Rosa María. *Efecto inhibitor de la infusión de apazote (Chenopodium ambrosioides L.) sobre el crecimiento de microorganismos cariogénicos, Lactobacillus acidophilus y Streptococcus mutans. In Vitro*. p. 41.

2.6. Análisis estadístico

El análisis es necesario para la determinación de la significancia en cuanto a la dependencia entre las variables analizadas y el muestreo aleatorio simple describe la representatividad de la muestra usada y del método empleado.

2.6.1. Análisis de varianza simple (Andeva)

Un análisis de la varianza permite determinar si diferentes tratamientos muestran diferencias significativas o, por el contrario, puede suponerse que sus medias poblacionales no difieren. El procedimiento para la realización de un análisis Andeva se describe a continuación para un caso de tres diferentes métodos y n tratamientos.

Tabla VIII. Análisis de varianza simple

Datos de los tratamientos					
Método A	Método B		Método C		
A_1	B_1		C_1		
A_2	B_2		C_2		
A_n	B_n		C_n		
Variables asignados a la matriz de tratamientos para cada método.					
N	Número de tratamientos totales				
J	Número de métodos evaluados				
n	Número de tratamientos por método				
Suma de los tratamientos y cuadrado de las sumas de los tratamientos entre el número de tratamientos.					
	Método A	Método B	Método C	Total	MSCT
Suma	$\sum_{i=1}^n A_i$	$\sum_{i=1}^n B_i$	$\sum_{i=1}^n C_i$	T_1	T_3
MSCT	$\frac{(\sum_{i=1}^n A_i)^2}{n}$	$\frac{(\sum_{i=1}^n B_i)^2}{n}$	$\frac{(\sum_{i=1}^n C_i)^2}{n}$	T_2	

Continuación de la tabla VIII.

$$T_1 = \sum_{i=1}^n A_i + \sum_{i=1}^n B_i + \sum_{i=1}^n C_i$$

$$T_2 = \frac{(\sum_{i=1}^n A_i)^2}{n} + \frac{(\sum_{i=1}^n B_i)^2}{n} + \frac{(\sum_{i=1}^n C_i)^2}{n}$$

$$T_3 = \frac{(T_1)^2}{N}$$

Cuadrado de todos los tratamientos y suma de los cuadrados de las tratamientos.

	98 días	130 días	155 días	Suma de totales
	A_1^2	B_1^2	C_1^2	
	A_2^2	B_2^2	C_2^2	
	A_n^2	B_n^2	C_n^2	
Suma	$\sum_{i=1}^n A_i^2$	$\sum_{i=1}^n B_i^2$	$\sum_{i=1}^n C_i^2$	T_4

$$T_4 = \sum_{i=1}^n A_i^2 + \sum_{i=1}^n B_i^2 + \sum_{i=1}^n C_i^2$$

Sumas de todos los cuadrados. Suma de cuadrados entre datos, suma de cuadrados intra datos y suma de cuadrados totales.

SCT (totales)	$T_4 - T_3$
SCI (intra)	$T_4 - T_2$
SCE (entre)	$T_2 - T_3$

Cuadrados medios e indicador de la varianza de Fisher.

	Cuadrados medios	F
CME (entre)	$\frac{SCE}{J-1}$	$\frac{CME}{CMI}$
CMI (intra)	$\frac{SCI}{N-J}$	

Fuente: STECHER, Paul G. *The Merck Index of Chemicals and Drugs*. p. 116.

El comparativo concluyente es el factor de la F de Fisher en la distribución de Fisher para un cierto nivel de confianza y grados de libertad n y N. El criterio de la significancia de la diferencia de las varianzas es el siguiente:

- Si la F calculada es mayor a la F de la distribución de Fisher se dice que hay diferencia significativa entre los métodos comparados.
- Si la F calculada es menor o igual a la F de la distribución de Fisher se dice que no hay diferencia significativa entre los métodos comparados.

2.6.2. Muestreo aleatorio simple (Andeva)

En estadística se conoce como muestreo a la técnica para la selección de una muestra a partir de una población. Al elegir una muestra aleatoria se espera conseguir que sus propiedades sean extrapolables a la población. Este proceso permite ahorrar recursos, y, a la vez, obtener resultados parecidos a los que se alcanzarían si se realizase un estudio de toda la población. Cabe mencionar que para que el muestreo sea válido y se pueda realizar un estudio adecuado (que consienta no solo hacer estimaciones de la población sino estimar también los márgenes de error correspondientes a dichas estimaciones), debe cumplir ciertos requisitos. Nunca se podrá estar enteramente seguros de que el resultado sea una muestra representativa, pero sí se puede actuar de manera que esta condición se alcance con una probabilidad alta.

En el muestreo, si el tamaño de la muestra es más pequeño que el tamaño de la población, se puede extraer dos o más muestras de la misma población. Al conjunto de muestras que se pueden obtener de la población se denomina espacio muestral. La variable que asocia a cada muestra su probabilidad de extracción, sigue la llamada distribución muestral.

Sin reposición de los elementos: cada elemento extraído se descarta para la subsiguiente extracción. Por ejemplo, si se extrae una muestra de una "población" de bombillas para estimar la vida media de las bombillas que la integran, no será posible medir más que una vez la bombilla seleccionada.

Con reposición de los elementos: las observaciones se realizan con remplazo de los individuos, de forma que la población es idéntica en todas las extracciones. En poblaciones muy grandes, la probabilidad de repetir una extracción es tan pequeña que el muestreo puede considerarse con reposición, aunque realmente no lo sea.

Con reposición múltiple: en poblaciones muy grandes, la probabilidad de repetir una extracción es tan pequeña que el muestreo puede considerarse con reposición. Para realizar este tipo de muestreo y en determinadas situaciones, es muy útil la extracción de números aleatorios mediante ordenadores, calculadoras o tablas construidas al efecto.

2.6.2.1. Tamaño de la muestra

El tamaño de una muestra puede ser determinado siempre y cuando el investigador defina un error muestral y las posibilidades de ocurrencia. Cuando las posibilidades de ocurrencia no se conocen, puede asignarse la misma probabilidad a cada suceso. La siguiente ecuación es útil para el cálculo del tamaño de una muestra cuando la población es infinita:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{i^2}$$

Donde

n = tamaño de la muestra

Z_{α}^2 = probabilidad según la distribución normal para un determinado nivel de confianza.

$p = q$ = probabilidad de ocurrencia.

i = error muestral permitido.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Todas las variables relacionadas directamente a la planta de apazote son evaluadas con respecto al tiempo de desarrollo de la planta, por lo cual es el tiempo la única variable independiente.

Tabla IX. **Variables independientes y dependientes**

Independientes		Dependientes	
Física	Fisicoquímica	Física	Fisicoquímica
Tiempo de cultivo en diferentes etapas de desarrollo de la planta de apazote	-	Altura	Rendimiento extractivo
		Diámetro	Porcentaje de humedad de la planta
		Núm. hojas	Índice de refracción del aceite esencial
		Núm. ramas	Principales componentes del aceite esencial (metabolitos secundarios)
		Porcentaje de plantas con semillas.	
		Cualidades representativas	

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Instrumentos de medición de las variables independientes y dependientes**

Variable	Instrumento	Unidad de medida
Tiempo de cultivo	Calendario	Días
Altura	Regla milimétrica	Milímetros
Diámetro	Regla milimétrica	Milímetros
Núm. Hojas	Observación	-

Continuación de la tabla X.

Núm. ramas	Observación	-
Porcentaje de plantas con semillas	Observación	Porcentaje
Cualidades representativas	Observación	-
Rendimiento extractivo	Balanza analítica	Porcentaje
Porcentaje de humedad	Balanza de humedad o Balanza analítica	Porcentaje
Índice de refracción	Refractómetro	Unidades de refractómetro
Composición del aceite esencial	Cromatografía de gases con acoplamiento a espectrometría de masa (GC-MS)	Porcentaje

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Condiciones del experimento**

Físicas	Fisicoquímicas	Químicas	Microbiológicas
Condiciones climáticas locales	Potencial de hidrógeno del suelo	Nutrientes esenciales del suelo	Microorganismos en el ambiente y suelo

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación del campo de estudio

El presente estudio se delimitó a la determinación del rendimiento, índice de refracción y composición del aceite esencial de apazote (*Chenopodium Ambrosioides* L.) extraído de plantas cosechadas en diferentes etapas de desarrollo.

El experimento inició con la siembra de una población determinada de apazote, desde la germinación de las semillas, el desarrollo de pilones, el trasiego a suelo, el desarrollo de las mismas y la muerte de una cantidad estadísticamente representativa. Para el cultivo del apazote se utilizó un terreno

de 70 metros cuadrados (14 metros de largo y 5 metros de ancho) situado sobre el Km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales y junto al parque de Santa Inés Petapa del municipio de Villa Canales en el departamento de Guatemala. Esta población fue observada para monitorear su desarrollo en el tiempo, su desarrollo se cuantificó a través de medir el aumento o disminución en su altura, diámetro, número de hojas, número de ramas y el porcentaje de plantas que presentan semillas, esto se realizó cada siete días durante todo su ciclo de vida, las muestras para la obtención del aceite esencial se tomaron de esta población en tres etapas de desarrollo características (plantas jóvenes o tiernas, plantas adultas y plantas viejas).

Las condiciones climáticas de la región se obtuvieron del Instituto de Sismología, Vulcanología Meteorología e Hidrología de Guatemala (Insivumeh) y los nutrientes esenciales y potencial de hidrógeno del suelo se analizaron en el laboratorio de suelo-planta-agua "Salvador Castillo Orellana" de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos.

Las tres muestras cosechadas en diferentes tiempos de desarrollo fueron sometidas a un proceso de extracción para obtener aceite esencial, para esto, primero fueron deshidratadas usando un secador de bandejas eléctrico de flujo transversal, una vez deshidratada se usó el equipo Neoclevenger de extracción de aceite esencial. Recolectado el aceite esencial, este fue analizado, primeramente en el refractómetro y posteriormente en el equipo de cromatografía de capa gaseosa con detección de masa (GC-MS). Los procesos de deshidratación, extracción y determinación del índice de refracción se realizaron en el Laboratorio de Investigaciones de Extractos Vegetales (LIEXVE) ubicado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el análisis GC-MS se realizó en el Laboratorio de

Instrumentación de Química Avanzada del Centro de Ingeniería Bioquímica del Instituto de Investigaciones de la Universidad del Valle de Guatemala.

3.3. Recursos humanos disponibles

A continuación se describen brevemente las personas involucradas en la realización de este informe y su atribución al mismo.

Tabla XII. Recursos humanos disponibles

Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales. (Directora del Centro de Investigaciones de la facultad de ingeniería en Universidad de San Carlos de Guatemala).	Asesora de la investigación
Ing. Qco. Mario José Mérida Meré (Coordinador del Laboratorio de investigación de extractos vegetales en Universidad de San Carlos de Guatemala).	Asesor de la investigación.
Ing. Forestal. Héctor Walderar Neftalí Godoy. (Dueño del terreno localizado en el K.22 carretera San Miguel Petapa – Villa Canales, Guatemala).	Asesor en el cultivo y desarrollo de las plantas de apazote.
Br. Mynor Alexander Oliveros Borrayo (Estudiante de Ingeniería química, USAC).	Investigador

Fuente: elaboración propia.

3.4. Recursos materiales disponibles (equipo y cristalería)

Los implementos y materiales disponibles para la realización de la parte experimental se realizaron en dos diferentes lugares y cada uno proporcionó diferentes implementos, los cuales se describen a continuación:

- Lugar: terreno ubicado sobre el kilómetro 22 carretera San Miguel Petapa, Villa Canales, Guatemala.

- Material disponible
 - Sarán 30 % de sombra
 - Semilleros plásticos con capacidad para 150 pilones
 - Nutriente para germinación Pitmost
 - Semillas de apazote
 - Agua
 - Terreno de siete metros de largo por dos metros de ancho
 - Bolsa plástica para traspaso de semillas
 - Desinfectante de suelo (Prevalor SL de Bayer Corp Science)
 - Tijeras para podar
 - Azadón
 - Pala
 - Piocha
 - Carreta
 - Botas plásticas
 - Agua para riego de cultivos
 - Abono orgánico
 - Horador para suelo
 - Regla milimétrica
 - Bitácora
 - Rótulos (para selección de muestra representativa)
 - Bolsa hermética

- Lugar: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE/USAC).

- Cristalería
 - *Beacker* diferentes volúmenes

- Balón de fondo plano de 500 ml
 - Probeta de 100 ml
 - Bureta serológica
 - Termómetro de mercurio
 - Perlas de ebullición
 - Viales color ámbar de 2,5 ml
 - Micropipeta
-
- Equipo
 - Planchas de calentamiento
 - Manta de calentamiento
 - Plancha de calentamiento y agitación
 - Campana de extracción de gases
 - Balanza de humedad
 - Secador eléctrico de bandejas de flujo transversal
 - Cronómetro
 - Pinzas sujetadoras de cristalería
 - Cromatógrafo de gases con acoplamiento a espectrometría de masas, Agilent Technologies, modelo 5975 C VL MSD, con triple detector de eje
 - Balanza analítica digital BOECO de 120 V
 - Equipo de recirculación VWR de 120 V
 - Mantas de calentamiento ThermoScientific de 200 W
 - Neoclevenger
 - Refractómetro Fisher Scientific de 60 Hz

3.5. Técnica cualitativa y cuantitativa

Las variables usadas para la caracterización de la planta de apazote se evalúan cuantitativa y cualitativamente con el fin de obtener una adecuada descripción de la misma.

Tabla XIII. **Técnicas empleadas en la evaluación del ciclo de vida de la planta apazote**

Técnica	Descripción	Clasificación
Medición de la altura	Distancia que adquirió la planta desde el suelo hasta el ápice de sus hojas.	Cuantitativa
Medición del diámetro	Distancia promedio entre hoja y hoja medida en una longitud arbitraria y otra en dirección perpendicular. Se toma sin tocar la planta y el investigador debe observar usando una vista de planta (vista de pájaro).	Cuantitativa
Medición del Núm. Hojas	Número de hojas contadas por el observador (incluyendo hojas muy pequeñas hasta las más grandes).	Cuantitativa
Medición del Núm. Ramas	Número de ramas contadas por el observador (incluyendo ramas cortas y largas).	Cuantitativa
Medición del porcentaje de plantas con semillas	Porcentaje de planta dentro de la muestra estadística que cuentan con semillas. (Plantas totalmente cubiertas de semillas y con pocas semillas en el ápice ambas se toman en cuenta). El porcentaje serán las plantas con semillas dividido el total de plantas que conforman la muestra estadística.	Cuantitativa
Cualidades de la planta	Descripción breve y concisa de las cualidades más representativas de la planta apazote observadas para cada una de las edades monitoreadas.	Cualitativa
Nutrientes esenciales del suelo	Análisis de suelo realizado por un laboratorio especializado que determine la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio del suelo además el potencial de hidrógeno de una muestra representativa del área donde se cultivará la planta de apazote.	Cuantitativa
Condiciones climáticas	Monitoreo de las condiciones ambientales locales a la región donde se encuentra el cultivo realizado por una organización especializada. Esta información es accesible a particulares.	Cuantitativa y cualitativa

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Técnicas empleadas en la descripción fisicoquímica de la planta y del aceite esencial de apazote**

Técnica	Descripción	Clasificación
Determinación del rendimiento extractivo	Relación porcentual entre la cantidad de aceite esencial obtenido por medio de la técnica de hidrodestilación y la cantidad de materia prima utilizada en dicha extracción.	Cuantitativa
Determinación de la humedad de la planta	Relación porcentual entre la cantidad de agua extraída de un cuerpo por evaporación y el peso del cuerpo en su estado inicial.	Cuantitativa
Evaluación del índice de refracción	Ángulo de inclinación que un haz de luz que atraviesa el aceite esencial.	Cuantitativa
Determinación de la composición molecular en el aceite esencial (metabolitos secundarios).	Análisis cromatográfico en capa gaseosa con detector de masas, realizado a muestras de aceite esencial de apazote.	Cuantitativa

Fuente: elaboración propia.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Toda la información física cuantitativa y cualitativa de la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) se obtuvo del monitoreo semanal realizado a la población estudio, se recolectaron durante su ciclo de vida iniciando a contar desde la siembra de semillas en nutriente (almácigo). Toda la información fue colocada en la bitácora del experimento. El procedimiento seguido para el cultivo y monitoreo de la población estudio de apazote se describe a continuación:

3.6.1. Procedimiento de siembra, cosecha y monitoreo del apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.)

- Preparar pilones
 - Preparar las bandejas: rellenar el orificio de la bandeja con nutriente Pitmost y agua.
 - Horadar el nutriente: en línea recta para formar surcos.
 - Colocar las semillas: en promedio añadir 10 semillas por cada celda en la bandeja. Para esparcir las semillas se utilizan los dedos (misma técnica usada cuando se adiciona sal a un alimento).
 - Regar con abundante agua: una vez al día por la mañana antes de las 9:00 am y 1,5 ml de agua/cm², El nutriente debe quedar muy húmedo y todo el sol del día debe dar directamente a la bandeja.

- Preparar el suelo
 - Chapear
 - Cernir el suelo
 - Abonar: añadir el abono orgánico sobre la superficie de todo el suelo y cernir nuevamente.
 - Horadar: agujeros de 5 centímetros de diámetro y 5 centímetros de profundidad.

- Sembrar los pilones

- Sacar los pilones de las bandejas introduciendo una rama o varilla de madera a través del orificio colocado bajo la celda que sostiene al pilón.
 - Colocar los pilones dentro de los agujeros en el suelo.
 - Cubrir los pilones con tierra hasta cubrir la raíz.
 - Regar el cultivo: con abundante agua en horarios de abundante luz solar sin mojar las hojas y sin dejar agua estancada. Regar una vez por semana.
 - Remover la maleza.
 - Podar retirando las hojas que se encuentran dañadas o deformes.
- Recolección de datos (monitoreo estadístico)
 - Seleccionar por medio de una técnica de muestreo aleatorio simple sin sustitución una muestra de 66 plantas.
 - Medir las características cualitativas y cuantitativas que se describen en la tabla XI.
 - Anotar la información en la bitácora.
- Cosechar el cultivo
 - Humedecer la tierra alrededor del cultivo.
 - Tomar la planta del tronco y jalar con fuerza introduciendo los dedos en la tierra.
 - Colocar la planta en un recipiente adecuado.

La información relacionada a la deshidratación de las plantas (tiempo de secado, peso de materia prima vegetal verde, peso de materia vegetal deshidratada, humedad inicial, humedad final y temperatura de secado) se

describe en el procedimiento utilizado y con respecto a la extracción y análisis fisicoquímico del aceite esencial de apazote se obtuvieron de las tres muestras cosechadas, información que describe la metodología más adecuada (cantidad de materia prima, volumen de agua, cantidad de aceite esencial, temperatura de extracción y tiempo de extracción). El procedimiento para la deshidratación y la extracción de aceite esencial de apazote utilizado se describe a continuación:

3.6.2. Procedimiento para el deshidratado y extracción del aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.)

A continuación se presenta el procedimiento para el deshidratado y extracción del aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.)

- Adquirir las muestras de apazote.
- Secar las muestras.
 - Colocar una muestra a la vez dentro del secador de bandejas de flujo transversal: tomar el peso de la muestra cada 2 horas.
 - Sacar la muestra seca del secador y colocarla dentro de bolsas herméticas (el fin del secado se distingue por la llegada a peso constante de la muestra en el horno).
- Extraer el aceite esencial de las muestras de apazote
 - Usar el método de extracción de aceite esencial por hidrodestilación con el equipo Neoclevenger.

- Usar 30 gramos de materia seca en 360 mL de agua dentro de un balón de 1000 mL por dos horas. Colocar de 2 a 3 mL de hexano en el cáliz del equipo a manera de capturar en el hexano todo el aceite esencial (técnica de solvente captura).
- Recoger la mezcla homogénea entre aceite esencial y hexano dentro de un vial color ámbar tarado e identificado.
- Remover el hexano de la muestra para concentrar el aceite esencial.
 - Procedimiento para el deshidratado y extracción del aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*)
 - Colocar el vial dentro de un baño maría a temperatura de 40 a 45 grados centígrados, se recomienda 40 grados centígrados (a temperaturas mayores a 45 grados la evaporación del hexano es muy rápida y el aceite esencial es arrastrado).
 - Tomar nota de la velocidad de evaporación del hexano. El fin del proceso está marcado por el peso constante del aceite esencial.

Los datos relacionados al proceso de baño maría (tiempo de evaporación), se describen detalladamente en el capítulo 9 de este informe. La información relacionada al índice de refracción y al análisis cromatográfico, se cuenta con el LIEXVE, el cual, cuenta con un refractómetro que fue útil para la determinación del índice de refracción esta información se recolectó en la bitácora del experimento, por otro lado, en análisis cromatográfico (CG-MS) fue realizado por un laboratorio externo. La información climática durante el desarrollo de la

población estudio de apazote se solicitó al Insivumeh. El análisis de los nutrientes en el suelo se realizó por un laboratorio externo, esta información se muestra en el capítulo 9 de este informe.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Todos los datos recolectados durante el muestreo estadístico y los obtenidos durante la evaluación del aceite esencial se ordenan a continuación, para obtener una correcta apreciación de las relaciones entre las mismas.

3.7.1. Datos físicos cuantitativos de las plantas de apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) usadas para la extracción de aceite esencial

Los datos físicos cuantitativos fueron obtenidos de la medición constante y directa de la muestra representativa en diferentes etapas de desarrollo del apazote en la población estudiada.

Tabla XV. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 98**

Núm. días	98				
Núm. plantas	5/4/2014				
	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	113	108	10	0	0
2	198	143	40	1	0
3	153	147	65	3	0
4	121	165	72	5	0
5	184	168	11	2	0
6	141	105,5	30	1	0
7	196	194	44	2	0
8	140	149	57	4	0
9	117	105	24	0	0
10	163	146	40	3	0
11	149	214	65	9	0
12	167	161	60	7	0
13	206	150	85	0	0

Continuación de la tabla XV.

14	133	145	19	0	0
15	166	175	35	7	0
16	137	151	40	3	0
17	136	186	20	2	0
18	113	137,5	35	0	0
19	148	141	87	7	0
20	201	147	76	7	0
21	146	135	38	0	0
22	129	123	18	1	0
23	137	143	60	5	0
24	151	143	50	2	0
25	142	158	80	9	0
26	162	133,5	37	1	0
27	155	192	11	0	0
28	135	125,5	14	1	0
29	139	127	90	8	0
30	144	130	65	4	0
31	117	113,5	40	3	0
32	123	126	39	3	0
33	108	108,5	40	3	0
34	124	202	14	5	0
35	128	133	85	8	0
36	128	111	90	9	0
37	162	151	78	13	0
38	177	166	18	0	0
39	142	131	69	9	0
40	134	182	45	0	0
41	149	187	30	0	0
42	169	172	69	1	0
43	113	89	14	0	0
44	129	167	23	0	0
45	113	117,5	13	0	0
46	182	178	40	1	0
47	137	141	50	1	0
48	172	202	39	10	0
49	140	191	45	7	0
50	136	156	72	4	0
51	150	141	76	3	0
52	145	134	78	3	0
53	130	123	78	10	0
54	198	150	40	1	0
55	173	150	39	0	0
56	116	96	9	0	0
57	138	110	90	2	0
58	155	154	64	7	0
59	128	136	39	0	0
60	120	143,5	35	0	0
61	166	180	32	0	0
62	171	190	38	0	0
63	160	150	40	1	0
64	219	166	20	5	0
65	137	136	40	1	0
66	113	140,5	36	0	0
Promedio	148,03	148,38	46,39	3,17	0,00

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa ,Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error de estimación muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 126**

Núm. días	126				
	3/5/2014				
Núm. plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	264	208	132	10	1
2	343	229	184	9	0
3	287	236,5	204	11	0
4	298	245,5	189	11	1
5	300	253	112	12	0
6	300	173	167	11	0
7	327	279	164	10	0
8	265	238,5	185	12	0
9	281	187	134	9	0
10	326	234,6	226	10	0
11	294	232,5	167	14	1
12	340	243,5	176	10	1
13	354	245,5	214	8	0
14	297,5	234	149	12	1
15	330	256	162	12	0
16	317	235	165	11	1
17	201	268	129	9	0
18	276	221,5	162	6	0
19	298	226	204	10	0
20	370	227	207	13	1
21	312	223,5	157	7	0
23	304	225	204	12	0
24	297	237	205	13	1
25	301	239	237	14	1
26	314	213	167	8	0
27	312	276	142	10	0
28	315	193	168	11	0
29	304	220	239	16	1
30	324	212	167	13	0
31	342	203	189	14	1
32	285	208	184	11	0
33	289	194,5	178	10	1
34	286	287	134	12	0
35	312	218	231	17	0
36	324	198,5	147	16	0
37	324	228	185	19	1
38	324	253	127	6	0
39	305,5	216	194	18	1
40	296	267	184	8	0
41	300,5	270	156	8	0
42	331	257	193	8	0
43	304	165	123	7	0
44	307	251,5	158	8	0
45	296	200	143	9	0
46	298,5	284	187	8	0
47	332	225	187	10	0
48	303	297	159	15	1
49	287	279	174	14	0
50	310	245	198	10	1
51	288	236	198	10	0
52	289	234	187	15	1

Continuación de la tabla XVI.

53	292	207	241	21	1
54	246	238	193	10	0
55	319,5	223	178	9	0
56	295	179	132	6	0
57	298	196	213	11	1
58	204	235	182	12	1
59	300,5	218	159	9	0
60	314	234	171	11	0
61	329,5	254,5	197	10	0
62	311	272	167	9	1
63	302	231	167	12	0
64	334,5	275,5	151	13	1
65	324	215	158	9	0
66	287	237	154	8	0
Promedio	303,80	233,01	175,64	11,08	33,33

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error de estimación muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 154**

Núm. días	154				
	31/5/2014				
Núm. plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	450	268	220	16	1
2	502	218	224	12	1
3	504	224,5	265	16	1
4	467	229	239	14	1
5	479	269	194	21	1
6	489,5	191	232	12	0
7	510	266	233	16	1
8	439	229	250	17	1
9	470	223	245	11	0
10	521	232	267	15	1
11	488	231	217	17	1
12	513	251	222	12	1
13	542	215	261	11	0
14	494	244	230	11	1
15	494,5	221	241	8	0
16	449	267	215	14	1
17	379	290	193	13	1
18	467	226	266	10	0
19	496,5	240	310	13	1
20	583	205	245	16	1
22	469	242	250	14	1
23	495,5	236	273	13	0
24	420	251	240	14	1
25	478	252	294	14	1

Continuación de la tabla XVII.

26	519	257	227	8	0
27	468	300	242	14	1
28	464	243	266	14	0
29	489	259	283	13	1
30	469	252	243	14	1
31	528	243	249	15	1
32	462	257	231	10	0
33	484	186	260	11	1
34	468	285	204	17	1
35	537	211,5	264	16	1
36	505	182	225	17	1
37	464	221,5	266	21	1
38	274	256	185	14	1
39	439	227	253	17	1
40	460	263	249	16	1
41	430,5	268	217	11	1
42	484	248	277	11	0
43	478	171	226	9	0
44	482	252,5	197	16	1
45	464	202	257	11	1
46	520	281	246	9	0
47	536	252	229	12	1
48	446	307	235	18	1
49	460	277	233	17	1
50	466	283	259	10	1
51	473	246	260	15	1
52	444	276	195	18	1
53	458	239	276	28	1
54	465	243	272	17	1
55	475	211	248	11	0
56	504	180	264	8	0
57	422,5	181	246	22	1
58	381	242,5	289	15	1
59	493	240	222	9	0
60	496	241	235	13	1
61	464	220	259	14	1
62	517	252	236	18	1
63	474,5	232,5	214	15	1
64	522,5	229	148	24	1
65	480	254,5	221	8	0
66	455	321	214	8	0
Promedio	476,48	240,44	240,86	14,19	72,73

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error de estimación muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

3.7.2. Datos obtenidos del secado de las muestras cosechadas de apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.)

Durante el proceso de secado de las muestras cosechadas de apazote se obtuvieron diferentes datos que describen su porcentaje de humedad.

Tabla XVIII. Secado de la muestra con 98 días de desarrollo

Materia prima fresca (g)	Materia prima deshidratada (g)	Temperatura de secado (°C)	Tiempo de secado (min)
1 600	136	40 a 45	667

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en LIEXVE.

Tabla XIX. Secado de la muestra con 126 días de desarrollo

Materia prima fresca (g)	Materia prima deshidratada (g)	Temperatura de secado (°C)	Tiempo de secado (min)
14 340	1 360	40 a 45	840

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en LIEXVE.

Tabla XX. Secado de la muestra con 154 días de desarrollo

Materia prima fresca (g)	Materia prima deshidratada (g)	Temperatura de secado (°C)	Tiempo de secado (min)
3 300	310	40 a 45	930

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en LIEXVE.

3.7.3. Datos obtenidos de la evaporación del solvente de captura y la concentración del aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*)

El uso del solvente de captura es necesario siempre que la concentración de aceite esencial de una especie vegetal se presenta en muy baja proporción, este solvente de captura fue evaporado del aceite esencial a través de un método de evaporación, los datos obtenidos se presentan en la tabla XXI.

Tabla XXI. **Tiempo de evaporación del solvente de captura**

Tiempo de desarrollo de las plantas de apazote (días)	Tiempo de baño maría (minutos)
98	210
126	441
154	470

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en LIEXVE.

3.7.4. Datos obtenidos del rendimiento obtenido del aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*)

Durante el proceso de extracción de aceite esencial se obtuvieron diferentes datos que proporcionan la información necesaria para obtener el rendimiento extractivo de la planta, estos datos se presentan en la tabla XXII.

Tabla XXII. **Rendimiento extractivo de las plantas con 98 días de desarrollo**

Núm.	Materia (g)	Tara (g)	Bruto (g)	Aceite (g)	% rendimiento
1	90,0000	5,2266	5,4423	0,2157	0,2397
2	90,0000	5,2323	5,4661	0,2338	0,2598
3	35,0000	2,9400	3,0180	0,0780	0,2229
4	60,0000	10,4321	10,5800	0,1479	0,2465
5	40,0000	10,8100	10,9200	0,1100	0,2750
6	35,0000	2,9430	3,0300	0,0870	0,2486
Promedio					0,2487
Desviación estándar					0,0177

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en LIEXVE.

Tabla XXIII. **Rendimiento extractivo de las plantas con 126 días de desarrollo**

Núm.	Materia (g)	Tara (g)	Bruto (g)	Aceite (g)	% rendimiento
1	150,0000	5,1555	5,6070	0,4515	0,3010
2	90,0000	5,0934	5,3540	0,2606	0,2896
3	90,0000	5,0977	5,3714	0,2737	0,3041
4	90,0000	5,0914	5,4014	0,3100	0,3444
5	90,0000	5,1765	5,4115	0,2350	0,2611
6	90,0000	5,1057	5,3817	0,2760	0,3067
Promedio					0,3011
Desviación estándar					0,0270

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en LIEXVE.

Tabla XXIV. **Rendimiento extractivo de las plantas con 154 días de desarrollo**

Núm.	Materia (g)	Tara (g)	Bruto (g)	Aceite (g)	% rendimiento
1	90,0000	5,0979	5,4846	0,3867	0,4297
2	41,3200	5,2230	5,4364	0,2134	0,5165
3	90,0000	5,1048	5,4672	0,3624	0,4027
4	90,0000	5,1954	5,5868	0,3914	0,4349
5	60,0000	6,7088	6,9030	0,1942	0,3237
6	120,0000	5,1390	5,5752	0,4362	0,3635
Promedio					0,4118
Desviación estándar					0,0663

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en LIEXVE.

3.7.5. Datos obtenidos para el índice de refracción del aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*)

El índice de refracción es una variable importante para la caracterización del aceite esencial de apazote, los datos obtenidos para diferentes tiempos de desarrollo se describen en la tabla XXV.

Tabla XXV. **Índice de refracción del aceite esencial obtenido de plantas con diferentes etapas de desarrollo**

Núm.	Índice de refracción		
	98 días de desarrollo	126 días de desarrollo	154 días de desarrollo
1	1,4770	1,47730	1,47640
2	1,47560	1,47650	1,47460
3	1,4760	1,47770	1,47680
Promedio	1,47620	1,47716	1,47593
Desviación estándar	0,00072	0,00061	0,00117

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en LIEXVE.

3.7.6. Datos obtenidos del análisis de cromatografía en capa gaseosa acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) del aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*)

Los análisis cromatograficos proporcionan información relacionada a la composición del aceite esencial evaluado, los diferentes componentes obtenidos en relación al tiempo de desarrollo proporcionan información sobre sus posibles usos medicinales.

Tabla XXVI. **Componentes mayoritarios y área representativa del aceite obtenido de plantas de apazote con 98 días de desarrollo**

Núm.	Tiempo de retención (mm)	Área (%)	Componente químico	Núm. CAS
1	4,327	4,24	Metilciclopentano	000096-37-7
2	12,619	13,08	2- careno	000554-61-0
3	13,351	7,29	D-limoneno	005989-27-5
4	16,003	9,49	o-cimeno	000527-84-4
5	30,395	8,09	trans-p-menta-2,8-dienol	100139-65-3
6	34,261	15,47	p-menta-1,4 (8) dieno	000586-62-9
7	36,686	4,15	2-metilen-5- (1-metiletenil) ciclohexanol	035907-10-9
8	31,969	2,76	trans-p-menta-2,8-dieno-1-ol	007212-40-0
9	39,246	4,79	3-quinuclidinona	003731-38-2
10	39,856	3,95	Tujol	1000152-08-2
11	61,567	1,56	fitol	000150-86-7
12	50,154	1,42	p-timol	003228-02-2
13	38,341	0,27	P-cimenol	001197-07-5
14	14,943	0,22	Alpha-terpineno	000099-85-4

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXVII. **Componentes mayoritarios y área representativa del aceite obtenido de plantas de apazote con 126 días de desarrollo**

Núm.	Tiempo de retención (mm)	Área (%)	Componente químico	Núm. CAS
1	12,619	2,72	4-careno	029050-33-7
2	13,683	45,62	D-limoneno	000138-86-3
3	30,436	11,48	trans-p-menta-2,8-dieno-1-ol	007212-40-0
4	31,996	3,88	p-menta-cis-2,8-dien-1-ol	0022771-44-4
5	34,511	3,35	S (+) –Carvona	002244-16-8
6	36,731	7,79	2-metilen-5- (1-metiletenil) ciclohexanol	03597-10-9
7	37,955	2,29	cis-p-menta-6,8-dien-2-ol	001197-06-4
8	39,906	7,76	α -pineno epóxido	001686-14-2
9	23,663	1,64	óxido de trans-limoneno	006909-30-4
10	34,057	1,34	2-Borneno	000464-17-5
11	15,930	1,59	p-cimeno	000099-87-6
12	23,163	2	óxido de cis-limoneno	004680-24-4

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXVIII. **Componentes mayoritarios y área representativa del aceite obtenido de plantas de apazote con 154 días de desarrollo**

Núm.	Tiempo de retención (mm)	Área (%)	Componente químico	Núm. CAS
1	12,619	2,68	2- careno	000554-61-0
2	13,742	51,79	D-limoneno	005989-27-5
3	23,135	1,1	Óxido de cis-limoneno	004680-24-4
4	30,454	12,96	trans-p-menta-2,8-dieno-1-ol	007212-40-0
5	34,489	2,7	S (+) -Carvona	002244-16-8
6	36,713	6,15	2-metilen-5- (1-metiletetil) ciclohexanol	035907-10-9
7	37,941	1,79	p-menta-6,8-dien-2-ol	001197-06-4
8	39,892	6,58	Tujol	001197-07-5
9	7,970	1,0	Dextro-alpha-pineno	007785-70-8
10	23,640	1,03	Óxido de trans-limoneno	006909-30-4
11	34,884	0,71	Crotonaldehído	000107-86-8
12	15,926	0,98	O-Cimeno	000527-84-4

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

3.8. Análisis estadístico

El análisis estadístico utilizado proporciona la información necesaria para la correcta interpretación de las hipótesis planteadas, a continuación se muestra el análisis estadístico realizado para la determinación de la muestra estadística representativamente más conveniente y los análisis realizados para determinar la significancia de la diferencia cuantitativa de las variables evaluadas.

