

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ  
DE MENDOZA DE AMAZONAS



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL ACEITE ESENCIAL DE HUACATAY  
(*Tagetes minuta*) DE LA REGIÓN AMAZONAS POR CROMATOGRAFÍA  
LÍQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN**

**TESIS**

PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

**AUTOR**

BACH. WALTER JOSEPH BACA GARCÍA

**CHACHAPOYAS – AMAZONAS**

**2018**

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ  
DE MENDOZA DE AMAZONAS



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL ACEITE ESENCIAL DE HUACATAY  
(*Tagetes minuta*) DE LA REGIÓN AMAZONAS POR CROMATOGRAFÍA  
LÍQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN**

**TESIS**

PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

**AUTOR**

BACH. WALTER JOSEPH BACA GARCÍA

**ASESOR**

EFRAIN MANUELITO CASTRO ALAYO

**CHACHAPOYAS – AMAZONAS**

**2018**

## **DEDICATORIA**

Tras años de lucha quiero dedicar esta Tesis, primeramente a **Dios**, por guiarme por el sendero de la verdad y la honestidad; por la sabiduría y conocimiento brindado, durante esta etapa muy importante en mi vida.

A mi Madre: **Della Dayse, García Montenegro** y Abuela: **Adela, Montenegro Flores**.  
Por darme su amor y apoyo durante toda mi formación académica lograda.

A mi hija **Kasumi Tais, Baca Cerna**, porque con cada mirada, sonrisa o gesto que realiza, me da aliento para poder alcanzar cada reto o meta, trazada en mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

En este momento de victoria, quiero Agradecer primeramente a Dios por brindarme la vida, sabiduría y consuelo, durante el desarrollo de la carrera profesional.

A la **Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas** por su acogimiento y apoyo. A las autoridades de la **Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias** por compartir sus conocimientos y habilidades, durante nuestra formación académica, formando profesionales con un espíritu triunfador.

Al **Ing. Efraín Manuelito Castro Alayo**. Asesor de este proyecto de investigación. Por su tiempo, experiencia y conocimientos prestados durante la investigación realizada.

A los docentes: Ms. **Segundo Grimaldo Chávez Quintana** ing. **Erick Aldo Auquiñivin Silva** y el ing. **Armstrong Barnard Fernandez Jeri** de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas por incluirnos y formar parte del proyecto “USO DE ACEITE ESENCIAL DE ESPECIES NATIVAS PARA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DE CARNE DE CUY EMPACADO AL VACÍO EN LA REGIÓN AMAZONAS” financiado de acuerdo al convenio 180-2015.2. CONCYTEC.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE  
MENDOZA – AMAZONAS**

**DR. POLICARPIO CHAUCA VALQUI  
RECTOR**

**DR. MIGUEL ANGEL BARRENA GURBILLON  
VICERRECTOR ACADÈMICO**

**DRA. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÒN**

**ING. MS. EFRAÍN MANUELITO CASTRO ALAYO.  
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIENCIAS AGRARIAS**

**LA PRESENTE TESIS HA SIDO APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO**

---

**ING. MS. SC. ARMSTRONG BARNARD FERNÁNDEZ JERÍ**  
**Presidente**

---

**ING. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SIVA**  
**Secretario**

---

**ING. GUILLERMO IDROGO VÁSQUEZ**  
**Vocal**

## VISTO BUENO DEL ASESOR

Yo, Ing. Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo. Hago constar que como docente de la facultad de INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS de la UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS. Brindo el visto bueno, al informe final de tesis denominado: **“ESTUDIO COMPARATIVO DEL ACEITE ESENCIAL DE HUACATAY, (*Tagetes minuta*) DE LA REGIÓN AMAZONAS POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN”**.

Manifiesto que el Bachiller: **Walter Joseph Baca García**, Ha culminado el informe final de tesis, el cual ha sido revisado por el firmante y se encuentra apto para ser presentado y continuar con los trámites correspondientes.

Por lo tanto:

Firmo la presente para mayor constancia.

Chachapoyas, 06 febrero del 2018

.....  
Ing. Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo.

Asesor



# UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

## ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 09 de Febrero del año 2018, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado conformado por:

Presidente: Armstrong Barnard Fernandez Jeri

Secretario: Erick Aldo Auguiniván Silva

Vocal: Guillermo Idrogo Vázquez

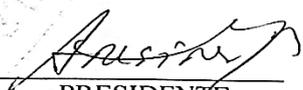
para evaluar la Sustentación del Informe de Tesis presentado por el(la) bachiller, don(ña) Walter Joseph Baca Garcia.

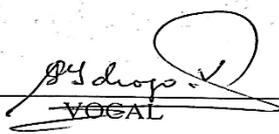
titulado "Estudio comparativo del aceite esencial de Huacatay (Tagetes minuta) de la región Amazonas por cromatografía líquida de alta resolución."

Después de la sustentación respectiva, el Jurado acuerda la APROBACIÓN (  ), DESAPROBACIÓN (  ) por mayoría (  ), por unanimidad (  ); en consecuencia, el (la) aspirante puede proseguir con el trámite subsiguiente, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la UNAT-A.

Siendo las 11:20 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación del Informe de Tesis.

  
SECRETARIO

  
PRESIDENTE

  
VOCAL

Form6- T

CIUDAD UNIVERSITARIA - CHACHAPOYAS - AMAZONAS - PERU  
Telefax 041 477716

## DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo Walter Joseph Baca García, identificado con DNI N° 47084675, estudiantes de la escuela profesional de ingeniería agroindustrial de la facultad de ingeniería y ciencias agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Declaramos bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada: **“Estudio comparativo del aceite esencial de huacatay, (*Tagetes minuta*) de la región Amazonas por cromatografía líquida de alta resolución”**.

La misma que presentó para optar el **Título profesional de Ingeniero Agroindustrial**

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumiendo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo por la presente me comprometo asumir todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente: asumimos las consecuencias y sanciones civiles y penales que de nuestra acción se deriven.

Chachapoyas 06 de Febrero del 2018

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	OBJETIVOS .....	3
2.1.	Objetivo general .....	3
2.2.	Objetivos específicos .....	3
III.	MARCO TEÓRICO .....	4
3.1.	ANTECEDENTES .....	4
3.2.	BASES TEÓRICAS .....	5
3.2.1.	Los aceites esenciales .....	5
3.2.2.	Química de los aceites esenciales .....	6
3.2.3.	Aplicaciones de los aceites esenciales .....	6
3.2.4.	Métodos de extracción de los aceites esenciales .....	7
3.2.5.	Destilación por arrastre con vapor de agua .....	7
3.2.6.	Características fisicoquímicas de los aceites esenciales .....	7
3.2.7.	Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) .....	9
3.2.8.	Huacatay ( <i>Tagetes minuta</i> ) .....	10
IV.	MATERIAL Y METODOS .....	12
4.1.	Material biológico ( <i>Tagetes minuta</i> ) .....	12
4.2.	Método de obtención y caracterización del Aceite esencial de <i>T. minuta</i> .....	12
4.3.	Identificación de la composición del aceite esencial de huacatay .....	15
4.4.	Cromatografía Líquida en Alta Resolución .....	15
V.	RESULTADOS .....	16
VI.	DISCUSION .....	26
VII.	CONCLUSIONES .....	28
VIII.	RECOMENDACIONES .....	29
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	30
X.	ANEXOS .....	34

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aplicación de los aceites esenciales en diferentes sectores de la industria.....	6
Tabla 2. Clasificación Taxonómica de <i>Tagetes minuta</i> .....	11
Tabla 3. Caracterización del aceite esencial de <i>T. minuta</i> .....	17
Tabla 4: Localidades de la Región Amazonas con mayor actividad antioxidante en el aceite esencial de <i>Tagetes minuta</i> .....	20
Tabla 5: Componentes identificados en el aceite esencial de <i>T. minuta</i> mediante CG-MS21	
Tabla 6: Componentes volátiles identificados por CG-MS Headspace Sampling (HS). ....	23
Tabla 7: Identificación y cuantificación de 1-adamantanol presente es <i>T. minuta</i> mediante la técnica de HPLC .....	24
Tabla 8: Georreferenciación de las localidades estudiadas en la región Amazonas. ....	35
Tabla 9: Datos de recolección y evaluación física del aceite esencial de <i>T. minuta</i> de la región amazonas .....	36
Tabla 10. Análisis de varianza para el rendimiento del aceite esencial .....	41
Tabla 11. Subconjuntos homogéneos para rendimiento.....	41
Tabla 12. Análisis de varianza para gravedad específica del aceite esencial .....	43
Tabla 13. Subconjuntos homogéneos para gravedad específica.....	43
Tabla 14. Análisis de varianza para índice de refracción del aceite esencial .....	44
Tabla 15. Subconjuntos homogéneos para índice de refracción .....	44
Tabla 16: Datos para la evaluación de la actividad antioxidante de <i>T. minuta</i> .....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Huacatay de la región Amazonas .....	10
Figura 2: Mapa de distribución de los puntos de recolección de muestras en la región Amazonas. ....	16
Figura 3. Identificación y cuantificación de 1-adamantanol por HPLC en <i>T. minuta</i> en las cuatro localidades evaluadas en la región Amazonas.....	25
Figura 4. Diagrama de Flujo para la obtención de aceite esencial de <i>T. minuta</i> . ....	35
Figura 5. Diagrama de flujo para la determinación de la actividad antioxidante con el método de DPPH .....	36
Figura 6. Cromatografía de los componentes no volátiles del aceite esencial (LS).....	49
Figura 7. Cromatografía de los componentes volátiles del aceite esencial (HS). ....	50
Figura 8: Cromatografía de gases de Furan, 2-ethyl .....	51
Figura 9: Cromatografía de gases de Hexane, 2,4-dimethyl .....	51
Figura 10: Cromatografía de gases de 3-Penten-2-one, 4-methyl.....	51
Figura 11: Cromatografía de gases de Butanoic acid, 3-methyl.....	51
Figura 12: Cromatografía de gases de 2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl.....	51
Figura 13: Cromatografía de gases de 2-Hexenal, (E) .....	52
Figura 14: Cromatografía de gases de Furan, 2,3-dihydro .....	52
Figura 15: Cromatografía de gases de 1-Butanol, 3-methyl-, acetate .....	52
Figura 16: Cromatografía de gases de 1-Butanol, 2-methyl-, acetate .....	52
Figura 17: Cromatografía de gases de exo-2-Bromonorbornane .....	52
Figura 18: Cromatografía de gases de trans-.beta.-Ocimene.....	53
Figura 19: Cromatografía de gases de Pentanoic acid, 2-propenyl ester.....	53
Figura 20: Cromatografía de gases de 3-Oxatriciclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trim .....	53
Figura 21: Cromatografía de gases de Carvenone.....	53
Figura 22: Cromatografía de gases de 3-Oxatriciclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trim .....	54
Figura 23: Cromatografía de gases de Cyclohexane, bromo.....	54
Figura 24: Cromatografía de gases de 3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzo .....	54
Figura 25: Cromatografía de gases de 3-Cyclohexene-1-methanol .....	54
Figura 26: Cromatografía de gases de 1,4-Pentadiene, 2, 3, 3-trimethyl-.....	55
Figura 27: Cromatografía de gases de 1-Adamantanol .....	55
Figura 28: Cromatografía de gases de 2-Cyclohexen-1-one, 3,5-dimethyl.....	55
Figura 29: Cromatografía de gases de Cyclohexane, 1,2-dimethyl-, trans.....	55

Figura 30: Cromatografía de gases de Cyclohexane, 1,4-dimethyl-2-(2-methylpropy.....	55
Figura 31: Cromatografía de gases de Ethanone, 1-(2-methyl-1-cyclopenten-1-yl)- .....	56
Figura 32: Cromatografía de gases de 4,4-Dimethyl-3-oxopentanenitrile .....	56
Figura 33: Cromatografía de gases de Bicyclo [3.1.1] hept-3-en-2-one, 4, 6, 6-trimeth ....	56
Figura 34: Cromatografía de gases de Bicyclo [3.1.1] hept-3-en-2-one, 4, 6, 6-trimeth ....	56
Figura 35: Cromatografía de gases de Isocytosine .....	56
Figura 36: Cromatografía de gases de .alpha.-Campholenal .....	57
Figura 37: Cromatografía de gases de Thiophene, 2-butyl-5-ethyl- .....	57
Figura 38: Cromatografía de gases de 2-Nonen-1-ol, (E)- .....	57
Figura 39: Cromatografía de gases de 2-Cyclohexen-1-one, 4-hydroxy-3, 5, 5-trimet .....	57
Figura 40: Cromatografía de gases de 1,4-Pentadiene, 2, 3, 3-trimethyl- .....	57
Figura 41: Cromatografía de gases de Octane, 2,3-dimethyl- .....	58
Figura 42: Cromatografía de gases de Camphorsulfonic acid .....	58
Figura 43: Cromatografía de gases de Naphthalene, decahydro-1,6-dimethyl-4-(1m .....	58
Figura 44: Cromatografía de gases de 2,9-Dimethyl-5-decyne .....	58
Figura 45: Cromatografía de gases de Dodecane, 2-methyl- .....	58
Figura 46: Cromatografía de gases de Cyclohexane, 2-(1-decylundecyl)-1,4-dimeth .....	59
Figura 47: Cromatografía de gases de Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-di .....	59
Figura 48: Cromatografía de gases de 4-Octanone, 2-methyl- .....	59
Figura 49: Cromatografía de gases de Adamantane, 1,3-dimethyl- .....	59
Figura 50: Cromatografía de gases de Octadecane, 1-iodo- .....	59
Figura 51: Cromatografía de gases de Caryophyllene .....	60
Figura 52: Cromatografía de gases de 1-Eicosene .....	60
Figura 53: Cromatografía de gases de exo-2-Bromonorbornane .....	60
Figura 54: Cromatografía de gases de Heptane, 3-methylene- .....	60
Figura 55: Cromatografía de gases de 3, 3, 5, 5-Tetramethylcyclohexanol .....	60
Figura 56: Cromatografía de gases de Tetradecane .....	61
Figura 57: Cromatografía de gases de Hexadecanal .....	61
Figura 58: Cromatografía de gases de trans-.beta.-Ionone .....	61
Figura 59: Cromatografía de gases de Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2-(1-methy .....	61
Figura 60: Cromatografía de gases de .alpha.-Farnesene .....	61
Figura 61: Cromatografía de gases de Pyridine, 3-butyl-, 1-oxide .....	62
Figura 62: Cromatografía de gases de Cyclohexane, 2-(1-decylundecyl)-1,4-dimeth .....	62

Figura 63: Cromatografía de gases de 1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol, decahydro-1,1, .....	62
Figura 64: Cromatografía de gases de Caryophyllene oxide.....	62
Figura 65: Cromatografía de gases de 17-Pentatriacontene .....	62
Figura 66: Cromatografía de gases de Phytol.....	63
Figura 67: Cromatografía de gases de .gamma.-Tocopherol.....	63
Figura 68: Cromatografía de gases de Benzyl isobutyl ketone .....	63
Figura 69: Cromatografía de gases de Thianthrene.....	63
Figura 70: Cromatografía de gases de Cyclohexane, bromo.....	63
Figura 71: Cromatografía de gases de Benzyl isobutyl ketone .....	64
Figura 72: Cromatografía de gases de Benzyl isobutyl ketone beta.-Sitosterol.....	64
Figura 73: Cromatografía de gases de beta.-Sitosterol.....	64
Figura 74: Cromatografía de gases de Guanine.....	64
Figura 75: Cromatografía de gases de 3-Ethyl-1-heptyne-3-ol.....	64
Figura 76: Cromatografía de gases de Cyclohexane, bromo.....	65
Figura 77: Cromatografía de gases de Furan, 2-ethyl- .....	65
Figura 78: Cromatografía de gases de Acetoin .....	65
Figura 79: Cromatografía de gases de Methyl Isobutyl Ketone.....	65
Figura 80: Cromatografía de gases de ethyl Isobutyl Ketone .....	66
Figura 81: Cromatografía de gases de Butane, 2-methyl-.....	66
Figura 82: Cromatografía de gases de 5-Hexen-2-one.....	66
Figura 83: Cromatografía de gases de 2,3-Pentanedione .....	66
Figura 84: Cromatografía de gases de Hexanal.....	67
Figura 85: Cromatografía de gases de Butanoic acid, 3-methyl- .....	67
Figura 86: Cromatografía de gases de Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester.....	67
Figura 87: Cromatografía de gases de 2-Hexenal, (E)- .....	67
Figura 88: Cromatografía de gases de Furan, 2,3-dihydro-.....	68
Figura 89: Cromatografía de gases de Furan, 2,3-dihydro-.....	68
Figura 90: Cromatografía de gases de Furan, 2,5-dihydro-.....	68
Figura 91: Cromatografía de gases de 1-Butanol, 3-methyl-, acetate .....	68
Figura 92: Cromatografía de gases de 1-Butanol, 2-methyl-, acetate .....	69
Figura 93: Cromatografía de gases de Hexanoic acid, methyl ester .....	69
Figura 94: Cromatografía de gases de alpha.-Pinene .....	69
Figura 95: Cromatografía de gases de exo-2-Bromonorbornane .....	69