3.8.1. Muestreo estadístico para el desarrollo de la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) durante su ciclo de vida

Para el desarrollo del muestreo estadístico aleatorio simple se supone una población de tamaño infinito de plantas de apazote, dependientes del tiempo y

como variables dependientes a las características físicas cuantitativas siguientes: la altura, el diámetro, número de hojas, número de ramas y proporción de plantas con semillas, mientras que las variables cualitativas son descritas por las características más representativas de cada etapa de desarrollo evaluada. Las muestras caracterizadas son seleccionadas de la población por medio de la técnica de muestreo aleatorio simple. Los valores que se seleccionan como criterios del investigador durante el muestreo son los siguientes:

Tabla XXIX. **Criterios usados para la realización del muestreo aleatorio simple a la población estudio de plantas de apazote**

Criterios del investigador	Valor
Nivel de confianza	95 %
Valor de la z ($Z_{\alpha/2}^2$)	1,96
Error permitido en la estimación	12 %
Posibilidad de acierto y desacierto	0,5
Tamaño de la muestra	66

Fuente: elaboración propia.

3.8.2. Evaluación de hipótesis de investigación por medio del análisis de varianza simple (Andeva)

Para la comparación de las medias evaluadas y la generación de conclusiones sobre la significancia de las desviaciones planteadas en las hipótesis de investigación, se realizará un análisis de varianza Andeva simple, donde, en todos los casos, la variable independiente es el tiempo y el nivel de confianza de 95 %. Para la realización del análisis Andeva como base para la determinación estadística requerida en las hipótesis planteadas, se sigue el

procedimiento descrito en el inciso 2.6.1. Análisis de varianza simple Andeva de la sección del marco teórico del presente trabajo de graduación.

H_{i_1} : hay diferencia significativa en el rendimiento del aceite esencial de apazote obtenido de tres muestras cosechadas en diferentes etapas de desarrollo.

H_{o_1} : no hay diferencia significativa en el rendimiento del aceite esencial de apazote obtenido de tres muestras cosechadas en diferentes etapas de desarrollo.

Tabla XXX. **Análisis de varianza para el rendimiento extractivo de aceite esencial obtenido para la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) con diferentes etapas de desarrollo**

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	$F_{(0,05,3,18)}$
CME (Entre)	0,08318	2	0,04158800	22,9269162	3,68
CMI (intra)	0,02721	15	0,00181394		

Fuente: elaboración propia.

H_{i_1} : hay diferencia significativa en el índice de refracción del aceite esencial de apazote obtenido de tres muestras cosechadas en diferentes etapas de desarrollo.

H_{o_1} : no hay diferencia significativa en el índice de refracción del aceite esencial de apazote obtenido de tres muestras cosechadas en diferentes etapas de desarrollo.

Tabla XXXI. **Análisis de varianza para el índice de refracción del aceite esencial extraído de la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) en diferentes etapas de desarrollo**

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	$F_{(0,05,3,18)}$
CME (Entre)	0,0000025267	2	0,0000012633	1,67	3,68
CMI (intra)	0,0000045333	6	0,0000007556		

Fuente: elaboración propia.

H_{i3} : hay diferencia significativa en las características físicas cuantitativas de tres muestras de apazote cosechadas en diferentes etapas de desarrollo.

H_{o3} : no hay diferencia significativa en las características físicas cuantitativas de tres muestras de apazote cosechadas en diferentes etapas de desarrollo.

Tabla XXXII. **Análisis de varianza para la altura de la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) en diferentes etapas de desarrollo**

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	$F_{(0,05,3,18)}$
CME (Entre)	1 387 111	2	693 555	133	3,68
CMI (intra)	450 578	87	5 179		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Análisis de varianza para el diámetro de la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) en diferentes etapas de desarrollo**

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	$F_{(0,05,3,18)}$
CME (Entre)	290 575	2	145 287	44,0	3,69
CMI (intra)	287 575	87	3 305		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Análisis de varianza para el número de hojas en la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) para diferentes etapas de desarrollo**

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	$F_{(0,05,3,18)}$
CME (Entre)	628 232	2	314 116	366	3,68
CMI (intra)	74 663	87	858		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Análisis de varianza para el número de ramas en la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) para diferentes etapas de desarrollo**

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	$F_{(0,05,3,18)}$
CME (Entre)	2774	2	1387	208	3,68
CMI (intra)	580	87	6		

Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS

4.1. Propiedades físicas cuantitativas y cualitativas de plantas de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) durante su ciclo de vida

Las características físicas evaluadas durante el tiempo de desarrollo de la muestra de plantas de apazote describen su desarrollo en relación al tiempo.

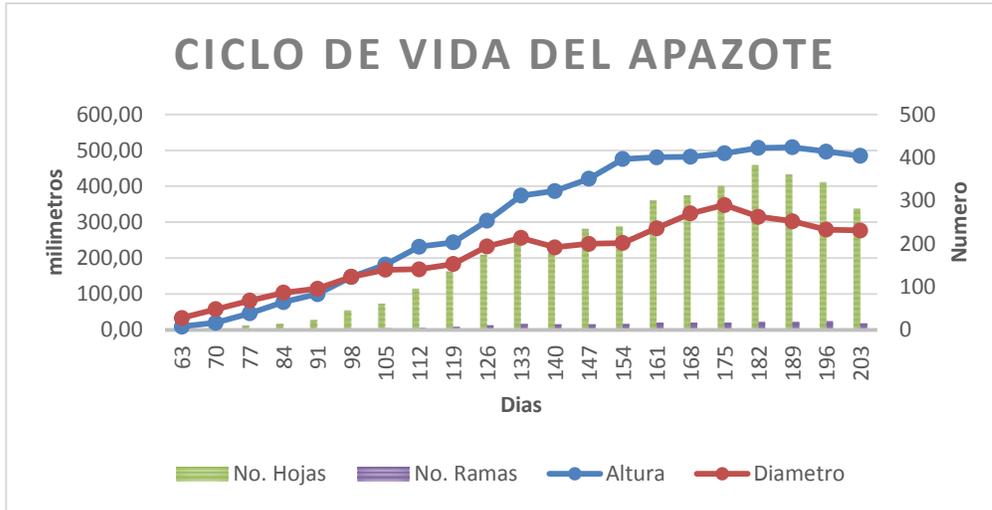
Tabla XXXVI. **Comportamiento de las propiedades físicas cuantitativas de la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) durante su ciclo de vida**

Tiempo (días)	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
63	9,08	33,28	7	0	0
70	19,72	57,35	8	0	0
77	46,14	81,60	11	0	0
84	77,36	103,51	15	0	0
91	99,51	114,81	24	0	0
98	147,33	148,07	46	3	0
105	181,85	167,57	61	4	8
112	231,85	168,73	95	5	23
119	243,85	183,20	136	8	30
126	303,85	232,80	175	11	33
133	373,85	255,97	204	14	41
140	386,85	230,00	179	13	42
147	420,85	239,57	235	13	53
154	476,00	241,87	240	14	73
161	480,85	283,07	300	17	77
168	482,00	324,27	312	17	91
175	492,10	347,77	333	17	89
182	506,85	315,19	382	18	86
189	508,85	302,67	360	18	79
196	496,85	279,07	342	20	38
203	484,85	277,02	281	15	12

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Nota: los datos son promedios de los resultados del monitoreo detallado en la sección de apéndices.

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Desarrollo de la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) durante su ciclo de vida**



Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Nota: los datos son promedios de los resultados del monitoreo detallado en la sección de apéndices.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Observaciones en las muestras cosechadas de la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) para la extracción de aceite esencial**

Días	Observaciones
98	Sobre el tallo en las partes donde muchas hojas pequeñas se agruparon, se desarrollan ramas.
126	El tallo presenta una gran cantidad de hojas pequeñas, en las coyunturas de las ramas se observa una gran cantidad de semillas de color verde.
154	La hojas más grandes que se secaron lentamente en la base de la planta se caen y nacen muchas hojas de forma alargada, delgadas y aserradas arriba, y otras más pequeñas y ovaladas en todo el tallo.

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Nota: la descripción cualitativa se detalla en la sección de apéndices.

Fuente: elaboración propia.

4.2. Evaluación del rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.)

Dentro del muestreo estadístico realizado fueron tomadas tres etapas de desarrollo, sus estas fueron utilizadas para la determinación del rendimiento extractivo.

Tabla XXXVIII. Rendimientos de aceite esencial obtenido de apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) cosechado en diferentes etapas de desarrollo

Tiempo de desarrollo / Núm. muestra	Rendimiento (%)		
	98 días	126 días	154 días
1	0,23967	0,30100	0,42967
2	0,25978	0,28956	0,51646
3	0,22286	0,30411	0,40267
4	0,24650	0,34444	0,43489
5	0,27500	0,26111	0,32367
6	0,24857	0,30667	0,36350
Promedio	0,24870	0,30110	0,41180
Desarrollo estándar	0,01771	0,02702	0,066316

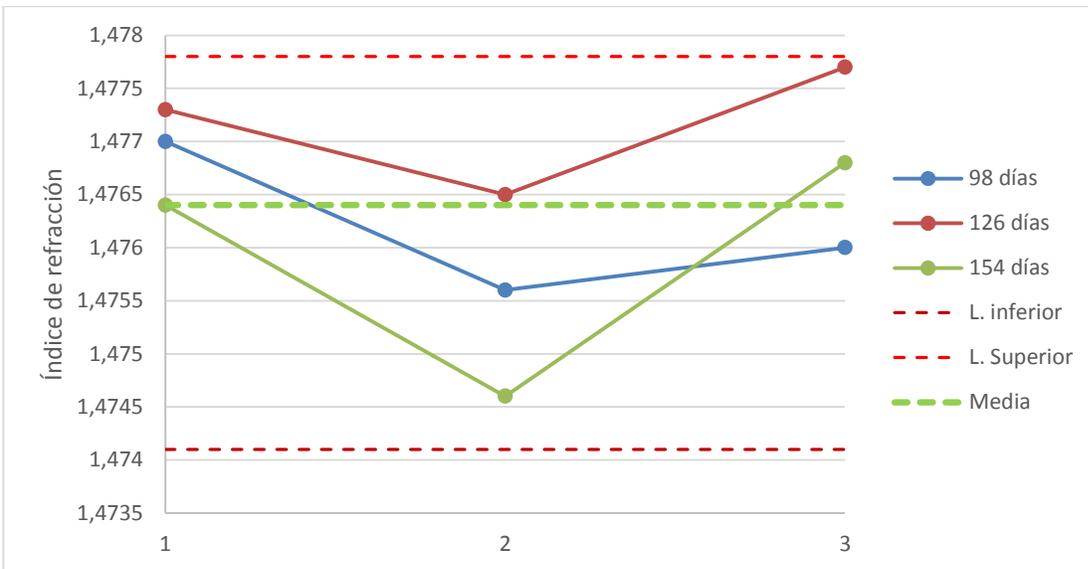
Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en LIEXVE.

Tabla XXXIX. Índice de refracción del aceite esencial obtenido de apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) cosechado en diferentes etapas de desarrollo

Tiempo de desarrollo / Núm. muestra	Índice de refracción			Valor de referencia
	98 días	126 días	154 días	
1	1,477	1,4773	1,4764	1,4741 – 1,4778
2	1,4756	1,4765	1,4746	
3	1,4760	1,4777	1,4768	
Promedio	1,4762	1,4771	1,4759	
Desarrollo estándar	0,00072	0,00061	0,00117	

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en LIEXVE.

Figura 13. **Índice de refracción para el aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) cosechado en diferentes etapas de desarrollo contra valores de referencia**



Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en LIEXVE.

Tabla XL. **Comparación de las composiciones químicas del aceite esencial y porcentaje de área representativa de apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) evaluadas en diferentes etapas de desarrollo usando cromatografía de gases con acoplamiento a espectrometría de masas (GC-MS)**

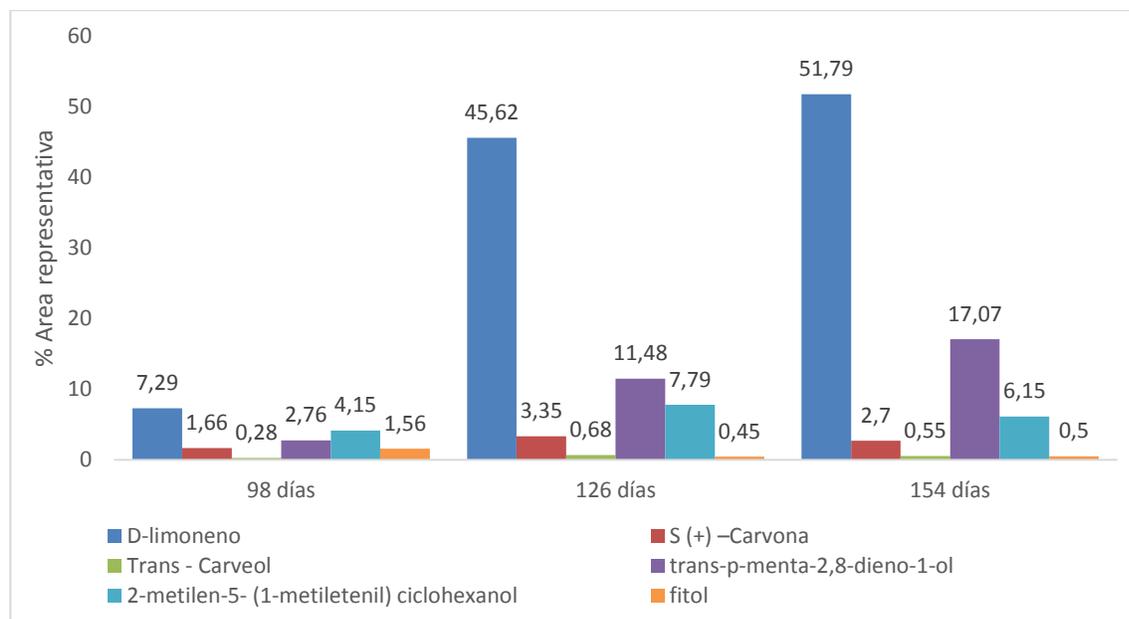
Tiempo de desarrollo / Componente químico en el aceite esencial	No. CAS	% Área		
		98 días	126 días	154 días
D-limoneno	005989-27-5	7,29	45,62	51,79
S (+) -carvona	002244-16-8	1,66	3,35	2,7
Trans - carveol	001197-07-5	0,28	0,68	0,55
trans-p-menta-2,8-dieno-1-ol	007212-40-0	2,76	11,48	17,07
2-metilen-5- (1-metiletetil) ciclohexanol	035907-10-9	4,15	7,79	6,15
fitol	000150-86-7	1,56	0,45	0,50
2- careno	000554-61-0	13,08	-	2,68
o-cimeno	000527-84-4	9,49	-	0,98

Continuación de la tabla XL.

cis-p-menta-6,8-dien-2-ol	001197-06-4	1,17	2,29	-
óxido de cis-limoneno	004680-24-4	-	2,00	1,10
óxido de trans-limoneno	006909-30-4	-	1,64	1,03
g-colidina	000108-75-8	-	0,54	0,35
4-etil-2,6-dimetilpiridina	005788-09-0	-	0,33	0,31
tujol	1000152-08-2	3,95	-	6,58
biciclo [3.3.0] oct-2-en-7-ona, 6-metil-	1000150-43-7	-	0,41	0,42
Crotonaldehído	000107-86-8	-	0,44	0,71
2-Bornene	000464-17-5	0,48	1,34	-
2- metilpentano	000107-83-5	0,33	-	-
g-terpineno	000099-85-4	0,22	-	-
Cloruro de 1-adamantilo	000935-56-8	0,37	-	-
trans-dihidrocarvona	005948-04-9	0,36	-	-
trans-p-menta-2,8-dienol	1000139-65-3	8,09	-	-
4,4,6-trimetilciclohex-2-en-1-ol	035907-10-9	0,45	-	-
a-acetato de terpenilo	000080-26-2	0,8	-	-
p-menta-1,4 (8) dieno	000586-62-9	15,47	-	-
2,5-dimetil-hex-5-en-3-in-2-ol	1000302-74-9	0,75	-	-
m-mentano	013828-31-4	0,68	-	-
4-metil-2-pentadecil-1,3-dioxano	054950-57-1	0,4	-	-
p-cimeno	001197-01-9	0,27	-	-
2-Ciclohexen-1-ol, 1-butil	088116-46-5	0,36	-	-
Oxido de carbanona	005729-99-7	1,98	-	-
β-ionona	014901-07-6	0,54	-	-
2-Ciclopentilciclopentanona	004884-24-6	0,6	-	-
3,4-dimetil-1,5-ciclooctadieno	021284-05-9	0,68	-	-
3-picolina, 1-óxido	001003-73-2	1,32	-	-
Hexahydrofarnesyl acetona	000502-69-2	0,25	-	-
3-aminopirazol-4-carboxílico	024447-68-5	0,4	-	-
Acido sórbico	000110-44-1	0,35	-	-
Carvacrol	000499-75-2	1,15	-	-
p-timol	003228-02-2	1,42	-	-
Ciclohexadecano	000295-65-8	0,42	-	-
Acido ftálico , éster propílico isobutilo	1000308-97-1	0,25	-	-
3-quinuclidinona	1000275-28-4	4,79	-	-
a-Pineno	007785-26-4	-	0,83	-
Metil-p-tolylcarbinol	036917-36-9	-	0,33	-
L-trans-pinocarveol	000547-61-5	-	0,26	-
2-metil-5-isopropenyl-1-ciclopenten-1-carboxaldehído	1000190-36-8	-	0,28	-
6-Undecanol	023708-56-7	-	0,24	-
p-menta-cis-2,8-dien-1-ol	022771-44-4	-	3,88	-
p-cimeno	000099-87-6	-	1,59	-
4-careno	029050-33-7	-	2,72	-
7-metil-3-octen-2-ona	033046-81-0	-	0,62	-
α-pineno epóxido	001686-14-2	-	7,76	-
Dextro-alpha-pineno	007785-70-8	-	-	1
1- (4-amino-1,2,5-oxadiazol-3-il) -5- (pirrolidin-1-ilmetil) -1,2,3-triazol-4- ácido carboxílico	1000303-27-4	-	-	0,45
Cis-carveol	001197-06-4	-	-	1,79
Umbellulon	024545-81-1	-	-	0,25
2-oxociclopentil dimetilditiocarbamato	023839-30-7	-	-	0,38
Eugenol	000097-53-0	-	-	0,23

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 14. **Área representativa de los componentes comunes encontrados en el aceite esencial de apazote (*Chenopodium Ambrosioides L.*)**



Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XLI. **Posibles usos y atribuciones medicinales de la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) en cada una de las etapas de desarrollo evaluadas**

Tiempo de cosecha (días)	Componente en el aceite esencial analizado	Presencia en el aceite esencial según CG-MS	Usos y atribuciones medicinales
98	P-Cimenol	0,27	fungicida y antihelmíntica
126	P-Cimeno	1,59	analgésico
154	D-Limoneno	51,79	aromaterapia y limpieza (desengrasante)

Fuente: información libro de Cáceres, "Plantas de uso medicinal en Guatemala" (Ref. Núm.1).

4.3. Evaluación del porcentaje de humedad de plantas de apazote cosechadas en diferentes tiempos de desarrollo

La cantidad de agua contenida en una especie vegetal, luego de ser cosechada, proporciona información útil para el proceso de secado. Los datos obtenidos para la evaluación de esta propiedad se muestran en la tabla XLII.

Tabla XLII. **Porcentaje de humedad de la muestra de apazote con 98 días**

Materia prima fresca			% Humedad	Relación (Mat. fresca / Mat. deshidratada)
Peso bruto (g)	Tara (g)	Materia vegetal (g)		
30120,00	28520,00	1600,00	91,50	11,76
Materia prima deshidratada				
Peso bruto (g)	Tara (g)	Materia vegetal (g)		
28656,00	28520,00	136,00		

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en LIEXVE.

Tabla XLIII. **Porcentaje de humedad de la muestra de apazote con 126 días**

Materia prima fresca			% Humedad	Relación (Mat. fresca / Mat. deshidratada)
Peso bruto (g)	Tara (g)	Materia vegetal (g)		
99880,00	85540,00	14340,00	90,51	10,54
Materia prima deshidratada				
Peso bruto (g)	Tara (g)	Materia vegetal (g)		
86900,00	85540,00	1360,00		

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en LIEXVE.

Tabla XLIV. **Porcentaje de humedad de la muestra de apazote con 154 días**

Materia prima fresca			% humedad	Relación (Mat. fresca / Mat. deshidratada)
Peso bruto (g)	Tara (g)	Materia vegetal (g)		
48720,00	45420,00	3300,00	90,60	10,64
Materia prima deshidratada				
Peso bruto (g)	Tara (g)	Materia vegetal (g)		
45730,00	45420,00	310,00		

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en LIEXVE.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Las características de las plantas medicinales tienen una amplia gama de bondades, atribuidas a principios activos, dentro de sus organismos, principios que son característicos de etapas específicas en su ciclo de vida. El aceite esencial de una planta medicinal guarda las bondades más características de la planta y estudiar el comportamiento de este aceite esencial, en relación al desarrollo de la planta, brinda un conocimiento que permite aprovechar sus bondades de una mejor manera. En el caso del desarrollo de la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) se observaron diferencias significativas durante todo su desarrollo y en cada una de las etapas más características de su ciclo de vida, desde la germinación de las semillas, el trasiego a suelo, su crecimiento, la formación de semillas y su muerte.

La población estudio de apazote se monitoreó cada semana durante su ciclo de vida (las condiciones climáticas y los nutrientes en el suelo se muestran en la sección de apéndice). La figura 12 describe el comportamiento de las variables evaluadas en el tiempo. Según las observaciones se puede apreciar lo siguiente: luego de 63 días de desarrollo, los pilones de apazote contaban con la suficiente capacidad para ser trasplantados a suelo. El aumento en la altura es aproximadamente constante desde su sembrar en el suelo hasta los 150 días de desarrollo; luego de este tiempo, la velocidad de crecimiento es menor, en cuanto al diámetro el comportamiento es similar, el número de hojas disminuye en el día 144, pero luego continua su aumento hasta su muerte. En cuanto al número de ramas, la cantidad de las mismas se mantiene casi invariable luego del día 133. La disminución del diámetro de la planta está relacionada a la pérdida de hojas, ya que la planta cambió sus hojas grandes

por una cantidad mayor de hojas más pequeñas esta transformación fue más notoria luego del día 144. Las semillas iniciaron a presentarse en algunas de las plantas de la población luego del día 105, estas se presentaron únicamente sobre el ápice de la planta. Luego del día 154 las semillas se observaron en la mayoría de la población y presentaron una coloración diferente, las mismas tenían un color café verdoso pardo. El número de hojas y el diámetro de la planta disminuyen nuevamente a partir del día 182, esta disminución se debió a un proceso de secado natural en el cual el tallo, las ramas y las hojas se secan paulatinamente, este proceso afecta a las semillas cambiando nuevamente su coloración y tornándose de color café oscuro pardo; esta etapa puede considerarse como la vejez de la misma, proceso en el cual inicia su secado natural. Luego del día 203 la mayoría de las plantas de apazote se encontraban secas.

Dado los resultados observados en el desarrollo de la planta (los datos cualitativos y cuantitativos obtenidos del monitoreo semanal realizado sobre la población de estudio de planta de apazote durante su ciclo de vida se muestra en la sección de apéndices), se pueden distinguir diferentes etapas características en su desarrollo y comprendidas de la siguiente manera:

- Una etapa de desarrollo desde la siembra en el día 63 hasta los 100 días de desarrollo caracterizada por un crecimiento acelerado en la altura, diámetro, número de hojas y número de ramas en la cual las semillas no hacen presencia, esta etapa describe plantas jóvenes o tiernas. Se observó otra etapa de desarrollo desde el día 100 hasta el 154 caracterizada por un incremento constante en la altura, diámetro, número de hojas, número de ramas y porcentaje de plantas en la población que presentan semillas, mostrando su máxima capacidad de semilla en el día 154, en esta etapa el diámetro y el número de hojas en aumento describe

que el proceso de secado natural no ha iniciado. Esta etapa presenta plantas adultas, maduras o sazonas, útiles para el consumo humano y comercialización. La última etapa de desarrollo se presenta desde el día 154 hasta el día 203 esta etapa esta descrita por el detenimiento en la tendencia creciente de la altura y por la disminución del diámetro, número de hojas y de ramas esto se debe a que, a partir del día 154 inició el proceso de secado natural en las plantas.

- Las muestras de apazote tomadas para el proceso de extracción de aceite esencial se seleccionaron a los 98, 126 y 154 días de desarrollo. La muestra cosechada, luego de 98 días representa una etapa de desarrollo joven o tierna mientras que las muestra con 126 y 154 días ambas representan la etapa de desarrollo de la madurez con la diferencia de que la planta a los 126 días aun presenta sus hojas ovaladas y grandes; las cuales como ya se mencionó se secan y son sustituidas de forma natural por la planta luego de 133 días de desarrollo. Otra característica a tomar en cuenta es que, según las observaciones, luego de 154 días el proceso de secado natural de la planta inicia. De acuerdo el análisis estadístico realizado en el inciso 3.8.2. Análisis de la diferencia significativa entre las variables descritas en la hipótesis de investigación, los resultados presentados en las tablas XXXII hasta la tabla XXXV muestran que las características físicas cuantitativas de las tres muestras de apazote evaluadas tienen diferencia significativa para un indicador de Fisher con un 95 % de confianza.
- El aceite esencial de apazote obtenido de las tres muestras evaluadas se extrajo por medio de la técnica de hidrodestilación. El rendimiento de aceite esencial obtenido en las pruebas preliminares denotó la necesidad de utilizar un solvente de captura, que permita disolver el aceite esencial

obtenido para luego pasar la mezcla por un proceso de destilación por medio del calentamiento indirecto por convección térmica o comúnmente llamado “baño maria”, el tiempo que tarda dicho proceso depende de la cantidad de solvente añadido. El rendimiento piloto concluyó la necesidad de trabajar con materia prima deshidratada, dado que la deshidratación permite trabajar con mayor cantidad de materia vegetal en poco volumen, además reduciendo la cantidad de agua en la planta, aumenta la capacidad de extracción de la técnica usada porque las células en la planta exponen el aceite esencial al vapor de arrastre sin la intervención del agua ligada. El procedimiento para la deshidratación se describe en la sección 3.6. Recolección y ordenamiento de la información, el tiempo de secado estuvo entre 670 a 930 minutos a una temperatura promedio de 40 grados centígrados, las plantas fueron deshidratadas hasta una humedad menos a 10 %. La humedad promedio de las plantas frescas fue de 90,5 %.

- Para la determinación de la relación solvente y materia prima en la extracción de aceite esencial se evaluaron diferentes relaciones, siendo la más adecuada 1 a 12, el uso de relaciones diferentes produjo un arrastre de la materia vegetal en el balón por el efecto de ebullición (precipitación o proyección de la materia vegetal). El solvente de captura usado se seleccionó identificando la solubilidad de los componentes en el aceite esencial, según la literatura, la mayoría de los componentes en el aceite esencial de apazote son miscibles en hexano, incluyendo a los componentes mayoritarios y al principio activo el ascaridol. El procedimiento usado para la extracción del aceite esencial se describe en la sección 3.6. Recolección y ordenamiento de la información.

- En las pruebas experimentales se realizaron 6 extracciones para cada tiempo de desarrollo y el aceite esencial diluido en hexano fue recuperado y almacenado, esta dilución presenta un color amarillo pálido y un aroma fuerte a solvente con un aroma picante y robusto con sensación a madera. La temperatura máxima usada en el proceso de calentamiento indirecto por convección térmica no fue la temperatura de evaporación del solvente de captura, sino la temperatura de evaporación del componente más volátil en el aceite esencial, según la literatura el ascaridol posee una temperatura de evaporación de 40 grados centígrados, por lo que fue usada como la temperatura del baño maría. El fin del proceso de evaporación estuvo descrito por la aproximación a cero de la velocidad de evaporación. El tiempo de evaporación del hexano fue en promedio 374 minutos a las condiciones descritas.
- El rendimiento de aceite esencial de apazote evaluado en diferentes etapas de desarrollo, presentó diferencia significativa para un nivel de confianza del 95 %, según el análisis estadístico descrito en la tabla XXVIII, siendo el menor rendimiento extractivo de 0,25 % para plantas con 98 días de desarrollo y el mayor rendimiento extractivo se obtuvo con plantas de 154 días de desarrollo con un 0,41 %. El índice de refracción no presentó diferencia significativa ante la variación en las etapas de desarrollo de las plantas usadas para la extracción, según el análisis estadístico mostrado en la tabla XXIX. La literatura indica que el índice de refracción del aceite esencial de apazote se encuentra en un rango de 1,4741 a 1,4778, todas las mediciones realizadas por el refractómetro indican valores de índice de refracción dentro del rango esperado (ver figura 13). El índice de refracción es una medida que en los aceites esenciales ayuda a conocer el grado de pureza, ya que las diluciones presentarían valores de índice de refracciones menores. Dado que todos

los valores están dentro del rango teórico se puede decir que el aceite esencial de apazote obtenido es de pureza aceptable, sin trazas significativas de hexano como para alterar este parámetro, esto también quiere decir, que la técnica de calentamiento indirecto por convección térmica para la evaporación del solvente de captura es una metodología válida para obtener un aceite esencial de pureza aceptable.

- Los componentes esenciales de la planta se determinaron por el método de cromatografía de gases con acoplamiento a espectrometría de masas (GC-MS) y se determinó que los metabolitos secundarios en las muestras varían en relación al tiempo de desarrollo, mostrando componentes característicos de la etapa y componentes comunes. En las muestras analizadas se encontraron 6 compuestos comunes los cuales son: d-limoneno, S (+)-carveol, trans-carveol, trans-p-menta-2,8-dieno-1-ol, 2-metilen-5-(1-metileténil)-ciclohexanol y fitol. La literatura describe varios componentes comunes en el aceite esencial de apazote, tales como: p-cimeno, ascaridol, limoneno, alpha-terpineno, mentadieno y cineol. De estos componentes son únicamente el limoneno, el terpineno y el cimeno los encontrados.

El limoneno se encontró en todos los tiempo de desarrollo evaluados, estando en mayor concentración en el tiempo más adulto (154 días), el alfa-terpineno es el componente usado por la planta para la producción de su principio activo (ver figura 7), el compuesto llamado ascaridol, este es un metabolito secundario que aparece en la planta en mayor proporción durante la etapa de producción de semillas, a pesar de que las referencias bibliográficas lo describen como el principal compuesto dentro del aceite esencial de apazote, este no fue encontrado en las muestras analizadas, por otra parte, el alfa-terpineno fue encontrado a los 98 días de desarrollo, lo cual, es según la

literatura la etapa en la cual la concentración de alfa-terpineno empieza a disminuir y la concentración de ascaridol a aumentar, este proceso metabólico acompaña al aumento en el número de plantas con semillas (ver figura 7), en el caso de las plantas de 126 y 154 días de desarrollo no se determinó presencia de este compuesto, lo cual concuerda con la literatura. La literatura también menciona que en estos tiempo de desarrollo la concentración de ascaridol en el aceite esencial es de aproximadamente 70 a 85 %, pero pese a las referencias bibliográficas en ningún caso se encontró presencia de tal compuesto.

La falta de presencia del principio activo en el análisis del aceite esencial puede deberse a varios factores implícitos en la metodología usada. Desde el punto de vista de los puntos de ebullición se puede observar que el ascaridol es un compuesto muy volátil con un punto de ebullición de 40 grados centígrados, esta misma temperatura fue usada para secar la planta y para evaporar el hexano de la mezcla obtenida de la hidrodestilación, por lo cual, y dado los resultados obtenidos, es posible que las condiciones de temperatura usadas para el secado y para el calentamiento indirecto por convección térmica tuvieron influencia en la composición del aceite esencial, volatilizando el ascaridol. El efecto térmico de las condiciones usadas sobre los componentes encontrados en el aceite no afectó al p-cimeno y ni al limoneno, los cuales tienen puntos de ebullición de 177 y 178 grados centígrados respectivamente. Por lo cual, será necesario en estudios posteriores evaluar el efecto de las condiciones usadas en este informe con respecto a la concentración de ascaridol obtenido en el aceite esencial y proponer nuevas metodologías para la extracción del mismo.

Por otro lado, el método usado fue efectivo para la obtención de limoneno, p-cimeno y cimenol, según la literatura, el compuesto encontrado usando plantas cosechadas a los 98 días de desarrollo llamado p-cimenol con un área representativa de 0,27 % presenta actividad fungicida y antihelmíntica, por lo

que plantas con este tiempo de desarrollo pueden ser usadas para este fin más que plantas de otra edad. El p-cimeno con un porcentaje de área representativa de 1,59 % en plantas con 126 días de desarrollo tiene actividad analgésica. Por otra parte son muchas las actividades terapéuticas y usos atribuidos al limoneno encontrándose en mayor porcentaje en el tiempo de desarrollo de 154 días con un porcentaje de área representativa de 51,8 %.³⁵

Conociendo las características de la planta y controlando las condiciones ambientales en su germinación y desarrollo podría llegar, en un futuro, a estimar una concentración de algún componente en el aceite esencial con fines medicinales o de otra índole o quizás hasta variar la concentración de un determinado componente dependiendo de la aplicación que se desee. En fin es posible que en la medida que el conocimiento sobre el metabolismo de las plantas y su desarrollo sea más amplio, y conocer la función específica de cada uno con el fin de conocer a tal punto su desarrollo que se pueda, en alguna manera, controlarlo y variarlo según en requerimiento.

³⁵ CÁCERES. Armando. *Plantas de uso medicinal en Guatemala*. p. 47.

CONCLUSIONES

1. Existe diferencia significativa en las propiedades físicas cuantitativas de la planta de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) en relación al tiempo de desarrollo, siendo la mayor altura, diámetro, núm. hojas, núm. ramas y porcentaje semilla de: 508,85 mm, 547,77 mm, 382, 20, 91 porcentaje para 189, 175, 182, 196 y 168 días de desarrollo respectivamente, y las menores de: 9,08 mm, 33,28 mm, 7, 0, 0 para 63 días de desarrollo.
2. Existe diferencia significativa en el rendimiento del aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) cosechado en diferentes tiempos de desarrollo, siendo el mayor rendimiento extractivo a los 154 días de desarrollo de 0,41 porcentaje y el menor a los 98 días de desarrollo de 0,24 porcentaje.
3. La mayor concentración de P-cimeno, P-cimeno y limoneno se obtuvo del aceite esencial obtenido de plantas de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) con un tiempo de desarrollo de 98, 126 y 154 días con porcentajes de área representativas de 0,27 porcentaje, 1,59 porcentaje y 51,79 porcentaje respectivamente.
4. Plantas cosechadas a los 98 días tienen posibilidad de presentar actividad fungicida y antihelmíntica, plantas con 126 días de desarrollo tienen posibilidad de presentar actividad analgésica, plantas con tiempos de desarrollo de 154 días tienen probabilidad de presentar actividades terapéuticas.

RECOMENDACIONES

1. Usar temperaturas de secado menores a 40 °C y observar por medio de una técnica de extracción de aceite esencial por hidrodestilación si tal metodología tiene algún efecto sobre el rendimiento y de la presencia de ascaridol para un tiempo de desarrollo definido.
2. Usar la misma metodología para la extracción de aceite esencial de apazote usada en este estudio, variando el solvente de captura en función a miscibilidades y volatilidades, compararlo con el uso de hexano a través del rendimiento, índice de refracción y presencia de ascaridol.
3. Cosechar muestras de apazote en tiempos de desarrollo superiores a 154 días de desarrollo para identificar una mayor cantidad de metabolitos secundarios en el aceite esencial y ampliar los resultados de esta investigación.
4. Comprobar el efecto analgésico de apazote con 126 días y el efecto antifúngico y antihelmíntico de apazote con 98 días de desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALEMÁN PAREDES, Sergio Arnoldo. *Evaluación de la actividad antiinflamatoria in vivo de las especies Chenopodium ambrosioides L. (apazote), Physalis Philadelphica (miltomate) y Solanum torvum Swartz. (Lavaplatos)*. Trabajo de graduación. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Químico Farmacéutico, 1998. 51 p.
2. BERNANDINI, Ernesto. *Tecnología de aceites esenciales y grasas*. España, Alhambra, S. A., 1981. 125 p.
3. BLIAS, A.R. *A pharmacodynamic study on the anthelmintic properties of two oils Chenopodium*. J. Amer. Pharm. Ass. 1925.14; 93 p.
4. CABRERA S, Blanca. *Validación científica de la actividad antiespasmódica in vitro de Crecopia obstusifolia Bertolini (guarumo), Chenopodium ambrosioides L. (apazote), Hyptis pectinata (L) point (alhucema), jacaranda mimosiflolia D (jacaranda) y Yucca elephantipes regel (izate)*. Trabajo de graduación. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 1990. 149 p.
5. CÁCERES. Armando. *Plantas de uso medicinal en Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 1996. 53 p.

6. CAMBAR. P. *Prevención de la producción de úlceras gástricas experimentales por algunos extractos de plantas*. Honduras: Unidad de Farmacología, Facultad Ciencias Médicas, UNAH, Tegucigalpa, 1987. 288 p.
7. CERVANTES, V. *Materia medica vegetal*. Ed. México: Oficina Formato, 1792. 270 p.
8. CHOU, Tsu-Ching. *A pharmacognostical study of Chenopodium ambrosioides*. 1960. *Acta Pharmaceut. Sin.* 8. 135 p.
9. DONATELLI, L. 1935. *Pharmacological investigation on Chenopodium oil*. *Pediatrics* 43: 164 p.
10. ESTRELLA, E. 1988. *El Pan De América*, Ed. Abya-yala, 304 p.
11. FERNANDEZ NUÑEZ, Fidel Angel. *A contribution of helminthoc therapy*. *J. Amer. Med. Ass.* 1927.88: 903 p.
12. GAYLORD, Ubaldo, Sac Coti. *Determinación del conjunto de variables adecuadas del secado de la planta de apazote (Chenopodium ambrosioides L.) por medio de la evaluación de las propiedades físico-químicas del extracto orgánico*. Trabajo de graduación de Ing. Químico Universidad de San Carlos. Guatemala. Facultad de Ing. 1997. 68 p.
13. GÁLVEZ ORELLANA, Rafael Eduardo. *Evaluación del efecto antiséptico de dos plantas de uso medicinal apazote (Chenopodium ambrosioides L.) y clavo de olor (Syzygium aromaticum)*

comparado don una solución de Iodopovidona, en la preparación del área quirúrgica, en la castración de lechones. Trabajo de graduación de Med. Veterinario. Universidad de San Carlos de Guatemala; Facultad de Veterinaria, 2012. 50 p.

14. GIRAULT, Louis. *Curanderos Itinerantes de los Andes.* Ed. Unicef-OPS-OMS: Kallawaya, 1987. 179 p.
15. GOLDSMITH, R.S. *Anthelmintic drugs. In: Review of Medical Pharmacology.* 5a ed. California: Lange Medical Pub, Los Altos, 1978. 235 p.
16. GONZÁLEZ, Eleuterio. *Lecciones orales de materia médica y terapéutica.* Ed. Facsimilar. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 1977. 120 p.
17. GRANDGUILLOTE M., Joseph H. *Sarvois naturaliste populairense Gualope.* Tulose. France: Seminarie tramil, Recherche bliographiques, 163 p.
18. GUENTHER, Ernest. *The essencial oils.* New York: D. Van Nostrand Company. Inc., 1952. Vol. No. I, 188-196, 140pp. Vol. No. VI, 151-161, 237-271, 301 p.
19. HERRERA, L.A. *Farmacopea Latino-Americana.* Talleres Gráficos de Herrero Hnos., Suc. México: 1921. 294 p.

20. JOHNSON, M. A.; CROTEAU, R. *Biosynthesis of ascaridole: Iodide peroxidase- catalyzed synthesis of a monoterpene endoperoxide in soluble extracts of Chenopodium ambrosioides fruit.* Arch. Biochem.Biophys., 1984. 266 p.
21. KAPADIA, G.J. *Carcinogenicity of some folk medicinal herb in rats.* J. Nat. Cancer Inst. 1978. 686 p.
22. KIUCHI, F., Itano, Y.; UCHIYAMA, N., Honda; G., TSUBOUCHI, A.; SHIMADA, Nakajima J., Aoki, *Monoterpene hydroperoxides with trypanocidal activity from Chenopodium ambrosioides.* J. Nat. Prod., 65(4):509-512. 2002. 452 p.
23. KIRK, Raymond; OTHMER, Donald. *Enciclopedia de Tecnología Química.* México: Unión Tipográfica Hispanoamericana, 1965. 163 p.
24. KISHORE, N. et al. *Fungitoxicity of some volatile natural products against human pathogenic fungi.* Indian: 1981. 153 p.
25. KLIKS, M.M. *Studie on the traditional herbal anthelmintic Chenopodium ambrosioides L. Ethopharmacological evaluation and clinical file.* Medicime: Tropical Social. 887 p.
26. LÓPEZ Agustín, A. *Descripción de medicinas en textos dispersos del libro XI de los Códices Matritense y Florentino.* Madrid: Estudio de Cultura Nahuatl, 1973. 235 p.

27. LÓPEZ, Gregorio. *Tesoro de Medicinas*. Madrid: Cultura Hispánica, 1982. 311 p.
28. MARTINDALE, Willian; F. REYNOLDS, James E. *The Extra Pharmacopoeia*. 28a ed. London: the Pharmaceutical Press, 1982. 763 p.
29. MENDIZABAL de la RIVA, Francisco Xavier. *Comportamiento del *Quenopodium ambrosioides* L. (APAZOTE), como cicatrizante en heridas provocadas en la piel del perro*. Trabajo de graduación de Med. Veterinario. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Veterinaria. 52 p.
30. MYERS, MYERS y Walpole. *Probabilidad y Estadística Para Ingenieros*. 6a ed. México: Prentice-Hall Hispanoamericana S. A., 1999. 752 p.
31. NORIEGA, Juan Manuel. *Curso de historia de drogas*. Edición del Instituto de Medicina, Facultad de Ciencia Química. México: Fomento, 1902. 313 p.
32. PAYES, Luis. *Evaluación del efecto cicatrizante del tallo, hojas, flores y frutos de *Chenopodium ambrosioides* L. (apazote) y de la corteza y hojas de *Spondias purpurea* L. (jocote de corona) en heridas*. Trabajo de graduación de Lic. En Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 1990. 132 p.

33. PERKINS K. *Williard W. Guide to the poisonius and irritant plants of Florida*. Florida USA, University to Florida and Florida Museum Gainesville, 1978. 87 p.
34. POSADA de LEÓN, Ana Lucrecia. *Evaluación de la eficacia terapéutica del aceite de quenopodio (apazote) en el tratamiento de áscaris*. Trabajo de graduación de Med. Veterinario. Universidad de San Carlos de Guatemala; Facultad de Medicina. 1986. 34 p.
35. POUSSER, Jean Louis. *Plantes Medicinales Africanes*. París: Marketing, 1989. 159 p.
36. ROIG, Juan Tomas. *Plantas Medicinales Aromáticas o Venenosas de Cuba*. 2a ed. La Habana: Científico Técnico, 2009. 269 p.
37. RONQUILLO BATRES, Fredy A. et.al. *Colecta y descripción de especies vegetales de uso actual y potencial en alimentos y medicina de las zonas semiáridas del nororiente de Guatemala*. Cuadernos de Investigación. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; Director General de Investigación. 1988. 52 p.
38. SOLARES SOLARES, Rosa María. *Efecto inhibitor de la infusión de apazote (Chenopodium ambrosioides L.) sobre el crecimiento de microorganismos cariogenicos, Lactobacillus acidophillus y Streptococcus mutans. In Vitro*. Trabajo de graduación (Cirujano dentista). Universidad de San Carlos. 1996. 68 p.

39. VIESCA, C. *Prevención y terapéutica mexicanas en historia general de la medicina en México*. México Antiguo: Universidad Nacional Autónoma de México, 1984. 212 p.
40. WONG CATALÁN, Mayra Yesenia. *Eficacia del tratamiento con albendazol Vrs. La planta medicinal apazote en individuos parasitados con tricocéfalos*. Trabajo de graduación de Médica y Cirujano. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; Facultad de Medicina. 1997. 35p.
41. XIMENEZ, Farfán. *Cuatro libros de la Naturaleza*. Madrid: Cultura Hispánica, 1615. 236 p.
42. YOUNGKEN, H. *Tratado de farmacología*. México: Atlante, 1951. 137 p.
43. YSUNZA, O.A. *Estudio bioantropologico de tratamiento del susto*. Estudio de Entrob. Antrop. Med. I: 68 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 63**

Núm. Días	63				
	28/02/2014				
Núm. Plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	5	22,5	6	0	0
2	10	45	8	0	0
3	15	42,5	8	0	0
4	5	40	6	0	0
5	10	35	7	0	0
6	12	35	7	0	0
7	12	35	7	0	0
8	25	55	6	0	0
9	4	0	0	0	0
10	10	32,5	8	0	0
11	9	32,5	9	0	0
12	15	35	8	0	0
13	15	50	7	0	0
14	1	17,5	5	0	0
15	11	35	7	0	0
16	3	22,5	6	0	0
17	8	42,5	8	0	0
18	6	28	8	0	0
19	5	27,5	7	0	0
20	22	58	8	0	0
21	4	37,5	8	0	0
22	2	22,5	6	0	0
23	12	30	7	0	0
24	4	30	7	0	0
25	8	50	9	0	0
26	7	37,5	7	0	0
27	5	29	7	0	0
28	10	17,5	4	0	0
29	8	25,5	7	0	0
30	4	22,5	4	0	0
31	5	30,5	6	0	0
32	4	15	5	0	0
33	4	17,5	5	0	0
34	10	35	6	0	0
35	8	22,5	4	0	0
36	8	26	6	0	0
37	9	35	8	0	0
38	15	47,5	8	0	0
39	7	28	6	0	0
40	20	42,5	6	0	0
41	5	33	6	0	0
42	10	35	6	0	0

Continuación del apéndice 1.

43	5	25	6	0	0
44	5	30	6	0	0
45	5	25	6	0	0
46	15	45	8	0	0
47	9	35	5	0	0
48	5	34	7	0	0
49	10	40	9	0	0
50	9	57,5	9	0	0
51	18	42,5	9	0	0
52	20	55	7	0	0
53	5	30	8	0	0
54	10	42,5	7	0	0
55	15	43	6	0	0
56	7	23,5	6	0	0
57	12	30	8	0	0
58	12	32,5	8	0	0
59	5	16	6	0	0
60	6	32,5	8	0	0
61	7,5	22,5	7	0	0
62	20	55	8	0	0
63	10	27,5	6	0	0
64	10	35	7	0	0
65	3	31,5	6	0	0
66	4	25,5	4	0	0
Promedio	9,26	33,43	6,73	0,00	0,00
Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.					

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 70

Núm. Días	70				
	07/03/2014				
Núm. Plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	15	45	7	0	0
2	25	60	8	0	0
3	15	53	12	0	0
4	23	82,5	8	0	0
5	20	70	9	0	0
6	21	65	13	0	0
7	25	74	10	0	0
8	26	55	7	0	0
9	11	47	5	0	0
10	20	60	8	0	0
11	40	120	13	0	0
12	35	70	8	0	0
13	20	60	12	0	0
14	1	39,5	9	0	0

Continuación del apéndice 2.

15	25	55	8	0	0
16	15	37,5	6	0	0
17	14	77,5	6	0	0
18	15	62,5	8	0	0
19	15	42,5	7	0	0
20	20	60	8	0	0
21	24	65	7	0	0
22	9	45	4	0	0
23	17	47,5	6	0	0
24	31	57,5	6	0	0
25	22	67,5	9	0	0
26	25	60	6	0	0
27	22	65	7	0	0
28	15	38	10	0	0
29	10	45	6	0	0
30	15	52,8	9	0	0
31	9	32,5	8	0	0
32	13	50	8	0	0
33	8	25	9	0	0
34	25	65	9	0	0
35	13	50	7	0	0
36	15	52,5	7	0	0
37	25	62,5	8	0	0
38	35	55	8	0	0
39	20	52,5	9	0	0
40	35	85	9	0	0
41	10	50	9	0	0
42	20	53	6	0	0
43	15	47,5	6	0	0
44	25	69	9	0	0
45	15	40	6	0	0
46	30	75	9	0	0
47	15	57,5	8	0	0
48	30	85	8	0	0
49	15	70	8	0	0
50	30	89	8	0	0
51	26	50	8	0	0
52	20	45	8	0	0
53	10	32,5	7	0	0
54	25	38	8	0	0
55	10	45	8	0	0
56	18	50	6	0	0
57	15	45	6	0	0
58	23	57,5	7	0	0
59	18	47,5	6	0	0
60	22	50	7	0	0
61	25	63	10	0	0
62	35	80	12	0	0
63	10,5	49	7	0	0
64	20	75	9	0	0
65	15	57,5	6	0	0
66	15	55	5	0	0
Promedio	19,87	57,39	7,97	0,00	0,00
Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.					

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 77**

Núm. Días	77				
Núm. Plantas	15/03/2014				
	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	35	53	8	0	0
2	66,5	89	18	0	0
3	40	88	11	0	0
4	43	107,5	19	0	0
5	30	67	9	0	0
6	53	90	10	0	0
7	85	115	10	0	0
8	30	85	13	0	0
9	31	48	10	0	0
10	50	75	11	0	0
11	40	145	9	0	0
12	60	100	14	0	0
13	85	89	25	0	0
14	33	70,5	8	0	0
15	45	75	40	2	0
16	47	68,5	8	0	0
17	46	89	10	0	0
18	35	76	10	0	0
19	47	73,5	7	0	0
20	80	80	26	0	0
21	56	66	10	0	0
22	41	76	8	0	0
23	49	78,5	8	0	0
24	63	92,5	10	0	0
25	54	102,5	11	0	0
26	57	64	10	0	0
27	54	98	12	0	0
28	47	63	7	0	0
29	42	70	6	0	0
30	47	77,8	8	0	0
31	20	57,5	8	0	0
32	25	75	8	0	0
33	10	50	6	0	0
34	15	95	10	0	0
35	30	75	10	0	0
36	30	77,5	8	0	0
37	55	87,5	11	0	0
38	70	80	14	0	0
39	35	77,5	9	0	0
40	25	115	8	0	0
41	40	80	10	0	0
42	60	83	10	0	0
43	35	52	8	0	0
44	20	99	7	0	0
45	35	58	8	0	0
46	80	105	15	0	0
47	47	79	8	0	0
48	60	115	15	0	0
49	30	100	8	0	0
50	50	87	11	0	0
51	40	85	9	0	0

Continuación del apéndice 3.

52	35	80	8	0	0
53	42	57,5	8	0	0
54	85	73	25	0	0
55	60	85	10	0	0
56	38	62	8	0	0
57	25	55	12	0	0
58	55	88,5	10	0	0
59	38	65	7	0	0
60	42	75	9	0	0
61	45	83	16	0	0
62	50	111	10	0	0
63	50	79	11	0	0
64	95	112	28	0	0
65	47	79	7	0	0
66	35	75	8	0	0
Promedio	46,30	81,74	11,39	0,03	0,00

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 84**

Núm. Días	84				
	22/03/2014				
Núm. Plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	60	60	6	0	0
2	106,5	98	25	0	0
3	75	115	12	0	0
4	68	110	18	0	0
5	70	123	20	0	0
6	83	72,5	7	0	0
7	125	165	30	0	0
8	62	103	19	0	0
9	56	60	6	0	0
10	85	114	25	0	0
11	72	168	14	0	0
12	90	115	21	0	0
13	125	102	41	0	0
14	62	102	5	0	0
15	85	130	18	0	0
16	76	86	7	0	0
17	75	132	12	0	0
18	60	82,5	10	0	0
19	76	87	6	0	0
20	120	99	26	0	0
21	85	70	7	0	0
22	71	90	7	0	0
23	79	110	9	0	0

Continuación del apéndice 4.

24	93	110	7	0	0
25	84	125	14	0	0
26	86	77,5	8	0	0
27	83	138	7	0	0
28	77	92,5	8	0	0
29	72	94	9	0	0
30	77	89	10	0	0
31	50	72,5	7	0	0
32	55	85	7	0	0
33	40	67,5	8	0	0
34	47	150	39	0	0
35	60	92	8	0	0
36	60	70	8	0	0
37	85	105	11	0	0
38	100	120	14	0	0
39	65	90	8	0	0
40	57	130	12	0	0
41	72	135	20	0	0
42	92	120	33	0	0
43	60	55	6	0	0
44	52	115	20	0	0
45	60	62,5	6	0	0
46	112	132	20	0	0
47	76	85	11	0	0
48	92	156	20	0	0
49	62	145	16	0	0
50	75	100	13	0	0
51	72	95	32	0	0
52	67	102	17	0	0
53	72	90	12	0	0
54	120	118	27	0	0
55	95	118	19	0	0
56	63	67	7	0	0
57	60	78	23	0	0
58	84	111	9	0	0
59	67	80	7	0	0
60	67	87,5	9	0	0
61	85	135	22	0	0
62	90	145	36	0	0
63	82	104	16	0	0
64	135	121	41	0	0
65	76	80	9	0	0
66	60	92,5	8	0	0
Promedio	77,65	104,05	15,28	0,00	0,00

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 91**

Núm. Días	91				
	29/03/2014				
Núm. Plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	71	76	9	0	0
2	134,5	103	42	1	0
3	100	123	45	3	0
4	79	126	28	0	0
5	98	128	31	0	0
6	100	81,5	10	0	0
7	153	170	15	0	0
8	87	111	20	1	0
9	75	76	10	0	0
10	110	122	66	5	0
11	99	176	30	0	0
12	117	129	18	0	0
13	153	110	28	0	0
14	92	116	9	0	0
15	113	135	61	4	0
16	95	111	12	0	0
17	94	146	8	0	0
18	71	98,5	14	0	0
19	106	101	8	0	0
20	148	107	50	4	0
21	104	95	10	0	0
22	88	99	10	0	0
23	96	119	12	0	0
24	110	119	12	0	0
25	101	134	35	0	0
26	120	93,5	10	0	0
27	113	152	7	0	0
28	94	101,5	14	0	0
29	89	103	18	0	0
30	94	98	18	0	0
31	67	81,5	12	0	0
32	73	94	13	0	0
33	58	76,5	14	0	0
34	74	164	30	0	0
35	78	101	27	0	0
36	78	79	37	0	0
37	112	119	40	0	0
38	127	134	42	2	0
39	92	99	34	0	0
40	84	144	60	0	0
41	99	149	31	0	0
42	119	134	34	0	0
43	71	71	10	0	0
44	79	129	20	0	0
45	71	78,5	12	0	0
46	139	140	20	0	0
47	95	101	13	0	0
48	119	164	42	0	0
49	87	153	28	0	0
50	94	116	20	0	0
51	97	103	35	1	0

Continuación del apéndice 5.

52	92	110	30	0	0
53	89	99	40	0	0
54	145	126	17	0	0
55	120	126	20	0	0
56	74	83	12	0	0
57	85	86	26	0	0
58	114	125	16	0	0
59	86	96	10	0	0
60	78	103,5	12	0	0
61	113	140	32	1	0
62	118	150	47	3	0
63	107	112	25	0	0
64	163	126	55	3	0
65	95	96	14	0	0
66	71	108,5	9	0	0
Promedio	100,02	115,20	24,63	0,44	0,00

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 98**

Núm. Días	98				
	05/04/2014				
Núm. Plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	113	108	10	0	0
2	198	143	40	1	0
3	153	147	65	3	0
4	121	165	72	5	0
5	184	168	11	2	0
6	141	105,5	30	1	0
7	196	194	44	2	0
8	140	149	57	4	0
9	117	105	24	0	0
10	163	146	40	3	0
11	149	214	65	9	0
12	167	161	60	7	0
13	206	150	85	0	0
14	133	145	19	0	0
15	166	175	35	7	0
16	137	151	40	3	0
17	136	186	20	2	0
18	113	137,5	35	0	0
19	148	141	87	7	0
20	201	147	76	7	0
21	146	135	38	0	0
22	129	123	18	1	0
23	137	143	60	5	0

Continuación del apéndice 6.

24	151	143	50	2	0
25	142	158	80	9	0
26	162	133,5	37	1	0
27	155	192	11	0	0
28	135	125,5	14	1	0
29	139	127	90	8	0
30	144	130	65	4	0
31	117	113,5	40	3	0
32	123	126	39	3	0
33	108	108,5	40	3	0
34	124	202	14	5	0
35	128	133	85	8	0
36	128	111	90	9	0
37	162	151	78	13	0
38	177	166	18	0	0
39	142	131	69	9	0
40	134	182	45	0	0
41	149	187	30	0	0
42	169	172	69	1	0
43	113	89	14	0	0
44	129	167	23	0	0
45	113	117,5	13	0	0
46	182	178	40	1	0
47	137	141	50	1	0
48	172	202	39	10	0
49	140	191	45	7	0
50	136	156	72	4	0
51	150	141	76	3	0
52	145	134	78	3	0
53	130	123	78	10	0
54	198	150	40	1	0
55	173	150	39	0	0
56	116	96	9	0	0
57	138	110	90	2	0
58	155	154	64	7	0
59	128	136	39	0	0
60	120	143,5	35	0	0
61	166	180	32	0	0
62	171	190	38	0	0
63	160	150	40	1	0
64	219	166	20	5	0
65	137	136	40	1	0
66	113	140,5	36	0	0
Promedio	148,03	148,38	46,39	3,17	0,00
Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.					

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 105**

Núm. Días	105				
	12/04/2014				
Núm. Plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	137	140	18	1	0
2	254	164	78	2	0
3	178	168	78	4	0
4	151	182	75	6	0
5	205	189	21	3	0
6	183	122,5	36	2	0
7	217	215	54	3	0
8	165	170	65	5	0
9	157	122	28	1	0
10	186	167	105	4	0
11	174	234	82	10	1
12	209	181	65	8	1
13	229	171	120	1	0
14	175	162	34	1	0
15	194,5	196	56	8	0
16	177	168	56	4	0
17	176	203	26	3	0
18	143	154,5	50	1	0
19	188	158	82	8	0
20	224	168	87	8	0
21	186	152	54	1	0
22	171	140	36	2	0
23	179	160	74	6	0
24	193	160	78	3	0
25	184	175	115	10	1
26	202	150,5	45	2	0
27	195	209	26	1	0
28	177	142,5	32	2	0
29	181	144	105	9	1
30	186	147	65	5	0
31	159	130,5	65	4	0
32	165	143	56	4	0
33	150	125,5	54	4	0
34	166	222	23	6	0
35	170	153	92	9	0
36	170	131	110	10	0
37	204	171	94	14	0
38	219	186	22	0	0
39	184	151	78	10	0
40	176	202	58	1	0
41	191	207	34	0	0
42	211	192	76	2	0
43	153	106	26	1	0
44	154	187	56	0	0
45	143	134,5	25	1	0
46	207	198	63	2	0
47	177	158	68	2	0
48	197	233	43	11	0
49	165	212	53	8	0
50	176	173	98	5	0
51	175	162	78	4	0

Continuación del apéndice 7.

52	170	155	89	4	0
53	172	140	107	11	0
54	223	171	65	2	0
55	198	171	46	1	0
56	156	113	21	1	0
57	161	131	110	3	0
58	195	171	68	8	0
59	168	153	47	1	0
60	150	174,5	60	1	0
61	189	201	85	1	1
62	194	211	61	0	0
63	185	164	45	2	0
64	240	187	32	6	0
65	177	153	46	2	0
66	136	171,5	50	1	0
Promedio	182,65	167,73	61,78	4,11	7,58

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración.

Apéndice 8. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 112**

Núm. Días	112				
	19/04/2014				
Núm. Plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	167	143	48	2	0
2	286,5	165	104	3	0
3	221,5	169	118	4	0
4	206	183	105	6	1
5	235	189	47	4	1
6	228,5	123,5	80	5	0
7	247	215	84	4	0
8	208	170	105	5	0
9	221	123	57	1	0
10	236	170	142	6	0
11	217	235	118	10	1
12	259	182	96	8	2
13	279	173	152	3	0
14	230	165	68	4	0
15	243	197	88	10	0
16	241	171	90	5	0
17	240	206	60	4	0
18	207	155,5	79	1	0
19	252	161	116	9	1
20	274	168,5	118	10	1
21	250	155	88	2	0
22	226	143	70	5	0
23	234	161	118	6	0

Continuación del apéndice 8.

24	243	161	122	6	0
25	234	176	159	13	1
26	266	151,5	74	3	0
27	259	212	60	2	0
28	227	143,5	76	5	0
29	231	145	149	12	1
30	236	148	98	8	0
31	209	131,5	98	7	0
32	215	144	89	5	0
33	200	126,5	87	5	0
34	216	223	54	6	0
35	220	154	125	10	0
36	220	132	143	11	1
37	254	171	125	14	1
38	269	186	53	0	0
39	234	152	109	10	1
40	226	203	89	1	0
41	241	208	65	0	0
42	261	193	107	2	0
43	217,5	106	55	1	0
44	197,5	188	92	0	0
45	207	135,5	55	1	0
46	250	199	99	2	0
47	241	159	97	3	0
48	240	233	79	12	1
49	208	212	89	8	0
50	240	174	127	5	0
51	218	162	118	4	0
52	213	155	129	4	0
53	222	143	151	14	1
54	266	174	105	2	0
55	241	174	83	1	1
56	220	113	50	1	0
57	211,5	132	142	5	0
58	250	171	102	9	1
59	232	154	76	1	0
60	205	174,5	90	1	0
61	224	202	117	3	1
62	224	211	87	1	0
63	228	164	81	4	0
64	270	187	58	7	0
65	241	154	75	3	0
66	166	175	80	1	0
Promedio	232,73	168,87	95,55	5,09	22,73

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 119**

Núm. Días	119				
Núm. Plantas	26/04/2014				
	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	177	157	92	8	1
2	298	179	145	7	0
3	230	183	159	8	0
4	216	197	145	9	1
5	254	203	88	8	0
6	237	123	120	8	0
7	257	229	125	7	0
8	212	184	146	8	0
9	221	137	95	5	0
10	254	187	187	9	0
11	234	249	160	11	1
12	269	196	137	7	1
13	289	187	193	3	0
14	240	179	110	7	1
15	249,5	211	123	9	0
16	251	185	132	8	1
17	258	221,5	100	7	0
18	217	173	123	3	0
19	262	176	165	8	0
20	285	186	168	10	1
21	260	169	130	5	0
22	243,5	167	111	5	0
23	244	175	165	9	0
24	253	187	163	9	1
25	243	190	195	12	1
26	276	164	115	5	0
27	269	226	109	7	0
28	245	143	110	8	0
29	244	167,5	200	13	1
30	252	162	115	10	0
31	223	145,5	143	12	1
32	225	158	145	8	0
33	210	143	128	7	1
34	226	237	95	9	0
35	230	168	165	14	0
36	230	146	112	14	0
37	264	178	163	17	1
38	279	203	93	3	0
39	244	166	155	15	1
40	236	217	132	4	0
41	254	222	107	3	0
42	271	207	154	5	0
43	256	120	98	4	0
44	207,5	202	112	3	0
45	234	149,5	98	5	0
46	260	213	134	5	0
47	251	175	143	7	0
48	243	247	120	12	1
49	218	223	137	11	0
50	250	189	172	7	1
51	228	176	164	7	0

Continuación del apéndice 9.

52	229	170	174	14	0
53	232	157	202	19	1
54	289	188	154	7	0
55	251	187	124	6	0
56	230	127	90	4	0
57	220	146	169	8	1
58	260	185	143	12	1
59	242	168	120	3	0
60	215	188,5	134	7	0
61	255,5	216	158	8	0
62	254	225	134	4	1
63	242	176	132	9	0
64	232	222	112	10	0
65	265	168	115	8	0
66	198	190	119	4	0
Promedio	244,23	183,34	136,59	8,06	30,30

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 126**

Núm. Días	126				
	03/05/2014				
Núm. Plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	264	208	132	10	1
2	343	229	184	9	0
3	287	236,5	204	11	0
4	298	245,5	189	11	1
5	300	253	112	12	0
6	300	173	167	11	0
7	327	279	164	10	0
8	265	238,5	185	12	0
9	281	187	134	9	0
10	326	234,6	226	10	0
11	294	232,5	167	14	1
12	340	243,5	176	10	1
13	354	245,5	214	8	0
14	297,5	234	149	12	1
15	330	256	162	12	0
16	317	235	165	11	1
17	201	268	129	9	0
18	276	221,5	162	6	0
19	298	226	204	10	0
20	370	227	207	13	1
21	312	223,5	157	7	0
22	312	221,5	156	9	0
23	304	225	204	12	0

Continuación del apéndice 10.

24	297	237	205	13	1
25	301	239	237	14	1
26	314	213	167	8	0
27	312	276	142	10	0
28	315	193	168	11	0
29	304	220	239	16	1
30	324	212	167	13	0
31	342	203	189	14	1
32	285	208	184	11	0
33	289	194,5	178	10	1
34	286	287	134	12	0
35	312	218	231	17	0
36	324	198,5	147	16	0
37	324	228	185	19	1
38	324	253	127	6	0
39	305,5	216	194	18	1
40	296	267	184	8	0
41	300,5	270	156	8	0
42	331	257	193	8	0
43	304	165	123	7	0
44	307	251,5	158	8	0
45	296	200	143	9	0
46	298,5	284	187	8	0
47	332	225	187	10	0
48	303	297	159	15	1
49	287	279	174	14	0
50	310	245	198	10	1
51	288	236	198	10	0
52	289	234	187	15	1
53	292	207	241	21	1
54	246	238	193	10	0
55	319,5	223	178	9	0
56	295	179	132	6	0
57	298	196	213	11	1
58	204	235	182	12	1
59	300,5	218	159	9	0
60	314	234	171	11	0
61	329,5	254,5	197	10	0
62	311	272	167	9	1
63	302	231	167	12	0
64	334,5	275,5	151	13	1
65	324	215	158	9	0
66	287	237	154	8	0
Promedio	303,80	233,01	175,64	11,08	33,33

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 133**

Núm. Días	133				
	10/05/2014				
Núm. Plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	333,5	231	161	16	1
2	411,5	252	198	12	0
3	369	245	224	16	1
4	365	267	217	15	1
5	370	279,5	142	17	1
6	369,5	200	193	12	0
7	397	285	198	14	0
8	348	256	215	15	0
9	349	213	171	13	0
10	396	268	232	11	0
11	362	258	186	17	1
12	412,5	276	188	13	1
13	424	258	235	11	0
14	364	257	179	13	1
15	401	256	192	14	0
16	387	259	199	12	1
17	274	294,5	173	12	0
18	364	254	194	11	0
19	364	256	234	13	0
20	443	245	221	16	1
21	382	243	179	10	0
22	389	245	186	15	0
23	370	249	234	13	0
24	357	263	239	16	1
25	371	265	267	17	1
26	384	243	199	11	0
27	385	303	179	14	0
28	385	223	204	14	0
29	375,5	241,5	269	19	1
30	394,5	237	197	14	0
31	412	224,5	213	15	1
32	355	237,5	214	13	0
33	359	210	227	13	1
34	361	310	179	15	0
35	387	243	250	18	1
36	398	205	189	19	1
37	392	247,5	226	22	1
38	398	281	167	9	0
39	376	248	217	21	1
40	366	290	214	14	0
41	370,5	293	186	11	0
42	404	275	227	11	0
43	374	198	159	10	0
44	377	278	170	12	0
45	365	232	187	11	0
46	365,5	307	203	11	0
47	405,5	241	205	11	0
48	377	320	171	19	1
49	347	298	201	17	1
50	375,5	265	221	13	1
51	345	267	234	16	0

Continuación del apéndice 11.

52	327	298	200	18	1
53	362	222	271	24	1
54	325	261	234	13	0
55	389,5	239,5	221	12	0
56	365	212	167	9	0
57	367	215	243	14	1
58	274	263	212	15	1
59	367	232,5	194	9	0
60	376	265	205	13	0
61	399,5	254,5	211	13	0
62	381	295	197	11	1
63	371	253,5	189	15	0
64	402	278	176	18	1
65	394	245	198	11	0
66	367	267	182	12	0
Promedio	373,64	255,97	204,45	14,08	40,91

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 140**

Núm. Días	140				
	17/05/2014				
Núm. Plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	359	250	132	15	1
2	413	192	164	11	0
3	384	213	204	15	1
4	380	226	188	14	1
5	390	250,5	118	21	1
6	380	177	172	11	0
7	431	255	174	13	0
8	372	224	186	14	0
9	365	216	185	12	0
10	409	223	198	14	0
11	378	222	157	16	1
12	419	240	164	12	1
13	437	202	201	10	0
14	390,5	234	158	7	1
15	432	200	158	10	0
16	402,5	250	167	11	1
17	285	285,5	141	8	0
18	376,5	213	208	10	0
19	386	233	236	12	0
20	456	189	187	15	1
21	395	246	147	9	0
22	412	222	165	14	0
23	383	226	213	12	0

Continuación del apéndice 12.