Figura 96: Cromatografía de gases de .beta.-Myrcene.....	70
Figura 97: Cromatografía de gases de trans-.beta.-Ocimene.....	70
Figura 98: Cromatografía de gases de Pentanoic acid, 2-propenyl ester.....	70
Figura 99: Cromatografía de gases de 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E).....	70
Figura 100: Cromatografía de gases de 3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trim.....	71
Figura 101: Cromatografía de gases de 2,2-Dimethyl-3-heptanone.....	71
Figura 102: Cromatografía de gases de Carvenone.....	71
Figura 103: Cromatografía de gases de 2,2-Dimethyl-3-heptanone.....	71
Figura 104: Cromatografía de gases de 2-Furanmethanol, 5-ethenyltetrahydro-.alpha.....	72
Figura 105: Cromatografía de gases de Cyclohexene, 2-ethenyl-1,3,3-trimethyl-.....	72
Figura 106: Cromatografía de gases de 3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trim.....	72
Figura 107: Cromatografía de gases de 1-Hexene, 3,3-dimethyl-.....	72
Figura 108: Cromatografía de gases de Cyclohexane, bromo-.....	73
Figura 109: Cromatografía de gases de 3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzo.....	73
Figura 110: Cromatografía de gases de 3-Cyclohexene-1-methanol.....	73
Figura 111: Cromatografía de gases de 1,4-Pentadiene, 2,3,3-trimethyl-.....	73
Figura 112: Cromatografía de gases de 1-Adamantanol.....	74
Figura 113: Cromatografía de gases de Cyclohexane, 1,2-dimethyl-, trans-.....	74
Figura 114: Cromatografía de gases de Cyclohexane, 1,1,3-trimethyl.....	74
Figura 115: Cromatografía de gases de 2-Acetyl-5-methylfuran.....	74
Figura 116: Cromatografía de gases de 3,7-Nonadien-2-ol, 4,8-dimethyl-.....	75
Figura 117: Cromatografía de gases de Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimeth.....	75
Figura 118: Cromatografía de gases de 1-Cyclohexene-1-acetaldehyde, 2,6,6-trimet.....	75
Figura 119: Cromatografía de gases de Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimeth.....	75
Figura 120: Cromatografía de gases de Thiophene, 2-butyl-5-ethyl-.....	76
Figura 121: Cromatografía de gases de 2-Cyclohexen-1-one, 4-hydroxy-3,5,5-trimet.....	76
Figura 122: Cromatografía de gases de Chrysanthemic acid.....	76
Figura 123: Cromatografía de gases de Guanine.....	76
Figura 124: Cromatografía de gases de Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-di.....	77
Figura 125: Cromatografía de gases de Caryophyllene.....	77
Figura 126. Componente 1-Adamantanol del aceite esencial de <i>T.minuta</i> , en la localidad de Limabamaba-Amazonas.....	78

Figura 127. Componente 1-Adamantanol del aceite esencial de <i>T.minuta</i> , en la localidad de Suyusbamba -Amazonas. ....	79
Figura 128. Componente 1-Adamantanol del aceite esencial de <i>T.minuta</i> , en la localidad de Nuevo Tingo-Amazonas.....	80
Figura 129. Componente 1-Adamantanol del aceite esencial de <i>T.minuta</i> , en la localidad de Campo Redondo-Amazonas. ....	81
Figura 130: Identificación y recolección de <i>Tagetes minuta</i> .....	82
Figura 131: Secado de las muestras recolectadas de huacatay .....	82
Figura 132. Adecuación de las muestras en el equipo de extracción de arrastre por vapor	83
Figura 133. Decantación del aceite esencial extraído.....	83
Figura 134. Preparación de muestras para evaluación DPPH .....	84
Figura 135. Columna RP-18 endcapped (5 um) N° 702212 y estándar 1-Adamantanol. ..	84
Figura 136. Equipo de Cromatografía Líquida en Alta Resolución - HPLC .....	85

## RESUMEN

Los aceites esenciales son compuestos secundarios sintetizados por las plantas y poseen amplia actividad biológica. Debido a su amplia biodiversidad, la Región Amazonas posee diferentes especies vegetales nativas que son utilizadas ampliamente. El objetivo del presente estudio fue caracterizar el aceite esencial (AE) presente en *Tagetes minuta*, nativa de la región Amazonas. Se tomaron 30 muestras de diferentes localidades, la obtención del aceite esencial se realizó mediante el método de extracción por arrastre con vapor, luego se eliminó el agua del aceite con sulfato de sodio anhidro, las propiedades físicas y químicas más importantes evaluadas fueron: Rendimiento, índice de refracción, gravedad específica y actividad antioxidante, la composición química fue evaluada mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas GC-MS. En los resultados se obtuvieron rendimientos entre 0,83% - 1,5 %, gravedad específica de 0,833 – 0,991 g/ml y un índice de refracción de 1,488; La localidad de Suyusbamba presentó diferencias significativas con valores de 1,5 % p/p 0,8588g/ml y 1,4810. La actividad antioxidante mediante el ensayo de radicales libres DPPH medido en IC50 estuvo entre 3,449 g/ml – 0,670 g/ml, siendo las localidades de Campo Redondo (0,670 g/ml) y Magdalena (1,398 g/ml) quienes presentaron una fuerte actividad antioxidante mayor al del control (vitamina C). Los componentes químicos reportados fueron 69. Se analizó los componentes volátiles usando la técnica de separación Headpace Samplingc (HS), encontrando a 1-Adamantanol (44,42%), Pentanoic acid, 2-propenyl ester (24,74%), trans-.beta.-Ocimene (9,47%), como componentes mayoritarios, por Cromatografía Líquida de Alta Resolución HPLC se obtuvo que 1-adamantanol se encuentra en un porcentaje promedio de 29,2% con un tiempo de retención de 29 minutos, además se muestra que el componente 1-adamantanol presente en el aceite esencial de *Tagetes minuta*, no varía representativamente de acuerdo a la localidad y/o provincia en la región Amazonas.

**Palabras claves:** aceite esencial, *Tagetes minuta*, GC-MS, HPLC

## ABSTRACT

Essential oils are secondary compounds synthesized by plants and have ample biological activity. Due to its wide biodiversity, the Amazonas Region has different native plant species that are widely used. The objective of the present study was to characterize the essential oil (AE) present in *Tagetes minuta*, native to the Amazonas region. Thirty samples were taken from different locations, obtaining the essential oil was carried out by the steam extraction method, then the water was removed from the oil with anhydrous sodium sulfate, the most important physical and chemical properties evaluated were: Performance, refractive index, specific gravity and antioxidant activity, the chemical composition was evaluated by gas chromatography coupled to GC-MS mass spectrometry. In the results, yields were obtained between 0.83% - 1.5%, specific gravity of 0.833 - 0.991 g / ml and a refractive index of 1.488; The locality of Suyusbamba presented significant differences with values of 1.5% p / p 0.8588g / ml and 1.4810. The antioxidant activity by means of the DPPH free radical test measured in IC 50 was between 3,449 g / ml - 0,670 g / ml, being the localities of Campo Redondo (0,670 g / ml) and Magdalena (1,398 g / ml) who presented a strong activity antioxidant greater than control (vitamin C). The chemical components reported were 69. The volatile components were analyzed using the Headpace Samplingc (HS) separation technique, finding 1-Adamantanol (44.42%), Pentanoic acid, 2-propenyl ester (24.74%), trans -beta-Ocimene (9.47%), as major components, by High Resolution Liquid Chromatography HPLC was obtained that 1-adamantanol is in an average percentage of 29.2% with a retention time of 29 minutes, it is also shown that the component 1-adamantanol present in the essential oil of *Tagetes minuta*, does not vary representatively according to the locality and / or province in the Amazonas region.

Keywords: essential oil, *Tagetes minuta*, GC-MS, HPLC.

## I. INTRODUCCIÓN

La demanda del consumidor por alimentos naturales, con ausencia o reducida cantidad de productos químicos ha ido incrementando notoriamente, lo que hace indispensable la búsqueda de compuestos alternativos y nuevas tecnologías no contaminantes. El control del crecimiento microbiano es uno de los factores más importantes a considerar en la conservación de alimentos, por lo que la sustitución de los productos antimicrobianos químicos por sustancias naturales, como los aceites esenciales, que no alteran las características sensoriales ni nutricionales de los alimentos ha sido revisada por diversos autores desde hace varios años (Guerra, Soto, Medina, Ojeda, & Peña, 2014).

El Perú es un país rico en recursos naturales y dicha riqueza se ve en la gran biodiversidad de su flora; aportando al mundo alrededor de 2,000 plantas con propiedades curativas. Siendo la parte Sierra la que cuenta con una diversidad muy importante de plantas aromáticas y medicinales (MIMDES, 2007). En la Región Amazonas identificaron especies aromáticas, entre las que se encuentra el eucalipto, poleo, huacatay, hierba santa, verbena, paico, llantén, entre otras especies, su importancia gracias a sus diferentes propiedades que contienen (Huamán, Delgado, & Medrano, 2011).

El huacatay es una hierba aromática anual que pertenece a la familia Asteraceae y el género *Tagetes*. Es una especie nativa de las praderas templadas y regiones montañosas, su aceite esencial despierta un alto interés debido a su acción antimicrobiana y antioxidante además sus propiedades como insecticida, nematicida, acaricida y repelente contra una amplia gama de plagas y patógenos humanos, animales y vegetales (Gakuubi, Wanzala, Wagacha, & Dossaji, 2016).

El aceite esencial de *Tagetes minuta* es rico en metabolitos secundarios, incluyendo monoterpenos acíclicos, monocíclicos y bicíclicos, Sesquiterpenos, flavonoides, carotenoides y tiofenos, dichos componentes varían en su cantidad y calidad de acuerdo a la parte vegetal, clima, época de recolección, método de extracción (Preedy, 2016). Como técnica más usada para la separación y la identificación de la composición química de los aceites esenciales, la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas (CG-

EM) ha tenido un avance considerable, por ser utilizada con frecuencia en varios laboratorios (Sagastume, 2008).

En base a esto el objetivo principal de esta investigación fue caracterizar comparativamente el aceite esencial de *T. minuta*, recolectado en 30 localidades de la Región Amazonas. De esta manera contribuir en el campo de investigación. Siendo los aceites esenciales de huacatay una alternativa de uso dentro de la industria alimentaria.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Comparar las propiedades físicas y químicas del aceite esencial de *Tagetes minuta* nativo de 30 localidades de la Región Amazonas

### 2.2. Objetivos específicos

- Identificar las zonas donde crece *Tagetes minuta* en la Región amazonas.
- Extraer el aceite esencial de *Tagetes minuta*, recolectadas en 30 localidades diferentes de la región amazonas.
- Determinar la composición química del aceite esencial de *Tagetes minuta*, extraído de la Región Amazonas, mediante la técnica de Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas (GC-MS) y Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. ANTECEDENTES

Los componentes activos de los aceites esenciales pueden variar en su composición, debido a las condiciones dadas durante el periodo de desarrollo de la planta o durante la obtención de los componentes activos, entre las que se encuentran: el genotipo de la planta, localización geográfica, condiciones ambientales, agronómicas y las diferentes metodologías de extracción (Sauceda, 2011). El aceite de *T. minuta* es rico en metabolitos secundarios, incluyendo monoterpenos acíclicos, monocíclicos y bicíclicos, Sesquiterpenos, flavonoides, carotenoides y tiofenos, dichos componentes varían en su cantidad y calidad de acuerdo a la parte vegetal, clima, época de recolección, método de extracción (Preedy, 2016).

Las propiedades físicas, mayormente reportadas, de los aceites esenciales son su gravedad específica a 15°C e índice de refracción que están en el rango 0,696 – 1,118 gm/ ml y 1,450 – 1,590, respectivamente (Baser & Buchbauer, 2010)

Los mayores rendimientos de aceite esencial mediante la técnica de hidrodestilación asistida por radiación de microondas, encontrados para las especies de pomelo con 0,23% (p/p) seguido de la naranja Valencia Frost 0,20% (p/p) y Valencia Campbell con 0,19% (p/p) (Rojas, Perea, & Stashenko, 2009). Mientras que el rendimiento para aceite esencial de *T. minuta*, obtenido de las flores, hojas y semillas, mediante la técnica de hidrodestilación en un aparato del tipo de Clevenger, en un tiempo de 3 horas se encontró en un rango de 0,5 – 0,9% (p / p), respectivamente (Moradalizadeh, Mehrabpanah, Salajeghe, & Nayebli, 2013). Con un índice de refracción de 1,487 y una densidad de 0,85 g/ml. (Santo, 2011).

La actividad de eliminación de radicales libres de DPPH del aceite esencial de huacatay a una concentración de 200 µg / ml y a una concentración similar, obtuvo 73,4% que fue menor al del antioxidante estándar (ácido ascórbico) con 94,1% de inhibición; además un aceite de huacatay cuyos componentes químicos principales como (E) -βocimene (15,90%), L-verbenona (15%) y limoneno (8,02%) presentan una fuerte actividad antioxidante con una IC 50 de 1,49 g / l<sup>-1</sup>. Después de 30 minutos de evaluación (Gakuubi, Wanzala, Wagacha, & Dossaji, 2016), el aceite esencial rico en B -ocimene y a- caryophyllene está siendo recomendado por sus propiedades antioxidantes y antibacterianas (Mahdian, Mahboubi, Rahimi, & Shad, 2017).

En la composición química del aceite esencial de huacatay, evaluado por cromatografía de gases se identificó a trans-tagetona, trans-ocimeno, 2,2- dimetil-ácido isopropanico ciclo pentil ester y eucaliptol (Santo, 2011). En un estudio realizado en Iran, mediante la técnica de GC y GC / MS. Los componentes principales reportados fueron  $\alpha$ -terpineol (20,8%), (Z) - $\beta$ -ocimeno (17,7%), dihidrotagetona (13,7%), (E) -ocimenona (13,3%), (Z) -tagetona (8,4%) y (Z) -ocimenona (6,1%) para la misma especie. (Moghaddam, Omidbiagi, & Sefidkon, 2006)

Al caracterizar el aceite esencial de *Tagetes minuta* por GC y GC / MS. Se Identificó veintidós compuestos, teniendo como constituyentes principales a dihidro tagetona (30,30%), (Z) -  $\beta$  - ocimeno (28,49%) y (E) -tagetenona (15,35%), limoneno 7,24% (Chauchat, y otros, 1997).

## **3.2. BASES TEÓRICAS**

### **3.2.1. Los aceites esenciales**

Los aceites esenciales se definen como mezclas de componentes volátiles, productos del metabolismo secundario de las plantas, cuya composición entra una porción de hidrocarburos de la serie polimetilénica del grupo de los terpenos se caracterizan por su fórmula  $(C_5H_8)_n$ , denominándose mono terpenos,  $n=2$ ; sesquiterpenos,  $n=3$ ; di terpenos,  $n=4$ ; etc. Junto con otros compuestos casi siempre oxigenados (alcoholes, éteres, ésteres, aldehídos y compuestos fenólicos) que son los que le dan el aroma que las caracteriza (Stashenko & Combariza, 1998). Son líquidos aromáticos y volátiles obtenidos de plantas incluyendo flores, raíces, hojas, semillas, piel, frutos y la planta entera, se han descrito casi 3000 aceites esenciales diferentes. De ellos, unos 300 se utilizan comercialmente en el aromatizante y mercado de fragancias (Preedy, 2016). En su mayoría son de olor agradable, aunque existen algunos de olor relativamente desagradable como por ejemplo los de ajo y la cebolla, los cuales contienen compuestos azufrados (Ibáñez, 2009).

### 3.2.2. Química de los aceites esenciales

Los aceites esenciales se caracterizan generalmente por un fuerte olor y estas mezclas constan de más de 200 constituyentes que pueden agruparse básicamente en dos fracciones: volátiles y no volátiles. Aproximadamente el 90-95% del aceite esencial total está constituido por la fracción volátil y consiste en mono terpenos (Mentol, geraniol, limoneno, ascaridol, mentona, carvona, etc.) e hidrocarburos sesquiterpénicos (Farneseno, santalol, zingiberol, entre otros.), además de otros tipos de compuestos, específicamente alil y isoallyl fenoles (trans-anetol, estragole, eugenol) y sus derivados oxigenados, junto con aldehídos alifáticos, alcoholes y ésteres. El residuo no volátil, consta entre el 5 y 10% del aceite entero, que contiene principalmente hidrocarburos, ácidos grasos, esteroides, carotenoides, ceras, cumarines y flavonoides (Preedy, 2016)

### 3.2.3. Aplicaciones de los aceites esenciales

Los aceites esenciales han sido considerados desde varios milenios, siendo utilizadas en un sinnúmero de aplicaciones, debido a la presencia en sus esencias de principios activos conocidos y con actividad terapéutica comprobada. Los aceites esenciales son ampliamente utilizados como materia prima en diferentes sectores de la industria cumpliendo diferente función. Tal como se explica en la tabla 1.

Tabla 1. Aplicación de los aceites esenciales en diferentes sectores de la industria

SECTOR	USOS
<b>Industrias de las fragancias</b>	Como Fijador, para otorgar fragancia, enmascarar mal olor, impregnar olores en la elaboración de perfumes, cosméticos, materiales de limpieza, plásticos, textiles, pinturas, papelería.
<b>Industria de aromas y sabores</b>	En la elaboración de alimentos en las líneas de confitería, lácteos, cárnicos y como colorantes y aromatizantes.
<b>Industria de medicina complementaria</b>	Antiséptico, antiparasitaria, antiinflamatorio.
<b>Actividades químicas</b>	Agentes bactericidas, insecticidas, disolventes, lubricantes.

Fuente: (Gutiérrez, 2010)

### **3.2.4. Métodos de extracción de los aceites esenciales**

El método de extracción de los aceites esenciales determina su uso o eliminación de los mismos, debido a que la utilización de disolventes tóxicos, dificultan la separación y/o eliminación. Mientras que optar por un método de extracción inapropiado podrá variar su composición de los aceites esenciales, entre los métodos de extracción se encuentran: Extracción con disolventes, extracción por fluidos supercríticos, extracción por microondas (Luna, Garcia, & Lopez, 2009); destilación con agua - vapor, hidrodestilación, destilación por arrastre con vapor etc. (Stashenko E. , 2009) .

### **3.2.5. Destilación por arrastre con vapor de agua**

Este método se realiza con la inyección de vapor generado por ebullición de agua denominándose este, vapor de arrastre, dicho vapor ingresa a la fuente que contiene la muestra, a una presión elevada cediéndole su calor latente para lograr su evaporación. (Luna, Garcia, & Lopez, 2009) Es aquí donde el vapor va rompiendo las células o canales oleíferos de la planta; formando una mezcla volátil inmiscible, la misma que al ingresar por un refrigerante se condensa, formando dos fases agua-aceite esencial, para su posterior purificación. Este método se usa para extraer aceites de rizomas, raíces, semillas y hojas secas y/o fermentadas de algunas especies (Stashenko E. , 2009).

### **3.2.6. Características fisicoquímicas de los aceites esenciales**

#### **a. Índice de refracción (IR)**

El Índice de refracción es una constante característica de los compuestos, que contribuyen a su identificación. La técnica instrumental utilizada es la refractometría que se fundamenta en la relación que existe entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción de un rayo luminoso, a una longitud de onda determinada, que pasa del aire a la sustancia en análisis; esta se mantiene a una temperatura constante y determinada. La temperatura a la que se reporta el valor para esta constante es a 25°C en el caso de los aceites y 40°C para las grasas sólidas (Jaramillo & Martínez, 2010), Este parámetro posee un interés en detectar adulteraciones y envejecimiento, sus principales ventajas son la rapidez y sencillez con

que se pueden obtener, los índices de refracción se reportan a una temperatura de 20°C (Ceballos, 2012).

#### **b. Rendimiento ( R )**

Es la relación que existe entre la masa del aceite esencial extraído mediante un método de extracción y la masa de la materia vegetal alimentada en el balón aforado para el caso de extracción por arrastre con vapor y se calcula de la siguiente forma (Ceballos, 2012).

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{\text{peso del aceite esencial}}{\text{peso de la muestra (materia prima)}} \times 100$$

#### **c. Gravedad específica (GE)**

Dado que el volumen de un cuerpo sumergido es igual al volumen de agua desplazada, la relación de los pesos específicos es la misma que la de los pesos de un aceite esencial y de un volumen igual de agua, entonces la gravedad específica (GE) es la relación entre el peso de una sustancia y el peso de un volumen igual de agua a 4°C y a 15,6°C respectivamente (Solis, 2006).

#### **d. Capacidad antioxidante**

Estos agentes oxidantes pueden provenir de origen natural y de origen sintético; el principio de la actividad antioxidante, se basa en que un agente antioxidante actúa como supresor de radicales libres, inhibiendo la peroxidación de cualquier proceso mediado por estos radicales (Boone, 2011). Entre las propiedades que presentan los aceites esenciales está su actividad o capacidad antioxidante, cuya propiedad se da gracias a la presencia de grupos hidroxilos en los compuestos fenólicos; si bien una especie aromática puede contener más de 150 componentes en su aceite esencial entre los compuestos, estudios realizados describen a timol, carvacol, eugenol, geraniol, terpinoleno y  $\gamma$ -terpinemo (Veronica, 2014).

### **3.2.7. Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)**

La cromatografía es un método, usado primariamente para la separación de los componentes de una muestra, en la cual los componentes se distribuyen en dos fases, una de las cuales es estacionaria (puede ser un sólido, un líquido retenido sobre un sólido o un gel), mientras la fase móvil puede ser líquida o gaseosa.

La HPLC como cualquier otro método cromatográfico, es una herramienta sumamente útil para el análisis cuantitativo de mezclas de sustancias, como todo método de análisis cuantitativo, está compuesto de diversos pasos como: el muestreo, preparación de la muestra, inyección de la muestra, separación cromatográfica, detección, integración de la señal, cálculo de la concentración del analito.

La fase móvil en HPLC cumple un rol fundamental ya que puede por sí misma modificar completamente la selectividad de las separaciones en fase normal y es, a la vez, el verdadero motor de las separaciones en fase reserva. De hecho, esta es la principal diferencia que existe entre la cromatografía gaseosa y la HPLC, porque en cromatografía gaseosa la fase móvil es simplemente un carrier de los solutos y su elección depende solamente del detector a utilizar. La única herramienta para modificar la selectividad de una separación es la columna y, por ello, suele utilizarse una columna para cada tipo de separación. Como contrapartida, en HPLC es posible lograr un número muy grande de diferentes separaciones con una columna, tan solo variando la composición de la fase móvil (Quattrocchi, Andrizzi, & Laba, 1992).

### 3.2.8. Huacatay (*Tagetes minuta*)

Es una especie conocida en el Perú como yuyito del amor, chinchilla, chil chil, suico, huacatay, originaria de Sudamérica en los países como Argentina, Chile, Bolivia, Perú, y Paraguay (Ortiz, 2012), *T. minuta* se desarrolla a menudo en zonas perturbadas durante las primeras etapas de su crecimiento, esta afinidad por los sitios perturbados ha permitido a esta especie colonizar muchas áreas alrededor del mundo (Meshkatalasadat, Safaei, Moharramipour, & Nasser, 2010).



Figura 1. Huacatay de la región Amazonas

#### a. Descripción botánica

El Huacatay (*Tagetes minuta*) es una planta herbácea anual y perenne, erecta, terrestre, que crece hasta una altura de 4,5 m. Las hojas son de un color verde ligeramente brillante. Las cabezas de inflorescencia de la planta son numerosas, generalmente cimas de 8-12 mm de altura, ápice de tres a cinco dientes, floretes de rayos generalmente tres por cabeza, rayos de 1-2 mm de largo, floretes de disco generalmente de tres a cinco por cabeza, Y corolas aproximadamente 2,5 mm de largo. Los aquenios de color marrón oscuro de la planta son aplastados, de 6-8 mm de largo. La superficie inferior de las hojas lleva una serie de glándulas pequeñas, punteadas, multicelulares, de color naranja, que exudan un aroma de regaliz cuando se rompe. Las glándulas también se pueden encontrar en los tallos y las brácteas del involucre. Cuatro o cinco brácteas fundidas del involucre rodean cada cabeza. Las semillas tienen un olor desagradable y pueden reducir el valor de las cosechas de grano cuando se mezclan y almacenan juntas (Preedy, 2016).

## b. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica según (Ortiz, 2012), Se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación Taxonómica de *Tagetes minuta*

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
Reyno	Plantae
Subreyno	Traqueobionta
Superdivisión	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Asterales
Género -Especie	<i>Tagetes minuta</i>
Nombres Representativos	Huacatay, Tzinso, yuyito del amor

Fuente (Ortiz, 2012).

## c. Composición química del aceite esencial

T. minuta es una de las especies ricas en compuestos secundarios, tales como, compuestos acíclicos y bicíclicos, monoterpenos monocíclicos, sesquiterpenos, flavonoides, tiofenos, y compuestos aromáticos. Dichos componentes varían según la parte de la planta y estadio de crecimiento. Se dice que el aceite de hojas de la planta sin florecer contiene principalmente dehidrotagetona, pero el aceite de las hojas de una planta en flor y el aceite de las flores es rico en  $\beta$  - ocimeno y tagetenona (Olivo, 2013), El aceite esencial del huacatay contiene etimol (sustancia que tiene que ver con el aroma), bitienil, canfeno, cinerina I y II, citral, ácido fórmico y acético, monometilfumarato, jasmolina I y II, limoneno, linalool, cis-ocimenona, transocimenona, patulitrina, feniletanol,  $\alpha$  y  $\beta$  pineno, piretrina I y II, quercetageptrina, salicaldehído, ácido siringico, tagetona, cis-tagetona, dihidrotagetona, tiofeno y ácido valerianico (Ortiz, 2012).

## d. Usos del aceite esencial de *Tagetes minuta*.

El aceite esencial de huacatay es usado para tratar resfriados, inflamaciones respiratorias, problema estomacal, anti-espasmódico, antiparasitario, anti-séptico, insecticida (Shirazi, Gholami, Kavooosi, Rowshan, & Tafsiry, 2014), fungicida, bactericida, nematocidas, en perfumería, colorante (fabricación de pasta, aceite vegetal, confitería, productos lácteos), aromatizante (Ordoñez, 2011).

## IV. MATERIAL Y METODOS

### 4.1. Material biológico (*Tagetes minuta*)

Las muestras fueron recolectadas de las diferentes localidades de la Región Amazonas en los meses de enero y febrero antes de la floración. Se anotaron las coordenadas geográficas usando un GPS modelo Oregon serie 650 (Garmin). La distribución de la especie se pueden observar en el mapa de la sección de resultados figura 2. Se obtuvieron 30 muestras entre las cuatro especies, considerando 3 repeticiones por cada localidad.

### 4.2. Método de obtención y caracterización del Aceite esencial de *T. minuta*

#### 4.2.1. Proceso de deshidratación.

Las muestras recolectadas de las diferentes localidades fueron recepcionadas en lugares secos, bajo sombra y aislado de fuentes de contaminación, se procedió a secar a temperatura ambiente (luz solar) durante 5 días, hasta alcanzar una humedad promedio de 12,5% procediendo a la extracción del aceite esencial.

#### 4.2.2. Extracción y secado del aceite esencial.

El aceite esencial fue extraídos de las hojas secas picadas, luego fueron colocadas en un balón con tripe boca, el cual se incorporó en el equipo de destilación por arrastre con vapor durante dos horas; la humedad remanente fue extraída con sulfato de sodio anhidro a una concentración de 30 g por litro de aceite, posteriormente se dejó reposar en un lugar oscuro, bajo congelación por 24 horas a una temperatura de - 10 °C; para luego separarlo por centrifugación obteniéndose un aceite con mayor pureza.

#### 4.2.3. Caracterización Físicoquímica del Aceite esencial de *T. minuta*

##### a. Rendimiento (R)

Se calculó el rendimiento *R* de aceite esencial mediante la ecuación (1) adaptada de (Ceballos, 2012), los resultados se expresaron como (*p/p*):

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{\text{peso del aceite esencial}}{\text{peso de la muestra}} \times 100 \dots \dots E(1)$$

### **b. Gravedad específica (GE)**

La gravedad específica fue determinada utilizando el método estándar de la AOAC descrito por (Madouri, y otros, 2015), usando la ecuación (2):

$$\text{Gravedad específica} = \frac{W_2 - W_0}{W_1 - W_0} \quad \dots \quad E(2)$$

Donde:

$W_0$  = Peso de la probeta vacía

$W_1$  = Peso de la probeta + agua

$W_2$  = Peso de la probeta + aceite

### **c. Índice de refracción (IR)**

El índice de refracción fue utilizado para determinar la pureza del aceite según lo reportado por (Boukhatem, y otros, 2014) utilizando un refractómetro tipo ABE modelo 2WAJ.

Se procedió a limpiar los prismas del refractómetro tipo ABE modelo 2WAJ con agua destilada, luego se adiciono 3 gotas de muestra en el prisma inferior, ajustando éste contra el prisma superior en forma tal que quede entre ellos una capa de muestra, libre de burbujas de aire, con el tornillo superior se regulo hasta que el campo aparezca dividido en una porción oscura y otra iluminada procurando que en la separación de ambas porciones no aparezca una banda de dispersión, sino una línea nítida; con el tornillo inferior se ajustó la posición de esta línea de modo que pase por el punto de intersección de los hilos del retículo y se pueda leer sobre la escala el valor del índice de refracción de la muestra.

**d. Capacidad antioxidante mediante el ensayo de eliminación de radicales 2, 2 difenilpicrilhidracil (DPPH)**

La actividad antioxidante fue determinada según el procedimiento reportado por (Brand-Williams & Berset, 2015) el cual describimos:

Se preparó 100 ml de una solución de DPPH en metanol de 75 mg/L, luego se prepararon soluciones metanólicas de la muestra en concentraciones de 300 µg/ml, 400 µg/ml, 500 µg/ml y 600 µg/ml (solución A).

Para ajustar el espectrofotómetro a cero se preparó el blanco de metanol - agua (2:1); posteriormente se preparó el blanco de muestra con 0,75 ml de muestra (solución A) 1,5 ml de metanol, así también se preparó el patrón de referencia con 1,5 ml de solución de DPPH y 0,75 ml de agua.

Se preparó las muestras con 0,75 ml de solución A y 1,5 ml de solución de DPPH, dejamos actuar por un tiempo de 30 min y se realiza la lectura a 517 nm en el espectrofotómetro.

Se lectura la absorbancia del patrón de referencia y del blanco de muestra, posteriormente se tomó las lecturas de las muestras preparadas. Con estos valores de absorbancias se determinó el % de captación de radicales libres (DPPH) mediante formula:

$$\% \text{ captación de radical libre} = [1 - (A2 - A3) / A1] * 100$$

Dónde:

A1= Absorbancia del patrón de referencia

A2= Absorbancia de la muestra

A3= Absorbancia del blanco de muestra

Con los resultados de porcentaje de captación de radicales libres se procedió a calcular el IC<sub>50</sub>. Mediante formula.

$$IC_{50} = (0.5 - b) / a$$

Donde a, b son los valores de la ecuación lineal  $y = ax + b$ .

#### **4.3. Identificación de la composición del aceite esencial de huacatay**

Para la identificación de los componentes del aceite esencial. Se realizó por cromatografía de gases acoplado a espectrómetro de masas GC-MS SHIMADZU - 2010 Plus, en el Laboratorio de química de la Universidad Nacional de Ingeniería. Se analizó la mezcla de compuestos volátiles y no volátiles (aceite esencial extraído); luego, utilizando la técnica de separación Head Space (HS), se identificó los componentes volátiles.

#### **4.4. Cromatografía Líquida en Alta Resolución**

Para la identificación y cuantificación del componente mayoritario 1-adamantanol reportado en el aceite esencial de *Tagetes minuta* por CG-MS, se usó la técnica por Cromatografía Líquida en Alta Resolución HPLC Elite LaChrom – HITACHI con Detector UV-VIS L2420, en el laboratorio de Ingeniería Agroindustrial – Sección HPLC, de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

##### **Acondicionamiento:**

- Se instaló una columna RP-18 endcapped (5 um) N° 702212,
- Luego se preparó la fase móvil en una solución de metanol-agua (60-40 v/v),
- Asimismo se Adecuo el estándar 1-Adamantanol con un grado de pureza del 99,9% ;
- Las muestras de aceite esencial fueron tomadas al azar de las diferentes provincias de la Región Amazonas, siendo las localidades de lugar 1: Limabamba; lugar 2: Suyusbamba; lugar 3: Nuevo Tingo; lugar 4: Campo Redondo, dichas muestras fueron agregadas a una concentración de 20 ppm.
- La evaluación se realizó a temperatura ambiente.

La lectura se llevó a cabo a una longitud de onda de 250 nanómetros con un flujo de 1 ml/min y presión de 392 Bar en un tiempo de lectura de 30 minutos.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Georreferenciación de *T. minuta*

De la figura 2. Se puede apreciar las diferentes provincias donde desarrolla *T. minuta*, así como los puntos de muestreo de la presente investigación en la Región Amazonas Según georreferenciación reportada por el equipo GPS Garmin 650-Oregon.