24	369,5	240	180	15	1
25	384	242	246	19	1
26	397	246	167	5	0
27	398	280	181	13	1
28	398	230	183	13	0
29	395	249,5	245	12	1
30	415,5	245	173	13	0
31	425	232,5	189	14	1
32	368	245,5	190	9	0
33	381	171	203	12	1
34	374	274	150	14	0
35	400	204	226	13	1
36	411	166	165	18	1
37	405	211,5	202	21	1
38	203	245	143	8	0
39	390	212	193	16	1
40	368,5	254	190	19	0
41	393	257	157	10	0
42	417	239	198	10	0
43	377	157	173	5	0
44	390	242	141	16	0
45	380	191	201	10	0
46	389	271	174	10	0
47	420	244	173	10	0
48	390	291	142	18	1
49	368,5	266	172	16	1
50	389	268	189	10	1
51	360,5	235	205	15	0
52	357,5	266	135	17	1
53	385,5	229	250	23	1
54	351	229	200	12	0
55	406	194,5	187	11	0
56	394	171	181	8	0
57	378,5	170	209	21	1
58	287	240	214	14	1
59	399	235,5	162	8	0
60	394	224	176	12	0
61	412,5	198,5	177	12	0
62	394	239	163	17	1
63	384	221,5	160	14	0
64	423	218	109	22	1
65	409	248	166	9	0
66	365	299	153	8	0
Promedio	386,84	228,66	179,64	13,14	42,42

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 147**

Núm. Días	147				
	24/05/2014				
Núm. Plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	390	265	206	16	1
2	442	206	219	11	0
3	425	218,5	255	15	1
4	414	229	236	14	1
5	419	265	193	21	1
6	414	189	227	11	0
7	482	264	230	14	1
8	406	228,5	241	16	1
9	410	222,5	240	11	0
10	441	232	253	14	1
11	412	231	212	16	1
12	453	249	216	12	1
13	482	214	256	8	0
14	434	238	225	7	1
15	443	217	236	7	0
16	436,5	265	210	14	1
17	319	288,5	188	8	0
18	406,5	224	264	10	0
19	420	238	305	12	0
20	499	198	243	15	1
21	449	249	202	9	0
22	446	231	243	13	1
23	417	235	268	12	0
24	380,5	249	235	13	1
25	418	251	289	14	1
26	431	255	222	5	0
27	408	289	233	13	1
28	432	241	261	13	0
29	429	258,5	279	12	1
30	449,5	254	228	13	0
31	468	241,5	244	14	1
32	402	255	228	9	0
33	424	186	258	10	1
34	408	283	202	16	1
35	439	211	260	15	1
36	445	182	220	18	1
37	443	221	257	21	1
38	241,5	254	185	13	0
39	424	221	248	16	1
40	400	263	245	17	1
41	405	266	212	10	0
42	424	242	276	10	0
43	418	169	224	5	0
44	422	251	194	15	0
45	404	200	253	11	0
46	434	280	243	6	0
47	476	253	228	10	0
48	424	300	220	18	1
49	400	275	225	16	1
50	443	282	249	8	1
51	395	244	260	15	0

Continuación del apéndice 13.

52	384	275	190	17	1
53	398	238	273	27	1
54	405	243	267	17	1
55	444	199	242	11	0
56	428	180	259	7	0
57	390,5	179	245	21	1
58	321	242	281	14	1
59	433	239	217	8	0
60	432	239	230	12	0
61	427,5	203	258	12	0
62	428	248	231	17	1
63	427	230,5	212	14	0
64	477	227	143	23	1
65	437	254	216	7	0
66	397	310	208	8	0
Promedio	420,98	237,76	235,84	13,16	53,03

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 14. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 154**

Núm. Días	154				
Núm. Plantas	31/05/2014				
	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	450	268	220	16	1
2	502	218	224	12	1
3	504	224,5	265	16	1
4	467	229	239	14	1
5	479	269	194	21	1
6	489,5	191	232	12	0
7	510	266	233	16	1
8	439	229	250	17	1
9	470	223	245	11	0
10	521	232	267	15	1
11	488	231	217	17	1
12	513	251	222	12	1
13	542	215	261	11	0
14	494	244	230	11	1
15	494,5	221	241	8	0
16	449	267	215	14	1
17	379	290	193	13	1
18	467	226	266	10	0
19	496,5	240	310	13	1
20	583	205	245	16	1
21	509	250	202	10	0
22	469	242	250	14	1
23	495,5	236	273	13	0

Continuación del apéndice 14.

24	420	251	240	14	1
25	478	252	294	14	1
26	519	257	227	8	0
27	468	300	242	14	1
28	464	243	266	14	0
29	489	259	283	13	1
30	469	252	243	14	1
31	528	243	249	15	1
32	462	257	231	10	0
33	484	186	260	11	1
34	468	285	204	17	1
35	537	211,5	264	16	1
36	505	182	225	17	1
37	464	221,5	266	21	1
38	274	256	185	14	1
39	439	227	253	17	1
40	460	263	249	16	1
41	430,5	268	217	11	1
42	484	248	277	11	0
43	478	171	226	9	0
44	482	252,5	197	16	1
45	464	202	257	11	1
46	520	281	246	9	0
47	536	252	229	12	1
48	446	307	235	18	1
49	460	277	233	17	1
50	466	283	259	10	1
51	473	246	260	15	1
52	444	276	195	18	1
53	458	239	276	28	1
54	465	243	272	17	1
55	475	211	248	11	0
56	504	180	264	8	0
57	422,5	181	246	22	1
58	381	242,5	289	15	1
59	493	240	222	9	0
60	496	241	235	13	1
61	464	220	259	14	1
62	517	252	236	18	1
63	474,5	232,5	214	15	1
64	522,5	229	148	24	1
65	480	254,5	221	8	0
66	455	321	214	8	0
Promedio	476,48	240,44	240,86	14,19	72,73

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 15. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 161**

Núm. Días	161				
Núm. Plantas	07/06/2014				
	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	454	309	274	20	1
2	509	296	284	19	1
3	507	253	346	19	1
4	471	305	335	17	1
5	487	310	241	25	1
6	493	232	292	14	0
7	516	299,5	311	19	1
8	446,5	270	316	21	1
9	476	264	279	14	1
10	525	273	366	18	1
11	491	272	277	20	1
12	517	283	318	14	1
13	546	289	339	13	0
14	498	285	275	14	1
15	498	299	311	9	0
16	456	308	275	15	1
17	380,5	313	253	14	1
18	474	304,5	326	14	1
19	499	252	370	15	1
20	586	283	295	21	1
21	511	306,5	236	13	0
22	477	283	305	17	1
23	505	268	371	14	0
24	424	280	300	17	1
25	483,5	283,5	354	16	1
26	523	311	284	10	0
27	472	341	320	17	1
28	468	252	326	19	1
29	493	324	335	19	1
30	470,5	293	303	14	1
31	532	249	309	20	1
32	466	329	291	12	0
33	488	227	320	14	1
34	472	326	226	17	1
35	541	244	324	19	1
36	518	223	280	18	1
37	468	241	326	26	1
38	278	297	272	14	1
39	454	257,5	287	23	1
40	464	304	337	22	1
41	433	309	277	16	1
42	485,5	273,5	310	14	0
43	479,5	207	286	13	0
44	485	286	257	19	1
45	470	247	317	13	1
46	524	317,5	345	11	0
47	540	293	252	17	1
48	454	385	279	21	1
49	464	318	293	20	1
50	470	315,5	303	15	1
51	477	290,5	320	19	1

Continuación del apéndice 15.

52	451	317	229	21	1
53	462	280	300	34	1
54	472	284	300	17	1
55	479	234	346	14	0
56	511	217	324	11	0
57	424	207	321	25	1
58	385	266	368	18	1
59	497	281	278	13	0
60	500	280	290	15	1
61	470	295	282	16	1
62	521	297	296	19	1
63	477	257	274	18	1
64	524	263	182	29	1
65	481	295	281	10	0
66	462	328	312	10	0
Promedio	481,14	282,18	300,28	17,25	77,27

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 16. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 168**

Núm. Días	168				
	14/06/2014				
Núm. Plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	457	349	288	22	1
2	511	334	300	17	1
3	509	294	358	19	1
4	472	343	349	17	1
5	488	335	252	25	1
6	494	273	299	13	1
7	517	340,5	323	18	1
8	447	338	321	21	1
9	477	301	295	14	1
10	526	314	382	16	1
11	492	321	291	21	1
12	518	314,5	330	15	1
13	547	335	353	11	0
14	498	326	283	16	1
15	499	334	323	9	0
16	457	349	290	17	1
17	382	345,5	265	16	1
18	473	345	341	13	1
19	501	287,5	382	16	1
20	589	324	310	20	1
21	512	347	248	15	1
22	477	330	321	17	1
23	506	306	383	15	1

Continuación del apéndice 16.

24	426	321	310	17	1
25	484	324	366	16	1
26	525	347	292	10	0
27	473	382	337	17	1
28	470	293	335	18	1
29	494	372	340	18	1
30	471	334	315	15	1
31	533	297	321	21	1
32	467	378	297	13	1
33	491	268	332	13	1
34	473	367	235	18	1
35	542	285	336	21	1
36	521	255	282	18	1
37	471	282	338	28	1
38	278	338	288	14	1
39	456	289	306	21	1
40	464	372	348	22	1
41	434	368	289	16	1
42	486	308	320	15	1
43	481	239	297	12	1
44	486,5	327	269	20	1
45	472	291	329	13	1
46	524	358	360	13	1
47	540,5	334	267	17	1
48	455	426	292	20	1
49	465	383	298	21	1
50	470,5	356	315	14	1
51	478	347	326	18	1
52	452	358	241	19	1
53	463,5	312	312	35	1
54	473	325	304	16	1
55	482	266,5	358	13	1
56	513	258	338	10	0
57	427	251	332	24	1
58	386	307	380	19	1
59	498	322	290	13	1
60	500	321	302	16	1
61	472	332	299	14	1
62	524	338	311	18	1
63	477	309	286	16	1
64	525	279	194	28	1
65	481	332	293	9	0
66	463	364	326	10	0
Promedio	482,39	323,52	312,09	17,23	90,91
Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.					

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 17. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 175**

Núm. Días	175				
	21/06/2014				
Núm. Plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	466	371	312	22	1
2	520	357	321	17	1
3	514	318	379	20	1
4	477	362	380	18	1
5	497	359	279	22	1
6	504	295	322	16	1
7	521	388	344	18	1
8	461	362	327	21	1
9	496	322	316	15	1
10	541	338	403	16	1
11	501	333	303	21	1
12	519	338,5	353	15	1
13	566	359	361	11	0
14	511	347,5	304	16	1
15	518	346	338	10	0
16	466	373	316	17	1
17	386,5	348	293	14	1
18	484	374	362	14	1
19	510	326	403	15	1
20	602	337	331	20	1
21	517,5	352	273	16	1
22	489	354	352	16	1
23	517	328	404	14	1
24	435	350	331	17	1
25	493	342	393	15	1
26	534	362	316	11	0
27	485	427	358	17	1
28	485	317	366	21	1
29	500,5	389,5	361	18	1
30	480	358	343	16	1
31	539,5	299	342	21	1
32	485	421	318	14	1
33	500	280	353	13	1
34	482	368	260	18	1
35	551	309	363	21	1
36	530	299	303	18	1
37	480	306	359	28	1
38	293	360	312	14	1
39	461,5	319	332	21	1
40	473	396	371	22	1
41	445	390,5	314	17	1
42	495	332	341	16	1
43	490	264	318	12	1
44	498	351	284	20	1
45	482	304	350	13	1
46	534	377	381	16	1
47	548	346	288	17	1
48	464	462	305	20	1
49	474	407	313	22	1
50	480	364	342	14	1
51	484	369	333	18	1

Continuación del apéndice 17.

52	456	382	259	21	1
53	479	332	337	28	1
54	484	349	319	17	1
55	497	291	371	12	1
56	521	282	359	11	0
57	436	275	343	22	1
58	395	331	401	20	1
59	505	346	311	13	1
60	514	347	323	17	1
61	475	373	320	14	1
62	533	382	323	12	1
63	486	354	307	16	1
64	544	303	219	23	1
65	488	361	314	10	0
66	480	388	347	12	0
Promedio	492,35	346,94	333,09	17,19	90,91

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 18. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 182**

Núm. Días	182				
	28/06/2014				
Núm. Plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	482	338	360	20	0
2	526	334	399	19	1
3	528	307	427	20	1
4	489	326	421	18	1
5	531	314	346	20	0
6	512	259	345	18	1
7	555	343	386	20	1
8	476	353	359	21	1
9	530	286	364	15	1
10	577	338	492	17	1
11	515	268	381	20	1
12	533	334	419	19	1
13	583	303	373	16	0
14	518	344	382	16	1
15	532	322	386	19	0
16	478	384,5	383	17	1
17	432	283	327	14	1
18	493	376	416	15	1
19	522	326	451	17	1
20	616	315	379	17	1
21	529,5	316	338	14	1
22	503	318	356	16	1

Continuación del apéndice 18.

23	529	292	408	18	1
24	443,5	274	409	16	1
25	506	318,5	441	18	1
26	548	326	328	15	0
27	499	362	402	17	1
28	497	316	377	19	1
29	511,5	322	409	19	1
30	491	322	391	17	1
31	553,5	254	400	18	1
32	499	385	385	18	1
33	511	290	409	17	1
34	515	332	308	18	1
35	536	331	418	22	1
36	547	263	389	20	1
37	481	275	407	25	1
38	316	335	360	16	1
39	476	314,5	350	21	1
40	485	360	419	26	1
41	459	367	348	17	1
42	506	296	389	19	1
43	492	264	385	17	1
44	501	315	328	21	1
45	500	248	428	16	1
46	538	347	458	16	1
47	561	290	354	17	1
48	509	406	371	19	1
49	488	407	389	22	1
50	495,5	328	365	16	1
51	496	304	381	18	1
52	473	346	281	21	1
53	485	332	385	24	0
54	506	273	342	18	1
55	511	255	449	15	1
56	526	215	437	15	0
57	442,5	239	366	23	1
58	406	255	413	17	1
59	515	358	359	14	1
60	528	271	371	17	1
61	482	337	353	17	1
62	547	326	346	16	1
63	500	318	355	19	1
64	587	269	267	19	1
65	502	325	362	15	0
66	491	352	425	15	0
Promedio	507,17	314,46	381,56	18,14	86,36

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 19. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 189**

Núm. Días	189				
Núm. Plantas	05/07/2014				
	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	483	304	306	19	0
2	530	322	405	19	1
3	530	275	392	21	1
4	489	315	427	17	1
5	543,5	302	362	19	0
6	513,5	247	288	17	1
7	567	301	392	19	1
8	474	341	377	21	1
9	528	269	288	17	1
10	574	304	436	17	1
11	519	256	395	20	1
12	535	339	416	19	1
13	585	291	307	16	0
14	521	342,5	346	17	1
15	534,5	301	330	18	0
16	480	372,5	404	17	1
17	437	260	268	11	1
18	493	374	338	14	1
19	525	315	402	17	1
20	615,5	307	375	17	1
21	535,5	317	344	17	1
22	505,5	296	301	17	1
23	531	280	411	19	1
24	445	255	416	18	1
25	508	306,5	447	18	1
26	546	318	334	13	0
27	501	354	343	17	1
28	499	304	311	17	1
29	512	307	412	19	1
30	502	313	336	17	1
31	555	242	405	19	1
32	510	382	339	19	1
33	507	275	415	18	1
34	519	326	320	18	1
35	533	297	363	22	0
36	555	263	392	21	1
37	487	263	419	25	0
38	312	333	361	17	1
39	478	302,5	359	21	1
40	484	326	422	24	0
41	457	349	348	18	1
42	508	280	405	21	1
43	497	252	391	17	1
44	503	303	334	21	1
45	501	248	395	16	1
46	542	313	405	16	1
47	560	294	285	18	1
48	512	369	332	19	1
49	490	401	405	22	1
50	496	328	376	16	1
51	498	301	314	18	1

Continuación del apéndice 19.

52	470	339	300	22	0
53	487	310	388	21	0
54	508	266	348	18	1
55	508	246	391	14	1
56	528	210	372	14	0
57	441	221	322	21	0
58	408	252,5	374	19	1
59	517	354,5	316	15	1
60	529	262	305	18	1
61	484	304	294	16	1
62	551	358,5	280	15	1
63	502	306	358	19	1
64	588	274	276	19	1
65	504	311	362	13	0
66	493	326	380	14	0
Promedio	509,17	302,18	359,66	18,14	78,79

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 20. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 196**

Núm. Días	196				
Núm. Plantas	12/07/2014				
	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	472	283	288	20	0
2	527	303	387	21	0
3	509	242	380	23	0
4	479	292	414	18	1
5	532	290	341	16	0
6	494	224	270	21	1
7	546	287	358	20	0
8	465	296	359	22	1
9	516	246	270	21	0
10	562	293	414	22	0
11	507	235	377	22	0
12	524	316	398	21	1
13	576	268	289	19	0
14	504	319	326	18	1
15	513	293	312	20	0
16	468	349	392	17	1
17	425	237	259	15	1
18	489	351	322	18	0
19	511	283	381	19	0
20	605	284	364	19	1
21	524	285	326	17	1
22	493	251	283	14	1

Continuación del apéndice 20.

23	514	247	393	21	0
24	433	223	394	20	0
25	497	283	429	20	0
26	534	295	316	14	0
27	485	321	325	20	0
28	484,5	276	293	18	0
29	500	296	394	22	0
30	490	292	324	19	0
31	543	219	387	19	1
32	498	347,5	322	16	1
33	494	263	397	20	1
34	507	303,5	281	20	1
35	526	274	351	28	0
36	546	248	374	23	0
37	466	240	401	26	0
38	300	310	339	19	1
39	471	281	336	22	0
40	473	303	411	29	0
41	445	326	330	20	1
42	496	247	387	21	0
43	487	220	373	21	1
44	491	280	321	21	0
45	495	226,5	377	20	0
46	538	297	393	18	1
47	548	271	267	18	1
48	500	323	298	19	1
49	478	390	387	24	0
50	480	307	367	21	0
51	495	279	296	23	0
52	459	310	282	24	0
53	475	298	367	26	0
54	492	222	330	22	0
55	497	223	373	16	1
56	516	189	365	17	0
57	433	208	304	23	0
58	396	229	356	22	0
59	502,5	331	293	19	1
60	517	240	292	21	0
61	472	295	280	20	1
62	530	331	258	18	1
63	495	283	344	21	0
64	585	265	258	17	1
65	488	279	339	13	0
66	479	300	361	16	0
Promedio	497,27	278,74	341,80	20,17	37,88

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 21. **Datos recolectados de la muestra de plantas de apazote medidas en el día 203**

Núm. Días	203				
	19/07/2014				
Núm. Plantas	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Núm. hojas	Núm. ramas	% semillas
1	461	283	224	16	0
2	515	301	320	7	0
3	506	239	313	17	0
4	465	292	351	14	0
5	524	290	307	12	0
6	482	221	227	17	0
7	527	287	325	11	0
8	447	295	325	19	0
9	510	242	201	13	0
10	556	291	402	16	0
11	495	230	310	11	0
12	506	312	364	17	0
13	568	266	222	15	0
14	500,5	315	259	11	1
15	511	293	227	16	0
16	452	347	349	16	0
17	413	232	214	14	0
18	469	350	260	16	0
19	508	282	314	17	0
20	593	283	310	12	1
21	512	283	228	16	0
22	477,5	248,5	205	12	0
23	502	245	371	13	0
24	418	221	317	16	0
25	485	282	362	14	0
26	522	293	261	13	0
27	473	317	281	16	0
28	483	271	227	14	0
29	481	290,5	304	15	0
30	489	292	270	7	0
31	525	219	332	15	0
32	486	345	255	12	1
33	482	261	343	11	1
34	495	302	214	10	1
35	514	273	252	24	0
36	527	247	308	16	0
37	448	236	313	17	0
38	288	307	263	15	0
39	459	278	302	18	0
40	456	298	364	21	0
41	433	324	304	15	0
42	484	246	320	17	0
43	472,5	218	306	17	0
44	478	278	233	17	0
45	480	226	279	18	0
46	526	297	360	14	1
47	536	269	189	14	0
48	481	323	254	15	0
49	471	389	320	16	0
50	468	305	300	17	0
51	476	278	251	19	0

Continuación del apéndice 21.

52	447	307	215	10	0
53	458	296	311	19	0
54	480	219,5	301	13	0
55	483	220,5	329	14	0
56	503	187	302	16	0
57	421	207	214	19	0
58	384	227	291	21	0
59	501	327	239	11	1
60	505	240	230	15	0
61	465	293	191	11	1
62	525	331	191	14	0
63	476	276	288	12	0
64	583	265	182	13	0
65	474	276,5	272	13	0
66	460	298	300	14	0
Promedio	485,43	276,70	281,19	14,83	12,12

Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 22. Observaciones de la planta apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) durante su ciclo de vida

Días	Observaciones
63	Las hojas son redondas y ovaladas de color verdes rojizas y también de color amarillo rojizo, el tallo es corto y rojizo.
70	Hojas más alargadas y con pequeñas aserraduras color verde. Las hojas amarillas rojizas se tornan verdes y el tallo se torna verde
77	Tallo con más anchura y más alto. Ápice con muchas hojas muy pequeñas y con contorno aserrado. El tono de las hojas y tallo pasa a verde brillante
84	El tallo se recubre de hojas muy pequeñas de donde nace luego una rama, las hojas pequeñas sobre el tallo son entre redondas y ovaladas.
91	Las hojas en el ápice cambian empiezan a nacer con forma alargada, delgada y muy aserrada.
98	Sobre el tallo en las partes donde muchas hojas pequeñas se agruparon se desarrollan ramas.
105	Sobre el ápice se distingue la aparición de semillas verdes amarillas pegadas al tallo en donde nacen las hojas
112	Las semillas empiezan a distinguirse en muchas otras plantas sobre el ápice
119	Las semillas empiezan a nacer en todas las coyunturas en donde hay una rama.
126	El tallo presenta una gran cantidad de hojas de pequeño tamaño, en las coyunturas de las ramas se observa una gran cantidad de semillas de color verde.
133	En el ápice las hojas se presentan más alargadas y acerradas firmemente sujetadas de color verde vivo, algunas hojas de la base del tallo se secan, el tallo cambia de color tornándose más oscuro.
140	Las hojas más grandes y más viejas que están más próximas al suelo se secan y se caen. Se llevan consigo tallo y semillas
147	Nace gran cantidad de hojas nuevas en las coyunturas de las ramas y el tallo nuevamente se llena de hojas pequeñas
154	La hojas más grandes que se secaron lentamente en la base de la planta se caen y nacen muchas hojas de forma alargada, delgadas y aserradas arriba y otras más pequeñas y ovaladas en todo el tallo.

Continuación del apéndice 22.

161	Las semillas se amontonan una sobre otra y en mucha mayor presencia sobre la punta del ápice, estas semillas se presentan de color verde pero más oscuro y también café claro, muchas de las hojas tienen apariencia de estar secas y el tallo se observa mucho más robusto.
168	Las semillas cambian de coloración a un color entre más café y tiene una apariencia de estar secas, muchas de las hojas de a base también se presentan secas, las semillas se desprenden de la planta fácilmente y el viento bota algunas
175	Las hojas de la base que se encuentran secas se caen y las semillas de la base y partes del ápice también se caen fácilmente, las semillas cambian su coloración a un color entre café y negras. La parte superior de la planta empieza a encorvarse.
182	Las semillas de la base y las hojas en su mayoría se han caído de la planta con la fuerza del aire, lentamente la planta se queda sin hojas, únicamente en el ápice se observan algunas hojas aun vivas
189	Las hojas del ápice empiezan a secarse y el ápice también; las semillas se caen fácilmente de la planta y el tallo cambia de coloración a verde más claro y café, las ramas se tornan quebradizas.
196	Todas las hojas de la base caen juntamente con algunas ramas y el tallo se ve seco y sin vida, aún está cubierto de hojas, pero secas y de muy pequeño tamaño y algunas semillas
203	La planta se seca y pierde sus hojas más grandes, el viento se llevó sus semillas y se ve quemada, tiesa y sin vida.
Datos obtenidos en terreno situado sobre el km 22 de la carretera a San Miguel Petapa, Villa Canales del municipio de Villa Canales, Guatemala. Error muestral 12 %.	

Fuente: elaboración propia.

Datos obtenidos en el proceso de separación (baño maría) del hexano en la mezcla formada con aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) obtenida del proceso de hidrodestilación

Apéndice 23. **Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra A1 (98 días)**

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
14	56	896	12,93
15	11	911	12,35
15	22	922	12,05
15	32	932	11,89
15	42	942	11,66
15	52	952	11,37
16	2	962	11,2
16	12	972	11,11
16	22	982	11,05
Tara vial (g)			10,8100

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIEXVE-.

Apéndice 24. **Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra A2 (98 días)**

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
12	22	742	11,43
12	29	749	11,07
12	37	757	10,82
12	41	761	10,82
12	51	771	10,64
12	57	777	10,59
13	7	787	10,58
Tara vial (g)			10,4321

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIXVE-.

Apéndice 25. **Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra A3 (98 días)**

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
15	36	936	3,1898
15	46	946	3,1898
15	56	956	3,1726
16	0	960	3,1579
16	10	970	3,1343
16	14	974	3,1206
16	24	984	3,1072
16	26	986	3,0975
16	36	996	3,088
16	38	998	3,078
16	48	1 008	3,0672
16	51	1 011	3,0567
17	1	1 021	3,0456
17	11	1 031	3,0312
17	21	1 041	3,0212
17	31	1 051	3,019
17	40	1 060	3,018
Tara vial (g)			2,9400

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIXVE-.

Apéndice 26. Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra A4 (98 días)

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
18	20	1 100	3,72
18	30	1 110	3,65
18	40	1 120	2,28
18	50	1 130	3,03
19	0	1 140	3,03
Tara vial (g)			2,9430

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIEXVE-.

Apéndice 27. Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra A5 (98 días)

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
13	36	816	8,3281
13	46	826	8,2777
13	56	836	8,2291
14	6	846	8,168
14	16	856	8,1257
14	26	866	8,0904
14	36	876	8,0271
15	9	909	6,3499
15	19	919	6,2935
15	29	929	6,2377
15	39	939	6,1868
15	49	949	6,1563
15	59	959	6,1194
16	14	974	6,065
16	24	984	6,0275
16	34	994	5,9655
16	49	1009	5,9294
16	59	1019	5,8984
17	9	1029	5,8662
17	19	1039	5,8269
17	29	1049	5,7999
17	39	1059	5,7661
17	49	1069	5,7407
17	59	1079	5,7118
18	10	1090	5,683
7	2	422	5,678
7	12	432	5,6558
7	22	442	5,6351
7	32	452	5,6156
7	42	462	5,5939
7	52	472	5,5774
8	2	482	5,5646
8	12	492	5,5491

Continuación del apéndice 27.

8	22	502	5,536
8	32	512	5,5242
8	42	522	5,5148
8	52	532	5,5044
9	2	542	5,4973
9	12	552	5,491
9	22	562	5,4852
9	32	572	5,48
9	42	582	5,4762
9	52	592	5,4722
10	2	602	5,4693
10	12	612	5,4661
Tara vial (g)			5,2323

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIXVE-.

Apéndice 28. Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra A6 (98 días)

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
15	41	941	6,7694
15	51	951	6,723
16	1	961	6,6802
16	15	975	6,6139
16	25	985	6,5715
16	35	995	6,5306
16	52	1012	6,4721
17	2	1022	6,4335
17	12	1032	6,3877
17	22	1042	6,3504
17	32	1052	6,3139
17	42	1062	6,2679
17	52	1072	6,2418
18	2	1082	6,2057
18	12	1092	6,1239
7	6	426	6,1252
7	16	436	6,1131
7	26	446	6,0812
7	36	456	6,0446
7	46	466	6,0119
7	56	476	5,9803
8	6	486	5,9476
8	16	496	5,9195
8	26	506	5,8909
8	46	526	5,8275
8	56	536	5,8062
9	6	546	5,7795
9	26	566	5,7262
9	36	576	5,7015
9	46	586	5,679

Continuación del apéndice 28.

9	56	596	5,6592
10	6	606	5,6376
10	16	616	5,6152
10	26	626	5,5983
10	36	636	5,5789
10	46	646	5,5599
10	56	656	5,5425
11	6	666	5,525
11	16	676	5,5098
11	26	686	5,4975
11	36	696	5,4873
11	46	706	5,4774
11	56	716	5,4708
12	6	726	5,463
12	26	746	5,4524
12	36	756	5,4484
12	46	766	5,4452
12	56	776	5,4423
Tara vial (g)		5,2266	

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIEXVE-.

Apéndice 29. Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra B1 (126 días)

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
17	12	1 032	7,9531
17	22	1 042	7,9276
17	32	1 052	7,8975
17	42	1 062	7,859
17	52	1 072	7,821
18	2	1 082	7,7839
18	17	1 097	7,725
18	28	1 108	7,6823
13	32	812	7,6528
13	42	822	7,6177
13	52	832	7,5808
14	2	842	7,5426
14	12	852	7,5024
14	22	862	7,4654
14	32	872	7,4266
14	42	882	7,3955
15	16	916	5,6702
15	26	926	5,6348
15	36	936	5,6091
15	46	946	5,5775
15	56	956	5,5528
16	6	966	5,5303
16	16	976	5,5082
16	32	992	5,4789

Continuación del apéndice 29.

16	42	1 002	5,4614
16	52	1 012	5,4429
17	2	1 022	5,4303
17	12	1 032	5,4134
17	22	1 042	5,3998
17	2	1 052	5,392
17	42	1 062	5,3845
17	52	1 072	5,3788
18	2	1 082	5,3718
18	12	1 092	5,3655
7	1	421	5,3657
7	11	431	5,3628
7	21	441	5,3587
7	31	451	5,3557
7	41	461	5,354
13	52	832	7,9531
14	2	842	7,9276
14	12	852	7,8975
14	22	862	7,859
14	32	872	7,821
Tara vial (g)			5,0934

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIXVE-.

Apéndice 30. Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra B2 (126 días)

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
15	12	912	6,065
15	22	922	6,023
15	32	932	6,0043
15	42	942	5,9714
15	52	952	5,9267
15	56	956	5,9157
16	6	966	5,8924
16	16	976	5,8677
16	33	993	5,8273
16	43	1 003	5,8025
16	53	1 013	5,7787
17	3	1 023	5,7541
17	13	1 033	5,7296
17	23	1 043	5,707
17	33	1 053	5,684
17	43	1 063	5,6667
17	53	1 073	5,6508
18	3	1 083	5,6339
18	13	1 093	5,6182
7	4	424	5,6171
7	14	434	5,607
7	24	444	5,5971

Continuación del apéndice 30.

7	34	454	5,5881
7	44	464	5,5818
7	54	474	5,574
8	4	484	5,5677
8	14	494	5,563
8	24	504	5,559
8	34	514	5,5537
8	44	524	5,551
Tara vial (g)			5,1555

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIEXVE-.

Apéndice 31. Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra B3 (126 días)

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
7	52	472	6,5698
8	2	482	6,5197
8	12	492	6,4594
8	22	502	6,4153
8	32	512	6,3568
8	42	522	6,3185
8	52	532	6,2707
9	2	542	6,2077
9	22	562	6,1163
9	32	572	6,0716
9	45	585	6,0184
9	55	595	5,9778
10	5	605	5,9298
10	15	615	5,8824
10	35	635	5,8086
10	45	645	5,7719
10	55	655	5,738
11	5	665	5,7008
11	15	675	5,6656
11	25	685	5,6402
11	35	695	5,6098
11	45	705	5,5793
11	55	715	5,5542
12	5	725	5,53
12	25	745	5,4854
12	35	755	5,4673
12	45	765	5,4519
12	55	775	5,4359
13	5	785	5,4243
13	15	795	5,4129
13	25	805	5,4034
13	35	815	5,3954

Continuación del apéndice 31.

13	45	825	5,3896
13	55	835	5,3838
14	5	845	5,3795
14	15	855	5,3753
14	25	865	5,3714
Tara vial (g)			5,0977

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIEXE-.

Apéndice 32. Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra B4 (126 días)

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
8	9	489	7,112
8	19	499	7,0665
8	29	509	7,0231
8	39	519	6,9689
8	49	529	6,9242
8	59	539	6,8795
9	9	549	6,8413
9	19	559	6,7993
9	39	579	6,7088
9	49	589	6,6727
9	59	599	6,6333
10	9	609	6,5954
10	19	619	6,5517
10	39	639	6,4773
10	49	649	6,4366
10	59	659	6,3949
11	9	669	6,3573
11	19	679	6,3181
11	29	689	6,2823
11	39	699	6,2463
11	49	709	6,2063
11	59	719	6,1668
12	39	759	6,0151
12	49	769	5,9919
12	59	779	5,9519
13	9	789	5,9287
13	19	799	5,8934
13	29	809	5,8647
13	39	819	5,8283
13	49	829	5,7997
13	59	839	5,7743
14	9	849	5,7425
14	29	869	5,6933
14	39	879	5,666
14	49	889	5,6418
14	59	899	5,6157
15	19	919	5,5693

Continuación del apéndice 32.

15	49	949	5,5114
15	59	959	5,4964
16	9	969	5,481
16	19	979	5,4676
16	29	989	5,4558
16	39	999	5,4458
16	49	1 009	5,4371
7	2	422	5,432
7	12	432	5,415
7	22	442	5,4084
7	32	452	5,4048
7	42	462	5,4014
7	52	472	5,397
8	2	482	5,3945
Tara vial (g)			5,0914

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIEXVE-.

Apéndice 33. Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra B5 (126 días)

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
9	11	551	6,3122
9	31	571	6,2422
9	42	582	6,2064
9	52	592	6,1672
10	2	602	6,1354
10	12	612	6,1003
10	22	622	6,0666
10	32	632	6,0351
10	42	642	6,0016
10	52	652	5,9692
11	2	662	5,9365
11	12	672	5,8994
11	22	682	5,8674
11	32	692	5,8402
11	42	702	5,807
11	52	712	5,7792
12	2	722	5,7527
12	22	742	5,6984
12	42	762	5,6468
12	52	772	5,6228
13	2	782	5,5995
13	12	792	5,5743
13	22	802	5,5593
13	32	812	5,54
13	42	822	5,521
13	52	832	5,5064
14	2	842	5,4923
14	12	852	5,4783

Continuación del apéndice 33.

14	22	862	5,4692
14	32	872	5,4582
14	42	882	5,4486
14	52	892	5,4411
15	12	912	5,4299
15	22	922	5,4254
15	52	952	5,4163
16	2	962	5,4128
16	12	972	5,4115
9	11	551	6,3122
9	31	571	6,2422
9	42	582	6,2064
9	52	592	6,1672
10	2	602	6,1354
10	12	612	6,1003
10	22	622	6,0666
10	32	632	6,0351
10	42	642	6,0016
10	52	652	5,9692
11	2	662	5,9365
11	12	672	5,8994
11	22	682	5,8674
11	32	692	5,8402
11	42	702	5,807
11	52	712	5,7792
12	2	722	5,7527
12	22	742	5,6984
12	42	762	5,6468
12	52	772	5,6228
13	2	782	5,5995
13	12	792	5,5743
13	22	802	5,5593
13	32	812	5,54
13	42	822	5,521
13	52	832	5,5064
14	2	842	5,4923
14	12	852	5,4783
Tara vial (g)			5,1765

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIXVE-.

Apéndice 34. Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra B6 (126 días)

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
10	30	630	7,1832
10	40	640	7,1341
10	50	650	7,0821
11	0	660	7,0343
11	10	670	6,9878

Continuación del apéndice 34.

11	20	680	6,9345
11	30	690	6,889
11	40	700	6,8428
11	50	710	6,7887
12	0	720	6,742
12	20	740	6,6568
12	40	760	6,5676
12	50	770	6,5253
13	0	780	6,4843
13	10	790	6,447
13	20	800	6,4055
13	30	810	6,367
13	40	820	6,3245
13	50	830	6,286
14	0	840	6,2459
14	10	850	6,2007
14	30	870	6,121
14	40	880	6,0897
14	50	890	6,0527
15	10	910	5,9773
15	20	920	5,9397
15	50	950	5,839
16	0	960	5,8042
16	10	970	5,7723
16	20	980	5,7412
16	30	990	5,7101
16	40	1000	5,6778
16	50	1010	5,651
7	1	421	5,6321
7	21	441	5,5935
7	31	451	5,5714
7	41	461	5,547
7	51	471	5,5276
8	1	481	5,5079
8	11	491	5,4912
8	21	501	5,4756
8	31	511	5,4603
8	41	521	5,4499
8	51	531	5,436
9	1	541	5,4235
9	11	551	5,4152
9	21	561	5,4057
9	31	571	5,3995
9	41	581	5,3942
9	51	591	5,389
10	1	601	5,3844
10	11	611	5,3817
Tara vial (g)			5,1057

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIEXVE-.

Apéndice 35. **Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra C1 (154 días)**

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
13	27	807	7,641
13	37	817	7,5902
13	57	837	7,4819
14	7	847	7,4282
14	17	857	7,3788
14	27	867	7,3102
14	37	877	7,2711
14	47	887	7,2212
14	57	897	7,1697
15	17	917	7,0836
15	47	947	6,9448
15	57	957	6,9059
16	7	967	6,8636
16	17	977	6,8277
16	27	987	6,7874
16	37	997	6,7492
16	47	1 007	6,7105
6	58	418	6,681
7	18	438	6,6206
7	28	448	6,5749
7	38	458	6,532
7	48	468	6,4908
7	58	478	6,4464
8	8	488	6,4079
8	18	498	6,368
8	48	528	6,2573
9	18	558	6,1498
9	28	568	6,1092
9	38	578	6,0795
9	48	588	6,0419
9	58	598	6,0000
10	8	608	5,9613
10	18	618	5,9166
10	28	628	5,8745
10	38	638	5,8299
10	58	658	5,7473
11	8	668	5,7125
11	18	678	5,6791
11	28	688	5,651
11	38	698	5,6242
11	48	708	5,5995
12	18	738	5,5453
12	38	758	5,5195
12	48	768	5,5102
12	58	778	5,5034
13	8	788	5,4967
13	18	798	5,4923
13	28	808	5,488
13	38	818	5,4846
13	27	807	7,641
13	37	817	7,5902
13	57	837	7,4819
14	7	847	7,4282

Continuación del apéndice 35.

14	17	857	7,3788
14	27	867	7,3102
14	37	877	7,2711
14	47	887	7,2212
14	57	897	7,1697
15	17	917	7,0836
15	47	947	6,9448
15	57	957	6,9059
16	7	967	6,8636
16	17	977	6,8277
16	37	997	6,7492
Tara vial (g)			5,0976

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIEXVE-.

Apéndice 36. Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra C2 (154 días)

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
16	28	988	7,398
16	38	998	7,3618
16	50	1 010	7,332
17	0	1 020	7,3103
17	10	1 030	7,2858
17	25	1 045	7,2543
17	35	1 055	7,2281
17	45	1 065	7,2043
17	55	1 075	7,176
18	5	1 085	7,1473
18	20	1 100	7,1075
18	30	1 110	7,082
13	29	809	7,0643
13	39	819	7,0368
13	49	829	7,0133
13	59	839	6,9942
14	9	849	6,974
14	19	859	6,9578
14	29	869	6,9404
14	39	879	6,9325
14	49	889	6,9248
14	59	899	6,9147
15	9	909	6,908
15	19	919	6,903
Tara vial (g)			6,7088

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIEXVE-.

Apéndice 37. **Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra C3 (154 días)**

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
14	46	886	6,8536
14	56	896	6,8065
15	16	916	6,6938
15	46	946	6,5254
15	56	956	6,4795
16	6	966	6,4263
16	16	976	6,3742
16	26	986	6,3167
16	36	996	6,2641
16	46	1 006	6,2158
6	59	419	6,1858
7	19	439	6,1286
7	29	449	6,0875
7	39	459	6,0475
7	49	469	6,0075
7	59	479	5,9667
8	9	489	5,9299
8	19	499	5,8919
8	49	529	5,7803
9	19	559	5,6997
9	29	569	5,6382
9	39	579	5,6104
9	49	589	5,577
9	59	599	5,5506
10	9	609	5,5272
10	19	619	5,5045
10	29	629	5,4877
10	39	639	5,4741
10	59	659	5,4544
11	9	669	5,4483
11	19	679	5,4434
11	29	689	5,4399
11	39	699	5,4364
Tara vial (g)			5,2230

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIEXVE-.

Apéndice 38. **Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra C4 (154 días)**

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
16	34	994	7,2662
16	44	1 004	7,2305
16	54	1 014	7,1967
7	4	424	7,1738
7	24	444	7,1055
7	34	454	7,0613

Continuación del apéndice 38.

7	44	464	7,0052
7	54	474	6,961
8	4	484	6,9067
8	14	494	6,8614
8	44	524	6,7185
9	4	544	6,6325
9	14	554	6,5825
9	24	564	6,545
9	34	574	6,5014
9	44	584	6,4586
9	54	594	6,4162
10	4	604	6,3698
10	14	614	6,3205
10	24	624	6,2676
10	34	634	6,2237
10	44	644	6,1808
10	54	654	6,1353
11	4	664	6,0836
11	14	674	6,0409
11	24	684	5,9939
11	34	694	5,9529
11	44	704	5,9096
12	24	744	5,7556
12	44	764	5,6877
12	54	774	5,663
13	4	784	5,6337
13	14	794	5,6106
13	24	804	5,591
13	34	814	5,5714
14	14	854	5,5171
14	24	864	5,508
14	34	874	5,5
14	44	884	5,4927
14	54	894	5,4858
15	4	904	5,4748
15	30	930	5,4693
15	40	940	5,4672
10	34	634	7,2662
10	44	644	7,2305
Tara vial (g)			5,1048

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIEXVE-.

Apéndice 39. Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra C5 (154 días)

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
11	59	719	7,397
12	39	759	7,1301
12	49	769	7,0651

Continuación del apéndice 39.

12	59	779	7,0014
13	9	789	6,9422
13	19	799	6,884
13	29	809	6,8245
13	39	819	6,754
13	49	829	6,7117
13	59	839	6,6568
14	9	849	6,5948
14	29	869	6,5
14	39	879	6,4596
14	49	889	6,4069
14	59	899	6,3628
15	19	919	6,2649
15	49	949	6,1363
15	59	959	6,092
16	9	969	6,0554
16	19	979	6,0184
16	29	989	5,9936
16	39	999	5,9583
16	49	1 009	5,9288
6	57	417	5,9081
7	17	437	5,8676
7	27	447	5,8397
7	37	457	5,8107
7	47	467	5,7832
7	57	477	5,7568
8	7	487	5,7354
8	17	497	5,714
8	37	517	5,6755
8	47	527	5,6601
9	17	557	5,6228
9	27	567	6,6131
9	37	577	5,6059
9	47	587	5,5989
9	57	597	5,5841
10	7	607	5,5887
10	17	617	5,583
10	27	627	5,5797
10	37	637	5,5773
10	47	647	5,5752
11	59	719	7,397
12	39	759	7,1301
12	49	769	7,0651
12	59	779	7,0014
13	9	789	6,9422
13	19	799	6,884
13	29	809	6,8245
13	39	819	6,754
13	49	829	6,7117
13	59	839	6,6568
14	9	849	6,5948
14	29	869	6,5
14	39	879	6,4596
14	49	889	6,4069
14	59	899	6,3628
15	19	919	6,2649

Continuación del apéndice 39.

15	49	949	6,1363
15	59	959	6,092
16	9	969	6,0554
Tara vial (g)			5,1390

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIXVE-.

Apéndice 40. Disminución del peso durante la evaporación del hexano muestra C6 (154 días)

Horas	Minutos	Tiempo total en minutos	Peso bruto (g)
8	1	481	7,3912
8	51	531	7,2029
9	21	561	7,0256
9	51	591	6,8837
10	1	601	6,8329
10	11	611	6,789
10	21	621	6,742
10	31	631	6,7087
10	41	641	6,6637
11	1	661	6,5835
11	11	671	6,5373
11	21	681	6,4991
11	31	691	6,4586
12	41	761	6,1766
12	51	771	6,1206
13	1	781	6,0874
13	11	791	6,0449
13	41	821	5,922
14	11	851	5,8236
14	41	881	5,7517
15	1	901	5,7105
15	21	921	5,6763
15	31	931	5,6624
15	41	941	5,6501
15	51	951	5,641
16	1	961	5,6318
16	11	971	5,6254
16	21	981	5,6238
16	30	990	5,6174
16	40	1 000	5,6065
16	50	1 010	5,6018
17	0	1 020	5,5981
17	10	1 030	5,594
17	20	1 040	5,5898
17	30	1 050	5,5868
Tara vial (g)			5,1954

Fuente: elaboración propia, empleando datos experimentales obtenidos en -LIXVE-.

Apéndice 41. **Fotografías del diseño experimental del estudio. Cultivo y monitoreo**

Cultivo de la población estudio para la creación de la tabla comparativa
Germinación de las semillas



Continuación del apéndice 41.



Fuente: elaboración propia, Villa canales, Guatemala.

Apéndice 42. Trasiego de las plantas a suelo



Continuación del apéndice 42.



Continuacion del apéndice 42.



Fuente: elaboración propia, Villa canales, Guatemala.

Apéndice 43. **Desarrollo de las plantas y muestreo estadístico aleatorio simple**



Fuente: elaboración propia, Villa Canales, Guatemala.

apéndice 44. **Selección aleatoria de la muestra usando banderas**



Fuente: elaboracion propia, Villa Canales, Guatemala.

Apéndice 45. **Muestreo: selección de la muestra aleatoria**



Continuación del apéndice 45.



Continuación del apéndice 45.



Fuente: elaboracion propia, Villa Canales, Guatemala.

Apéndice 46. Desarrollo de las plantas de Apazote



Continuación del apéndice 46.



Fuente: elaboracion propia, Villa Canales, Guatemala.

Apéndice 47. **Toma de datos durante el monitoreo estadístico en la bitacora del experimento**



Fuente: elaboracion propia, Villa Canales, Guatemala.

Apéndice 48. **Extracción y análisis fisicoquímico. Cosecha de las muestras**



Continuación del apéndice 48.



Fuente: elaboración propia, San Miguel Petapa, Guatemala.

Apéndice 49. **Secado de las muestras**



Continuación del apéndice 49.



Continuación del apéndice 49.

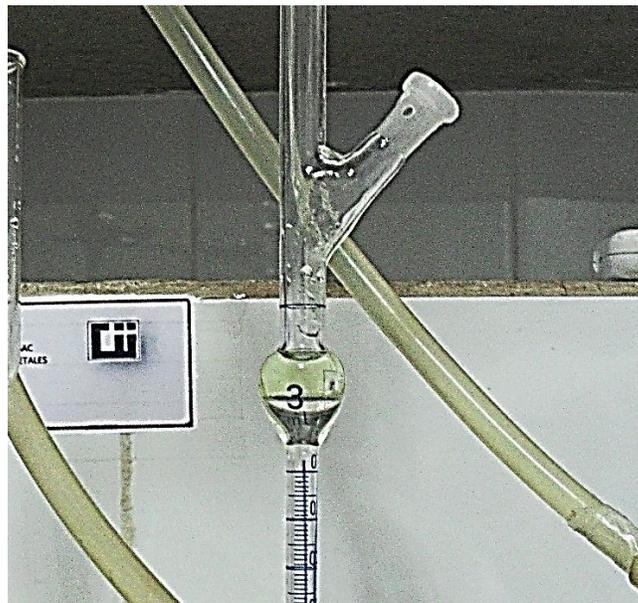


Fuente: elaboración propia, con el apoyo de LIEXVE-FI-USAC.

Apéndice 50. Extracción del aceite esencial usando el equipo Neoclevenger



Continuación del apéndice 50.



Fuente: elaboración propia, con el apoyo de LIEXVE-FI-USAC.

Apéndice 51. **Ilustración de los materiales usados en el proceso de extracción de aceite esencial**

Neoclevenger



Manta de calentamiento



Bomba de recirculación para el sistema de refrigeración



Base



Continuación del apéndice 51.

Mangueras

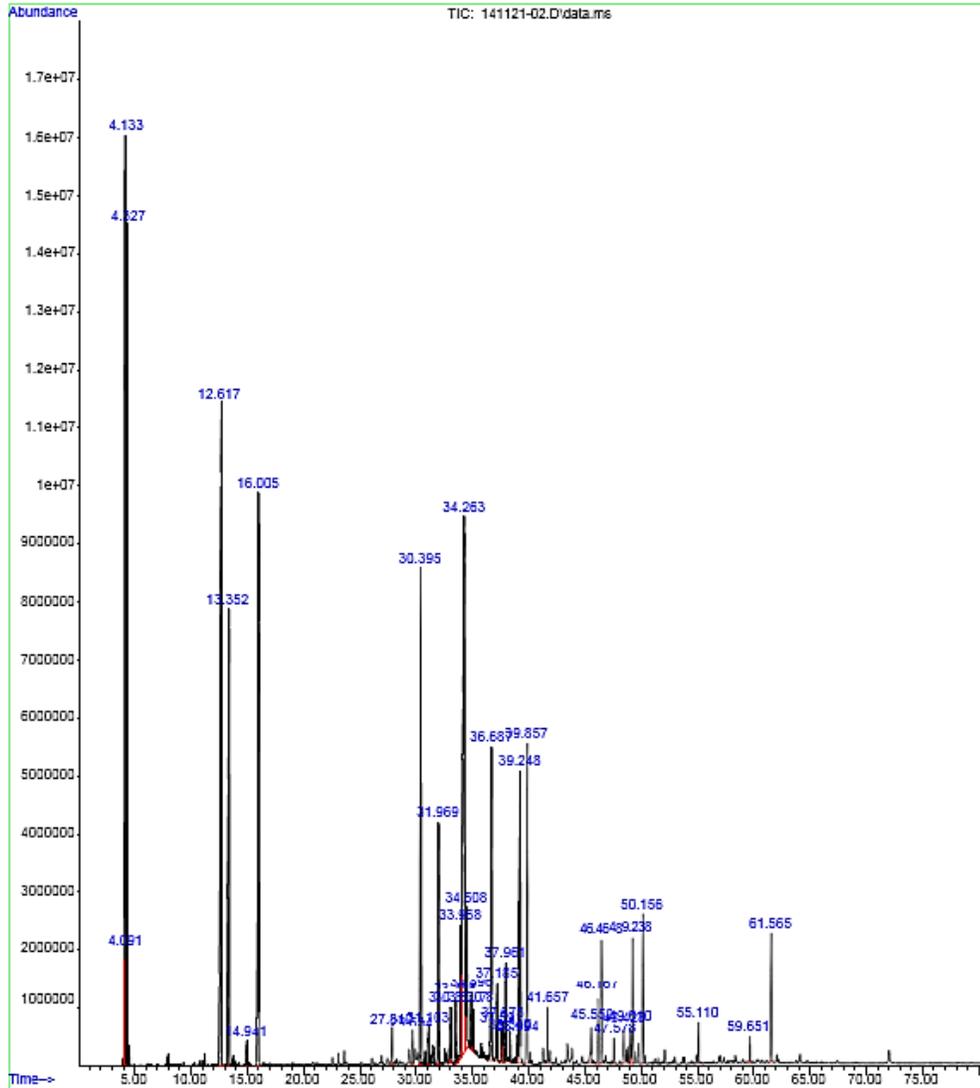


Pinzas para sujetar balones



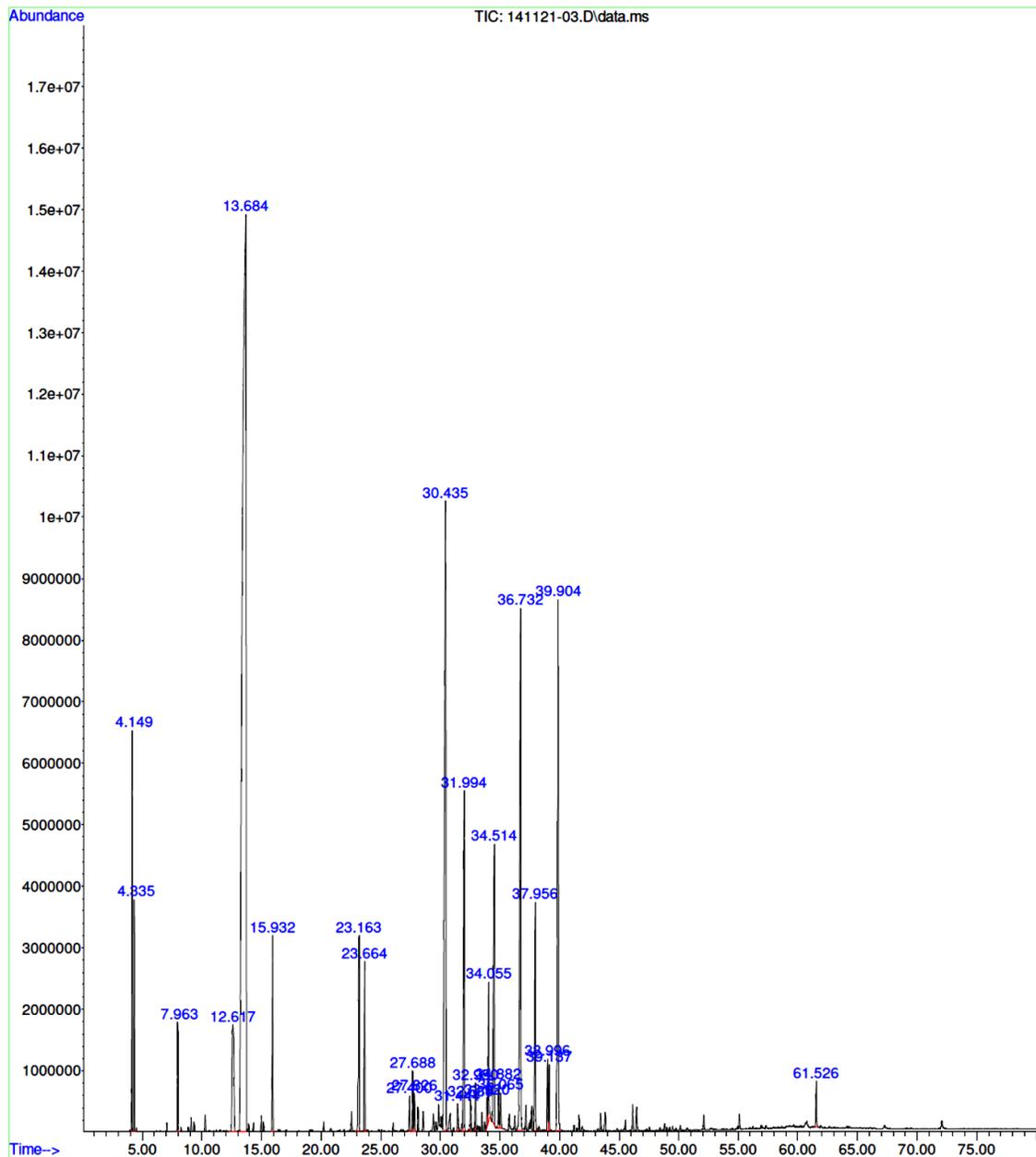
Fuente: elaboracion propia, con apoyo de LIEXVE/FIUSAC, Guatemala.

Apéndice 52. **Cromatogramas. Cromatograma para la muestra de aceite esencial de apazote “A” con 98 días de desarrollo**



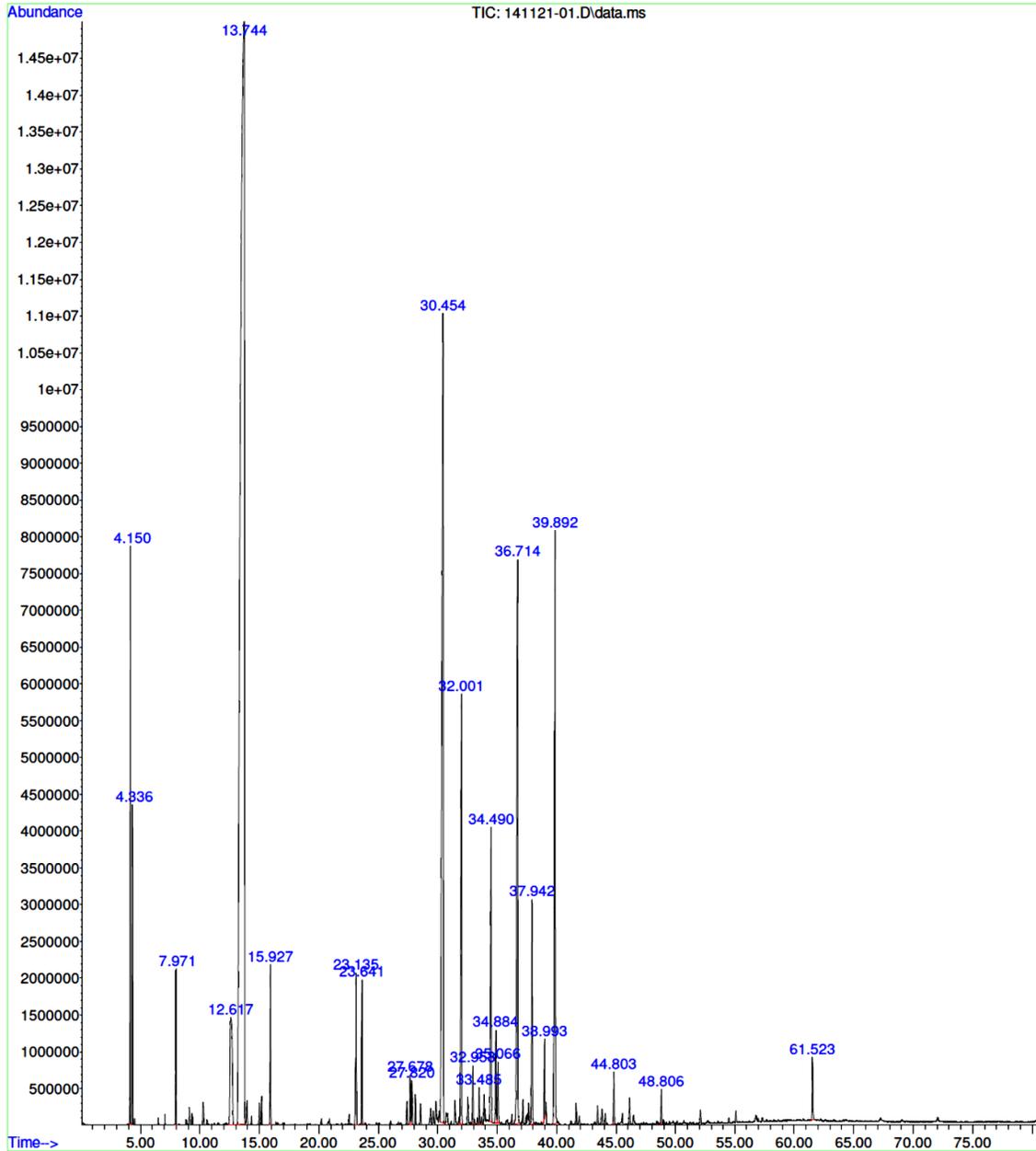
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

Apéndice 53. **Cromatograma para la muestra de aceite esencial de apazote “B” con 126 días de desarrollo**



Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

Apéndice 54. **Cromatograma para la muestra de aceite esencial de apazote “C” con 154 días de desarrollo**



Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

Apéndice 55. **Plan de siembra**

Este plan se realizó previo a la siembra de las plantas de apazote con el fin de evaluar si las dimensiones del terreno usado podían brindar la suficiente cantidad de materia vegetal con el fin de cubrir la demanda del experimento.

Cantidad mínima de plantas de apazote requeridas por el experimento.

Datos bibliográficos

Humedad de la planta de apazote	90 %
Rendimiento de aceite esencial	0,2 %

Datos empíricos

Planta joven. Unidad (g)	5,0 – 10,0
Planta adulta. Unidad (g)	40,0 – 45,0
Planta vieja. Unidad (g)	55,0 – 60,0

Análisis realizado para obtener 0,3 gramos de aceite esencial.

$$0,3 = \frac{10}{100} * \frac{0,2}{100} * x$$

$$x = 1500 \text{ gramos de plantas verdes}$$

Para realizar 3 extracciones por cada muestra se requieren 4500,00 gramos.

Plantas jóvenes	1 000,00
Plantas adultas	130,00
Plantas viejas	100,00
Total de plantas mínimas requeridas	1 230,00

Capacidad del terreno para el cultivo de plantas de apazote. Para cada planta se espera colocar 20 cm de distancia en todas las direcciones.

Dimensiones del terreno	Magnitud	Cantidad de plantas
Largo (cm)	1 400,00	25,00
Ancho (cm)	500,00	70,00
Total de posibles plantas en el área del terreno		1 750,00

Dados los resultados obtenidos se concluye que el área del terreno puede sustentar la suficiente materia prima como para desarrollar el experimento y aun permitir que una cantidad de plantas pueda permanecer en suelo hasta su muerte.

Se recomienda lo siguiente:

- Disminuir la distancia entre plantas y evitar el estancamiento del agua.
- Colocar una mayor cantidad de semillas en cada celda durante la germinación de las semillas para aumentar la probabilidad de desarrollo de los pilones.
- Usar las raíces de las plantas para aumentar el peso de las muestras y usarlas también en el proceso de extracción del aceite esencial.

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Condiciones climáticas durante el desarrollo de la población estudio de plantas de apazote (*Chenopodium ambrosioides L.*)

Anexo 1. Temperaturas máximas y mínimas durante enero del 2014

DIA		7 HORAS			13 HORAS			18 HORAS			TEMP	TEMP	TEMP	SCILACIO
		SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	MEDIA	MAXIMA	MINIMA		
1	15.4	15.0	23.0	19.2	19.4	16.8	19.3	25.6	13.2	12.4				
2	14.4	13.2	25.4	17.4	20.6	17.4	20.1	25.8	13.6	12.2				
3	14.3	13.1	22.6	16.2	18.2	14.8	18.4	24.6	12.8	11.8				
4	13.8	12.6	24.6	16.6	20.0	16.2	19.5	24.8	13.4	11.4				
5	14.2	13.4	25.2	18.8	20.5	17.8	20.0	26.6	12.2	14.4				
6	14.4	13.8	25.0	15.6	19.0	14.2	19.5	25.4	12.6	12.8				
7	15.6	13.6	20.0	14.4	15.0	11.6	16.9	20.6	14.2	6.4				
8	12.1	10.5	18.8	15.2	17.4	15.3	16.1	21.8	12.0	9.8				
9	14.3	12.9	24.6	17.8	19.2	16.2	19.4	25.4	12.6	12.8				
10	14.6	14.0	24.9	17.4	20.2	18.0	19.9	27.2	13.0	14.2				
11	12.4	12.2	26.6	18.4	22.6	16.6	20.5	27.0	11.0	16.0				
12	15.0	14.6	20.0	15.0	21.0	17.2	18.7	23.7	13.0	10.7				
13	14.6	14.1	25.2	18.6	19.6	17.4	20.8	26.4	14.6	11.8				
14	15.1	14.2	24.4	17.4	20.6	16.4	20.0	25.2	13.1	12.1				
15	13.4	12.2	23.6	17.8	16.2	13.2	17.7	24.5	11.7	12.8				
16	9.5	6.8	20.1	13.1	15.2	11.8	14.9	20.8	8.8	12.0				
17	8.8	7.8	23.4	16.8	18.4	14.0	16.9	25.6	8.0	17.6				
18	11.5	10.8	21.6	16.0	13.4	13.4	15.5	21.6	11.0	10.6				
19	13.2	12.0	21.0	16.2	17.2	14.4	17.1	21.8	13.2	8.6				
20	13.5	11.7	23.4	16.4	18.4	15.0	18.4	23.4	12.0	11.4				
21	13.9	12.4	25.2	18.3	18.4	15.2	19.1	26.4	13.5	12.9				
22	13.2	12.7	20.8	15.6	17.2	13.4	17.1	22.2	12.8	9.4				
23	12.2	11.7	26.2	19.2	20.3	19.2	19.6	26.6	12.0	14.6				
24	13.6	13.0	21.2	16.6	17.0	14.4	17.3	26.0	13.2	12.8				
25	14.8	13.0	22.8	17.6	17.2	15.0	18.3	22.8	13.0	9.8				
26	13.4	12.4	26.5	19.8	20.0	16.8	20.0	27.4	13.1	13.1				
27	13.5	13.2	28.7	18.4	19.8	18.0	20.7	28.8	13.4	15.4				
28	12.8	12.4	26.4	15.4	21.4	18.2	20.2	27.4	12.8	14.6				
29	14.8	13.6	26.2	18.6	21.0	17.8	20.7	27.2	13.6	13.6				
30	14.6	12.8	24.2	17.4	19.8	16.0	19.5	25.4	13.0	12.4				
31	12.6	12.2	25.0	17.2	19.6	15.2	19.1	26.4	12.0	14.4				
MED	13.50	12.50	23.80	17.00	18.80	15.70	18.70	25.00	12.50	12.40				
MIN	8.8	6.8	18.8	13.1	13.4	11.6	14.9	20.6	8.0	6.4				
MAX	15.6	15.0	28.7	19.8	22.6	19.2	20.8	28.8	14.6	17.6				
MAXIMA ABSOLUT											28.8			
MNIMA ABSOLUT											8.0			

Fuente: Registro proporcionado por INSIVUMEH. Hoja de campo.

Anexo 2. Humedad durante enero del 2014



INSIVUMEH
SECCIÓN DE CLIMATOLOGIA
HUMEDAD, TENSION DE VAPOR, TEMP, DE ROCIO



CLAVE 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION: 1502 snm.

ESTACION INSIVUMEH DEPTO: GUATEMALA MUNICIPIO: GUATEMALA

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO MES: **ENERO** 2014

DIA	HUMEDAD RELATIVA %						TENSION DE VAPOR mmHG TEMP. PUNTO R					
	7HRS	13HRS	18HRS	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	7HRS	13HRS	18HRS	7HRS	13HRS	18HRS
1	96	70	77	81	98	47	12.6	14.8	13.0	14.8	17.3	15.3
2	88	45	73	69	99	34	10.8	10.9	13.3	12.4	12.5	15.6
3	88	52	70	70	97	41	10.7	10.6	10.9	12.3	12.1	12.5
4	87	44	68	66	99	44	10.3	10.2	11.9	11.7	11.5	13.9
5	92	54	77	74	99	34	11.1	13.1	13.9	12.8	15.4	16.3
6	94	36	59	63	97	17	11.5	8.6	9.7	13.4	9.0	10.8
7	80	54	67	67	93	45	10.7	9.5	8.5	12.3	10.5	8.8
8	82	69	80	77	96	52	8.7	11.1	12.0	9.2	12.8	14.0
9	86	51	74	70	98	41	10.5	11.9	12.3	12.0	13.9	14.4
10	94	47	81	74	97	25	11.7	11.1	14.4	13.6	12.8	16.9
11	98	45	54	66	98	27	10.6	11.8	11.2	12.1	13.8	13.0
12	96	59	69	75	98	38	12.3	10.3	12.8	14.4	11.7	15.0
13	95	53	81	76	95	53	11.8	12.8	13.8	13.8	15.0	16.2
14	91	50	65	69	91	50	11.7	11.4	11.8	13.6	13.2	13.8
15	87	57	72	72	87	57	10.1	12.4	9.9	11.4	14.5	11.1
16	68	44	67	66	87	44	6.1	7.8	8.7	4.0	7.6	9.2
17	88	51	62	67	88	51	7.4	11.0	9.8	6.8	12.7	10.9
18	92	56	100	83	100	56	9.4	10.8	11.4	10.3	12.4	13.2
19	87	61	74	74	87	61	9.9	11.4	10.9	11.1	13.2	12.5
20	81	49	70	67	81	49	9.4	10.5	11.1	10.3	12.0	12.8
21	84	51	72	69	84	51	10.0	12.3	11.3	11.2	14.4	13.1
22	95	58	65	73	95	58	10.8	10.7	9.6	12.4	12.3	10.6
23	94	52	66	71	94	52	10.1	13.2	11.8	11.4	15.5	13.8
24	94	63	76	78	94	63	10.9	11.9	11.0	12.5	13.9	12.7
25	94	60	79	74	82	60	10.3	12.5	11.7	11.7	14.7	13.6
26	89	54	73	72	89	54	10.7	14.0	12.7	12.3	16.4	14.9
27	97	36	84	72	97	36	11.2	10.7	14.6	13.0	12.3	17.1
28	96	30	74	67	96	30	10.6	7.6	14.1	12.1	7.2	16.5
29	88	48	69	68	88	48	11.1	12.3	12.8	12.8	14.4	15.0
30	82	51	68	67	82	51	10.2	11.5	11.7	11.5	13.4	13.6
31	96	46	63	68	96	46	10.5	10.8	10.7	12.0	12.4	12.3
MED	89	51	72	<u>71</u>	<u>93</u>	<u>46</u>	<u>10.4</u>	<u>11.3</u>	<u>11.7</u>	<u>11.8</u>	<u>12.9</u>	<u>13.5</u>
MINI	68	30	54	63	81	17	6.1	7.6	8.5	4.0	7.2	8.8
MAX	98	70	100	83	100	63	12.6	14.8	14.6	14.8	17.3	17.1
MAXIMA ABSOLUTA							<u>100</u>					
MINIMA ABSOLUTA							<u>17</u>					




Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 3. Precipitación e insolación durante enero del 2014



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
PRECIPITACION E INSOLACION



CLAVI	60100	latitud:143511	longitud:903158	ELEVACION:1502 mts. Snm
ESTACION	INSIVUMEH	DEPTO : GUATEMALA	MUNICIPIO : GUATEMALA	
NOMBRE DEL OBSERV. HAROLDO		MES: ENERO	2014	

DIA	PRECIPITACION EN mm.			INSOLACION EN HRS		RADIA. CAL/CM2/MIN		
	PLUVIO GRAFO	DURAC	MEDIA	PLUVIO METRO	TOTAL	%	CALOR MEDIA	CALOR MAX
1				0.0	6.8	60.0	0.26	1.54
2				0.0	8.7	77.0	0.35	1.33
3				0.0	8.8	78.0	0.36	1.47
4				0.0	8.1	72.0	0.34	1.54
5				0.0	8.7	77.0	0.34	1.32
6				0.0	9.0	80.0	0.36	1.29
7				0.0	7.5	66.0	0.32	1.39
8				0.0	5.3	47.0	0.26	1.50
9				0.0	8.7	77.0	0.34	1.49
10				0.0	8.0	71.0	0.34	1.40
11				0.0	8.7	77.0	0.35	1.31
12				0.0	7.3	65.0	0.30	1.51
13				0.0	8.1	72.0	0.33	1.40
14				0.0	8.8	78.0	0.31	1.54
15				0.0	9.2	81.0	0.36	1.47
16				0.0	9.6	85.0	0.38	1.32
17				0.0	9.3	82.0	0.37	1.31
18				0.0	8.7	77.0	0.35	1.54
19				0.0	6.1	54.0	0.26	1.50
20				0.0	9.7	86.0	0.37	1.50
21				0.0	8.6	76.0	0.36	1.30
22				0.0	9.3	82.0	0.28	1.53
23				0.0	9.3	82.0	0.30	1.26
24				0.0	5.4	48.0	0.23	1.54
25				0.0	8.0	71.0	0.30	1.57
26				0.0	8.2	72.0	0.34	1.45
27				0.0	8.7	77.0	0.36	1.31
28				0.0	8.8	78.0	0.37	1.32
29				0.0	9.3	82.0	0.38	1.33
30				0.0	9.0	80.0	0.32	1.54
31				0.0	9.3	82	0.38	1.54
SUMA		MEDIA				74%	0.3	1.43
	TOTAL SUMA DE LLUVIA			0	259.0			
	DIAS DE LLUVIA			0	0.0			