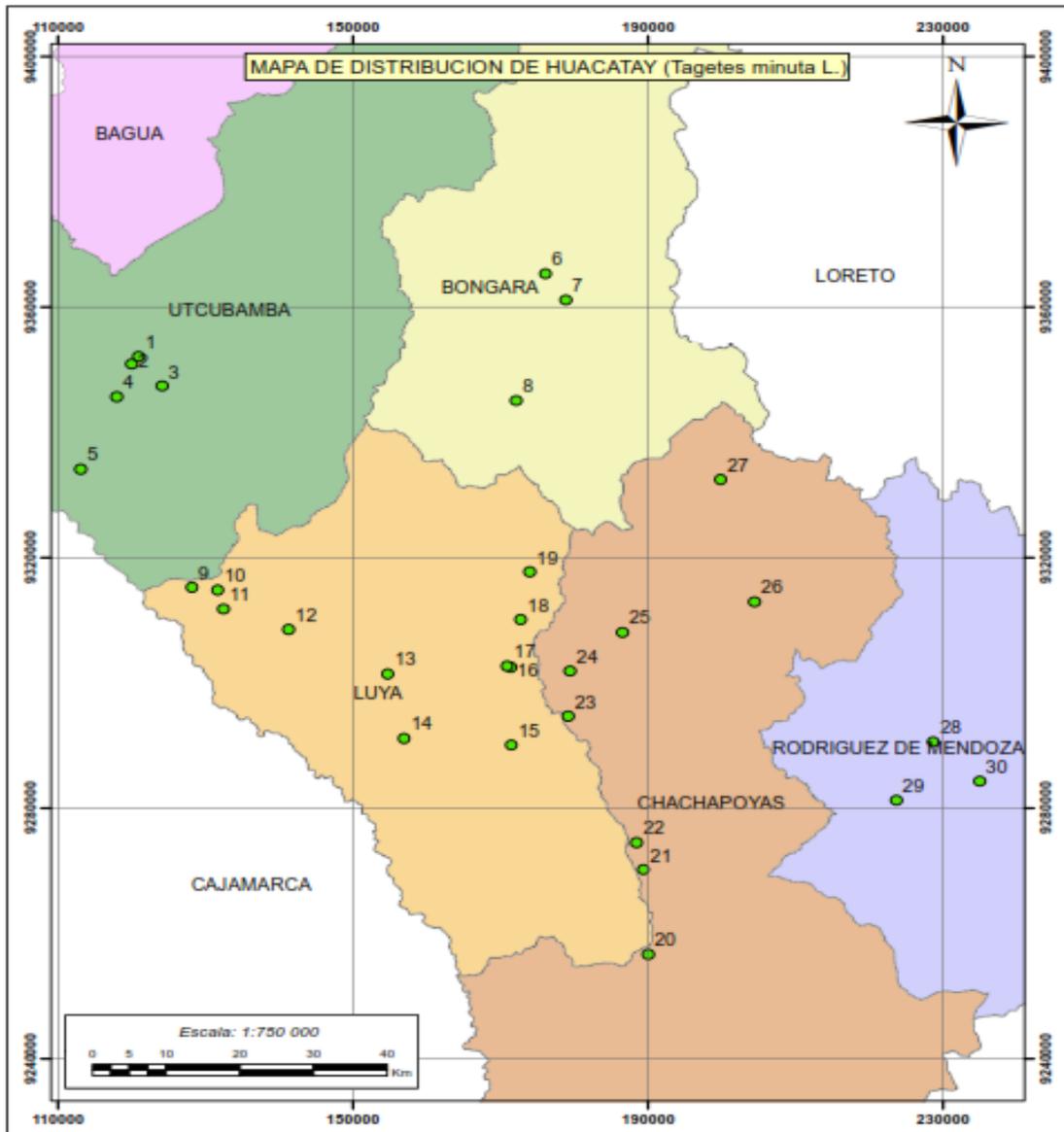


Figura 2: Mapa de distribución de los puntos de recolección de muestras en la región Amazonas.

## 5.2. Caracterización del aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta*)

Tabla 3. Caracterización del aceite esencial de *T. minuta*

Provincia/Distrito	Altitud	Clima	Rendimiento, v/w ± DE	Gravedad específica ± DE	Índice de refracción ± DE
<b>Luya</b>					
Luya Viejo	2,901	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	1.125000 ± 0.125 <sup>abc</sup>	0.898315 ± 0.105 <sup>abc</sup>	1.487875 ± 0.0003 <sup>l</sup>
Pisquía	2,145	Húmedo y Templado Cálido	1.083333 ± 0.191 <sup>abc</sup>	0.933385 ± 0.044 <sup>abc</sup>	1.485175 ± 0.0005 <sup>ghi</sup>
Campo Redondo	1,756	Semi Húmedo y Semi Cálido	1.416667 ± 0.382 <sup>bc</sup>	0.943499 ± 0.030 <sup>abc</sup>	1.484900 ± 0.0002 <sup>fgh</sup>
Cococho	1,864	Semi Húmedo y Semi Cálido	1.333333 ± 0.072 <sup>abc</sup>	0.949979 ± 0.029 <sup>abc</sup>	1.485125 ± 0.0002 <sup>ghi</sup>
Guadalupe	1,633	Semi Húmedo y Semi Cálido	1.208333 ± 0.191 <sup>abc</sup>	0.921889 ± 0.055 <sup>abc</sup>	1.486175 ± 0.0002 <sup>k</sup>
Ocally	1,686	Semi Húmedo y Semi Cálido	1.416667 ± 0.072 <sup>bc</sup>	0.945283 ± 0.063 <sup>abc</sup>	1.485125 ± 0.0004 <sup>ghi</sup>
Chuquimal	1,909	Húmedo y Templado Cálido	1.333333 ± 0.072 <sup>abc</sup>	0.949364 ± 0.063 <sup>abc</sup>	1.485425 ± 0.0004 <sup>ghij</sup>
Lonya Chico	2,329	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	1.125000 ± 0.125 <sup>abc</sup>	0.975425 ± 0.024 <sup>bc</sup>	1.485125 ± 0.0002 <sup>ghi</sup>
Colcamar	2,304	Húmedo y Templado Cálido	0.875000 ± 0.125 <sup>ab</sup>	0.933635 ± 0.028 <sup>abc</sup>	1.485725 ± 0.0002 <sup>ijk</sup>
Longuita	2,826	Húmedo y Templado Cálido	0.958333 ± 0.191 <sup>abc</sup>	0.918893 ± 0.034 <sup>abc</sup>	1.484850 ± 0.0002 <sup>fg</sup>
Nuevo Tingo	2,015	Húmedo y Templado Cálido	0.958333 ± 0.260 <sup>abc</sup>	0.911472 ± 0.045 <sup>abc</sup>	1.482000 ± 0.0004 <sup>b</sup>
<b>Ucubamba</b>					
Vista Hermosa	1,687	Semi Húmedo y Semi Cálido	1.166667 ± 0.144 <sup>abc</sup>	0.862716 ± 0.097 <sup>abc</sup>	1.485300 ± 0.0003 <sup>ghi</sup>

Nuevo Oriente	1,978	Húmedo y Templado Cálido	$1.333333 \pm 0.072^{abc}$	$0.910739 \pm 0.007^{abc}$	$1.488500 \pm 0.0000^l$
Alto Perú	2,373	Húmedo y Templado Cálido	$1.375000 \pm 0.125^{abc}$	$0.927890 \pm 0.045^{abc}$	$1.484900 \pm 0.0001^{fgh}$
Tomochoco	1,433	Semi Húmedo y Semi Cálido	$1.250000 \pm 0.250^{abc}$	$0.925323 \pm 0.061^{abc}$	$1.484925 \pm 0.0002^{fgh}$
Palto	1,076	Semi Húmedo y Semi Cálido	$1.166667 \pm 0.144^{abc}$	$0.956976 \pm 0.046^{abc}$	$1.485225 \pm 0.0002^{ghi}$
<b>Bongará</b>					
Suyubamba	1,409	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	$1.500000 \pm 0.217^c$	$0.858842 \pm 0.021^{abc}$	$1.481050 \pm 0.0001^a$
Balsapata	1,725	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	$1.250000 \pm 0.125^{abc}$	$0.851552 \pm 0.077^{abc}$	$1.485225 \pm 0.0002^{ghi}$
Yambrasbamba	1,852	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	$1.500000 \pm 0.000^c$	$0.908765 \pm 0.030^{abc}$	$1.488550 \pm 0.0001^l$
<b>Chachapoyas</b>					
Molinopampa	2,446	Muy Húmedo y Templado Cálido	$1.458333 \pm 0.144^c$	$0.883650 \pm 0.091^{abc}$	$1.485625 \pm 0.0002^{hijk}$
Levanto	2,617	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	$1.000000 \pm 0.250^{abc}$	$0.932963 \pm 0.055^{abc}$	$1.482050 \pm 0.0003^b$
La Jalca	2,807	Húmedo y Templado Cálido	$1.000000 \pm 0.217^{abc}$	$0.878284 \pm 0.021^{abc}$	$1.483050 \pm 0.0002^c$
Magdalena	1,911	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	$1.000000 \pm 0.125^{abc}$	$0.984114 \pm 0.008^{bc}$	$1.485500 \pm 0.0002^{ghijk}$
Dos de Mayo	2,303	Húmedo y Templado Cálido	$0.958333 \pm 0.072^{abc}$	$0.846539 \pm 0.046^{ab}$	$1.485600 \pm 0.0002^{hijk}$
Asunción de Goncha	2,814	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	$1.125000 \pm 0.125^{abc}$	$0.953801 \pm 0.056^{abc}$	$1.486050 \pm 0.0006^{jk}$
Montevideo	2,226	Húmedo y Templado Cálido	$1.083333 \pm 0.191^{abc}$	$0.906945 \pm 0.043^{abc}$	$1.485475 \pm 0.0001^{ghijk}$
Taquia	2,638	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	$1.041667 \pm 0.191^{abc}$	$0.833216 \pm 0.058^a$	$1.483200 \pm 0.0003^{cd}$

<b>Rodríguez de Mendoza</b>					
Omia	1,383	Semi Húmedo y Semi Cálido	0.875000 ± 0.000 <sup>ab</sup>	0.936705 ± 0.051 <sup>abc</sup>	1.483800 ± 0.0001 <sup>de</sup>
Limabamba	1,657	Semi Húmedo y Semi Cálido	0.833333 ± 0.144 <sup>a</sup>	0.913177 ± 0.051 <sup>abc</sup>	1.481850 ± 0.0002 <sup>b</sup>
Nueva Esperanza	1,964	Semi Húmedo y Semi Cálido	1.000000 ± 0.250 <sup>abc</sup>	0.991858 ± 0.003 <sup>c</sup>	1.484200 ± 0.0005 <sup>ef</sup>

Se realizó tres observaciones para el rendimiento y cuatro para gravedad específica e índice de refracción.

Las letras a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, representan grupos formados en la prueba Tuckey con  $\alpha = 0.05$  ( $p < 0.05$ ), que explican diferencias significativas entre las muestras. Ver anexo 1 (Tablas del.7-14)

En la tabla 3. El huacatay recolectado del distrito de Suyubamba obtuvo un mayor rendimiento (1.5 v/w), este distrito está ubicado 1,409 msnm y presenta un clima ligeramente húmedo y templado cálido; Nueva Esperanza presentó un huacatay con mayor gravedad específica (0.991858g/ml), este distrito se encuentra a 1,964 msnm y su clima es semi húmedo y semi cálido, Finalmente, Yambrasbamba presentó un huacatay con mayor índice de refracción (1.488550), su clima es ligeramente húmedo y templado cálido y está ubicado a 1,852 msnm.

De los lugares que presentaron menor resultado en sus propiedades: Limabamba fue el distrito de donde se obtuvo un huacatay con menor rendimiento (0.8333 v/w), el clima de este distrito es semi húmedo y semi cálido, ubicado a una altura de 1,657 msnm; mientras que Suyubamba presentó un IR inferior a los demás (1.481050); mientras que Dos de Mayo presentó un menor valor de gravedad específica (0.846539g/ml), encontrándose a 2,303 msnm con clima húmedo y templado cálido.

### 5.3. Resultados de la actividad antioxidante del aceite esencial de huacatay.

La actividad antioxidante mediante el ensayo de DPPH (radical libre), medido en IC50 se encuentra entre 3,449 g/ml – 0,670 g/ml presentándose con mayor actividad antioxidante; las localidades de Campo redondo (0,670); Magdalena (1,398); Suyusbamba (1,953). Para este estudio se utilizó la vitamina C con IC50 de 1.53293011g/ml como control. En la Tabla 4, se muestra las localidades con mayor actividad antioxidante. En el anexo 2 (Tabla 15) se muestran las actividades antioxidantes de las localidades restantes, así como los datos que se utilizaron para el cálculo.

Tabla 4: Localidades de la Región Amazonas con mayor actividad antioxidante en el aceite esencial de *Tagetes minuta*.

N°	LUGAR	IC50 g / ml
1	Campo Redondo	0,670
2	Magdalena	1,398
3	Suyubamba	1,953
4	Molino Pampa	2,025
5	Limabamba	2,148
6	Yambrasbanba	2,245
7	Monte Video	2,342
8	Longita	2,372
9	Tomochó	2,393
10	Dos de Mayo	2,406

De la tabla 4 el aceite esencial de huacatay de las localidades de Campo Redondo y Magdalena, presentan una fuerte actividad antioxidante, mayor al patrón de control vitamina C con IC 50 de 1.53293011g/ml.

#### 5.4. Resultados del análisis realizado en Cromatografía de Gases Acoplado a Espectrometría de Masas GC-MS

Tabla 5: Componentes identificados en el aceite esencial de *T. minuta* mediante CG-MS

Peak#	R. Time	Área	Área%	Name	Base m/z
1	3,084	51372	0,01	Furan, 2-ethyl-	81,05
2	3,810	139296	0,03	Hexane, 2,4-dimethyl-	41,00
3	5,077	1438875	0,35	3-Penten-2-one, 4-methyl-	83,05
4	6,595	206379	0,05	Butanoic acid, 3-methyl-	60,00
5	6,642	2787884	0,68	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	43,00
6	7,177	186149	0,05	2-Hexenal, (E)-	41,00
7	7,395	279516	0,07	Furan, 2,3-dihydro-	41,05
8	8,466	275461	0,07	1-Butanol, 3-methyl-, acetate	43,00
9	8,603	426880	0,10	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	43,00
10	13,844	595325	0,15	exo-2-Bromonorbornane	95,05
11	28,390	8454724	2,06	trans-.beta.-Ocimene	93,10
12	31,716	41184305	10,04	Pentanoic acid, 2-propenyl ester	85,05
13	35,838	4733418	1,15	3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trim	67,05
14	36,934	1126401	0,27	Carvenone	110,10
15	38,390	493870	0,12	3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trim	67,05
16	39,959	500160	0,12	Cyclohexane, bromo-	83,05
17	41,538	1815069	0,44	3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzo	137,15
18	41,606	1292154	0,31	3-Cyclohexene-1-methanol	79,05
19	42,547	24644359	6,01	1,4-Pentadiene, 2,3,3-trimethyl-	95,05
20	43,288	272583012	66,43	1-Adamantanol	95,10
21	43,666	297978	0,07	2-Cyclohexen-1-one, 3,5-dimethyl-	82,05
22	44,169	1899167	0,46	Cyclohexane, 1,2-dimethyl-, trans-	97,05
23	45,560	575684	0,14	Cyclohexane, 1,4-dimethyl-2-(2-methylpropy	111,10
24	46,809	218239	0,05	Ethanone, 1-(2-methyl-1-cyclopenten-1-yl)-	109,05
25	48,276	209793	0,05	4,4-Dimethyl-3-oxopentanenitrile	57,05
26	48,496	2275412	0,55	Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimeth	135,10
27	49,023	3843580	0,94	Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimeth	135,10
28	49,863	203961	0,05	Isocytosine	111,10
29	50,000	95237	0,02	.alpha.-Campholenal	108,05
30	50,449	12835394	3,13	Thiophene, 2-butyl-5-ethyl-	125,10
31	50,604	660463	0,16	2-Nonen-1-ol, (E)-	57,05
32	50,792	1556579	0,38	2-Cyclohexen-1-one, 4-hydroxy-3,5,5-trimet	124,05
33	51,192	1516804	0,37	1,4-Pentadiene, 2,3,3-trimethyl-	95,05
34	52,528	245558	0,06	Octane, 2,3-dimethyl-	57,05
35	52,990	128357	0,03	Camphorsulfonic acid	151,15
36	53,419	224221	0,05	Naphthalene, decahydro-1,6-dimethyl-4-(1m	109,10

37	54,025	567661	0,14	2,9-Dimethyl-5-decyne	95,05
38	54,933	194478	0,05	Dodecane, 2-methyl-	99,05
39	55,266	1020003	0,25	Cyclohexane, 2-(1-decylundecyl)-1,4-dimeth	111,10
40	56,172	390394	0,10	Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-di	189,10
41	56,541	762156	0,19	4-Octanone, 2-methyl-	57,05
42	57,007	248752	0,06	Adamantane, 1,3-dimethyl-	149,10
43	57,390	299869	0,07	Octadecane, 1-iodo-	57,05
44	58,051	1342017	0,33	Caryophyllene	93,10
45	58,181	180729	0,04	1-Eicosene	41,00
46	59,040	9024	0,00	exo-2-Bromonorbornane	95,05
47	59,230	109049	0,03	Heptane, 3-methylene-	55,05
48	59,828	448280	0,11	3,3,5,5-Tetramethylcyclohexanol	123,10
49	60,112	217571	0,05	Tetradecane	57,05
50	60,682	185376	0,05	Hexadecanal	68,05
51	61,067	238676	0,06	trans-.beta.-Ionone	177,10
52	61,477	289846	0,07	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2-(1-methy	121,15
53	61,957	266561	0,06	.alpha.-Farnesene	93,10
54	62,970	641495	0,16	Pyridine, 3-butyl-, 1-oxide	151,15
55	64,238	375061	0,09	Cyclohexane, 2-(1-decylundecyl)-1,4-dimeth	111,05
56	64,901	511633	0,12	1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol, decahydro-1,1,	43,00
57	65,149	445836	0,11	Caryophyllene oxide	43,00
58	71,515	701467	0,17	17-Pentatriacontene	167,10
59	80,729	3126991	0,76	Phytol	68,05
60	83,283	688253	0,17	.gamma.-Tocopherol	151,15
61	84,104	296886	0,07	Benzyl isobutyl ketone	57,05
62	84,243	371874	0,09	Thianthrene	215,95
63	87,626	151678	0,04	Cyclohexane, bromo-	83,05
64	89,184	3214427	0,78	Benzyl isobutyl ketone	57,05
65	90,059	1349858	0,33	Benzyl isobutyl ketone	57,05
66	90,780	355447	0,09	beta.-Sitosterol	57,05
67	91,295	156945	0,04	Guanine	151,10
68	92,020	965355	0,24	3-Ethyl-1-heptyne-3-ol	83,05
69	92,360	207625	0,05	Cyclohexane, bromo-	83,05
		410332309	100		

La tabla 5 muestra los resultados analíticos obtenidos por GC-MS del AE de huacatay proveniente del distrito de Suyubamba. Esta muestra estuvo compuesta por 69 componentes. El AE estuvo principalmente comprendido por 1-Adamantanol (66.43%), Pentanoic acid, 2-propenyl ester (10.04%), Thiophene, 2-butyl-5-ethyl- (3.13%) y trans-.beta.-Ocimene (2.06%), juntos representan el 81.66% de los componentes no volátiles del huacatay. Ver su estructura química en las figuras del Anexo 3.2.

Tabla 6: Componentes volátiles identificados por CG-MS Headspace Sampling (HS).

Peak#	R. Time	Área	Área %	Name	Base m/z
1	3,280	5681773	1,29	Furan, 2-ethyl-	81,00
2	3,527	15930	0,00	Acetoin	45,00
3	3,890	759168	0,17	Methyl Isobutyl Ketone	42,95
4	3,922	582956	0,13	Methyl Isobutyl Ketone	42,95
5	4,240	784120	0,18	Butane, 2-methyl-	43,00
6	4,915	67137	0,02	5-Hexen-2-one	43,00
7	5,045	94669	0,02	2,3-Pentanedione	42,95
8	5,247	1335256	0,30	Hexanal	43,95
9	6,844	1690552	0,38	Butanoic acid, 3-methyl-	59,95
10	7,180	307056	0,07	Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester	57,00
11	7,260	3456627	0,78	2-Hexenal, (E)-	41,00
12	7,442	1079126	0,24	Furan, 2,3-dihydro-	41,00
13	7,594	895367	0,20	Furan, 2,3-dihydro-	41,00
14	8,074	142980	0,03	Furan, 2,5-dihydro-	41,00
15	8,545	2670294	0,60	1-Butanol, 3-methyl-, acetate	42,95
16	8,643	13277987	3,01	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	42,95
17	12,156	341524	0,08	Hexanoic acid, methyl ester	74,00
18	12,482	600191	0,14	.alpha.-Pinene	93,10
19	13,976	9199678	2,08	exo-2-Bromonorbornane	95,05
20	19,623	560920	0,13	.beta.-Myrcene	41,00
21	28,593	41807877	9,47	trans-.beta.-Ocimene	93,05
22	31,928	109204782	24,74	Pentanoic acid, 2-propenyl ester	85,05
23	35,314	145374	0,03	2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)	69,05
24	35,881	13278742	3,01	3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trim	67,00
25	36,775	103840	0,02	2,2-Dimethyl-3-heptanone	57,05
26	36,973	2115813	0,48	Carvenone	110,05
27	37,635	69243	0,02	2,2-Dimethyl-3-heptanone	57,05
28	37,809	487984	0,11	2-Furanmethanol, 5-ethenyltetrahydro-.alpha	79,00
29	38,107	254059	0,06	Cyclohexene, 2-ethenyl-1,3,3-trimethyl-	150,10
30	38,404	1281816	0,29	3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trim	67,00
31	38,672	331324	0,08	1-Hexene, 3,3-dimethyl-	69,05
32	39,981	776982	0,18	Cyclohexane, bromo-	83,00
33	41,561	1874503	0,42	3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzo	137,10
34	41,639	1377930	0,31	3-Cyclohexene-1-methanol	79,05
35	42,553	22855423	5,18	1,4-Pentadiene, 2,3,3-trimethyl-	95,05
36	43,274	196094215	44,42	1-Adamantanol	95,05
37	44,177	1477139	0,33	Cyclohexane, 1,2-dimethyl-, trans-	97,00
38	45,584	443886	0,10	Cyclohexane, 1,1,3-trimethyl-	111,05
39	46,810	66482	0,02	2-Acetyl-5-methylfuran	109,00
40	47,352	101075	0,02	3,7-Nonadien-2-ol, 4,8-dimethyl-	69,00
41	48,526	628916	0,14	Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimeth	135,10

42	48,805	72340	0,02	1-Cyclohexene-1-acetaldehyde, 2,6,6-trimeth	43,00
43	49,064	390888	0,09	Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimeth	135,10
44	50,444	1391719	0,32	Thiophene, 2-butyl-5-ethyl-	125,05
45	50,818	387809	0,09	2-Cyclohexen-1-one, 4-hydroxy-3,5,5-trimeth	124,05
46	51,204	455439	0,10	Chrysanthemic acid	153,10
47	53,008	46722	0,01	Guanine	151,10
48	56,177	178611	0,04	Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-d	189,10
49	58,052	219215	0,05	Caryophyllene	69,05
		441463459	100		

La tabla 6 muestra los resultados analíticos obtenidos por GC-MS del AE de huacatay proveniente del distrito de Suyubamba. Se encontró 49 componentes. El AE estuvo principalmente comprendido por 1-Adamantanol (44.42%), Pentanoic acid, 2-propenyl ester (24.74%), trans-.beta.-Ocimene (9.47%), 1-Butanol, 2-methyl-, acetate (3.01), 3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trimethyl (3.01%), y exo-2-Bromonorbornane (2.08%) y Furan, 2-ethyl- (1.29), juntos representan el 86.73% de los componentes volátiles del huacatay. Ver su estructura química en las figuras del Anexo 3.3.

### 5.5. Resultados del análisis del aceite esencial de *Tagetes minuta* por Cromatografía Líquida en Alta Resolución - HPLC

Tabla 7: Identificación y cuantificación de 1-adamantanol presente es *T. minuta* mediante la técnica de HPLC

	Lugar	Componente	Tiempo de Retención	(%)
1	Limabamba	1-Adamantanol	29,0 min	29,233
2	Suyusbamba	1-Adamantanol	29,5min	29,233
3	Nuevo Tingo	1-Adamantanol	30,0 min	29,353
4	Campo Redondo	1-Adamantanol	28,5 min	29,137

Se obtuvo que 1-adamantanol se encuentra en un porcentaje promedio de 29,2% con un tiempo de retención de 29 minutos, además se muestra que el componente 1-adamantanol presente en el aceite esencial de *Tagetes minuta*, no varía representativamente de acuerdo a la localidad y/o provincia en la región Amazonas según tabla 7 y figura 3 y anexo 4.

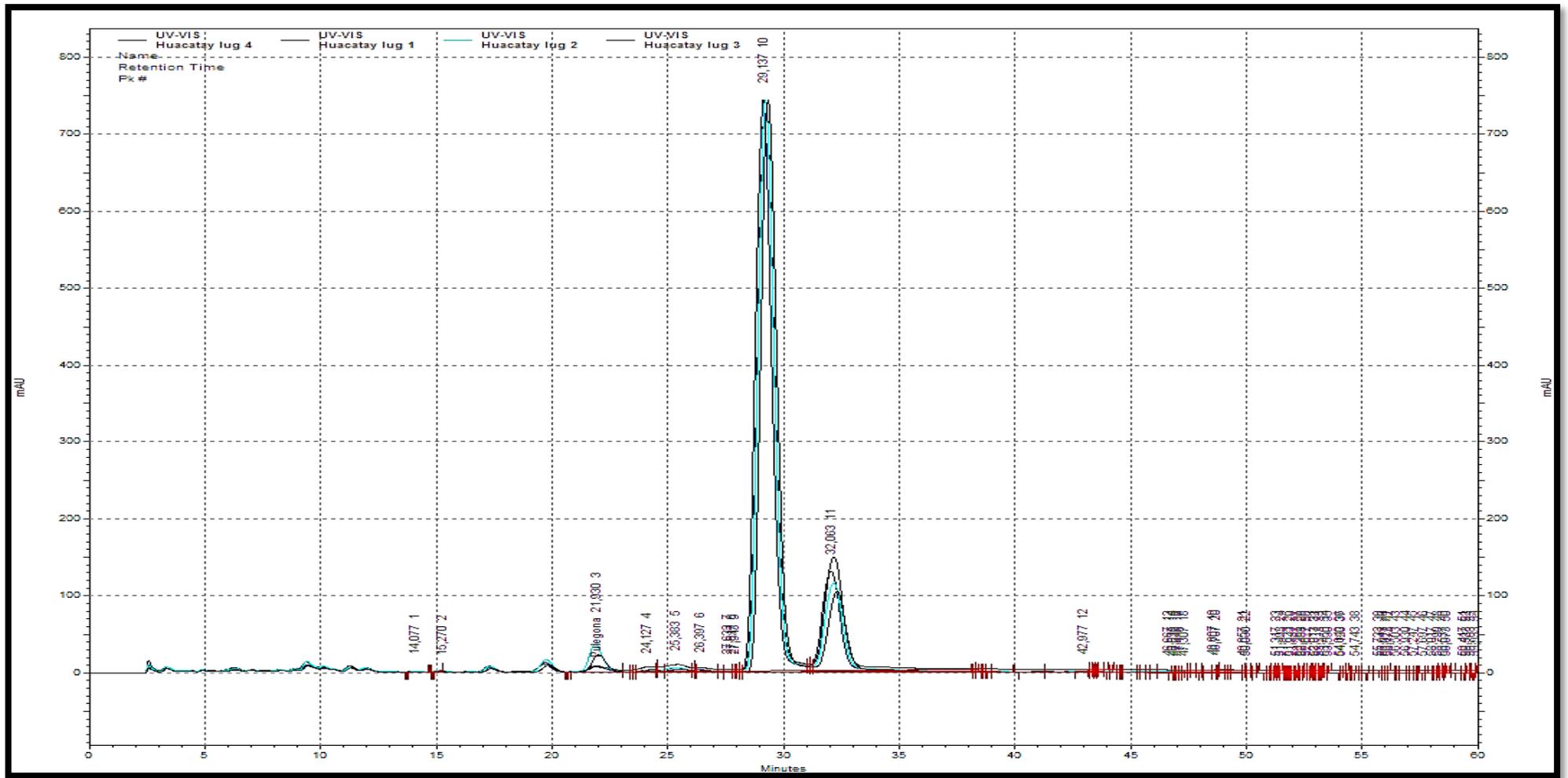


Figura 3. Identificación y cuantificación de 1-adamantanol por HPLC en *T. minuta* en las cuatro localidades evaluadas en la región Amazonas

## VI. DISCUSION

La diversificación de las 30 localidades o puntos en la región amazonas en la cual se desarrolla el huacatay, presentan las características climáticas (semi húmedas – semi cálidas; húmedo y templado cálido, ligeramente húmedo y templado cálido; muy húmedo y templado cálido), con un rango de altitud que va desde 1076 a 2901 msnm. Esto indica que esta planta se desarrolla de manera silvestre en los lugares de climas cálidos y fríos, pudiendo encontrarse incluso en zonas más calurosas. El huacatay se desarrolla en espacios poco montañosos y libres de árboles, en orillas de los ríos. Estos resultados de corroboran con lo reportado por (Gakuubi, Wanzala, Wagacha, & Dossaji, 2016), el huacatay es una especie nativa de las praderas templadas y regiones montañosas.

Según la tabla 3. Los resultados del rendimiento con el método de extracción por arrastre con vapor de aceite esencial varía desde 0,83% - 1,5 %, en comparación con el rango reportado por (Moradalizadeh, Mehrabpanah, Salajeghe, & Nayebl, 2013), mediante el método de hidrodestilación, que obtuvo un rendimiento del aceite esencial de *T. minuta* en un rango de 0,5 %- 0,9% (p / p), el método de extracción por arrastre con vapor es más eficiente para el caso de huacatay.

El índice de refracción obtenido en promedio el mas alto es de 1,488 y el menor es 1,481, y una gravedad específica entre 0,833 – 0,991, en comparación con el índice de refracción y gravedad específica que presenta el aceite esencial del huacatay reportado por (Santos 2011), donde el índice de refracción es de 1,487; Al igual que (Baser & Buchbauer, 2010), indican que de un aceite esencial de manera general su gravedad específica está en el rango 0,696 – 1,118 gm/ml y el índice de refracción de 1,450 – 1,590, respectivamente. Se concluye que los resultados obtenidos se encuentran localizados en dichos rangos referenciados.

Según las tablas 4 y 15. La actividad antioxidante se encuentra en el rango de 3,449 g/ml – 0,670 g/ml lo cual es mucho más elevada en comparación con (Gakuubi, Wanzala, Wagacha, & Dossaji, 2016) que reporto una actividad antioxidante de 1,49 g /ml, mediante el ensayo de DPPH obteniendo; esta elevada actividad antioxidante se debió a la composición de los aceites esenciales cuyos principales componentes químicos incluidos (E) - $\beta$ -ocimene (15,90%), L-verbenona (15%) y limoneno (8,02%). El componente trans-.beta.-Ocimene (9,47%), identificado está siendo estudiado en la

actualidad debido a sus propiedades antioxidantes y antibacterianos (Mahdian, Mahboubi, Rahimi, & Shad, 2017), por lo que podemos decir que el huacatay es una especie con tendencia en la industria alimentaria.

Por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas, se determinó 69 componentes para el aceite esencial de huacatay, siendo el componente mayoritario el 1-Adamantanol (66,43%), seguido de Pentanoic acid, 2-propenyl ester ( 10,04%), Mientras que por la técnica de muestreo Headspace se identifico 49 componentes químicos, también realizado en el GC-MS, por el cual se determina los compuestos volátiles que contiene el aceite esencial de huacatay, siendo el componente mayoritario 1-Adamantanol (44,42%), seguido de Pentanoic acid, 2-propenyl ester (24,74%), trans-.beta.-Ocimene (9,47%), ver tablas 5,6. En una investigación realizada, determinaron como componentes mayoritarios a (E) - $\beta$ ocimene (15,90%), L-verbenona (15%) y limoneno (8,02%). (Gakuubi, Wanzala, Wagacha, & Dossaji, 2016); en Irán, mediante la técnica de GC y GC / MS. encontró componentes principales como  $\alpha$ -terpineol (20,8%), (Z) - $\beta$ -ocimeno (17,7%), dihidrotagetona (13,7%), (E) -ocimenona (13,3%), (Z) -tagetona (8,4%) y (Z) -ocimenona (6,1%) para la misma especie (Moghaddam, Omidbiagi, & Sefidkon, 2006). Estudios indican que estas variaciones en la composición química de los aceites, se vería afectado por diferentes factores como las condiciones climáticas y edafológicas y estadio, formas de extracción ,partes de la planta entre otros (Preedy, 2016).

Mediante la técnica de HPLC, se obtuvo que 1-adamantanol se encuentra en un porcentaje promedio de 29,2% con un tiempo de retención de 29 minutos, además se muestra que el componente 1-adamantanol presente en el aceite esencial de *Tagetes minuta*, no varía representativamente de acuerdo a la localidad y/o provincia en la región Amazonas según tabla 7 y figura 3. La diferencia respecto a lo reportado por CG-MS de 44, 42% podría verse afectada por la técnica aplicada o también por la diferencia de tiempo de almacenamiento del aceite esencial ya que es un componente volátil.