FACTOR 8.84
CONSTANTE=0,001434



MAXIMA	1.57
MINIMA	0.23

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 4. Viento durante enero del 2014



INSIVUMEH, SECCION DE OBSERVACIONES (AURORA)
SECCION DE CLIMATOLOGIA
VIENTO



CLAVE 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION: 1502 mts. Snm,

ESTACION INSIVUMEH DEPTO: GUATEMALA MUNICIPIO: GUATEMALA
2013

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO MES_ENERO 2014

DIA	DIRECCION PREDOMINANTE				VELOCIDAD DEL VIENTO EN				PRESION DEL VIENTO KG/MT2			
	7 HRS	13 HRS	18 HRS	PREDC	7 HRS	13 HRS	18 HRS	MEDIA	MAXIMA	MEDIA	MAXIM	
1	N	NE	NE	NE	21.0	24.0	16.0	20.30				
2	NE	N	NE	NE	10.0	19.0	21.0	16.36				
3	NE	N	N	N	25.0	27.0	26.0	26.00				
4	NE	NE	NE	NE	21.0	19.0	19.0	19.60				
5	NE	S	S	S	11.0	14.0	7.0	10.60				
6	NE	NE	N	NE	21.0	29.0	35.0	28.30				
7	N	N	N	N	27.0	41.0	35.0	34.30				
8	NE	N	NE	NE	21.0	30.0	28.0	26.00				
9	NE	NE	NE	NE	16.0	21.0	21.0	19.30				
10	NE	NE	N	NE	18.0	10.0	6.0	11.00				
11	SW	NE	NE	NE	3.0	18.0	22.0	14.30				
12	NE	N	NE	NE	15.0	19.0	22.0	18.70				
13	NE	E	S	E	13.0	8.0	12.0	11.00				
14	NE	N	N	N	16.0	22.0	25.0	21.00				
15	NE	NE	N	NE	15.0	28.0	35.0	26.00				
16	N	NE	NE	NE	24.0	29.0	28.0	27.00				
17	NE	NE	NE	NE	13.0	19.0	23.0	18.30				
18	NE	N	N	N	21.0	32.0	25.0	26.00				
19	N	N	N	N	23.0	32.0	28.0	27.70				
20	N	N	NE	N	29.0	22.0	23.0	24.70				
21	NE	NE	NE	NE	9.0	16.0	31.0	18.70				
22	NE	N	NE	NE	31.0	29.0	27.0	29.00				
23	NE	NE	SE	NE	18.0	7.0	5.0	10.00				
24	NE	N	N	N	25.0	33.0	37.0	31.70				
25	N	N	NE	N	24.0	32.0	28.0	28.00				
26	NE	N	NE	NE	17.0	15.0	16.0	16.00				
27	S	N	S	S	2.0	16.0	13.0	10.30				
28	NE	N	S	NE	8.0	16.0	13.0	12.30				
29	NE	NE	NE	NE	8.0	16.0	29.0	17.70				
30	NE	N	NE	NE	17.0	20.0	26.0	21.00				
31	NE	NE	NE	NE	16.0	20.0	24.0	20.00				
MODA				NE=45	17.4	22.0	22.8	20.0				
	VELOC MEDIA VIENTO							20.7				
	VELOC MINIMA ABSOLUTA							2.0				
	VELOC MAXIMA ABSOLUTA							41.0				




Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 5. **Temperaturas máximas y mínimas durante febrero del 2014**



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
TEMPERATURA C°



CLAVE	60100	latitud:143511	longitud:903158	ELEVACION: 1502 mts snm.						
ESTACION	INSIVUMEH	DEPTO: GUATEMALA	MUNICIPIO : GUATEMALA							
NOMBRE DEL OBSERVADOR _____ HAROLD MES FEBRERO 2014										
DIA	7 HORAS		13 HORAS		18 HORAS		TEMP	TEMP	TEMP	OSCILACION
	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	
1	13.4	13.3	27.8	20.2	19.0	17.4	20.1	27.8	13.4	14.4
2	16.2	15.0	24.4	18.2	19.5	16.8	20.0	24.8	15.0	9.8
3	13.4	13.3	26.2	18.7	20.4	17.4	20.0	26.2	13.4	12.8
4	14.9	14.0	26.4	16.6	20.2	17.1	20.5	27.0	14.9	12.1
5	14.8	14.4	26.0	15.8	21.0	17.6	20.6	28.4	14.8	13.6
6	16.2	15.4	20.4	17.4	20.0	17.5	18.9	23.6	15.8	7.8
7	14.7	14.2	22.3	17.8	17.6	15.6	18.2	23.2	14.6	8.6
8	14.8	13.0	24.8	18.0	18.6	16.4	19.4	24.8	14.8	10.0
9	15.8	14.6	21.0	17.6	18.6	16.0	18.5	24.6	15.8	8.8
10	15.1	14.8	24.4	17.8	20.6	15.6	20.0	25.4	14.0	11.4
11	15.6	14.6	24.6	17.2	20.4	16.8	20.2	25.6	15.0	10.6
12	16.0	15.4	27.6	19.2	21.0	18.0	21.5	29.2	15.0	14.2
13	15.7	14.8	25.4	18.8	20.6	16.4	20.6	26.4	15.0	11.4
14	15.1	14.5	25.9	18.8	20.4	18.3	20.5	28.2	14.6	13.6
15	14.0	13.2	26.8	18.0	21.6	15.0	20.8	26.8	14.0	12.8
16	14.2	13.0	26.3	16.4	18.5	16.2	19.7	26.3	12.8	13.5
17	14.4	13.4	24.0	18.6	18.2	16.2	18.9	24.2	14.0	10.2
18	15.4	14.4	24.2	18.2	20.2	16.0	19.9	25.4	15.0	10.4
19	15.4	14.8	25.8	19.4	21.3	16.4	20.8	26.4	14.9	11.5
20	15.4	15.0	26.0	19.2	20.2	17.6	20.5	27.4	15.1	12.3
21	16.0	15.1	28.8	18.0	21.9	18.6	22.2	29.6	15.5	14.1
22	15.6	14.6	28.2	19.6	22.8	16.4	22.2	29.6	14.2	15.4
23	17.2	16.4	27.6	20.2	22.4	19.2	22.4	29.8	17.2	12.6
24	14.1	13.4	26.6	18.6	20.6	18.6	20.6	28.4	13.6	14.8
25	14.8	14.2	27.4	18.2	22.8	17.0	21.7	28.6	14.2	14.4
26	14.6	14.0	26.0	18.2	18.6	17.2	19.7	26.4	14.0	12.4
27	16.4	15.8	27.7	19.6	21.8	18.8	22.0	29.2	16.0	13.2
28	15.6	14.4	26.0	18.6	18.7	16.6	20.1	26.0	15.0	11.6
29										
30										
31										
MED	15.20	14.40	25.70	18.30	20.30	17.00	20.40	26.80	14.70	12.10
MIN	13.4	13.0	20.4	15.8	17.6	15.0	18.2	23.2	12.8	7.8
MAX	17.2	16.4	28.8	20.2	22.8	19.2	22.4	29.8	17.2	15.4
MAXIMA ABSOLUT								29.8		
MNIMA ABSOLUT									14.7	




Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 6. Humedad durante febrero del 2014



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
HUMEDAD, TENSION DE VAPOR, TEMP, DE ROCIO

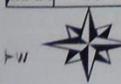


CLAVE 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION: 1502 snm.

ESTACION INSIVUMEH DEPTO: GUATEMALA MUNICIPIO: GUATEMALA

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO MES: FEBRERO 2014

DIA	HUMEDAD RELATIVA %						TENSION DE VAPOR mmHG						TEMP. PUNTO R		
	7HRS	13HRS	18HRS	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	7HRS	13HRS	18HRS	7HRS	13HRS	18HRS	7HRS	13HRS	18HRS
1	99	50	86	78	99	50	11.4	13.9	14.1	13.2	16.3	16.5			
2	88	55	76	73	88	55	12.2	12.6	13.0	14.3	14.8	15.3			
3	99	49	75	74	99	23	11.4	12.4	13.4	13.2	14.5	15.7			
4	91	36	74	67	99	24	11.5	9.3	13.1	13.4	10.2	15.4			
5	96	33	72	67	99	24	12.1	8.4	13.4	14.1	8.6	15.7			
6	92	75	78	82	98	47	12.7	13.4	13.7	14.9	15.7	16.1			
7	95	65	81	80	98	46	11.9	13.0	12.3	13.9	15.3	14.4			
8	82	51	80	71	98	38	10.3	12.1	12.9	11.7	14.1	15.1			
9	88	72	77	79	96	58	11.9	13.4	12.3	13.9	15.7	14.4			
10	97	52	59	69	100	30	12.5	12.0	10.8	14.7	14.0	12.4			
11	90	47	70	69	97	36	12.0	11.0	12.5	14.0	12.7	14.7			
12	94	45	75	71	98	23	12.8	12.5	14.0	15.0	14.7	16.4			
13	91	53	65	70	97	36	12.2	13.3	11.8	14.3	15.6	13.8			
14	94	51	82	76	98	34	12.1	12.7	14.0	14.1	14.9	16.4			
15	92	42	49	61	99	23	11.0	11.1	9.5	12.7	12.8	10.5			
16	88	35	79	67	99	35	10.6	9.1	12.7	12.1	9.7	14.9			
17	90	60	82	77	99	47	11.0	13.4	12.8	12.7	15.7	15.0			
18	90	56	65	70	97	37	11.8	12.7	11.5	13.8	14.9	13.4			
19	94	55	61	70	98	37	12.3	13.7	11.5	14.4	16.1	13.4			
20	96	53	78	76	97	36	12.6	13.3	13.8	14.8	15.6	16.2			
21	91	34	73	66	98	18	12.4	10.1	14.4	14.5	11.4	16.9			
22	90	45	52	62	97	29	12.0	12.8	10.9	14.0	15.0	12.5			
23	92	51	74	72	92	51	13.6	14.4	15.1	16.0	16.9	17.6			
24	93	46	83	72	93	46	11.2	12.1	15.1	13.0	14.1	17.6			
25	94	40	56	63	94	40	11.8	11.1	11.6	13.8	12.8	13.5			
26	94	47	87	76	94	47	11.7	11.8	14.0	13.6	13.8	16.4			
27	94	47	75	72	94	47	13.2	13.1	14.8	15.5	15.4	17.3			
28	88	49	81	73	88	49	11.7	12.4	13.1	13.6	14.5	15.4			
29															
30															
31															
MED	92	50	73	<u>71</u>	<u>97</u>	<u>38</u>	11.9	12.2	12.9	13.9	14.1	15.1			
MINI	82	33	49	61	88	18	10.3	8.4	9.5	11.7	8.6	10.5			
MAX	99	75	87	82	100	58	13.6	14.4	15.1	16.0	16.9	17.6			
					MAXIMA ABSOLUTA	100									
					MINIMA ABSOLUTA	18									




Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 7. Precipitación e insolación durante febrero del 2014



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
PRECIPITACION E INSOLACION



CLAVI	60100	latitud:143511	longitud:903158	ELEVACION:1502 mts. Snm
ESTACION	INSIVUMEH	DEPTO : GUATEMALA	MUNICIPIO : GUATEMALA	
NOMBRE DEL OBSERV. HAROLDO		MES: FEBRERO	2014	

DIA	PRECIPITACION EN mm.			INSOLACION EN HRS		RADIA. CAL/CM2/MIN	
	PLUVIO GRAFO	DURAC	MEDIA	PLUVIO METRO	TOTAL	%	CALOR MEDIA
1				0.0	7.3	63	0.32
2				0.0	8.2	71	0.33
3				0.0	8.7	76	0.35
4				0.0	8.3	72	0.35
5				0.0	8	70	0.32
6				0.0	3.8	53	0.20
7				0.0	7	61	0.20
8				0.0	8.7	76	0.37
9				0.0	4.4	38	0.17
10				0.6	6.8	59	0.37
11				0.100	7.2	63	0.30
12				0.0	8.3	72	0.33
13				0.0	7.6	66	0.32
14				0.0	7.5	65	0.30
15				1.100	8.4	73	0.40
16				0.0	8.7	76	0.40
17				0.0	8.7	76	0.30
18				0.0	5.5	48	0.31
19				0.0	6.7	58	0.27
20				0.0	7.4	64	0.29
21				0.0	8.3	72	0.39
22				0.0	7.6	66	0.38
23				0.0	7.9	69	0.38
24				0.0	7.2	63	0.31
25				0.0	8.1	70	0.42
26				0.0	8.3	72	0.40
27				0.0	8.1	70	0.40
28				0.0	8	70	0.37
29							
30							
31							
SUMA		MEDIA				66%	0.33
TOTAL SUMA DE LLUVIA				2.1	210.7		
DIAS DE LLUVIA				3			



FACTOR 8.69
CONSTANTE=0,001434



MAXIMA	1.57
MINIMA	0.17

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 8. Viento durante febrero del 2014



INSIVUMEH, SECCION DE OBSERVACIONES (AURORA)
SECCION DE CLIMATOLOGIA
VIENTO



CLAVE 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION: 1502 mts. Snm.

ESTACION INSIVUMEH DEPTO: GUATEMALA MUNICIPIO: GUATEMALA
2013

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO MES FEBRERO 2014

DIA	DIRECCION PREDOMINANTE				VELOCIDAD DEL VIENTO EN			PRESION DEL VIENTO KG/MT ²				
	7 HRS	13 HRS	18 HRS	PREDC	7 HRS	13 HRS	18 HRS	MEDIA	MAXIMA	MEDIA	MAXIMA	
1	N	SW	S	SW	13.0	9.0	12.0	11.30				
2	S	S	S	S	6.0	18.0	12.0	12.00				
3	SW	NE	SW	SW	2.0	8.0	4.0	4.70				
4	N	SW	S	SW	10.0	9.0	14.0	11.00				
5	SW	E	S	SW	4.0	9.0	11.0	8.00				
6	NE	N	N	N	14.0	22.0	22.0	19.30				
7	NE	N	N	N	20.0	34.0	27.0	27.00				
8	N	N	NE	N	23.0	29.0	22.0	24.70				
9	NE	NE	N	NE	25.0	19.0	25.0	23.00				
10	N	NE	NE	NE	22.0	23.0	21.0	22.00				
11	N	NE	NE	NE	11.0	16.0	16.0	14.30				
12	E	NE	S	N	5.0	11.0	16.0	10.70				
13	NE	N	NE	NE	13.0	21.0	19.0	17.70				
14	NE	E	S	NE	14.0	7.0	11.0	10.70				
15	NE	NE	N	NE	9.0	23.0	29.0	20.30				
16	NE	NE	NE	NE	19.0	26.0	30.0	25.00				
17	NE	NE	N	NE	20.0	25.0	26.0	23.70				
18	NE	NE	NE	NE	18.0	25.0	22.0	21.70				
19	N	NE	NE	NE	12.0	28.0	19.0	19.70				
20	N	N	S	N	6.0	13.0	14.0	11.00				
21	N	N	S	N	10.0	23.0	9.0	14.00				
22	NE	NE	NE	NE	15.0	22.0	19.0	18.70				
23	N	NE	S	NE	13.0	21.0	13.0	15.70				
24	N	S	S	S	3.0	13.0	10.0	8.70				
25	N	NE	NE	NE	20.0	19.0	11.0	16.70				
26	NE	S	S	S	7.0	17.0	24.0	16.00				
27	NE	E	S	E	7.0	11.0	18.0	12.00				
28	NE	E	SW	E	9.0	9.0	12.0	10.00				
29												
30												
31												
MODA				NE=45	12.5	18.2	17.4	16.1				
	VELOC MEDIA VIENTO							16.0				
	VELOC MINIMA ABSOLUTA							2.0				
	VELOC MAXIMA ABSOLUTA							34.0				




Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 9. Temperaturas máximas y mínimas durante marzo del 2014



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
TEMPERATURA C°



CLAVE		60100		latitud:143511		longitud:903158		ELEVACION: 1502 mts snm.		
ESTACION		INSIVUMEH		DEPTO: GUATEMALA			MUNICIPIO : GUATEMALA			
NOMBRE DEL OBSERVADOR		HAROLD MES		MARZO		2014				
DIA	13 HORAS			18 HORAS			TEMP	TEMP	TEMP	SCILACIO
	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	
1	16.6	15.4	28.8	19.0	20.5	15.7	22.0	28.8	16.6	12.2
2	15.2	14.0	28.8	18.0	22.9	17.6	22.3	28.8	15.2	13.6
3	14.8	14.0	26.2	18.2	21.2	18.2	20.7	27.4	14.5	12.9
4	15.1	14.4	24.8	16.4	20.4	17.4	20.1	26.6	14.5	12.1
5	16.2	15.2	25.0	18.4	19.4	17.4	20.2	26.4	15.6	10.8
6	15.5	15.3	26.4	19.4	19.2	17.2	20.4	27.2	15.0	12.2
7	16.2	15.4	24.2	18.2	21.0	18.6	20.5	26.8	15.5	11.3
8	16.8	15.8	25.2	18.6	19.8	17.8	20.6	26.4	15.0	11.4
9	17.0	16.4	27.2	19.8	20.4	18.5	21.5	27.4	15.0	12.4
10	17.2	16.2	27.5	19.4	22.4	19.2	22.4	29.2	16.5	12.7
11	16.6	15.4	26.6	19.2	20.2	18.4	21.1	27.0	15.9	11.1
12	17.0	16.4	26.4	20.2	21.6	19.0	21.7	28.4	16.4	12.0
13	18.4	17.0	19.8	17.6	18.2	15.2	18.8	23.1	17.6	5.5
14	15.4	13.8	27.6	18.7	20.0	17.0	21.0	27.0	14.6	12.4
15	14.5	14.0	27.0	19.0	21.5	18.0	20.9	27.6	13.4	14.2
16	17.5	16.0	24.0	15.0	19.4	17.2	20.3	25.2	15.5	9.7
17	16.8	16.2	24.8	19.4	21.4	18.3	19.3	24.9	16.0	8.9
18	15.5	14.6	25.4	18.4	21.6	18.5	20.3	26.8	14.9	11.9
19	16.0	15.1	28.8	19.0	24.8	17.6	21.5	29.1	15.2	13.9
20	15.4	14.5	27.2	19.0	22.2	17.8	21.2	27.2	14.8	12.4
21	15.9	15.0	26.5	19.0	23.2	17.8	21.0	27.8	15.5	12.3
22	16.4	15.9	28.4	19.4	22.6	19.4	20.7	29.2	15.0	14.2
23	17.6	15.4	28.0	19.6	22.6	19.4	20.7	29.2	17.6	11.6
24	15.6	14.9	29.2	18.4	21.0	18.6	21.9	30.2	14.8	15.4
25	17.2	15.5	29.6	19.2	23.6	17.0	23.5	30.2	16.5	13.2
26	17.3	16.4	27.4	19.8	23.0	18.2	22.6	28.8	16.5	12.3
27	16.4	15.8	25.6	18.1	22.9	19.0	21.6	28.5	15.5	13.0
28	17.2	16.0	27.6	20.6	22.5	19.2	22.4	29.4	16.5	12.9
29	19.0	17.2	26.8	18.4	22.8	18.4	22.9	26.8	16.0	10.8
30	18.0	15.5	28.0	18.5	23.0	16.5	23.0	29.4	18.0	11.4
31	16.2	15.4	28.2	20.0	25.0	18.2	23.1	29.9	15.3	14.6
MED	16.50	15.40	26.70	18.80	21.60	17.90	21.30	27.80	15.60	12.1
MIN	14.5	13.8	19.8	15.0	18.2	15.2	18.8	30.2	13.4	5.5
MAX	19.0	17.2	29.6	20.6	25.0	19.4	23.5	30.2	18.0	15.4
MAXIMA ABSOLUT								30.2		
MNIMA ABSOLUT								13.4		




Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 10. Humedad durante marzo del 2014



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
HUMEDAD, TENSION DE VAPOR, TEMP, DE ROCIO



CLAVE 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION: 1502 snm.

ESTACION INSIVUMEH DEPTO: GUATEMALA MUNICIPIO: GUATEMALA

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO MES: MARZO 2014

DIA	HUMEDAD RELATIVA %						TENSION DE VAPOR mmHG						TEMP. PUNTO R		
	7HRS	13HRS	18HRS	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	7HRS	13HRS	18HRS	7HRS	13HRS	18HRS	7HRS	13HRS	18HRS
1	88	39	61	63	80	39	12.5	11.6	11.0	14.7	13.5	12.7			
2	88	34	60	61	88	34	11.4	10.1	12.5	13.2	11.4	14.7			
3	92	46	75	71	99	37	11.6	11.7	14.2	13.5	13.6	16.6			
4	93	42	75	70	98	36	11.9	9.8	13.4	13.9	10.9	15.7			
5	90	53	82	75	98	47	12.4	12.6	13.9	14.5	14.8	16.3			
6	98	52	82	77	99	37	12.9	13.4	13.7	15.1	15.7	16.1			
7	92	56	80	76	98	36	12.7	12.7	14.9	14.9	14.9	17.4			
8	90	53	82	75	98	43	13.0	12.8	14.3	15.3	15.0	16.8			
9	94	50	84	76	96	39	13.7	13.6	15.0	16.1	16.0	17.5			
10	90	47	74	70	100	24	13.3	12.8	15.1	15.6	15.0	17.6			
11	88	50	84	74	97	37	12.5	13.0	15.0	14.7	15.3	17.5			
12	94	57	78	76	97	40	13.7	14.6	15.2	16.1	17.1	17.7			
13	87	81	73	80	97	47	13.8	14.0	11.4	16.2	16.4	13.2			
14	84	42	74	67	98	42	11.0	11.7	13.0	12.7	13.6	15.3			
15	95	47	73	72	99	34	11.7	12.5	13.8	13.6	14.7	16.2			
16	86	37	81	68	99	32	12.9	8.3	13.6	15.1	8.5	16.0			
17	94	60	74	76	98	54	13.5	14.2	14.2	15.8	16.6	16.6			
18	91	51	75	72	97	38	12.0	12.4	14.4	14.0	14.5	16.9			
19	91	39	50	60	98	26	12.4	11.6	11.6	14.5	13.5	13.5			
20	91	46	65	67	98	31	11.9	12.4	13.1	13.9	14.5	15.4			
21	91	49	59	66	98	28	12.3	12.7	12.6	14.4	14.9	14.8			
22	95	43	74	71	99	28	13.3	12.4	15.3	15.6	14.5	17.8			
23	80	46	74	67	80	46	12.0	12.9	15.3	14.0	15.1	17.8			
24	93	34	80	69	100	18	12.4	10.5	14.9	14.5	12.0	17.4			
25	84	37	51	57	97	23	12.4	11.5	11.2	14.5	13.4	13.0			
26	91	49	63	68	98	30	13.5	13.5	13.3	15.8	15.8	15.6			
27	94	48	69	70	98	32	13.2	11.8	14.5	15.5	13.8	17.0			
28	89	53	72	71	98	29	13.0	14.7	14.7	15.3	17.2	17.2			
29	84	44	66	65	98	18	13.8	11.7	13.7	16.2	13.6	16.1			
30	77	40	51	56	99	25	12.0	11.2	10.8	14.0	13.0	12.4			
31	92	47	52	64	92	47	12.7	13.4	12.3	14.9	15.7	14.4			
MED	90	48	71	69	96	35	12.6	12.3	13.6	14.8	14.3	15.9			
MINI	77	34	50	56	80	18	11.0	8.3	10.8	12.7	8.5	12.4			
MAX	98	81	84	80	100	54	13.8	14.7	15.3	16.2	17.2	17.8			
					MAXIMA ABSOLUTA	100									
					MINIMA ABSOLUTA	18									




Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 11. Precipitación e insolación durante marzo del 2014

INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
PRECIPITACION E INSOLACION

latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION:1502 mts. Snm

CLAVI 60100 ESTACION INSIVUMEH DEPTO : GUATEMALA MUNICIPIO : GUATEMALA

NOMBRE DEL OBSERV. HAROLDO MES: MARZO 2014

DIA	PRECIPITACION EN mm.				INSOLACION EN HRS		RADIA. CAL/CM2/MIN		
	PLUVIO GRAFO	DURAC	MEDIA	MAXI	PLUVIO METRO	TOTAL	%	CALOR MEDIA	CALOR MAX
1					0.0	8.0	67	0.41	1.50
2					0.0			0.43	1.48
3					0.0	7.6	64	0.40	1.50
4					0.0	4.7	39	0.30	1.50
5					0.0	6.7	56	0.32	1.54
6					0.0	6.6	55	0.35	1.54
7					63.5	3.8	32	0.27	1.48
8					0.0	7.1	60	0.37	1.55
9					0.0	7.5	63	0.36	1.54
10					0.0	8.0	67	0.45	1.53
11					0.0	7.9	66	0.43	1.56
12					0.0	8.2	69	0.40	1.56
13					0.0	1.7	14	0.17	1.48
14					0.0	7.7	65	0.34	1.51
15					0.0	8.3	70	0.41	1.55
16					0.0	8.8	74	0.44	1.55
17					0.2	6.1	51	0.20	1.40
18					0.0	7.8	66	0.35	1.56
19					0.0	8.7	73	0.46	1.57
20					0.0	9.0	76	0.45	1.55
21					0.0	9.0	76	0.45	1.53
22					0.0	8.7	73	0.43	1.57
23					0.0	8.1	68	0.39	1.55
24					0.0	8.8	74	0.45	1.56
25					0.0	7.6	64	0.40	1.56
26					0.0	8.6	72	0.41	1.52
27					0.0	8.3	70	0.32	1.57
28					0.0	9.1	76	0.42	1.48
29					0.0	9.3	78.0	0.44	1.57
30					0.0	9.4	79.0	0.43	1.43
31					0.0	9.8	82	0.45	1.54
SUMA			MEDIA			7.7	65%	0.38	1.53
TOTAL SUMA DE LLUVIA					63.7	230.9			
DIAS DE LLUVIA					2				

FACTOR 8.40
 CONSTANTE=0.001434

MAXIMA	1.57
MINIMA	0.17

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 12. Viento durante marzo del 2014

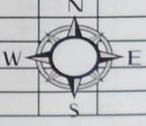


INSIVUMEH, SECCION DE OBSERVACIONES (AURORA)
SECCION DE CLIMATOLOGIA
VIENTO



CLAVE	60100	latitud:143511	longitud:903158	ELEVACION: 1502 mts. Snm.
ESTACION	INSIVUMEH 2013	DEPTO: GUATEMALA	MUNICIPIO: GUATEMALA	
NOMBRE DEL OBSERVADOR_ HAROLDO MES_ MARZO 2014				

DIA	DIRECCION PREDOMINANTE				VELOCIDAD DEL VIENTO EN				PRESION DEL VIENTO KG/MT2			
	7 HRS	13 HRS	18 HRS	PREDOMINANTE	7 HRS	13 HRS	18 HRS	MEDIA	MAXIMA	MEDIA	MAXIMA	
1	NE	NE	N	NE	11.0	20.0	30.0	20.30				
2	N	NE	NE	NE	24.0	15.0	19.0	19.30				
3	NE	S	S	S	7.0	18.0	6.0	10.30				
4	NE	SE	S	S	10.0	13.0	17.0	13.30				
5	S	NE	N	N	6.0	20.0	15.0	13.70				
6	S	S	S	S	4.0	12.0	21.0	12.30				
7	N	NE	E	NE	19.0	19.0	6.0	14.70				
8	NE	SW	S	S	11.0	17.0	19.0	15.70				
9	S	S	SW	S	5.0	20.0	10.0	11.70				
10	NE	NE	S	NE	17.0	13.0	13.0	14.30				
11	NE	SW	SW	SW	8.0	21.0	17.0	15.30				
12	N	S	S	S	7.0	18.0	12.0	12.30				
13	N	N	N	N	31.0	31.0	30.0	30.70				
14	NE	NE	NE	NE	20.0	24.0	26.0	23.30				
15	N	S	SW	SW	2.0	18.0	16.0	11.30				
16	S	SW	S	S	20.0	22.0	21.0	21.00				
17	SW	S	SW	SW	7.0	22.0	5.0	11.30				
18	NE	S	S	S	15.0	14.0	12.0	13.70				
19	NE	N	NE	NE	4.0	23.0	21.0	16.00				
20	NE	NE	N	NE	11.0	20.0	30.0	20.30				
21	NE	NE	NE	NE	19.0	17.0	18.0	18.00				
22	NE	NE	S	NE	17.0	11.0	7.0	11.70				
23	N	N	S	N	18.0	11.0	9.0	12.70				
24	NE	NE	S	NE	21.0	20.0	15.0	18.70				
25	NE	NE	NE	NE	12.0	22.0	23.0	19.00				
26	N	NE	NE	NE	24.0	22.0	25.0	23.70				
27	N	N	S	N	15.0	4.0	11.0	10.00				
28	NE	S	SW	SW	17.0	14.0	13.0	14.70				
29	NE	N	NE	NE	8.0	29.0	24.0	20.30				
30	NE	NE	NE	NE	16.0	23.0	30.0	23.00				
31	NE	N	NE	NE	23.0	19.0	27.0	23.00				
MODA				NE=45	13.8	18.5	17.7	16.3				
				VELOC MEDIA VIENTO				16.7				
				VELOC MINIMA ABSOLUTA				2.0				
				VELOC MAXIMA ABSOLUTA				31.0				

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 13. Temperaturas máximas y mínimas durante abril del 2014



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
TEMPERATURA C°



CLAVE <u>60100</u>		latitud: <u>143511</u>		longitud: <u>903158</u>		ELEVACION: <u>1502 mts snm</u>				
ESTACION <u>INSIVUMEH</u>		DEPTO: <u>GUATEMALA</u>		MUNICIPIO : <u>GUATEMALA</u>						
NOMBRE DEL OBSERVADOR <u>HAROLD</u>		MES <u>ABRIL</u>		2014						
DIA	7 HORAS		13 HORAS		18 HORAS		TEMP	TEMP	TEMP	SCILACIO
	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	
1	17.2	16.0	28.4	21.0	24.2	18.0	23.3	29.4	16.5	12.9
2	17.0	16.0	26.0	17.9	19.2	17.0	20.7	26.0	16.1	9.9
3	18.4	16.3	26.4	20.2	20.0	17.5	21.6	26.4	18.0	8.4
4	18.2	17.0	25.4	18.6	21.0	19.4	21.5	25.4	16.0	9.4
5	19.8	17.8	29.0	20.2	21.4	19.6	23.4	29.0	19.8	9.2
6	18.2	16.6	25.4	19.6	20.4	17.6	21.3	25.4	18.2	7.2
7	17.8	17.0	23.4	18.6	20.0	18.0	20.4	24.6	17.8	6.8
8	18.4	17.8	28.2	21.2	21.8	18.8	22.8	29.6	17.6	12.0
9	14.4	10.4	22.4	14.2	18.4	12.6	21.4	24.2	13.5	10.7
10	13.4	10.4	25.0	16.8	19.2	14.6	22.2	25.4	12.5	12.9
11	14.7	13.8	26.8	19.4	18.0	16.8	19.8	28.2	14.0	14.2
12	16.6	15.2	28.6	19.5	23.2	16.8	22.8	29.0	14.0	15.0
13	16.2	15.0	28.6	18.8	21.0	19.0	21.9	29.9	16.2	13.7
14	17.6	16.8	25.6	18.2	19.2	17.0	20.8	26.4	16.6	9.8
15	16.6	16.0	28.4	19.4	19.0	17.4	21.3	29.0	15.8	13.2
16	17.8	16.0	27.0	20.0	22.5	18.0	22.4	27.6	16.7	10.9
17	17.8	15.8	23.1	18.2	21.6	18.8	20.8	27.6	16.7	10.9
18	18.8	17.2	27.8	19.4	24.0	19.2	23.5	27.8	16.9	10.9
19	17.4	16.0	27.4	18.8	21.4	18.0	22.1	28.4	16.8	11.6
20	16.8	14.6	26.8	19.8	22.0	18.0	21.9	28.6	15.7	12.9
21	16.9	15.8	28.4	21.4	23.0	19.0	22.8	29.6	16.2	13.4
22	18.2	16.4	28.7	20.4	23.6	18.4	23.5	29.8	17.2	12.6
23	17.4	16.4	28.6	19.4	22.4	19.4	22.8	29.6	16.6	13.0
24	17.0	15.2	26.5	19.6	21.0	18.2	21.5	27.2	16.2	11.0
25	19.0	18.2	27.2	20.2	20.2	18.5	22.1	27.8	18.2	9.6
26	19.0	17.4	27.2	19.8	21.0	18.0	22.4	28.6	17.0	11.6
27	19.0	17.9	26.4	20.2	21.0	18.4	22.1	27.1	18.0	9.1
28	17.8	15.6	25.1	19.4	20.6	17.8	21.2	26.6	17.0	9.6
29	18.4	17.7	26.4	19.8	21.0	18.3	21.9	27.6	17.5	10.1
30	17.6	16.7	29.2	20.4	20.0	18.9	22.3	29.4	16.6	13.0
31										
MED	17.40	16.00	26.80	19.30	21.00	17.90	<u>22.00</u>	<u>27.70</u>	<u>16.50</u>	11.20
MIN	13.4	10.4	22.4	14.2	18.0	12.6	19.8	24.2	<u>12.5</u>	6.8
MAX	19.8	18.2	29.2	21.4	24.2	19.6	23.5	<u>29.9</u>	19.8	15.0
								<u>MAXIMA ABSOLUT</u>	<u>29.9</u>	
								<u>MNIMA ABSOLUT</u>	<u>12.5</u>	




Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 14. Humedad durante abril del 2014

INSIVUMEH SECCION DE CLIMATOLOGIA HUMEDAD, TENSION DE VAPOR, TEMP, DE ROCIO														
CLAVE	60100 latitud:143511 longitud:903158			ELEVACION: 1502 snm.										
ESTACION	INSIVUMEH			DEPTO: GUATEMALA				MUNICIPIO: GUATEMALA						
NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO				MES ABRIL				2014						
DIA	HUMEDAD RELATIVA %						TENSION DE VAPOR mmHG						TEMP. PUNTO R	
	7HRS	13HRS	18HRS	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	7HRS	13HRS	18HRS	7HRS	13HRS	18HRS	7HRS	13HRS
1	89	52	55	65	89	52	13.0	14.9	12.4	15.3	17.4	14.5		
2	90	45	80	72	90	45	13.1	11.3	13.4	15.4	13.1	15.7		
3	81	57	78	72	81	57	12.8	14.6	13.7	15.0	17.1	16.1		
4	89	52	86	76	89	52	13.9	12.7	16.1	16.3	14.9	18.6		
5	82	44	85	70	85	44	14.3	13.3	16.2	16.8	15.6	18.7		
6	85	58	76	73	85	58	13.4	14.2	13.7	15.7	16.6	16.1		
7	92	63	83	79	100	58	14.1	13.7	14.5	16.5	16.1	17.0		
8	94	54	75	74	96	37	15.0	15.4	14.8	17.5	17.9	17.3		
9	61	40	51	51	71	29	7.5	8.0	8.0	7.0	17.9	7.9		
10	69	43	61	58	96	33	8.0	10.2	10.2	7.9	11.5	11.5		
11	91	50	89	77	98	32	11.4	13.2	13.7	13.2	15.5	16.1		
12	86	42	52	60	99	18	12.2	12.4	11.1	14.3	14.5	12.8		
13	88	39	83	70	99	21	12.2	11.4	15.5	14.3	13.2	18.0		
14	92	49	80	74	97	37	13.9	12.0	13.4	16.3	14.0	15.7		
15	94	43	86	74	96	28	13.3	12.4	14.1	15.6	14.5	16.5		
16	83	52	65	67	97	35	12.7	14.0	13.2	14.9	16.4	15.5		
17	82	62	77	74	97	43	12.5	13.2	14.9	14.7	15.5	17.4		
18	86	45	64	65	97	30	13.9	12.7	14.3	16.3	14.9	16.8		
19	87	44	72	68	97	28	12.9	12.0	13.8	15.1	14.0	16.2		
20	79	52	68	66	88	37	11.4	13.8	13.5	13.2	16.2	15.8		
21	89	54	69	71	96	28	12.9	15.6	14.5	15.1	18.1	17.0		
22	83	47	61	64	96	29	13.1	13.8	13.3	15.4	16.2	15.6		
23	90	42	76	69	97	23	13.5	12.3	15.4	15.8	14.4	17.9		
24	83	53	77	71	97	46	12.0	13.7	14.3	14.0	16.1	16.8		
25	93	53	85	77	99	42	15.3	14.2	15.1	17.8	16.6	17.6		
26	86	50	75	70	99	27	14.1	13.6	14.0	16.5	16.0	16.4		
27	90	57	78	75	99	48	14.8	14.6	14.6	17.3	17.1	17.1		
28	80	59	76	72	100	48	12.2	14.0	13.9	14.3	16.4	16.3		
29	93	54	77	75	97	47	14.8	14.0	14.4	17.3	16.4	16.9		
30	91	45	90	75	98	34	13.8	13.6	15.8	16.2	16.0	18.3		
31														
MED	86	50	74	70	94	38	12.9	13.2	13.9	15.0	15.7	16.1		
MINI	61	39	51	51	71	18	7.5	8.0	8.0	7.0	11.5	7.9		
MAX	94	63	90	79	100	58	15.3	15.6	16.2	17.8	18.1	18.7		
					MAXIMA ABSOLUTA	100								
					MINIMA ABSOLUTA	18								

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 15. Precipitación e insolación durante abril del 2014

INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
PRECIPITACION E INSOLACION

latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION:1502 mts. Snm

ESTACION INSIVUMEH DEPTO : GUATEMALA MUNICIPIO : GUATEMALA

NOMBRE DEL OBSERV HAROLDO MES: ABRIL 2014

DIA	PRECIPITACION EN mm.				INSOLACION EN HRS		RADIA.CAL/CM2/MIN		
	PLUVIO GRAFO	DURAC	MEDIA	MAXI	PLUVIO METRO	TOTAL	%	CALOR MEDIA	CALOR MAX
1					0.0	9.1	74	0.43	1.54
2					0.0	6.4	52	0.31	1.56
3					0.40	8.3	67	0.41	1.56
4					0.0	9.3	76	0.42	1.56
5					4.60	9.1	74	0.39	1.50
6					0.0	9.2	75	0.42	1.44
7					0.0	5.1	41	0.28	1.54
8					0.0	7.6	62	0.33	1.55
9					0.0	9.7	79	0.44	1.54
10					0.0	10.0	81	0.47	1.56
11					0.0	10.2	83	0.46	1.56
12					0.0			0.45	1.54
13					0.0	10.4	85	0.42	1.49
14					0.0	9.7	85	0.42	1.55
15					0.0	10.2	83	0.40	1.57
16					0.0	5.0	41	0.31	1.56
17					0.0	5.4	44	0.30	1.53
18					0.0	8.8	72	0.34	1.54
19					0.0	9.7	79	0.43	1.51
20					0.0	10.3	84	0.43	1.49
21					0.0	10.3	84	0.45	1.56
22					0.0	7.6	62	0.39	1.55
23					0.0	9.8	80	0.40	1.57
24					0.0	7.7	62	0.38	1.52
25					0.0	8.3	67	0.33	1.51
26					5.60	7.3	59	0.32	1.50
27					0.0	8.3	67	0.36	1.57
28					0.0	8.5	69	0.39	1.56
29					0.0	7.4	60	0.39	1.52
30					0.0	8.6	70	0.39	1.47
31									
SUMA			MEDIA			8.5	69%	0.39	1.53
			TOTAL SUMA DE LLUVIA		10.6	247.3			
			DIAS DE LLUVIA		3				

FACTOR. 8.33
CONSTANTE=0,001434

MAXIMA	1.57
MINIMA	0.28

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 16. Viento durante abril del 2014

INSIVUMEH, SECCION DE OBSERVACIONES (AURORA)
SECCION DE CLIMATOLOGIA
VIENTO

CLAVE 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION: 1502 mts. Snm.