## VII. CONCLUSIONES

- La distribución de las localidades donde crece sin dificultad *T. minuta*, en el marco geográfico de la región Amazonas, es en lugares que presentan climas templados, ligeramente húmedos, húmedos a cálidos, con un rango de altitud que va desde 1076 a 2901 msnm.
- El rendimiento del aceite esencial, presentó una diferencia significativa entre las localidades de procedencia de las muestras. este resultado varía debido a condiciones climáticas y edafológicas de cada lugar.
- De acuerdo a la evaluación de la capacidad antioxidante la localidad que reporta más actividad es Campo Redondo; a una altura de 1756 msnm con un clima Semi Húmedo y Semi Cálido. con IC50 de 0,670 g/ml; siendo mayor a la actividad antioxidante reportada por el patrón de control (vitamina C) con IC50 de 1.53293011g/ml.
- La composición química del aceite esencial se determinó mediante dos ensayos de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas, en el que se determinó 67 componentes, de los cuales mediante el ensayo Headspace Sampling se determinó 49 componentes volátiles, que contiene el aceite esencial de huacatay. Encontrándose como componentes principales a 1-Adamantanol (44,42%), pentanoic acid, 2-propenyl ester (24,74%) y trans-.beta.-Ocimene (9,47%).
- El componente mayoritario 1- adamantanol presente en *Tagetes minuta*, no varía significativamente por localidad y/o provincia, según lo reportado mediante la técnica de HPLC.
- Podemos definir al huacatay como una especie que despierta un mayor interes gracias a su composicion quimica, con tendencia positiva en la indrustria alimentaria debido a sus propiedades antioxidantes y antibacterianos que presentan sus componentes principales en especial trans-.beta.-Ocimene.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

- Estudiar las condiciones climáticas y edafológicas de las localidades con mejor rendimiento.
- Desarrollar técnicas de cultivo en las localidades con mayor rendimiento, para fortalecer el campo de investigación referente al aceite esencial de huacatay.
- Continuar con el estudio del aceite esencial de huacatay de la región amazónica, así mismo comparar los resultados que se obtengan, con muestras de diferentes regiones del Perú, a fin de evaluar la variabilidad de las propiedades físicas y químicas del aceite esencial de huacatay y su composición química.
- Fomentar las propiedades que presenta el aceite esencial de huacatay, para realizar otras investigaciones donde se haga uso de estos aceites como conservante, sobre todo en la parte agroalimentaria y medicinal.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baser, & Malyer. (1996). Essential Oil of *Tagetes minuta* L. 1. *J. Essent. Oil Res*, 337.
- Baser, K. H., & Buchbauer, G. (2010). *Handbook of essential oils: science, technology, and applications*. London, New York: CRC - Taylor & Francis Group.
- Boone, L. G. (2011). Evaluación de la actividad antimicrobiana y antioxidante de aceites esenciales de plantas usadas en medicina tradicional. *Tesis para optar el grado de maestría en química biomedica*. San Nicolas de los Garza, Mexico.
- Boukhatem, M. N., Amine, F. M., Kameli, A., Saidi, F., Walid, K., & Mohamed, S. B. (2014). Quality assessment of the essential oil from *Eucalyptus globulus* Labill of Blida (Algeria) origin . *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy*, 303-315 .
- Brand-Williams, W., & Berset, M. E. (2015). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity . *Lebensm.-Wiss. u.-Technol* (28), 25-30.
- Ceballos, M. A. (2012). Análisis de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de un aceite esencial de romero obtenido por medio de la destilación por arrastre de vapor. *Tesis para optar el Título de Ingeniero Químico*. Guatemala.
- Chauchat, J. C., Garry, R. p., Menut, C., Lamaty, G., Malhuret, R., & Chopineau, J. (1997). Correlación entre la composición química y la actividad antimicrobiana. VI. Actividad de algunos aceites esenciales africanos. *J. Essent. Oil Res*, 72.
- Gakuubi, M. M., Wanzala, W., Wagacha, J., & Dossaji, S. F. (2016). Bioactive properties of *Tagetes minuta* L. (Asteraceae) . *American Journal of Essential Oils and Natural Products* 2016; 4(2), 27-36.
- Guerra, L., Soto, L., Medina, Z., Ojeda, G., & Peña, J. (2014). Actividad antibacteriana del aceite esencial de (*Citrus sinensis*) var. Valencia frente a microorganismos gram. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*., 217.
- Gutiérrez, M. C. (2010). Investigación de los aceites esenciales, sus características y finalidad de uso - análisis del estado de su regulación en Chile y el mundo. *Tesis para optar al título Químico Farmacéutico*. Santiago, Chile.
- Huamán, F. T., Delgado, J. T., & Medrano, S. E. (2011). Calidad ecológica del agua del río Utcubamba en relación parámetros fisicoquímicos y biológicos Amazonas, Perú. *Sciendo* 14(1-2), 7-19.
- Ibáñez, A. A. (2009). Evaluación de propiedades fisicoquímicas de la oleorresina de cardamomo (*ellettaria cardamomum*, l. matton) obtenida a nivel laboratorio

- utilizando dos métodos de lixiviación a tres diferentes temperaturas. *Tesis para optar el Título de ingeniero químico*. Guatemala.
- Jaramillo, J. M., & Martínez, D. F. (2010). Estudio físico-químico y de estabilidad del aceite de nuez de macadamia *tetraphylla* cultivada en la región cafetera colombiana. *Tesis para optar el Título de tecnólogo en química*. Pereira, Colombia.
- Lila, H.-M., Madani, A. B., Said, K. B.-O., Zakia, R. P., & Boulekbache-Makhlouf, L. (s.f.).
- Luna, A. P., García, E. P., & López, M. (2009). Aceites Esenciales: Métodos de Extracción. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 3-1*, 24-32.
- Madouri, L. H., Boudria, A., Khodir, M., Zakia, B.-O. S., Rigou, P., Daniel, G., . . . Lila, B.-M. (2015). Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oil of *Eucalyptus globulus* from Algeria. *Industrial crops and products* v.78, 148-153.
- Mahdian, F., Mahboubi, M., Rahimi, E., & Shad, M. M. (2017). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Echinophora platyloba* essential oil. *Infectio* 21(3):, 176-181.
- Meshkatalasadat, M. H., Safaei, J., Moharramipour, S., & Nasser, M. (2010). Chemical characterization of volatile components of *Tagetes minuta* L. cultivated in south west of Iran by nano scale injection. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 101 -106.
- Mezza, G. N. (2015). Poder antioxidante de concentrados por destilación. *Tesis Doctoral*. Córdoba, Argentina.
- MIMDES. (Mayo de 2007). *Manual para la producción de plantas aromáticas y medicinales*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/79137370/Manual-para-la-produccion-de-hierbas-aromaticas>
- Moghaddam, M. F., Omidbiagi, R., & Sefidkon, F. (2006). Composición Química del Aceite Esencial de *Tagetes minuta* L. *J. Essent. Oil Res.*, 572.
- Moradalizadeh, M., Mehrabpanah, M., Salajeghe, M., & Nayebl, M. (2013). Componentes químicos de los aceites esenciales de las hojas, flores y semillas de *Tagetes minuta* L. POR GC / MS. *Revista Internacional de Investigación Biológica y Biomédica Avanzada*, 1124-1128 .

- Olivo, J. C. (2013). Evaluación de la actividad insecticida y/o repelente in vivo de extracto acuoso de artemisia absinthium y aceites esenciales de tagetes minuta y tagetes zipaquirensis sobre lasius niger. *Tesis para optar el Título de bioquímico farmacéutico*. Riobamba, Ecuador.
- Ordoñez, R. B. (2011). Actividad insecticida de los aceites esenciales de Tagetes minuta y Tagetes zipaquirensis sobre premnotrypes vorax. *Tesis para optar el título de Bioquímico Farmacéutico*. Riobamba, Ecuador.
- Ortiz, R. A. (2012). Determinación de la actividad antimicrobiana del extracto etanólico y subextractos etéreo y clorofórmico de durante triacanta juss, callistemon speciosus, y tagetes minuta l. *Tesis para optar el Título de bioquímico farmacéutico*. Riobamba, Ecuador.
- Preedy, V. R. (2016). *Aceites Esenciales en la Conservación, el Sabor y la Seguridad de los Alimentos*. Amsterdam:: Academic Press es una imprenta de Elsevier.
- Puentes, C. C., & Perez, J. D. (2012). Estudio Comparativo de dos metodos de extraccion para el aceite esencial presente en la cascara de pomelo (Citrus maxima). *Tesis para optar el Título de Ingeniero Químico*. Cartagena, Colombia.
- Quattrocchi, O., Andrizzi, S., & Laba, R. (1992). *Introduccion a la HPLC; aplicacion y practica*. ARGENTINA: Artes Graficas Farro.
- Rojas, J. P., Perea, A., & Stashenko, E. E. (2009). Obtencion de Aceites Esenciales y Pectinas, a Partir de Subproductos de Jugos Citricos. *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 110-115.
- Sagastume, D. D. (Mayo de 2008). Caracterización de aceites esenciales por cromatografía de gases de tres especies del género piper y evaluación de la actividad citotóxica. *Tesis, para optar el Título de química farmacéutica*. Guatemala.
- Santo, C. D. (15 de febrero de 2011). *Determinacion de la Actividad Insectisida y/o Antialimentaria del Aceite Esencial de Tzinsu Tagetes minuta en Drosophila melangolaster*. Obtenido de ESPOCH Escuela Superior Politecnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1579>
- Sauceda, E. N. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservacion de frutas y hortalizas. *Ra Ximhai*, 158.
- Shirazi, M. T., Gholami, H., Kavooosi, G., Rowshan, V., & Tafsiry, A. (2014). Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of Tagetes

- minuta and Ocimum basilicum essential oils. *Food Science & Nutrition* , 146-155.
- Solis, M. (2006). Determinacion de las propiedades fisicoquimicas del Limon (*Citrus limus*). *Tesis para optar el titulo de Ingeniero en Alimentos*. Ambato, Ecuador.
- Stashenko, E. (2009). *Aceites Esenciales* (Vol. 1). Bucaramanga -Santander: UIS. Obtenido de <http://cenivam.uis.edu.co/cenivam/proyectos/libros/>
- Stashenko, E. E., & Combariza, Y. (1998). Aceites esenciales : Técnicas de extracción y análisis. *UIS*, 32.
- Vaccaro, J. W. (1997). *Plantas Medicinales Nativas del Peru II* (CONCYTEC -Oficina de apoyo al investigador ed.). Lima, Peru.
- Veronica, R. A. (2014). Determinacion de la composicion quimica, propiedades fisicas y evaluacion de la actividad biologica y antioxidante del aceite esencial de *Sarcorrhachis sydowii* Trel. de la provincia de Zamora Chinchipe. *Trabajo de Titulacion*. Loja, Ecuador.

# **X. ANEXOS**

## ANEXO 1.

### 1.1. Obtención y caracterización del aceite esencial de *T. minuta*

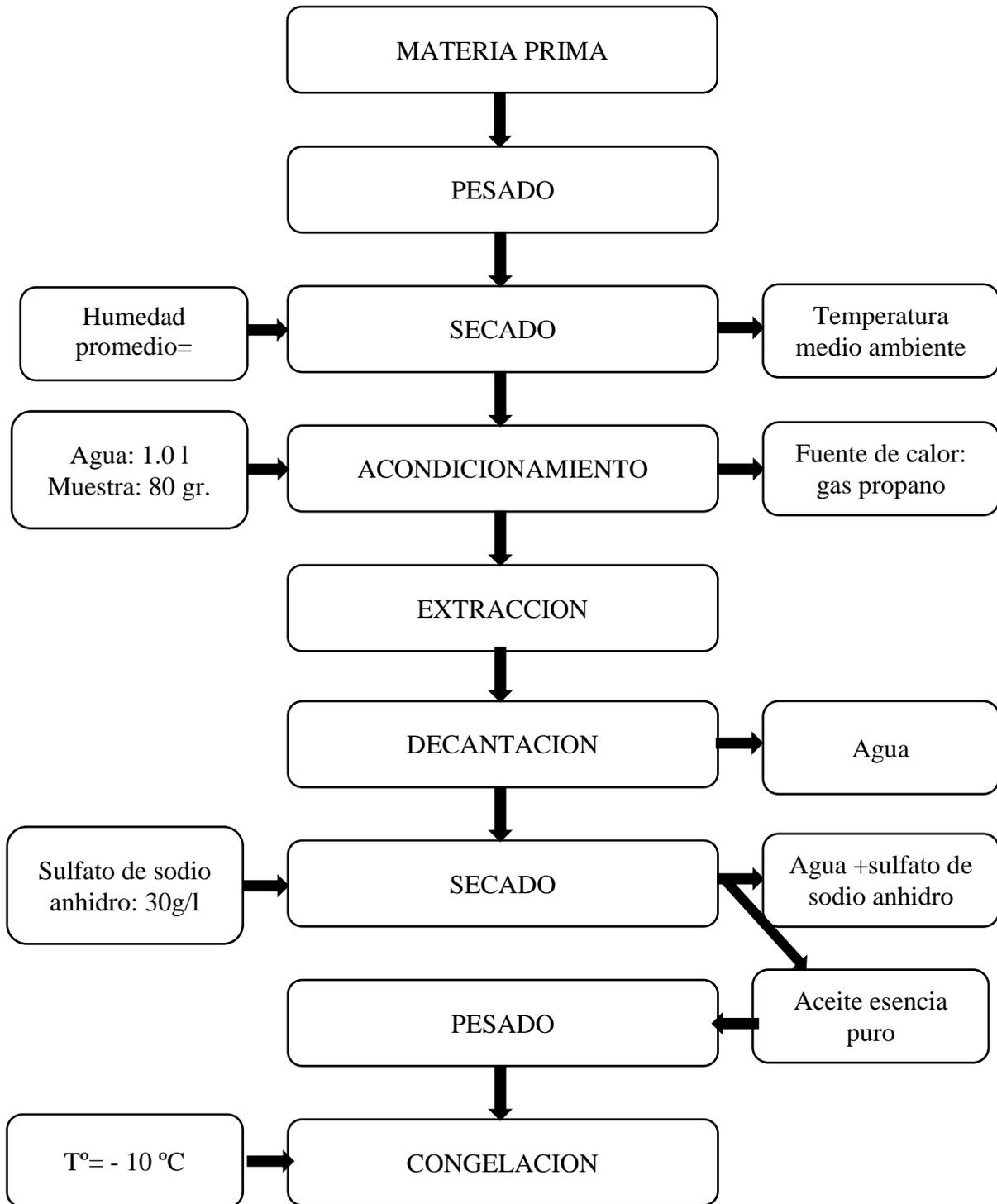


Figura 4. Diagrama de Flujo para la obtención de aceite esencial de *T. minuta*.

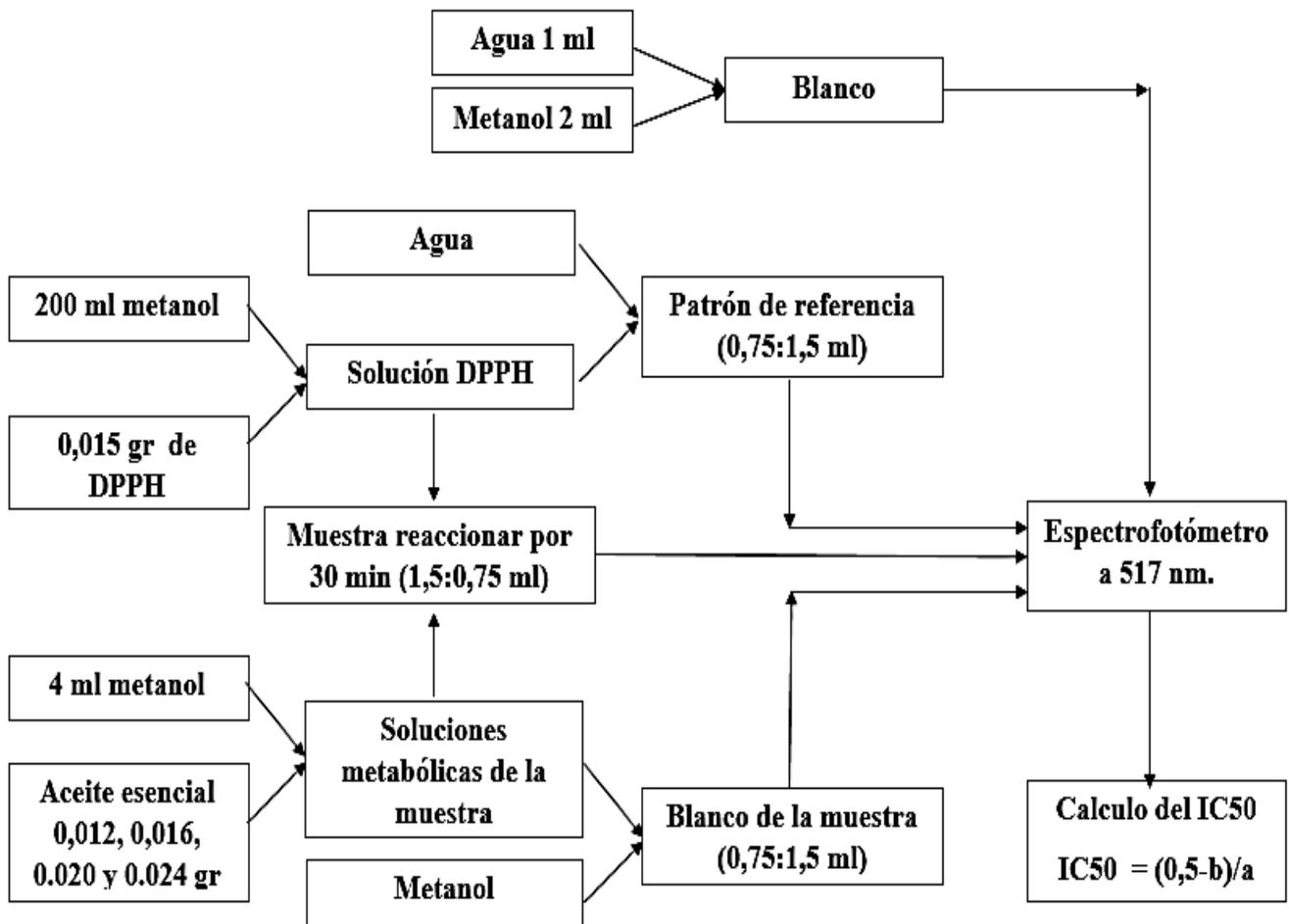


Figura 5. Diagrama de flujo para la determinación de la actividad antioxidante con el método de DPPH

Tabla 8: Georreferenciación de las localidades estudiadas en la región Amazonas.