ESTACION INSIVUMEH DEPTO: GUATEMALA MUNICIPIO: GUATEMALA
2013

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO MES ABRIL 2014

DIA	DIRECCION PREDOMINANTE				VELOCIDAD DEL VIENTO EN			PRESION DEL VIENTO KG/MT ²			
	7 HRS	13 HRS	18 HRS	PREDC	7 HRS	13 HRS	18 HRS	MEDIA	MAXIMA	MEDIA	MAXIMA
1	N	N	NE	N	17.0	20.0	19.0	18.70			
2	N	NE	S	N	14.0	10.0	12.0	12.00			
3	NE	S	SW	S	6.0	21.0	15.0	14.00			
4	N	S	S	S	14.0	20.0	18.0	17.30			
5	N	NE	SW	N	12.0	10.0	14.0	12.00			
6	SE	SW	S	S	6.0	19.0	21.0	15.30			
7	S	S	S	S	16.0	24.0	16.0	18.70			
8	NE	NE	NE	NE	7.0	22.0	23.0	17.30			
9	N	N	N	N	33.0	33.0	35.0	33.70			
10	NE	NE	N	NE	21.0	25.0	37.0	28.00			
11	NE	NE	NE	NE	18.0	19.0	21.0	19.30			
12	NE	NE	NE	NE	14.0	24.0	23.0	20.30			
13	NE	NE	S	NE	13.0	12.0	17.0	14.00			
14	SW	SW	S	SW	8.0	21.0	26.0	18.30			
15	S	N	N	N	7.0	26.0	25.0	19.30			
16	NE	NE	NE	NE	19.0	19.0	20.0	19.00			
17	N	NW	S	N	16.0	6.0	9.0	10.30			
18	N	N	NE	N	17.0	22.0	27.0	22.00			
19	N	NE	NE	NE	18.0	26.0	20.0	24.70			
20	NE	NE	NE	NE	24.0	29.0	28.0	27.00			
21	NE	N	NE	NE	15.0	18.0	29.0	20.70			
22	N	NE	N	N	15.0	19.0	24.0	19.30			
23	NE	NE	SW	NE	13.0	16.0	8.0	12.30			
24	NE	SW	SW	SW	6.0	20.0	10.0	12.00			
25	SE	S	SE	SE	2.0	18.0	9.0	9.70			
26	NE	S	S	S	14.0	15.0	15.0	14.70			
27	S	S	SW	S	10.0	22.0	17.0	16.30			
28	S	S	SW	S	15.0	24.0	12.0	17.00			
29	S	S	S	S	8.0	26.0	19.0	17.70			
30	S	SW	SW	SW	5.0	16.0	7.0	9.30			
31											
MODA				NE=45	13.4	20.1	19.2	17.7			
								VELOC MEDIA VIENTO			17.7
								VELOC MINIMA ABSOLUTA			2.0
								VELOC MAXIM ABSOLUTA			37.0

OBSERVACIONES _____

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 17. Temperaturas máximas y mínimas durante mayo del 2014



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
TEMPERATURA C°



CLAVE		60100		latitud:143511		longitud:903158		ELEVACION: 1502 mts snm.			
ESTACION		INSIVUMEH		DEPTO: GUATEMALA			MUNICIPIO : GUATEMALA				
NOMBRE DEL OBSERVADOR		HAROLD		MES MAYO			2014				
DIA	7 HORAS		13 HORAS		18 HORAS		TEMP	TEMP	TEMP	SCILACIO	
	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	MEDIA	MAXIMA	MINIMA		
1	21.5	18.6	23.2	20.0	19.2	17.8	21.3	26.8	19.5	7.3	
2	18.4	17.8	20.4	18.6	19.6	18.2	19.5	23.6	17.4	6.2	
3	18.2	17.6	23.8	19.6	22.0	18.0	21.3	25.4	16.5	8.9	
4	18.2	15.8	24.2	18.6	20.4	17.6	20.9	25.4	16.0	9.4	
5	16.9	16.2	26.8	19.6	20.7	18.2	21.5	26.8	15.8	11.0	
6	16.8	15.3	26.4	20.4	20.0	18.6	21.1	28.2	16.8	11.4	
7	18.4	17.0	25.2	19.9	21.2	19.4	21.6	26.8	18.0	8.8	
8	19.0	18.1	24.6	19.1	20.2	18.8	21.3	26.4	18.0	8.4	
9	18.8	17.8	23.8	20.0	20.0	17.8	20.9	24.0	16.8	7.2	
10	18.0	17.5	25.5	20.8	20.0	17.8	21.2	25.6	16.3	8.8	
11	18.6	17.8	24.5	19.4	21.0	18.0	21.4	26.0	18.0	8.0	
12	18.2	17.2	25.4	19.8	20.2	19.0	21.3	26.4	17.2	9.2	
13	18.0	16.9	23.8	18.8	21.4	19.2	21.1	26.0	16.6	9.4	
14	18.4	17.8	26.2	19.8	21.6	18.2	20.1	27.6	16.5	11.7	
15	17.8	16.7	21.8	18.0	20.2	19.2	19.4	24.6	16.6	8.0	
16	16.5	14.7	24.2	18.5	19.8	16.2	20.2	24.6	16.3	8.3	
17	17.6	15.2	25.0	18.8	21.0	17.6	21.2	27.2	17.6	9.6	
18	17.6	16.1	25.8	19.6	21.8	18.2	21.7	27.2	15.3	11.9	
19	17.8	16.6	27.0	20.5	22.6	19.0	22.5	27.4	16.5	10.9	
20	18.6	17.2	27.8	20.2	22.2	19.4	22.9	29.0	17.5	11.5	
21	18.6	17.4	26.6	20.2	19.0	18.2	21.4	27.6	17.8	9.8	
22	18.0	17.0	26.0	20.2	20.4	18.4	21.5	27.4	17.0	10.4	
23	17.8	17.2	24.6	20.0	22.0	19.0	21.5	25.2	16.2	8.5	
24	18.4	17.0	26.2	19.8	22.0	17.7	22.2	27.4	17.2	10.2	
25	19.2	17.8	28.2	21.6	20.0	18.5	22.5	28.4	17.9	10.5	
26	18.6	17.4	27.2	20.5	22.5	20.0	22.8	27.8	17.6	10.2	
27	18.2	17.3	27.0	20.2	21.0	19.4	22.1	28.0	17.0	11.0	
28	18.2	17.2	26.4	20.4	20.0	18.0	21.5	27.7	18.0	9.7	
29	17.4	17.0	23.2	18.7	20.9	19.0	20.5	24.2	16.0	8.2	
30	17.4	16.4	24.4	19.7	19.8	18.6	20.5	26.2	16.5	9.7	
31	18.0	17.6	25.1	20.2	19.7	18.2	20.8	25.7	16.0	9.7	
MED	18.20	17.00	25.20	19.70	20.70	18.40	21.30	26.50	17.00	9.50	
MIN	16.5	14.7	20.4	18.0	19.0	16.2	19.4	23.6	15.3	6.2	
MAX	21.5	18.6	28.2	21.6	22.6	20.0	22.9	29.0	19.5	11.9	
								MAXIMA ABSOLUT	29.0		
								MINIMA ABSOLUT		15.3	




OBSERVACIONES _____

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 18. Humedad durante mayo del 2014



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
HUMEDAD, TENSION DE VAPOR, TEMP, DE ROCIO



CLAVE 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION: 1502 snm.

ESTACION INSIVUMEH DEPTO: GUATEMALA MUNICIPIO: GUATEMALA

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO MES MAYO 2014

DIA	HUMEDAD RELATIVA %						TENSION DE VAPOR mmHG TEMP. PUNTO R					
	7HRS	13HRS	18HRS	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	7HRS	13HRS	18HRS	7HRS	13HRS	18HRS
1	76	75	87	79	97	43	14.6	15.9	14.6	17.1	18.4	17.1
2	94	84	88	89	98	70	15.0	15.2	15.0	17.5	17.7	17.5
3	94	68	68	77	94	68	14.8	15.0	13.5	17.3	17.5	15.8
4	78	59	76	71	78	59	12.3	13.3	13.7	14.4	15.6	16.1
5	93	51	79	74	97	36	13.5	13.5	14.4	15.8	15.8	16.9
6	86	58	88	77	97	36	12.3	15.0	15.4	14.4	17.5	17.9
7	87	61	85	78	98	53	13.8	14.8	16.0	16.2	17.3	18.5
8	92	60	88	80	97	52	15.1	13.8	15.6	17.6	16.2	18.1
9	91	71	81	81	98	56	14.8	15.6	14.2	17.3	18.1	16.6
10	95	66	81	81	98	58	14.7	16.1	14.2	17.2	18.6	16.6
11	93	62	75	77	98	48	14.9	14.3	14.0	17.4	16.8	16.4
12	91	60	89	80	100	51	14.2	14.5	15.9	16.6	17.0	18.4
13	90	62	82	78	98	54	13.9	13.8	15.6	16.3	16.2	18.1
14	94	55	72	74	97	36	15.0	14.1	14.0	17.5	16.5	16.4
15	90	69	76	78	98	51	13.7	13.6	13.3	16.1	16.0	15.6
16	83	58	69	70	97	46	11.6	13.1	12.0	13.5	15.4	14.0
17	78	55	72	68	98	45	11.7	13.2	13.4	13.6	15.5	15.7
18	95	56	71	74	98	39	14.4	14.0	13.9	16.9	16.4	16.3
19	89	55	71	72	96	38	13.6	14.8	14.7	16.0	17.3	17.2
20	87	50	77	71	97	39	14.0	13.9	15.5	16.4	16.3	18.0
21	89	56	93	79	98	40	14.3	14.5	15.3	16.8	17.0	17.8
22	91	59	83	78	97	43	14.0	14.8	14.9	16.4	17.3	17.4
23	94	66	76	79	98	44	14.4	15.2	15.0	16.9	17.7	17.5
24	87	55	66	69	87	43	13.8	14.1	13.0	16.2	16.5	15.3
25	87	56	87	78	97	39	14.6	16.0	15.2	17.1	18.5	17.7
26	89	54	80	74	89	40	14.3	14.7	16.3	16.8	17.2	18.8
27	92	54	86	77	98	40	14.4	14.3	16.1	16.9	16.8	18.6
28	91	58	88	79	97	45	14.2	15.0	15.4	16.6	17.5	17.9
29	96	65	85	82	98	60	14.3	13.9	15.6	16.8	16.3	18.1
30	90	63	89	81	98	52	13.5	14.4	15.5	15.8	16.9	18.0
31	96	64	89	83	99	50	14.9	15.3	15.1	17.4	17.8	17.6
MED	90	61	81	77	96	48	14.0	14.5	14.7	16.4	17.0	17.2
MINI	76	50	66	68	78	36	11.6	13.1	12.0	13.5	15.4	14.0
MAX	96	84	93	89	100	70	15.1	16.1	16.3	17.6	18.6	18.8



MAXIMA ABSOLUTA	100
MINIMA ABSOLUTA	36



OBSERVACIONES _____

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 19. Precipitación e insolación durante mayo del 2014

INSIVUMEH									
SECCION DE CLIMATOLOGIA									
PRECIPITACION E INSOLACION									
CLAVI	60100	latitud:143511	longitud:903158	ELEVACION:1502 mts. Snm					
ESTACION	INSIVUMEH	DEPTO : GUATEMALA			MUNICIPIO : GUATEMALA				
NOMBRE DEL OBSERV. HAROLDO		MES: MAYO			2014				
DIA	PRECIPITACION EN mm.				INSOLACION EN HRS			RADIA.CAL/CM2/MIN	
	PLUVIO GRAFO	DURAC	MEDIA	MAXI	PLUVIO METRO	TOTAL	%	CALOR MEDIA	CALOR MAX
1					27.00	4.3	34	0.22	1.48
2					0.0	1.2	9	0.18	1.55
3					12.70	5.1	40	0.28	1.56
4					0.0	5.4	42	0.24	1.55
5					0.0	9.2	72	0.36	1.53
6					0.0	5.3	42	0.32	1.54
7					0.0	5.8	46	0.29	1.57
8					0.0	4.8	38	0.28	1.50
9					0.0	2.8	22	0.23	1.53
10					0.0	5.3	42	0.29	1.53
11					0.0	9.7	76	0.41	1.54
12					12.80	4.9	39	0.26	1.56
13					46.00	3.3	26	0.21	1.48
14					13.50	7.1	56	0.35	1.57
15					0.0	3.4	27	0.26	1.49
16					0.0	9.8	77	0.37	1.51
17					0.0	3.8	30	0.26	1.47
18					0.0	8.3	65	0.33	1.57
19					0.0	8.6	68	0.36	1.56
20					0.0	8.6	68	0.33	1.53
21					0.0	3.6	28	0.18	1.54
22					12.20	6.8	54	0.30	1.51
23					2.40	5.6	44	0.26	1.57
24					0.0	8.6	68	0.36	1.57
25					0.0	5.9	46	0.24	1.52
26					0.0	7.3	57	0.28	1.51
27					0.0	6.8	54	0.29	1.48
28					0.0	7.7	61	0.29	1.49
29					20.20	1.7	13	0.20	1.24
30					0.40	5.7	45	0.25	1.56
31					31.2	5.6	44	0.25	1.44
SUMA			MEDIA			5.9	46%	0.28	1.52
TOTAL SUMA DE LLUVIA					178.4	182.0			
DIAS DE LLUVIA					10				



FACTOR 7.87
CONSTANTE=0,001434



MAXIMA	1.57
MINIMA	0.18

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 20. Viento durante mayo del 2014



INSIVUMEH, SECCION DE OBSERVACIONES (AURORA)
SECCION DE CLIMATOLOGIA
VIENTO



CLAVE 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION: 1502 mts. Snm.

ESTACION INSIVUMEH DEPTO: GUATEMALA MUNICIPIO: GUATEMALA
 2013

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO **MES MAYO** 2014

DIA	DIRECCION PREDOMINANTE				VELOCIDAD DEL VIENTO EN				PRESION DEL VIENTO KG/MT2		
	7 HRS	13 HRS	18 HRS	PREDC	7 HRS	13 HRS	18 HRS	MEDIA	MAXIMA	MEDIA	MAXIMA
1	NW	E	SW	VARIA	1.0	8.0	6.0	5.00			
2	NE	SW	S	SW	9.0	7.0	11.0	9.00			
3	NE	N	N	N	12.0	25.0	27.0	21.30			
4	N	NE	NE	NE	25.0	18.0	23.0	22.00			
5	NE	NE	S	NE	19.0	14.0	13.0	15.30			
6	NE	S	S	S	13.0	20.0	15.0	16.00			
7	S	S	S	S	8.0	17.0	14.0	13.00			
8	S	S	S	S	16.0	16.0	22.0	18.00			
9	E	SW	S	SW	2.0	13.0	21.0	12.00			
10	S	S	S	S	5.0	23.0	17.0	15.00			
11	S	S	SW	S	9.0	21.0	11.0	13.70			
12	S	S	S	S	6.0	12.0	9.0	9.00			
13	SW	SE	N	SW	7.0	8.0	8.0	8.00			
14	N	NE	NE	NE	14.0	21.0	21.0	18.70			
15	N	N	NE	N	27.0	27.0	25.0	26.30			
16	N	NE	N	N	30.0	38.0	30.0	32.60			
17	N	N	NE	N	23.0	19.0	23.0	21.70			
18	NE	NE	NE	NE	18.0	18.0	23.0	19.70			
19	NE	NE	NE	NE	15.0	20.0	22.0	14.00			
20	N	N	NE	N	16.0	15.0	21.0	17.30			
21	N	S	SE	S	19.0	18.0	4.0	13.70			
22	NE	NE	NE	NE	15.0	20.0	17.0	17.30			
23	N	NE	NE	NE	15.0	20.0	18.0	17.70			
24	NE	NE	NE	NE	15.0	19.0	19.0	17.70			
25	NE	NE	NW	NE	15.0	18.0	4.0	12.30			
26	N	NE	S	N	14.0	18.0	7.0	13.00			
27	NE	NE	S	NE	17.0	13.0	13.0	14.30			
28	S	SW	S	S	9.0	11.0	10.0	10.00			
29	S	S	SW	S	12.0	20.0	15.0	15.70			
30	SW	E	SW	SW	5.0	8.0	5.0	6.00			
31	NW	S	S	S	4.0	11.0	6.0	7.00			
MODA				NE=45	13.4	17.3	15.5	15.2			
				VELOC MEDIA VIENTO				15.4			
				VELOC MINIMA ABSOLUTA				1.0			
				VELOC MAXIMA ABSOLUTA				38.0			




OBSERVACIONES _____

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 21. **Temperaturas máximas y mínimas durante junio del 2014**



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
TEMPERATURA C°



CLAVE	60100		latitud:143511	longitud:903158	ELEVACION: 1502 mts snm.					
ESTACION	INSIVUMEH		DEPTO: GUATEMALA	MUNICIPIO : GUATEMALA						
NOMBRE DEL OBSERVADOR			HAROLDI							
MES JUNIO 2014										
DIA	7 HORAS		13 HORAS		18 HORAS		TEMP	TEMP	TEMP	SCILACIO
	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	
1	18.3	17.7	25.6	20.8	19.4	18.6	21.1	25.6	16.8	8.8
2	17.4	17.4	18.0	17.4	18.1	17.8	17.8	18.0	17.4	0.6
3	18.0	17.6	20.8	18.8	19.2	18.4	19.3	23.8	17.0	6.8
4	17.8	17.2	22.2	19.7	21.4	19.6	20.5	24.2	16.8	7.4
5	18.6	17.8	24.6	19.5	18.9	17.8	20.7	26.8	17.8	9.0
6	18.4	17.4	23.8	19.6	18.0	16.7	20.1	24.8	17.6	7.2
7	18.0	17.6	24.2	21.0	18.0	17.5	20.1	25.0	16.0	9.0
8	17.0	16.6	24.6	20.0	20.0	18.2	20.5	24.6	17.0	7.6
9	18.6	17.6	19.8	17.6	19.2	18.0	19.2	20.4	17.5	2.9
10	17.2	16.5	25.4	19.4	21.0	19.1	21.2	26.6	16.0	10.6
11	19.2	18.5	20.6	19.4	19.0	18.0	19.6	25.4	18.1	7.3
12	18.4	17.8	26.4	20.2	19.8	18.6	21.5	27.8	17.2	10.6
13	18.1	17.6	26.0	20.4	19.1	18.8	21.1	26.4	17.0	9.4
14	18.6	17.8	26.0	20.6	23.1	20.0	22.6	26.0	16.5	9.5
15	14.0	12.8	23.1	20.1	20.8	18.4	19.3	23.1	14.0	9.1
16	18.0	17.2	22.4	18.2	20.4	18.6	20.3	23.0	17.0	6.0
17	17.6	17.4	23.4	18.4	21.6	18.6	21.0	25.4	16.4	9.0
18	18.0	17.0	26.1	19.2	21.8	19.2	22.0	27.2	17.0	10.2
19	18.2	17.6	24.7	19.5	20.6	19.0	21.2	26.4	16.8	9.6
20	18.4	17.6	24.2	19.4	22.2	20.0	21.6	26.3	16.5	9.8
21	19.2	18.0	28.0	21.5	21.0	19.0	22.7	27.0	17.2	9.8
22	19.0	18.0	28.0	21.0	21.6	21.4	22.9	28.0	17.8	10.2
23	17.7	17.5	22.4	19.6	18.0	18.0	19.4	22.4	16.6	5.8
24	16.8	16.4	26.4	19.6	17.8	17.0	20.3	26.4	15.6	10.8
25	17.1	16.6	25.2	19.8	22.6	17.8	21.6	26.2	16.0	10.2
26	17.7	16.6	25.6	18.2	22.8	18.2	22.0	26.5	16.5	10.0
27	18.1	17.4	24.8	19.4	19.4	18.4	20.8	25.6	17.0	8.6
28	16.8	16.0	26.0	20.2	22.2	18.6	21.7	26.2	15.4	10.8
29	17.6	16.9	25.2	19.4	22.4	18.6	21.7	26.4	16.9	9.5
30	18.0	17.2	26.4	20.6	22.2	18.6	22.2	26.4	17.8	8.6
31										
MED	17.90	17.20	24.30	19.60	20.40	18.60	<u>20.90</u>	<u>25.30</u>	<u>16.80</u>	8.50
MIN	14.0	12.8	18.0	17.4	17.8	16.7	17.8	18.0	<u>14.0</u>	0.6
MAX	19.2	18.5	28.0	21.5	23.1	21.4	22.9	<u>28.0</u>	18.1	10.8
							MAXIMA ABSOLUT	<u>28.0</u>		
							MNIMA ABSOLUT		<u>14.0</u>	

OBSERVACIONES _____



Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 22. Humedad durante junio del 2014



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
HUMEDAD, TENSION DE VAPOR, TEMP, DE ROCIO



CLAVE 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION: 1502 snm,

ESTACION INSIVUMEH DEPTO: GUATEMALA MUNICIPIO: GUATEMALA

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO **MES JUNIO** 2014

DIA	HUMEDAD RELATIVA %						TENSION DE VAPOR mmHG TEMP. PUNTO R					
	7HRS	13HRS	18HRS	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	7HRS	13HRS	18HRS	7HRS	13HRS	18HRS
1	94	65	93	84	94	65	14.9	16.0	15.7	17.4	18.5	18.2
2	100	95	97	97	100	95	14.9	14.6	15.1	17.4	17.1	17.6
3	96	83	93	91	98	63	14.9	15.3	15.5	17.4	17.8	18.0
4	94	80	85	86	97	70	14.4	16.0	16.2	16.9	18.5	18.7
5	93	62	90	82	97	55	14.9	14.4	14.7	17.4	16.9	17.2
6	91	68	88	82	98	56	14.4	15.0	13.6	16.9	17.5	16.0
7	96	75	95	89	97	56	14.9	17.0	14.7	17.4	19.5	17.2
8	96	66	84	82	98	60	14.0	15.2	14.8	16.4	17.7	17.3
9	91	81	89	87	97	72	14.6	14.0	14.9	17.1	16.4	17.4
10	93	57	84	78	97	47	13.7	13.9	15.6	16.1	16.3	18.1
11	94	90	91	92	98	57	15.6	16.3	15.0	18.1	18.8	17.5
12	94	57	89	80	99	40	15.0	14.6	15.5	17.5	17.1	18.0
13	95	60	97	84	98	43	14.8	15.2	16.1	17.3	17.7	18.6
14	93	61	75	76	99	46	14.9	15.5	16.0	17.4	18.0	18.5
15	87	76	80	81	99	62	10.5	16.1	14.7	12.0	18.6	17.2
16	92	67	84	81	100	66	14.3	13.6	15.2	16.8	16.0	17.7
17	98	62	75	78	98	47	14.8	13.4	14.6	17.3	15.7	17.1
18	91	52	79	74	97	36	14.0	13.2	15.4	16.4	15.5	17.9
19	94	62	86	81	98	51	14.8	14.4	15.7	17.3	16.9	18.2
20	93	64	82	80	98	44	14.7	14.5	16.4	17.2	17.0	18.9
21	89	56	83	76	98	48	14.9	16.0	15.5	17.4	18.5	18.0
22	91	53	98	81	99	42	15.0	15.1	19.0	17.5	17.6	21.3
23	98	77	100	92	98	52	14.9	15.7	15.5	17.4	18.2	18.0
24	96	53	92	80	97	44	13.8	13.7	14.1	16.2	16.1	16.5
25	95	61	63	73	97	35	13.9	14.6	12.9	16.3	17.1	15.1
26	90	49	64	68	97	24	13.6	12.0	13.4	16.0	14.0	15.7
27	93	60	91	81	98	59	14.5	14.2	15.4	17.0	16.6	17.9
28	92	59	71	74	98	43	13.2	14.8	14.3	15.5	17.3	16.8
29	93	58	70	74	98	37	14.1	14.0	14.2	16.5	16.4	16.6
30	92	59	71	74	92	59	14.3	15.3	14.3	16.8	17.8	16.8
31												
MED	93	49	85	<u>81</u>	<u>98</u>	<u>52</u>	14.4	14.8	15.1	16.8	17.2	17.6
MINI	87	49	63	68	92	24	10.5	12.0	12.9	12.0	14.0	15.1
MAX	100	95	100	97	100	95	15.6	17.0	19.0	18.1	19.5	21.3



MAXIMA ABSOLUTA	100
MINIMA ABSOLUTA	24



OBSERVACIONES

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 23. Precipitación e insolación durante junio del 2014



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
PRECIPITACION E INSOLACION



CLAVI 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION:1502 mts. Snm

ESTACION INSIVUMEH DEPTO : GUATEMALA MUNICIPIO : GUATEMALA

NOMBRE DEL OBSERV. HAROLDO _____ MES: **JUNIO** 2014

DIA	PRECIPITACION EN mm.				INSOLACION EN HRS			RADIA.CAL/CM2/MIN	
	PLUVIO GRAFO	DURAC	MEDIA	MAXI	PLUVIO METRO	TOTAL	%	CALOR MEDIA	CALOR MAX
1					21.50	2.3	18	0.20	1.53
2					20.60	0.0	0	0.48	0.58
3					67.60	2.8	22	0.22	1.57
4					12.30	3.1	24	0.24	1.53
5					0.40	1.3	10	0.22	1.62
6					0.60	1.4	11	0.14	1.54
7					24.40	3.8	29	0.19	1.58
8					37.50	1.7	13	0.25	1.45
9					0.10	0.0	0	0.10	0.52
10					5.40	3.6	28	0.22	1.48
11					1.70	4.1	32	0.20	1.45
12					22.20	7.3	56	0.30	1.50
13					17.10	4.0	31	0.24	1.55
14					17.80	3.7	28	0.24	1.56
15					2.40	4.1	31	0.25	1.48
16					4.60	2.4	22	0.22	1.46
17					2.90	6.1	47	0.29	1.57
18					0.0	9.3	72	0.34	1.40
19					0.0	1.8	14	0.21	1.60
20					1.10	7.6	59	0.29	1.45
21					0.0	7.2	56	0.26	1.56
22					4.20	8.3	64	0.29	1.53
23					3.40	2.8	22	0.24	1.48
24					24.50	3.5	27	0.20	1.56
25					38.40	8.6	67	0.31	1.53
26					0.0	8.9	69	0.32	1.49
27					0.0	2.9	22	0.15	1.34
28					15.50	4.6	36	0.29	1.49
29					12.10	7.3	57	0.33	1.50
30					0.0	8.7	67	0.35	1.56
31									
SUMA			MEDIA			4.4	34%	0.25	1.45
TOTAL SUMA DE LLUVIA					358.3	133.2			
DIAS DE LLUVIA					24				



FACTOR 7.75
CONSTANTE=0,001434



MAXIMA	1.62
MINIMA	0.10

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 24. Viento durante junio del 2014

INSIVUMEH, SECCION DE OBSERVACIONES (AURORA)
SECCION DE CLIMATOLOGIA
VIENTO



CLAVE 60100 latitud: 143511 longitud: 903158 ELEVACION: 1502 mts. Snm.