ESTE	NORTE	ALTITUD	CLIMA	LUGAR
120996	9352072	1433	Semi Húmedo y Semi Cálido	Toromocho-Uctubamba
120007	9350832	1687	Semi Húmedo y Semi Cálido	Vista hermosa-Uctubamba
124150	9347368	1978	Húmedo y Templado Cálido	Nuevo Oriente-Utcubamba
118029	9345662	2373	Húmedo y Templado Cálido	Alto Peru-Utcubamba
113134	9334125	1076	Semi Húmedo y Semi Cálido	Palto Utcubamba
176136	9365273	1852	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	Yambrasbamba-Bongara
178916	9361080	1725	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	Balsapata-Bongara
172189	9345029	1409	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	Suyubamba-Bongara
128199	9315269	1633	Semi Húmedo y Semi Cálido	Guadalupe-Luya
131691	9314773	1864	Semi Húmedo y Semi Cálido	Cococho-Luya
132494	9311778	1756	Semi Húmedo y Semi Cálido	Campo Redondo- Luya
141297	9308531	1686	Semi Húmedo y Semi Cálido	Ocally-Luya
154786	9301417	1909	Húmedo y Templado Cálido	Chuquimal-Luya
157008	9291142	2145	Húmedo y Templado Cálido	Pisuquia-Luya
171539	9290045	2826	Húmedo y Templado Cálido	Longuita-Luya
171438	9302493	2304	Húmedo y Templado Cálido	Colcamar-Luya
170983	9302685	2015	Húmedo y Templado Cálido	Nuevo Tingo-Luya
172799	9310089	2329	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	Lonya Chico-Luya
174032	9317708	2901	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	Luya Viejo-Luya
190052	9256631	2303	Húmedo y Templado Cálido	Dos de Mayo-Chachapoyas
189440	9270149	2226	Húmedo y Templado Cálido	Montevideo-Chachapoyas
188511	9274512	2807	Húmedo y Templado Cálido	La Jalca-Chachapoyas
179217	9294642	1911	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	Magdalena-Chachapoyas
179472	9301860	2617	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	Levanto-Chachapoyas
186574	9308015	2638	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	Taquia-Chachapoyas
204487	9312900	2446	Muy Húmedo y Templado Cálido	Molinopampa-Chachapoyas
199934	9332470	2814	Ligeramente Húmedo y Templado Cálido	Asunción de Goncha-Chachapoyas
228758	9290531	1964	Semi Húmedo y Semi Cálido	Nueva Esperanza-Chachapoyas
223690	9281189	1657	Semi Húmedo y Semi Cálido	Limabamba-Chachapoyas
234995	9284288	1383	Semi Húmedo y Semi Cálido	Omia-Chachapoyas

Tabla 9: Datos de recolección y evaluación física del aceite esencial de *T. minuta* de la región Amazonas

Especie	Lugar de Procedencia	Altitud	Este	Norte	Mes de recolección	R (p/p)	GE gm/ml	IR
Tagetes Minuta	Luya Viejo	2901	18M 0174032	UTM 9317708	Enero	1,1250	0,7448	1,4875
Tagetes Minuta	Luya Viejo	2901	18M 0174032	UTM 9317708	Enero	1,0000	0,9193	1,4879
Tagetes Minuta	Luya Viejo	2901	18M 0174032	UTM 9317708	Enero	1,2500	0,9522	1,488
Tagetes Minuta	Luya Viejo	2901	18M 0174032	UTM 9317708	Enero	....	0,9770	1,4881
Tagetes Minuta	Palto	1076	17M 0777484	UTM 9334726	Enero	1,2500	0,9801	1,4853
Tagetes Minuta	Palto	1076	17M 0777484	UTM 9334726	Enero	1,0000	0,9926	1,4853
Tagetes Minuta	Palto	1076	17M 0777484	UTM 9334726	Enero	1,2500	0,9646	1,485
Tagetes Minuta	Palto	1076	17M 0777484	UTM 9334726	Enero	....	0,8906	1,4853
Tagetes Minuta	Suyubamba	1409	18M 0172189	UTM 9345029	Enero	1,6250	0,8654	1,4812
Tagetes Minuta	Suyubamba	1409	18M 0172189	UTM 9345029	Enero	1,6250	0,8665	1,4811
Tagetes Minuta	Suyubamba	1409	18M 0172189	UTM 9345029	Enero	1,2500	0,8287	1,481
Tagetes Minuta	Suyubamba	1409	18M 0172189	UTM 9345029	Enero	....	0,8748	1,4809
Tagetes Minuta	Yambrasbamba	1852	18M 0176136	UTM 9365273	Enero	1,5000	0,9311	1,4886
Tagetes Minuta	Yambrasbamba	1852	18M 0176136	UTM 9365273	Enero	1,5000	0,8682	1,4886
Tagetes Minuta	Yambrasbamba	1852	18M 0176136	UTM 9365273	Enero	1,5000	0,9041	1,4886
Tagetes Minuta	Yambrasbamba	1852	18M 0176136	UTM 9365273	Enero	....	0,9316	1,4884
Tagetes Minuta	Pisuquia	2145	17M 0820845	UTM 9291271	Enero	1,1250	0,9015	1,4844
Tagetes Minuta	Pisuquia	2145	17M 0820845	UTM 9291271	Enero	0,8750	0,8926	1,4855
Tagetes Minuta	Pisuquia	2145	17M 0820845	UTM 9291271	Enero	1,2500	0,9843	1,4854
Tagetes Minuta	Pisuquia	2145	17M 0820845	UTM 9291271	Enero	....	0,9552	1,4854
Tagetes Minuta	Molinopampa	2446	18M 0204487	UTM 9312900	Enero	1,3750	0,9812	1,4856
Tagetes Minuta	Molinopampa	2446	18M 0204487	UTM 9312900	Enero	1,6250	0,9368	1,4859
Tagetes Minuta	Molinopampa	2446	18M 0204487	UTM 9312900	Enero	1,3750	0,7860	1,4855

Tagetes Minuta	Molinopampa	2446	18M 0204487	UTM 9312900	Enero	....	0,8306	1,4855
Tagetes Minuta	Taquia	2638	18M 0186574	UTM 9308015	Enero	1,0000	0,8716	1,4835
Tagetes Minuta	Taquia	2638	18M 0186574	UTM 9308015	Enero	1,2500	0,8778	1,4833
Tagetes Minuta	Taquia	2638	18M 0186574	UTM 9308015	Enero	0,8750	0,8323	1,483
Tagetes Minuta	Taquia	2638	18M 0186574	UTM 9308015	Enero	....	0,7512	1,483
Tagetes Minuta	Nuevo Tingo	2015	18M 0170983	UTM 9302685	Enero	0,8750	0,9467	1,4814
Tagetes Minuta	Nuevo Tingo	2015	18M 0170983	UTM 9302685	Enero	1,2500	0,9537	1,482
Tagetes Minuta	Nuevo Tingo	2015	18M 0170983	UTM 9302685	Enero	0,7500	0,8652	1,4824
Tagetes Minuta	Nuevo Tingo	2015	18M 0170983	UTM 9302685	Enero	....	0,8803	1,4822
Tagetes Minuta	Omia	1383	18M 0234995	UTM 9284288	Enero	0,8750	0,9060	1,4839
Tagetes Minuta	Omia	1383	18M 0234995	UTM 9284288	Enero	0,8750	0,9947	1,4836
Tagetes Minuta	Omia	1383	18M 0234995	UTM 9284288	Enero	0,8750	0,9631	1,4838
Tagetes Minuta	Omia	1383	18M 0234995	UTM 9284288	Enero	....	0,8831	1,4839
Tagetes Minuta	Longuita	2826	18M 0171539	UTM 9290045	Enero	1,0000	0,8911	1,4847
Tagetes Minuta	Longuita	2826	18M 0171539	UTM 9290045	Enero	0,7500	0,9685	1,4847
Tagetes Minuta	Longuita	2826	18M 0171539	UTM 9290045	Enero	1,1250	0,9136	1,485
Tagetes Minuta	Longuita	2826	18M 0171539	UTM 9290045	Enero	....	0,9023	1,485
Tagetes Minuta	Nueva Esperanza	1964	18M 0228758	UTM 9290531	Enero	1,0000	0,9879	1,4846
Tagetes Minuta	Nueva Esperanza	1964	18M 0228758	UTM 9290531	Enero	1,2500	0,9923	1,484
Tagetes Minuta	Nueva Esperanza	1964	18M 0228758	UTM 9290531	Enero	0,7500	0,9914	1,4846
Tagetes Minuta	Nueva Esperanza	1964	18M 0228758	UTM 9290531	Enero	....	0,9958	1,4836
Tagetes Minuta	Limabamba	1657	18M 0223690	UTM 9281189	Enero	1,0000	0,9683	1,4819
Tagetes Minuta	Limabamba	1657	18M 0223690	UTM 9281189	Enero	0,7500	0,9055	1,4819
Tagetes Minuta	Limabamba	1657	18M 0223690	UTM 9281189	Enero	0,7500	0,9315	1,4816
Tagetes Minuta	Limabamba	1657	18M 0223690	UTM 9281189	Enero	....	0,8474	1,482
Tagetes Minuta	Levanto	2617	18M 0179472	UTM 9301860	Enero	0,7500	0,9881	1,4823

Tagetes Minuta	Levanto	2617	18M 0179472	UTM 9301860	Enero	1,2500	0,9416	1,482
Tagetes Minuta	Levanto	2617	18M 0179472	UTM 9301860	Enero	1,0000	0,8568	1,4822
Tagetes Minuta	Levanto	2617	18M 0179472	UTM 9301860	Enero	....	0,9453	1,4817
Tagetes Minuta	La Jalca	2807	18M 0188511	UTM 9274512	Enero	1,2500	0,8874	1,4833
Tagetes Minuta	La Jalca	2807	18M 0188511	UTM 9274512	Enero	0,8750	0,8526	1,4831
Tagetes Minuta	La Jalca	2807	18M 0188511	UTM 9274512	Enero	0,8750	0,8727	1,483
Tagetes Minuta	La Jalca	2807	18M 0188511	UTM 9274512	Enero	....	0,9004	1,4828
Tagetes Minuta	Dos de Mayo	2303	18M 0190052	UTM 9256631	Enero	1,0000	0,9133	1,4858
Tagetes Minuta	Dos de Mayo	2303	18M 0190052	UTM 9256631	Enero	0,8750	0,8385	1,4856
Tagetes Minuta	Dos de Mayo	2303	18M 0190052	UTM 9256631	Enero	1,0000	0,8094	1,4856
Tagetes Minuta	Dos de Mayo	2303	18M 0190052	UTM 9256631	Enero	....	0,8249	1,4854
Tagetes Minuta	Montevideo	2226	18M 0189440	UTM 9270149	Enero	1,2500	0,9639	1,4855
Tagetes Minuta	Montevideo	2226	18M 0189440	UTM 9270149	Enero	0,8750	0,8729	1,4855
Tagetes Minuta	Montevideo	2226	18M 0189440	UTM 9270149	Enero	1,1250	0,9155	1,4856
Tagetes Minuta	Montevideo	2226	18M 0189440	UTM 9270149	Enero	....	0,8755	1,4853
Tagetes Minuta	Magdalena	1911	18M 0179217	UTM 9294642	Enero	1,1250	0,9952	1,4856
Tagetes Minuta	Magdalena	1911	18M 0179217	UTM 9294642	Enero	0,8750	0,9840	1,4856
Tagetes Minuta	Magdalena	1911	18M 0179217	UTM 9294642	Enero	1,0000	0,9810	1,4854
Tagetes Minuta	Magdalena	1911	18M 0179217	UTM 9294642	Enero	....	0,9762	1,4854
Tagetes Minuta	Colcamar	2304	18M 0171438	UTM 9302493	Enero	1,0000	0,9718	1,4856
Tagetes Minuta	Colcamar	2304	18M 0171438	UTM 9302493	Enero	0,7500	0,9059	1,4859
Tagetes Minuta	Colcamar	2304	18M 0171438	UTM 9302493	Enero	0,8750	0,9350	1,4855
Tagetes Minuta	Colcamar	2304	18M 0171438	UTM 9302493	Enero	....	0,9218	1,4859
Tagetes Minuta	Asunción de Goncha	2814	18M 0199934	UTM 9332470	Enero	1,1250	0,9882	1,486
Tagetes Minuta	Asunción de Goncha	2814	18M 0199934	UTM 9332470	Enero	1,0000	0,9914	1,4858
Tagetes Minuta	Asunción de Goncha	2814	18M 0199934	UTM 9332470	Enero	1,2500	0,9627	1,4869

Tagetes Minuta	Asunción de Goncha	2814	18M 0199934	UTM 9332470	Enero	....	0,8729	1,4855
Tagetes Minuta	Balsapata	1725	18M 0178916	UTM 9361080	Febrero	1,2500	0,7398	1,485
Tagetes Minuta	Balsapata	1725	18M 0178916	UTM 9361080	Febrero	1,1250	0,8622	1,4851
Tagetes Minuta	Balsapata	1725	18M 0178916	UTM 9361080	Febrero	1,3750	0,9006	1,4854
Tagetes Minuta	Balsapata	1725	18M 0178916	UTM 9361080	Febrero	....	0,9035	1,4854
Tagetes Minuta	Vista Hermosa	1687	17M 0784532	UTM 9351343	Febrero	1,2500	0,9171	1,4855
Tagetes Minuta	Vista Hermosa	1687	17M 0784532	UTM 9351343	Febrero	1,0000	0,9704	1,4855
Tagetes Minuta	Vista Hermosa	1687	17M 0784532	UTM 9351343	Febrero	1,2500	0,7697	1,485
Tagetes Minuta	Vista Hermosa	1687	17M 0784532	UTM 9351343	Febrero	....	0,7937	1,4852
Tagetes Minuta	Tomocho	1433	17M 0785534	UTM 9352571	Febrero	1,0000	0,9672	1,485
Tagetes Minuta	Tomocho	1433	17M 0785534	UTM 9352571	Febrero	1,5000	0,8836	1,4847
Tagetes Minuta	Tomocho	1433	17M 0785534	UTM 9352571	Febrero	1,2500	0,8638	1,4849
Tagetes Minuta	Tomocho	1433	17M 0785534	UTM 9352571	Febrero	....	0,9866	1,4851
Tagetes Minuta	Alto Perú	2373	17M 0782500	UTM 9346199	Febrero	1,3750	0,9428	1,4847
Tagetes Minuta	Alto Perú	2373	17M 0782500	UTM 9346199	Febrero	1,5000	0,9796	1,4849
Tagetes Minuta	Alto Perú	2373	17M 0782500	UTM 9346199	Febrero	1,2500	0,8735	1,485
Tagetes Minuta	Alto Perú	2373	17M 0782500	UTM 9346199	Febrero	....	0,9156	1,485
Tagetes Minuta	Nuevo Oriente	1978	17M 0788635	UTM 9347837	Febrero	1,2500	0,9112	1,4885
Tagetes Minuta	Nuevo Oriente	1978	17M 0788635	UTM 9347837	Febrero	1,3750	0,9147	1,4885
Tagetes Minuta	Nuevo Oriente	1978	17M 0788635	UTM 9347837	Febrero	1,3750	0,9160	1,4886
Tagetes Minuta	Nuevo Oriente	1978	17M 0788635	UTM 9347837	Febrero	....	0,9011	1,4884
Tagetes Minuta	Lonya Chico	2329	18M 0172799	UTM 9310089	Febrero	1,0000	0,9394	1,4854
Tagetes Minuta	Lonya Chico	2329	18M 0172799	UTM 9310089	Febrero	1,2500	0,9828	1,485
Tagetes Minuta	Lonya Chico	2329	18M 0172799	UTM 9310089	Febrero	1,1250	0,9858	1,4851
Tagetes Minuta	Lonya Chico	2329	18M 0172799	UTM 9310089	Febrero	....	0,9936	1,485
Tagetes Minuta	Chuquimal	1909	17M 0818743	UTM 9301569	Febrero	1,3750	0,9943	1,4849

Tagetes Minuta	Chuquimal	1909	17M 0818743	UTM 9301569	Febrero	1,2500	0,9611	1,4857
Tagetes Minuta	Chuquimal	1909	17M 0818743	UTM 9301569	Febrero	1,3750	0,8570	1,4856
Tagetes Minuta	Chuquimal	1909	17M 0818743	UTM 9301569	Febrero	....	0,9850	1,4855
Tagetes Minuta	Ocally	1686	17M 0805341	UTM 9308835	Febrero	1,5000	0,9955	1,4854
Tagetes Minuta	Ocally	1686	17M 0805341	UTM 9308835	Febrero	1,3750	0,9269	1,4854
Tagetes Minuta	Ocally	1686	17M 0805341	UTM 9308835	Febrero	1,3750	0,9371	1,4852
Tagetes Minuta	Ocally	1686	17M 0805341	UTM 9308835	Febrero	....	0,9216	1,4845
Tagetes Minuta	Campo Redondo	1756	17M 0796580	UTM 9312180	Febrero	1,0000	0,9440	1,4849
Tagetes Minuta	Campo Redondo	1756	17M 0796580	UTM 9312180	Febrero	1,5000	0,9359	1,4851
Tagetes Minuta	Campo Redondo	1756	17M 0796580	UTM 9312180	Febrero	1,7500	0,9831	1,4847
Tagetes Minuta	Campo Redondo	1756	17M 0796580	UTM 9312180	Febrero	....	0,9109	1,4849
Tagetes Minuta	Cococho	1864	17M 0795811	UTM 9315183	Febrero	1,3750	0,9861	1,4854
Tagetes Minuta	Cococho	1864	17M 0795811	UTM 9315183	Febrero	1,2500	0,9450	1,4851
Tagetes Minuta	Cococho	1864	17M 0795811	UTM 9315183	Febrero	1,3750	0,9155	1,485
Tagetes Minuta	Cococho	1864	17M 0795811	UTM 9315183	Febrero	....	0,9533	1,485
Tagetes Minuta	Guadalupe	1633	17M 0792327	UTM 9315718	Febrero	1,0000	0,8962	1,4864
Tagetes Minuta	Guadalupe	1633	17M 0792327	UTM 9315718	Febrero	1,2500	0,8636	1,486
Tagetes Minuta	Guadalupe	1633	17M 0792327	UTM 9315718	Febrero	1,3750	0,9897	1,4862
Tagetes Minuta	Guadalupe	1633	17M 0792327	UTM 9315718	Febrero	....	0,9381	1,4861