ESTACION INSIVUMEH DEPTO: GUATEMALA MUNICIPIO: GUATEMALA
2013

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO **MES JUNIO** 2014

DIA	DIRECCION PREDOMINANTE				VELOCIDAD DEL VIENTO EN			PRESION DEL VIENTO KG/MT2			
	7 HRS	13 HRS	18 HRS	PREDOMINANTE	7 HRS	13 HRS	18 HRS	MEDIA	MAXIMA	MEDIA	MAXIMA
1	N	NE	S	N	9.0	12.0	11.0	10.70			
2	S	S	S	S	6.0	10.0	16.0	10.70			
3	SW	S	SW	SW	12.0	15.0	10.0	12.30			
4	S	SW	S	S	10.0	12.0	18.0	13.30			
5	SW	S	SW	SW	7.0	16.0	9.0	10.70			
6	NE	E	S	NE	6.0	16.0	3.0	8.30			
7	N	NE	S	NE	8.0	6.0	10.0	8.00			
8	NE	NE	N	NE	14.0	14.0	18.0	15.30			
9	NE	S	S	S	11.0	8.0	8.0	9.00			
10	S	S	SW	S	5.0	13.0	8.0	8.70			
11	NE	NE	N	NE	10.0	4.0	6.0	6.70			
12	NE	NE	SW	NE	12.0	19.0	8.0	13.00			
13	NE	N	W	N	14.0	11.0	8.0	11.00			
14	NE	NE	NE	NE	13.0	16.0	12.0	13.00			
15	E	N	SE	VARIA	6.0	13.0	14.0	11.00			
16	NE	N	NE	NE	17.0	15.0	14.0	15.30			
17	NE	NE	NE	NE	14.0	24.0	28.0	22.00			
18	N	NE	NE	NE	23.0	21.0	23.0	22.30			
19	NE	NE	SW	NE	15.0	14.0	3.0	10.60			
20	N	NE	NE	NE	15.0	22.0	13.0	16.70			
21	NE	NE	NE	NE	22.0	18.0	20.0	20.00			
22	NE	NE	S	NE	9.0	15.0	14.0	12.70			
23	SW	S	SW	SW	5.0	9.0	8.0	7.30			
24	NE	NE	SW	NE	3.0	26.0	5.0	11.30			
25	NE	N	NE	NE	19.0	16.0	15.0	17.00			
26	NE	NE	S	NE	19.0	21.0	11.0	17.00			
27	N	NE	S	N	17.0	14.0	5.0	12.00			
28	NE	NE	NE	NE	9.0	12.0	20.0	13.70			
29	N	NE	NE	NE	21.0	21.0	19.0	20.30			
30	NE	NE	NE	NE	18.0	21.0	22.0	20.30			
31											
MODA				NE=45	12.3	15.1	12.6	13.4			
				VELOC MEDIA VIENTO				13.4			
				VELOC MINIM ABSOLUTA				3.0			
				VELOC MAXIM ABSOLUTA				28.0			





Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 25. Temperaturas máximas y mínimas durante julio del 2014

 INSIVUMEH SECCION DE CLIMATOLOGIA TEMPERATURA C° 													
CLAVE		60100		latitud:143511		longitud:903158		ELEVACION: 1502 mts snm.					
ESTACION			INSIVUMEH			DEPTO: GUATEMALA			MUNICIPIO : GUATEMALA				
NOMBRE DEL OBSERVADOR						HAROLD							
MES JULIO 2014													
DIA	7 HORAS			13 HORAS			18 HORAS			TEMP	TEMP	TEMP	SCILACIO
	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	MEDIA	MAXIMA	MINIMA		
1	18.1	17.2	26.4	20.6	22.2	18.6	22.2	26.4	17.0	9.4			
2	17.6	17.2	26.0	20.2	19.2	18.6	20.9	27.8	16.4	11.4			
3	18.4	17.7	25.4	20.2	22.4	19.0	22.1	26.6	17.0	9.6			
4	18.5	17.2	24.6	19.4	19.0	18.3	20.7	24.6	17.2	7.4			
5	18.0	17.0	23.8	18.5	21.6	18.0	21.1	25.2	16.5	8.7			
6	18.4	16.8	24.6	19.4	21.0	18.0	21.3	24.9	16.6	8.3			
7	17.0	16.4	26.0	17.6	21.4	17.3	21.5	26.0	15.8	10.2			
8	16.7	15.7	26.7	20.2	23.7	19.8	22.4	28.1	15.6	12.5			
9	18.8	17.6	26.2	17.6	21.3	18.0	22.1	26.8	17.2	9.6			
10	16.8	15.4	25.4	18.2	22.0	16.5	21.4	26.2	15.8	10.4			
11	16.4	15.7	25.4	19.4	22.5	16.8	21.4	25.4	15.0	10.4			
12	17.9	15.8	25.1	18.3	20.5	17.4	21.1	25.1	17.9	7.2			
13	16.9	15.2	23.6	18.3	21.0	17.5	20.5	23.6	16.9	6.7			
14	17.2	16.4	24.0	18.9	18.4	17.6	19.9	24.8	15.8	9.0			
15	17.6	17.2	25.4	19.8	21.8	17.2	21.6	27.2	16.1	11.1			
16	18.6	17.6	27.4	21.2	22.0	20.0	22.7	28.2	17.3	10.9			
17	18.7	17.3	27.9	21.8	21.8	20.6	22.8	29.4	17.2	12.2			
18	19.6	18.6	24.6	16.4	19.8	16.6	21.3	26.5	17.5	9.0			
19	19.8	18.2	25.1	20.0	18.0	15.0	21.0	26.2	18.8	7.4			
20	18.4	17.6	26.3	21.1	20.3	16.5	21.7	26.3	17.5	8.8			
21	18.2	17.2	25.2	19.9	22.0	19.3	21.8	27.2	17.0	10.2			
22	18.0	16.4	26.6	20.4	22.8	18.5	22.5	27.4	16.5	10.9			
23	18.6	17.1	26.0	19.4	22.5	18.8	22.4	26.8	17.2	9.6			
24	17.8	16.5	26.2	19.2	22.8	16.7	22.3	27.6	16.5	11.1			
25	17.7	15.5	24.4	19.4	21.6	18.6	21.2	26.1	16.2	9.9			
26	18.0	16.8	25.6	19.4	21.2	18.2	21.6	27.4	16.2	11.2			
27	17.8	16.6	26.1	19.1	22.4	18.6	22.1	27.2	16.8	10.4			
28	17.7	16.2	25.2	19.8	21.0	19.6	21.3	27.4	16.2	11.2			
29	17.4	16.4	22.6	18.2	20.4	17.8	20.1	23.2	16.0	7.2			
30	17.4	16.8	26.4	18.6	23.0	18.0	22.3	26.8	15.6	11.2			
31	16.7	15.8	25.9	19.5	23.2	18.6	22.0	27.4	15.2	12.2			
MED	17.90	16.70	25.50	19.40	21.40	18.10	<u>21.60</u>	<u>26.40</u>	<u>16.60</u>	9.80			
MIN	16.4	15.2	22.6	16.4	18.0	15.0	16.2	23.2	15.0	6.7			
MAX	19.8	18.6	27.9	21.8	23.7	20.6	22.8	<u>29.4</u>	18.8	12.5			
									MAXIMA ABSOLUT	<u>29.4</u>			
									MINIMA ABSOLUT	15.0			

OBSERVACIONES _____

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 26. Humedad durante julio del 2014

INSIVUMEH SECCION DE CLIMATOLOGIA HUMEDAD, TENSION DE VAPOR, TEMP, DE ROCIO												
CLAVE	60100		latitud:143511	longitud:903158		ELEVACION: 1502 snm,						
ESTACION	INSIVUMEH		DEPTO: GUATEMALA			MUNICIPIO: GUATEMALA						
NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO			MES JULIO			2014						
DIA	HUMEDAD RELATIVA %						TENSION DE VAPOR mmHG TEMP. PUNTO R					
	7HRS	13HRS	18HRS	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	7HRS	13HRS	18HRS	7HRS	13HRS	18HRS
1	92	59	71	74	100	46	14.3	15.3	14.3	16.8	17.8	16.8
2	96	59	95	83	97	39	14.5	14.8	15.8	17.0	17.3	18.3
3	93	62	73	76	97	42	14.8	15.1	14.8	17.3	17.6	17.3
4	88	62	94	81	97	47	14.1	14.3	15.4	16.5	16.8	17.9
5	91	60	71	74	98	38	14.0	13.2	13.7	16.4	15.5	16.1
6	85	62	75	74	97	47	13.5	14.3	14.0	15.8	16.8	16.4
7	94	43	67	68	97	26	13.7	10.9	12.8	16.1	12.5	15.0
8	90	55	70	72	97	43	12.9	14.5	15.4	15.1	17.0	17.9
9	89	42	73	68	96	23	14.5	12.8	13.8	17.0	12.0	16.2
10	87	50	57	65	97	34	12.4	12.1	11.3	14.5	14.1	13.1
11	93	57	56	69	98	41	13.0	13.9	11.4	15.3	16.3	13.2
12	81	52	75	69	99	46	12.4	12.4	13.4	14.5	14.5	15.7
13	84	60	71	72	99	49	12.1	13.1	13.2	14.1	15.4	15.5
14	92	62	93	82	100	51	13.6	13.8	14.7	16.0	16.2	17.2
15	96	60	63	73	96	37	14.5	14.5	12.4	17.0	17.0	14.5
16	91	58	83	77	97	43	14.6	15.8	16.5	17.1	18.3	19.0
17	87	59	90	79	98	40	14.1	16.5	17.4	16.5	19.0	20.1
18	100	43	73	72	100	34	17.1	9.9	12.6	19.6	11.1	14.8
19	86	63	73	74	98	37	14.9	15.0	11.3	17.4	17.5	13.1
20	93	63	68	75	97	33	14.7	16.2	12.2	17.2	18.7	14.3
21	91	61	78	77	91	35	14.2	14.8	15.4	16.6	17.3	17.9
22	85	57	66	69	87	34	13.2	14.9	13.8	15.5	17.4	16.2
23	86	54	71	70	87	34	13.9	13.6	14.4	16.3	16.0	16.9
24	88	52	54	65	88	30	13.4	13.2	11.2	15.7	15.5	13.0
25	80	63	75	73	86	42	12.1	14.4	14.6	14.1	16.9	17.1
26	89	56	75	73	90	43	13.7	13.8	14.2	16.1	16.2	16.6
27	89	52	70	70	89	42	13.6	13.1	14.2	16.0	15.4	16.6
28	86	61	88	78	96	43	13.1	14.6	16.4	15.4	17.1	18.9
29	90	66	78	78	96	54	13.5	13.5	14.0	15.8	15.8	16.4
30	94	47	62	68	97	31	14.0	12.2	13.0	16.4	14.3	15.3
31	91	56	65	71	97	30	13.0	13.8	13.8	15.3	16.2	16.2
MED	90	57	73	73	95	39	13.8	13.9	13.9	16.1	16.1	16.2
MINI	80	42	54	65	86	23	12.1	9.9	11.2	14.1	11.1	13.0
MAX	100	66	95	83	100	54	17.1	16.5	17.4	19.6	19.0	20.1
	MAXIMA ABSOLUTA											
	MINIMA ABSOLUTA											

OBSERVACIONES

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 27. Precipitación e insolación durante julio del 2014



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
PRECIPITACION E INSOLACION



CLAVI 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION:1502 mts. Snm

ESTACION INSIVUMEH DEPTO : GUATEMALA MUNICIPIO : GUATEMALA

NOMBRE DEL OBSERV. HAROLDO _____ MES: **JULIO** 2014

DIA	PRECIPITACION EN mm.				INSOLACION EN HRS		RADIA. CAL/CM2/MIN		
	PLUVIO GRAFO	DURAC	MEDIA	MAXI	PLUVIO METRO	TOTAL	%	CALOR MEDIA	CALOR MAX
0					0.0	5.8	45	0.26	1.41
1					0.0	7.7	59	0.29	1.58
2					2.30	3.7	28	0.26	1.50
3					0.40	0.5	4	0.22	1.65
4					0.0	7.9	61	0.27	1.52
5					0.0	5.7	44	0.23	1.52
6					0.0	10.3	79	0.37	1.47
7					0.0	8.7	67	0.34	1.53
8					0.0	10.3	79	0.36	1.50
9					0.0	9.8	75	0.33	1.58
10					0.0	10.2	78	0.31	1.57
11					0.0	8.3	64	0.28	1.56
12					4.70	5.7	44	0.25	1.54
13					1.90	2.3	18	0.24	1.35
14					7.10	7.9	61	0.26	1.49
15					0.0	8.3	64	0.26	1.56
16					0.0	5.8	45	0.24	1.63
17					7.70	9.3	72	0.29	1.53
18					0.0	7.8	60	0.27	1.58
19					0.0	5.5	42	0.27	1.62
20					0.0	8.4	65	0.30	1.50
21					0.0	8.9	68	0.30	1.64
22					0.70	8.3	64	0.35	1.57
23					0.0	10.0	77	0.37	1.59
24					0.0	7.2	55	0.30	1.63
25					5.60	4.9	38	0.27	1.57
26					0.0	8.6	66	0.31	1.56
27					0.30	9.3	72	0.30	1.67
28					21.30	2.3	18	0.21	1.51
29					0.0	9.1	70	0.35	1.50
30					0.0	10.3	79	0.42	1.48
31					0.0	10.3	79	0.42	1.48
SUMA			MEDIA				57%	0.29	1.55
TOTAL SUMA DE LLUVIA					52	228.8			
DIAS DE LLUVIA					10	7.4			

FACTOR 7.69
 CONSTANTE=0,001434



MAXIMA	1.67
MINIMA	0.21

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 28. Viento durante julio del 2014



INSIVUMEH, SECCION DE OBSERVACIONES (AURORA)
SECCION DE CLIMATOLOGIA
VIENTO



CLAVE	60100	latitud:143511	longitud:903158	ELEVACION: 1502 mts. Snm.
ESTACION	INSIVUMEH	DEPTO: GUATEMALA	MUNICIPIO: GUATEMALA	
	2013			
NOMBRE DEL OBSERVADOR	HAROLDO		MES	JULIO
			2014	

DIA	DIRECCION PREDOMINANTE			VELOCIDAD DEL VIENTO EN			PRESION DEL VIENTO KG/MT2				
	7 HRS	13 HRS	18 HRS	PREDC	7 HRS	13 HRS	18 HRS	MEDIA	MAXIMA	MEDIA	MAXIMA
1	N	NE	NE	NE	20.0	11.0	9.0	6.60			
2	SE	NE	NE	NE	2.0	21.0	23.0	15.30			
3	NE	NE	NE	NE	18.0	16.0	20.0	18.00			
4	NE	NE	N	NE	17.0	22.0	23.0	20.70			
5	N	N	NE	N	26.0	18.0	23.0	22.30			
6	NE	NE	NE	NE	12.0	20.0	19.0	17.00			
7	N	NE	NE	NE	22.0	19.0	22.0	21.00			
8	NE	N	NE	NE	18.0	16.0	19.0	17.80			
9	N	NE	NE	NE	28.0	28.0	24.0	26.20			
10	N	NE	N	N	25.0	29.0	27.0	27.00			
11	NE	NE	NE	NE	23.0	23.0	24.0	23.30			
12	NE	N	NE	NE	23.0	26.0	22.0	23.70			
13	N	NE	N	N	23.0	31.0	24.0	26.00			
14	N	NE	NE	NE	19.0	21.0	12.0	17.30			
15	N	NE	NE	NE	15.0	19.0	15.0	16.30			
16	NE	NE	S	NE	18.0	20.0	7.0	15.00			
17	N	NE	SW	NE	19.0	15.0	8.0	4.70			
18	NE	N	SW	NE	18.0	16.0	7.0	13.70			
19	N	NE	NE	NE	19.0	17.0	20.0	18.70			
20	N	NE	NE	NE	14.0	23.0	21.0	19.30			
21	NE	N	NE	NE	20.0	24.0	28.0	24.00			
22	NE	NE	N	NE	14.0	25.0	27.0	22.00			
23	NE	NE	NE	NE	22.0	29.0	28.0	26.33			
24	N	NE	NE	NE	31.0	28.0	23.0	27.30			
25	NE	N	NE	NE	22.0	18.0	28.0	22.70			
26	N	NE	NE	NE	20.0	24.0	28.0	24.00			
27	N	NE	N	N	13.0	25.0	24.0	20.10			
28	NE	N	NE	NE	26.0	25.0	15.0	22.00			
29	N	NE	NE	NE	15.0	28.0	17.0	20.00			
30	N	N	NE	N	19.0	18.0	28.0	21.70			
31	NE	NE	N	NE	20.0	27.0	27.0	24.70			
MODA				NE=45	19.4	22.0	20.7	20.2			
								20.7			
								2.0			
								31.0			



VELOC MEDIA VIENTO

VELOC MINIMA ABSOLUTA

VELOC MAXIMA ABSOLUTA



OBSERVACIONES _____

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 29. **Temperaturas máximas y mínimas durante agosto del 2014**



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
TEMPERATURA C°



CLAVE	60100	latitud:143511	longitud:903158	ELEVACION: 1502 mts snm.						
ESTACION	INSIVUMEH	DEPTO: GUATEMALA	MUNICIPIO : GUATEMALA							
NOMBRE DEL OBSERVADOR		HAROLDI								
MES AGOSTO 2014										
DIA	7 HORAS		13 HORAS		18 HORAS		TEMP	TEMP	TEMP	SCILACIO
	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDQ	SECO	HUMEDO	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	
1	17.4	16.4	26.4	19.6	22.5	17.0	22.1	27.2	15.8	11.4
2	17.0	15.5	27.2	19.0	22.3	19.0	22.2	27.2	15.2	12.0
3	17.2	16.0	28.0	19.3	23.6	19.2	22.9	28.6	16.4	12.2
4	18.0	16.4	27.3	17.4	21.4	18.0	22.2	27.4	16.6	10.8
5	17.2	16.2	27.4	20.4	17.8	17.0	20.8	27.6	15.4	12.2
6	17.4	16.6	25.4	19.4	23.2	20.3	22.0	27.2	16.0	11.2
7	16.9	16.4	25.5	19.6	23.5	17.9	22.0	27.4	15.2	12.2
8	16.4	15.8	27.1	20.0	23.2	17.2	22.2	27.4	15.0	12.4
9	17.6	17.0	26.4	20.0	17.6	17.4	20.5	27.4	16.8	10.6
10	16.6	16.1	26.4	19.4	23.4	18.4	22.1	27.2	15.2	12.0
11	17.8	15.7	26.0	19.8	23.5	17.7	22.4	27.0	15.1	11.9
12	18.4	17.4	23.1	18.6	21.0	18.4	20.8	25.6	16.6	9.2
13	17.6	16.6	26.1	18.4	23.0	18.0	22.2	27.4	16.0	11.4
14	17.7	15.8	27.2	20.8	23.4	18.8	22.8	27.6	16.1	11.5
15	17.6	16.2	26.0	20.0	21.0	17.0	21.5	26.0	15.5	10.5
16	17.5	16.3	26.0	18.0	18.5	13.1	20.7	26.1	16.0	10.1
17	17.8	16.4	26.2	16.4	22.0	16.2	22.0	26.8	16.4	10.4
18	17.3	16.2	26.5	20.2	23.5	18.0	22.4	27.8	15.5	12.3
19	18.1	17.5	27.2	19.2	22.0	18.0	22.4	27.6	16.5	11.1
20	17.9	16.1	21.0	17.8	21.0	17.4	20.0	22.4	16.4	6.0
21	17.6	16.5	23.5	17.8	21.2	18.0	20.8	23.5	16.0	7.5
22	17.2	16.5	26.5	19.9	20.6	17.4	21.4	26.6	15.5	11.1
23	17.0	16.5	26.8	19.4	21.6	19.0	21.8	27.7	15.8	11.9
24	17.6	16.0	26.8	19.6	19.4	18.6	21.3	27.6	16.6	11.0
25	17.8	16.4	26.4	19.4	21.0	19.2	21.7	28.2	16.4	11.8
26	17.6	17.0	27.4	20.4	22.4	20.0	22.5	28.4	16.0	12.4
27	18.2	17.2	27.8	20.2	19.9	18.4	21.9	28.4	16.6	11.8
28	18.2	17.4	25.2	19.6	18.6	17.6	20.7	26.4	16.4	12.0
29	17.0	16.8	23.4	19.2	18.8	18.2	19.7	25.4	15.3	10.1
30	18.0	17.8	25.0	19.0	18.2	18.0	20.4	25.4	15.4	10.0
31	17.6	17.0	22.0	19.0	18.2	17.4	19.3	22.0	16.5	5.5
MED	17.50	16.50	25.90	19.30	21.20	17.90	21.50	26.70	15.90	10.90
MIN	16.4	15.5	21.0	16.4	17.6	13.1	19.3	22.0	15.0	5.5
MAX	18.4	17.8	28.0	20.8	23.6	20.3	22.9	28.6	16.2	12.4
MAXIMA ABSOLUT								28.6		
MNIMA ABSOLUT									15.0	



OBSERVACIONES



Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 30. Humedad durante agosto del 2014



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
HUMEDAD, TENSION DE VAPOR, TEMP, DE ROCIO



CLAVE 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION: 1502 snm,

ESTACION INSIVUMEH DEPTO: GUATEMALA MUNICIPIO: GUATEMALA

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO MES AGOSTO 2014

DIA	HUMEDAD RELATIVA %						TENSION DE VAPOR mmHG						TEMP. PUNTO R		
	7HRS	13HRS	18HRS	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	7HRS	13HRS	18HRS	7HRS	13HRS	18HRS	7HRS	13HRS	18HRS
1	90	53	58	67	97	34	13.5	13.7	11.8	15.8	16.1	13.8	16.1	14.5	17.3
2	86	46	73	68	97	27	12.5	12.4	14.8	14.7	14.5	17.3	14.5	17.0	16.5
3	89	44	66	66	98	28	13.0	12.4	14.5	15.3	14.5	17.0	16.5	16.2	16.5
4	85	37	72	65	96	27	13.2	9.9	13.8	15.5	11.1	16.2	16.5	16.2	18.9
5	90	53	92	78	97	40	13.3	14.5	14.1	15.6	17.0	16.5	16.2	16.3	18.9
6	92	57	77	75	96	33	13.8	13.9	16.4	16.2	16.3	18.9	16.2	16.3	18.9
7	95	58	58	70	97	41	13.7	14.2	12.6	16.1	16.6	14.8	16.6	14.8	13.6
8	94	52	55	67	97	43	13.2	14.0	11.7	15.5	16.4	13.6	16.4	13.6	13.6
9	94	56	98	83	96	38	14.2	14.3	14.8	16.6	16.8	17.3	16.8	17.3	17.3
10	95	52	62	70	96	43	13.5	13.4	13.4	15.8	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7
11	81	51	57	63	97	37	12.3	13.0	12.3	14.4	15.3	14.4	15.3	14.4	14.4
12	86	65	78	76	87	46	13.7	13.8	14.6	16.1	16.2	17.1	16.2	17.1	17.1
13	91	47	62	67	97	25	13.7	12.0	13.0	16.1	14.0	15.3	14.0	15.3	15.3
14	82	56	65	68	97	37	12.5	15.2	14.0	14.7	17.7	16.4	14.7	17.7	16.4
15	87	58	67	71	96	28	13.1	14.5	12.5	15.4	17.0	14.7	15.4	17.0	14.7
16	89	46	54	63	97	37	13.3	11.5	8.6	15.6	13.4	9.0	15.6	13.4	9.0
17	87	36	55	59	98	34	13.5	9.1	10.9	15.8	9.8	12.5	15.8	9.8	12.5
18	90	56	59	68	97	35	13.3	14.6	12.7	15.6	17.1	14.9	15.6	17.1	14.9
19	94	47	68	70	96	27	14.7	12.7	13.5	17.2	14.9	15.8	17.2	14.9	15.8
20	83	73	70	75	96	66	12.8	13.7	13.1	15.0	16.1	15.4	15.0	16.1	15.4
21	90	57	73	73	97	35	13.5	12.4	13.9	15.8	14.5	16.3	15.8	14.5	16.3
22	93	54	73	73	97	39	13.7	14.1	13.3	16.1	16.5	15.6	16.1	16.5	15.6
23	95	50	78	74	97	34	13.8	13.2	15.2	16.2	15.5	17.7	16.2	15.5	17.7
24	85	51	93	76	98	28	12.8	13.5	15.7	15.0	15.8	18.2	15.0	15.8	18.2
25	87	52	85	75	96	34	13.5	13.4	15.8	15.8	15.7	18.3	15.8	15.7	18.3
26	94	53	80	46	97	32	14.2	14.5	16.3	16.6	17.0	18.8	16.6	17.0	18.8
27	91	50	88	46	97	38	14.2	13.9	15.2	16.6	16.3	17.7	16.6	16.3	17.7
28	93	59	91	81	97	44	14.5	14.3	14.6	17.0	16.0	17.1	17.0	16.0	17.1
29	89	60	94	81	98	57	12.9	14.6	15.4	15.1	17.1	17.9	15.1	17.1	17.9
30	98	57	98	84	98	57	15.2	13.5	15.4	17.7	15.8	17.9	17.7	15.8	17.9
31	94	76	93	88	98	68	14.2	15.0	14.5	16.6	17.5	17.0	16.6	17.5	17.0
MED	90	54	74	<u>71</u>	<u>97</u>	<u>38</u>	<u>13.5</u>	<u>13.4</u>	<u>13.8</u>	<u>15.9</u>	<u>15.6</u>	<u>16.1</u>	<u>15.6</u>	<u>15.6</u>	<u>16.1</u>
MINI	81	36	54	46	87	25	12.3	9.1	8.6	14.4	9.8	9.0	14.4	9.8	9.0
MAX	98	76	98	88	98	68	15.2	15.2	16.4	17.7	17.7	18.9	17.7	17.7	18.9



MAXIMA ABSOLUTA	98
MINIMA ABSOLUTA	25



OBSERVACIONES _____

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 31. Precipitación e insolación durante agosto del 2014


INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
PRECIPITACION E INSOLACION


CLAVI 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION:1502 mts. Snm
 ESTACION INSIVUMEH DEPTO : GUATEMALA MUNICIPIO : GUATEMALA
 NOMBRE DEL OBSERV. HAROLDO MES: **AGOSTO** 2014

DIA	PRECIPITACION EN mm.			INSOLACION EN HRS			RADIA. CAL/CM2/MIN	
	PLUVIO GRAFO	DURAC	MEDIA MAXI	PLUVIO METRO	TOTAL	%	CALOR MEDIA	CALOR MAX
1				0.0	8.7	68	0.38	1.60
2				0.0	9.7	76	0.40	1.58
3				0.0	8.7	68	0.38	1.61
4				0.0	5.0	39	0.32	1.64
5				0.0	2.5	20	0.21	1.57
6				27.40	8.3	65	0.37	1.62
7				0.0	10.6	83	0.33	1.60
8				18.60	8.5	66	0.39	1.63
9				16.00	5.2	41	0.26	1.63
10				14.80	6.2	48	0.33	1.65
11				0.80	10.1	79	0.44	1.51
12				0.0	1.6	12	0.21	1.57
13				0.0	9.2	72	0.35	1.66
14				0.0	9.3	73	0.43	1.56
15				14.50	9.9	77	0.44	1.61
16				0.0	10.0	3	0.40	1.51
17				12.80			0.42	1.64
18				0.0	9.3	73	0.40	1.64
19				1.00	8.8	69	0.40	1.58
20				0.0	1.7	13	0.17	1.64
21				3.90	7.3	57	0.31	1.62
22				0.0	7.3	57	0.36	1.66
23				0.0	9.9	77	0.37	1.67
24				0.0	7.3	7	0.40	1.63
25				3.40	5.1	40	0.28	1.64
26				0.0	8.3	65	0.36	1.61
27				0.0	5.2	41	0.29	1.59
28				0.0	4.3	34	0.23	1.62
29				22.50	3.0	23	0.25	1.67
30				10.60	6.2	48	0.32	1.56
31				5.20	2.8	22	0.28	1.63
SUMA			MEDIA			51%	0.34	1.61
TOTAL SUMA DE LLUVIA				151.5	210.0			
DIAS DE LLUVIA				13				

0.001434 0.81
FACTOR 0.00
CONSTANTE=0,001434



MAXIMA	1.67
MINIMA	0.17

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

Anexo 32. Viento durante agosto del 2014



INSIVUMEH, SECCION DE OBSERVACIONES (AURORA)
SECCION DE CLIMATOLOGIA
VIENTO



CLAVE	60100	latitud:143511	longitud:903158	ELEVACION: 1502 mts. Snm.
ESTACION	INSIVUMEH	DEPTO: GUATEMALA	MUNICIPIO: GUATEMALA	
	2013		2014	
NOMBRE DEL OBSERVADOR	HAROLDO	MES	AGOSTO	2014 2014

DIA	DIRECCION PREDOMINANTE			VELOCIDAD DEL VIENTO EN			PRESION DEL VIENTO KG/MT2				
	7 HRS	13 HRS	18 HRS	PREDC	7 HRS	13 HRS	18 HRS	MEDIA	MAXIMA	MEDIA	MAXIMA
1	NE	NE	N	NE	17.0	19.0	28.0	21.30			
2	NE	N	NE	NE	16.0	22.0	24.0	20.70			
3	NE	N	S	N	10.0	18.0	7.0	11.70			
4	NE	NE	NE	NE	13.0	22.0	23.0	19.30			
5	NE	NE	S	NE	22.0	23.0	13.0	19.30			
6	NE	N	N	N	17.0	20.0	23.0	20.00			
7	NE	N	NE	NE	14.0	20.0	23.0	19.00			
8	N	NE	NE	NE	14.0	24.0	15.0	17.80			
9	NE	NE	S	NE	17.0	18.0	9.0	14.70			
10	NE	NE	NE	NE	14.0	22.0	23.0	19.70			
11	N	NE	NE	NE	9.0	22.0	19.0	16.70			
12	E	NE	N	NE	8.0	21.0	17.0	15.30			
13	N	NE	NE	NE	20.0	23.0	22.0	22.00			
14	NE	NE	NE	NE	21.0	20.0	25.0	22.00			
15	NE	NE	NE	NE	15.0	26.0	23.0	21.30			
16	N	NE	NE	NE	22.0	20.0	22.0	21.30			
17	NE	NE	NE	NE	19.0	19.0	23.0	20.30			
18	NE	N	NE	NE	18.0	19.0	18.0	18.30			
19	NE	NE	N	NE	21.0	34.0	22.0	15.70			
20	N	N	N	N	18.0	17.0	21.0	18.70			
21	N	NE	NE	NE	19.0	14.0	18.0	17.00			
22	NE	NE	SW	NE	14.0	25.0	7.0	15.30			
23	NE	N	SW	N	14.0	20.0	7.0	13.70			
24	NE	NE	W	NE	13.0	18.0	6.0	10.50			
25	N	N	SW	N	14.0	18.0	8.0	13.30			
26	NE	NE	S	NE	12.0	14.0	12.0	12.70			
27	NE	NE	S	NE	6.0	13.0	14.0	11.00			
28	NE	E	S	E	14.0	9.0	12.0	11.70			
29	NE	S	SW	SW	8.0	20.0	8.0	9.30			
30	W	NE	S	VARIA	4.0	24.0	14.0	14.00			
31	S	S	SW	S	12.0	19.0	13.0	14.70			
MODA				NE=45	14.7	20.1	16.7	16.7			
				VELOC MEDIA VIENTO				16.7			
				VELOC MINIMA ABSOLUTA				4.0			
				VELOC MAXIMA ABSOLUTA				34.0			




OBSERVACIONES _____

Fuente: Registro proporcionado por Insivumeh. Hoja de campo.

- Análisis del suelo usado para el desarrollo de la población estudio de apazote (*Chenopodium Ambrosioides L.*)

Anexo 33. **Resultados del análisis del suelo usado para el cultivo de apazote**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: MYNOR OLIVEROS
PROCEDENCIA: VILLA CANALES, GUATEMALA
FECHA DE INGRESO: 14/5/2015

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

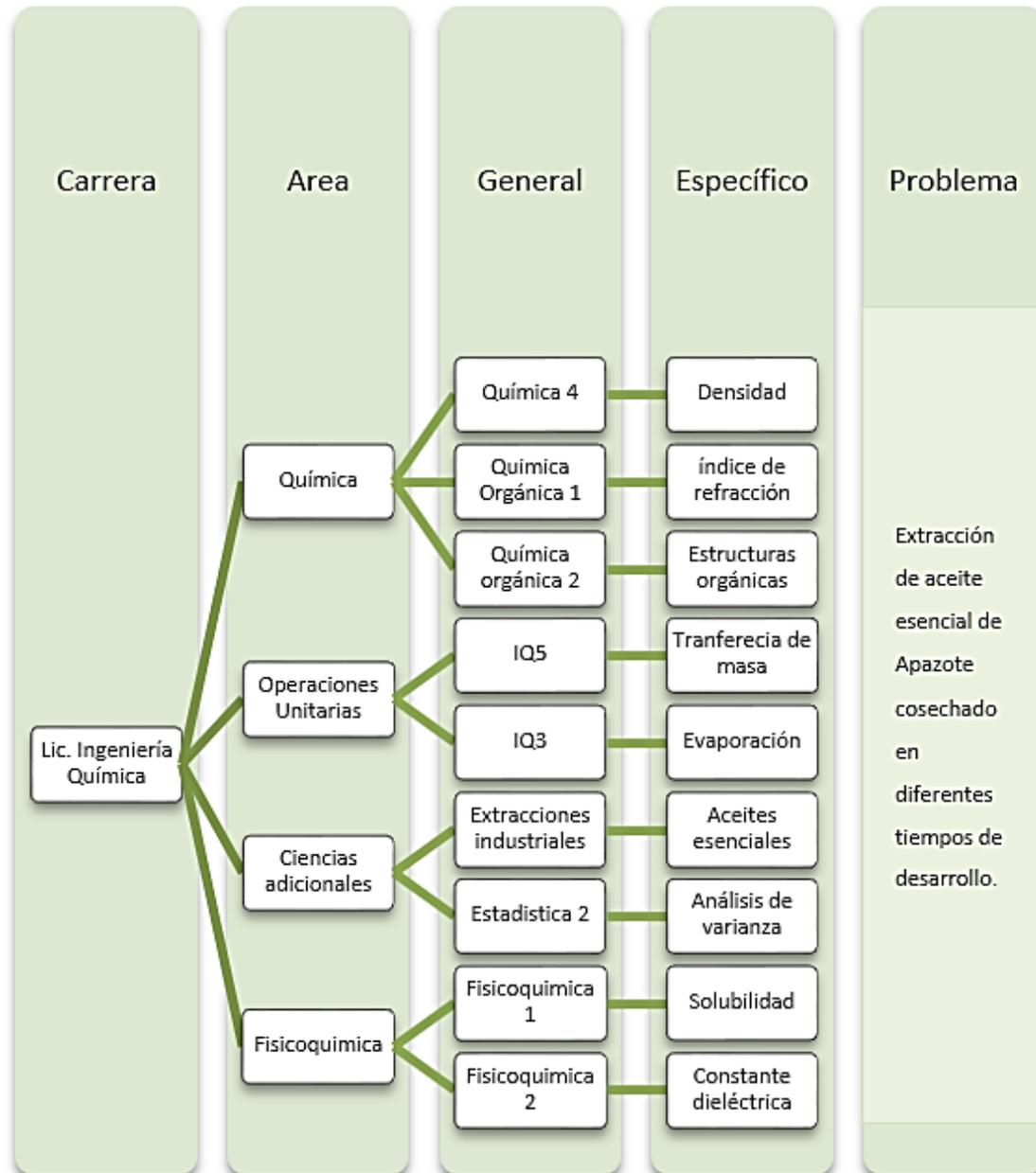
Identificación	pH	ppm		Meq/100gr		ppm				% N
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	
RANGO MEDIO		12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15	0.2-0.3
M-1	5.8	26.09	350	12.79	2.21	0.10	16.50	19.00	61.00	0.55



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
CODIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL: (502)24189398, (502) 24188000 EXT 1562 Ó 1769

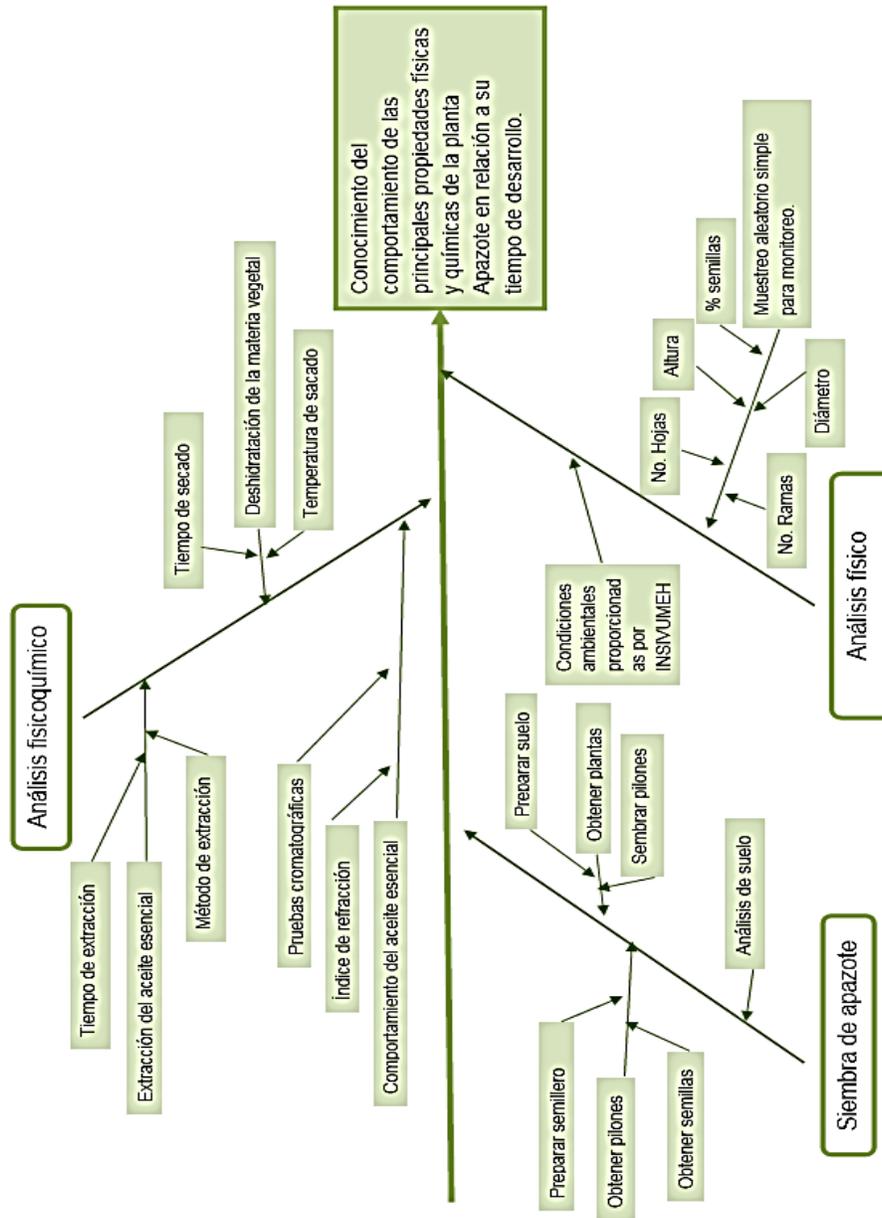
Fuente: Laboratorio de suelo-planta-agua "Salvador Castillo Orrellana". USAC

Anexo 34. **Requisitos académicos**



Fuente: Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 35. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