Tabla 10. Análisis de varianza para el rendimiento del aceite esencial

**ANOVA**

Rendimiento, v/w

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3,390	29	,117	3,914	,000
Within Groups	1,792	60	,030		
Total	5,181	89			

Tabla 11. Subconjuntos homogéneos para rendimiento

**Rendimiento, (p/p)**

Tukey HSD<sup>a</sup>

Lugar de procedencia	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Limabamba	3	,833333		
Omia	3	,875000	,875000	
Colcamar	3	,875000	,875000	
Nuevo Tingo	3	,958333	,958333	,958333
Longuita	3	,958333	,958333	,958333
Dos de Mayo	3	,958333	,958333	,958333
Nueva Esperanza	3	1,000000	1,000000	1,000000
Levanto	3	1,000000	1,000000	1,000000
La Jalca	3	1,000000	1,000000	1,000000
Magdalena	3	1,000000	1,000000	1,000000
Taquia	3	1,041667	1,041667	1,041667
Pisquía	3	1,083333	1,083333	1,083333
Montevideo	3	1,083333	1,083333	1,083333
Luya Viejo	3	1,125000	1,125000	1,125000
Asunción de Goncha	3	1,125000	1,125000	1,125000
Lonya Chico	3	1,125000	1,125000	1,125000
Palto	3	1,166667	1,166667	1,166667
Vista Hermosa	3	1,166667	1,166667	1,166667
Guadalupe	3	1,208333	1,208333	1,208333
Balsapata	3	1,250000	1,250000	1,250000
Tomocho	3	1,250000	1,250000	1,250000
Nuevo Oriente	3	1,333333	1,333333	1,333333
Chuquimal	3	1,333333	1,333333	1,333333
Cococho	3	1,333333	1,333333	1,333333

Alto Perú	3	1,375000	1,375000	1,375000
Ocally	3		1,416667	1,416667
Campo Redondo	3		1,416667	1,416667
Molinopampa	3			1,458333
Suyubamba	3			1,500000
Yambrasbamba	3			1,500000
Sig.		,065	,065	,065

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Tabla 12. Análisis de varianza para gravedad específica del aceite esencial

**ANOVA**

Gravedad específica

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,189	29	,007	2,471	,001
Within Groups	,238	90	,003		
Total	,427	119			

Tabla 13. Subconjuntos homogéneos para gravedad específica

**Gravedad específica**

Tukey HSD<sup>a</sup>

Lugar de procedencia	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Taquia	4	,833216		
Dos de Mayo	4	,846539	,846539	
Balsapata	4	,851552	,851552	,851552
Suyubamba	4	,858842	,858842	,858842
Vista Hermosa	4	,862716	,862716	,862716
La Jalca	4	,878284	,878284	,878284
Molinopampa	4	,883650	,883650	,883650
Luya Viejo	4	,898315	,898315	,898315
Montevideo	4	,906945	,906945	,906945
Yambrasbamba	4	,908765	,908765	,908765
Nuevo Oriente	4	,910739	,910739	,910739
Nuevo Tingo	4	,911472	,911472	,911472
Limabamba	4	,913177	,913177	,913177
Longuita	4	,918893	,918893	,918893
Guadalupe	4	,921889	,921889	,921889
Tomochoco	4	,925323	,925323	,925323
Alto Perú	4	,927890	,927890	,927890
Levanto	4	,932963	,932963	,932963
Pisuquia	4	,933385	,933385	,933385
Colcamar	4	,933635	,933635	,933635
Omia	4	,936705	,936705	,936705
Campo Redondo	4	,943499	,943499	,943499
Ocally	4	,945283	,945283	,945283
Chuquimal	4	,949364	,949364	,949364
Cococho	4	,949979	,949979	,949979
Asunción de Goncha	4	,953801	,953801	,953801

Palto	4	,956976	,956976	,956976
Lonya Chico	4		,975425	,975425
Magdalena	4		,984114	,984114
Nueva Esperanza	4			,991858
Sig.		,175	,064	,052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

Tabla 14. Análisis de varianza para índice de refracción del aceite esencial

**ANOVA**

Índice de refracción

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,000	29	,000	172,223	,000
Within Groups	,000	90	,000		
Total	,000	119			

Tabla 15. Subconjuntos homogéneos para índice de refracción

Índice de refracción

Tukey HSD<sup>a</sup>

Lugar de procedencia	N	Subset for alpha = 0.05											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Suyubamba	4	1,481050											
Limabamba	4		1,481850										
Nuevo Tingo	4		1,482000										
Levanto	4		1,482050										
La Jalca	4			1,483050									
Taquia	4			1,483200	1,483200								
Omia	4				1,483800	1,483800							
Nueva Esperanza	4					1,484200	1,484200						
Longuita	4						1,484850	1,484850					
Alto Perú	4						1,484900	1,484900	1,484900				
Campo Redondo	4						1,484900	1,484900	1,484900				
Tomocho	4						1,484925	1,484925	1,484925				
Ocally	4							1,485125	1,485125	1,485125			
Lonya Chico	4							1,485125	1,485125	1,485125			
Cococho	4							1,485125	1,485125	1,485125			
Pisuquia	4							1,485175	1,485175	1,485175			
Palto	4							1,485225	1,485225	1,485225			
Balsapata	4							1,485225	1,485225	1,485225			
Vista Hermosa	4							1,485300	1,485300	1,485300			
Chuquimal	4							1,485425	1,485425	1,485425	1,485425		
Montevideo	4							1,485475	1,485475	1,485475	1,485475	1,485475	

Magdalena	4							1,485500	1,485500	1,485500	1,485500	1,485500	
Dos de Mayo	4								1,485600	1,485600	1,485600	1,485600	
Molinopampa	4								1,485625	1,485625	1,485625	1,485625	
Colcamar	4									1,485725	1,485725	1,485725	
Asunción de Goncha	4										1,486050	1,486050	
Guadalupe	4											1,486175	
Luya Viejo	4												1,487875
Nuevo Oriente	4												1,488500
Yambrasbamba	4												1,488550
Sig.		1,000	1,000	1,000	,300	,949	,059	,168	,059	,300	,227	,085	,121

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

## ANEXO 2.

Tabla 16: Datos para la evaluación de la actividad antioxidante de *T. minuta*

LUGAR	CONCENTRACIÓN	PATRÓN	ABSORBANCIA MUESTRA			BLANCO DE MUESTRA		% INHIBICIÓN	IC50 mg/ml
			R1	R2	R3	B1	B2		
Campo Redondo	300	1,326	0,722	0,958	0,837	0,032	0,300	49,25%	0,670
	400	1,326	0,774	0,705	0,784	0,022	0,021	44,73%	
	500	1,306	0,693	0,741	0,631	0,701	0,620	97,87%	
	600	1,462	0,702	0,796	0,686	0,012	0,014	51,09%	
Chuquimal	300	1,326	0,771	0,771	0,775	0,017	0,026	43,38%	2,739
	400	1,302	0,745	0,734	0,712	0,023	0,024	45,71%	
	500	1,306	0,781	0,789	0,771	0,081	0,085	46,61%	
	600	1,462	0,601	0,619	0,593	0,013	0,014	59,59%	
Molino Pampa	300	1,326	0,930	0,776	0,975	0,011	0,042	34,60%	2,025
	400	1,302	0,791	0,793	0,739	0,033	0,047	43,60%	
	500	1,306	0,743	0,747	0,787	0,978	0,086	82,62%	
	600	1,462	0,549	0,601	0,546	0,020	0,012	62,43%	
Suyusbamba	300	1,326	0,740	0,746	0,737	0,023	0,022	45,81%	1,953
	400	1,302	0,799	0,667	0,789	0,043	0,038	45,38%	
	500	1,306	0,701	0,653	0,675	0,191	0,087	58,86%	
	600	1,462	0,470	0,579	0,698	0,090	0,092	66,39%	
Palto	300	1,326	0,893	0,920	0,996	0,027	0,043	32,03%	3,449
	400	1,302	0,834	0,638	0,873	0,038	0,043	43,07%	
	500	1,306	0,876	0,789	0,879	0,056	0,043	38,86%	
	600	1,462	0,693	0,541	0,655	0,011	0,021	58,03%	
Pisuquia	300	1,326	0,808	0,781	0,771	0,028	0,031	42,90%	3,116
	400	1,302	0,711	0,707	0,622	0,036	0,033	50,42%	
	500	1,306	0,766	0,777	0,811	0,010	0,022	41,14%	
	600	1,462	0,611	0,644	0,662	0,017	0,010	57,22%	
La Jalca	300	1,326	0,947	0,835	0,855	0,012	0,011	34,58%	2,966
	400	1,302	0,843	0,887	0,899	0,031	0,030	35,04%	
	500	1,306	0,711	0,751	0,801	0,087	0,066	48,10%	
	600	1,462	0,544	0,512	0,592	0,019	0,016	63,62%	
Tomocho	300	1,326	0,830	0,837	0,817	0,041	0,025	40,05%	2,393
	400	1,302	0,787	0,834	0,897	0,023	0,012	36,88%	
	500	1,306	0,069	0,765	0,789	0,078	0,066	64,09%	
	600	1,462	0,601	0,546	0,534	0,022	0,020	63,11%	
Colcamar	300	1,326	0,823	0,798	0,912	0,013	0,021	37,61%	2,803
	400	1,302	0,786	0,867	0,834	0,022	0,030	38,33%	
	500	1,306	0,687	0,612	0,733	0,015	0,021	49,52%	
	600	1,462	0,546	0,564	0,512	0,009	0,010	63,67%	
Monte Video	300	1,326	0,845	0,945	0,876	0,014	0,020	34,26%	2,342
	400	1,302	0,765	0,887	0,791	0,023	0,030	39,49%	

	500	1,306	0,078	0,611	0,686	0,046	0,060	68,97%	
	600	1,462	0,488	0,543	0,554	0,010	0,021	64,92%	
Levanto	300	1,326	0,765	0,856	0,867	0,012	0,011	38,32%	2,630
	400	1,302	0,783	0,811	0,754	0,023	0,033	42,04%	
	500	1,306	0,698	0,781	0,732	0,036	0,031	46,13%	
	600	1,462	0,523	0,401	0,505	0,020	0,012	68,51%	
Nuevo Oriente	300	1,326	0,912	0,856	0,845	0,015	0,013	35,37%	2,754
	400	1,302	0,736	0,856	0,711	0,032	0,020	43,04%	
	500	1,306	0,633	0,767	0,802	0,013	0,022	45,14%	
	600	1,462	0,433	0,502	0,574	0,011	0,020	66,66%	
Alto Perú	300	1,326	0,879	0,823	0,853	0,017	0,021	37,20%	2,640
	400	1,302	0,856	0,685	0,722	0,043	0,022	44,56%	
	500	1,306	0,658	0,721	0,822	0,014	0,016	44,97%	
	600	1,462	0,461	0,539	0,434	0,011	0,010	68,02%	
Balsapata	300	1,326	0,876	0,922	0,767	0,024	0,014	36,95%	2,668
	400	1,302	0,879	0,734	0,798	0,032	0,030	40,66%	
	500	1,306	0,722	0,704	0,611	0,014	0,028	49,62%	
	600	1,462	0,405	0,545	0,581	0,011	0,023	66,26%	
Dos de Mayo	300	1,326	0,879	0,763	0,812	0,013	0,041	40,35%	2,406
	400	1,302	0,745	0,732	0,821	0,021	0,025	42,93%	
	500	1,306	0,576	0,634	0,621	0,016	0,020	54,65%	
	600	1,462	0,475	0,583	0,512	0,021	0,011	65,30%	
Ocalli	300	1,326	0,856	0,786	0,897	0,012	0,024	37,53%	2,539
	400	1,302	0,875	0,798	0,745	0,023	0,031	40,17%	
	500	1,306	0,645	0,568	0,657	0,020	0,010	53,42%	
	600	1,462	0,523	0,435	0,578	0,032	0,034	67,24%	
Cococho	300	1,326	0,867	0,756	0,871	0,012	0,022	38,59%	2,451
	400	1,302	0,769	0,856	0,712	0,012	0,020	41,40%	
	500	1,306	0,675	0,602	0,611	0,064	0,040	55,79%	
	600	1,462	0,509	0,534	0,512	0,024	0,022	66,12%	
Lonya Chico	300	1,326	0,923	0,869	0,734	0,011	0,031	38,08%	2,699
	400	1,302	0,856	0,768	0,845	0,022	0,012	38,10%	
	500	1,306	0,634	0,685	0,598	0,023	0,011	52,37%	
	600	1,462	0,534	0,576	0,531	0,032	0,012	64,09%	
Taquia	300	1,326	0,845	0,734	0,932	0,023	0,014	38,27%	2,566
	400	1,302	0,876	0,786	0,723	0,022	0,021	40,59%	
	500	1,306	0,643	0,631	0,612	0,037	0,020	54,05%	
	600	1,462	0,511	0,546	0,535	0,011	0,017	64,66%	
Longita	300	1,326	0,879	0,845	0,834	0,022	0,042	38,11%	2,372
	400	1,302	0,734	0,712	0,789	0,022	0,030	44,78%	
	500	1,306	0,671	0,536	0,692	0,010	0,021	52,72%	
	600	1,462	0,543	0,422	0,498	0,046	0,040	69,59%	
Guadalupe	300	1,326	0,934	0,954	0,978	0,047	0,052	31,69%	2,739
	400	1,302	0,745	0,867	0,654	0,017	0,012	43,10%	

	500	1,306	0,634	0,679	0,612	0,021	0,030	52,82%	
	600	1,462	0,533	0,562	0,575	0,010	0,009	62,57%	
Luya Viejo	300	1,326	0,897	0,943	0,934	0,021	0,034	32,34%	2,572
	400	1,302	0,722	0,834	0,756	0,023	0,012	42,15%	
	500	1,306	0,645	0,622	0,649	0,033	0,040	53,89%	
	600	1,462	0,423	0,534	0,569	0,044	0,042	68,15%	
Vista Hermosa	300	1,326	0,969	0,865	0,838	0,050	0,067	37,24%	2,896
	400	1,302	0,742	0,812	0,776	0,020	0,012	41,58%	
	500	1,306	0,729	0,611	0,728	0,020	0,016	48,60%	
	600	1,462	0,556	0,682	0,555	0,014	0,024	60,42%	
Magdalena	300	1,326	0,847	0,865	0,810	0,056	0,046	40,45%	1,398
	400	1,302	0,745	0,789	0,793	0,756	0,035	70,80%	
	500	1,306	0,598	0,634	0,687	0,043	0,040	54,20%	
	600	1,462	0,596	0,645	0,793	0,756	0,054	81,33%	
Asunción de Goncha	300	1,326	0,877	0,798	0,968	0,056	0,054	37,71%	2,933
	400	1,302	0,824	0,834	0,731	0,013	0,011	39,76%	
	500	1,306	0,733	0,651	0,739	0,022	0,020	47,42%	
	600	1,462	0,581	0,631	0,533	0,015	0,021	61,45%	
Limabamba	300	1,326	0,934	0,897	0,911	0,036	0,066	34,92%	2,148
	400	1,302	0,731	0,768	0,749	0,025	0,021	44,21%	
	500	1,306	0,612	0,711	0,063	0,020	0,011	65,81%	
	600	1,462	0,539	0,061	0,533	0,016	0,010	75,05%	
Tingo	300	1,326	0,821	0,944	0,922	0,045	0,062	36,49%	2,535
	400	1,302	0,765	0,623	0,864	0,021	0,150	48,91%	
	500	1,306	0,618	0,632	0,722	0,013	0,017	50,82%	
	600	1,462	0,523	0,547	0,621	0,014	0,020	62,61%	
Omia	300	1,326	0,788	0,902	0,888	0,044	0,053	38,85%	2,605
	400	1,302	0,759	0,712	0,689	0,012	0,011	45,58%	
	500	1,306	0,611	0,647	0,753	0,024	0,030	50,74%	
	600	1,462	0,547	0,611	0,578	0,015	0,022	61,68%	
Nueva Esperanza	300	1,326	0,916	0,801	0,911	0,061	0,054	38,27%	2,625
	400	1,302	0,845	0,721	0,749	0,026	0,021	42,54%	
	500	1,306	0,684	0,618	0,646	0,016	0,021	51,70%	
	600	1,462	0,487	0,632	0,544	0,012	0,023	63,29%	
Yambrasbamba	300	1,326	0,679	0,897	0,876	0,042	0,058	42,13%	2,245
	400	1,302	0,589	0,732	0,683	0,011	0,029	50,23%	
	500	1,306	0,578	0,637	0,746	0,021	0,023	51,63%	
	600	1,462	0,544	0,599	0,564	0,017	0,021	62,38%	

### ANEXO 3.

#### 3.1. Análisis del aceite esencial de *T. minuta*, por cromatografía de gases acoplado a espectrofotómetro de masas (GC-MS)

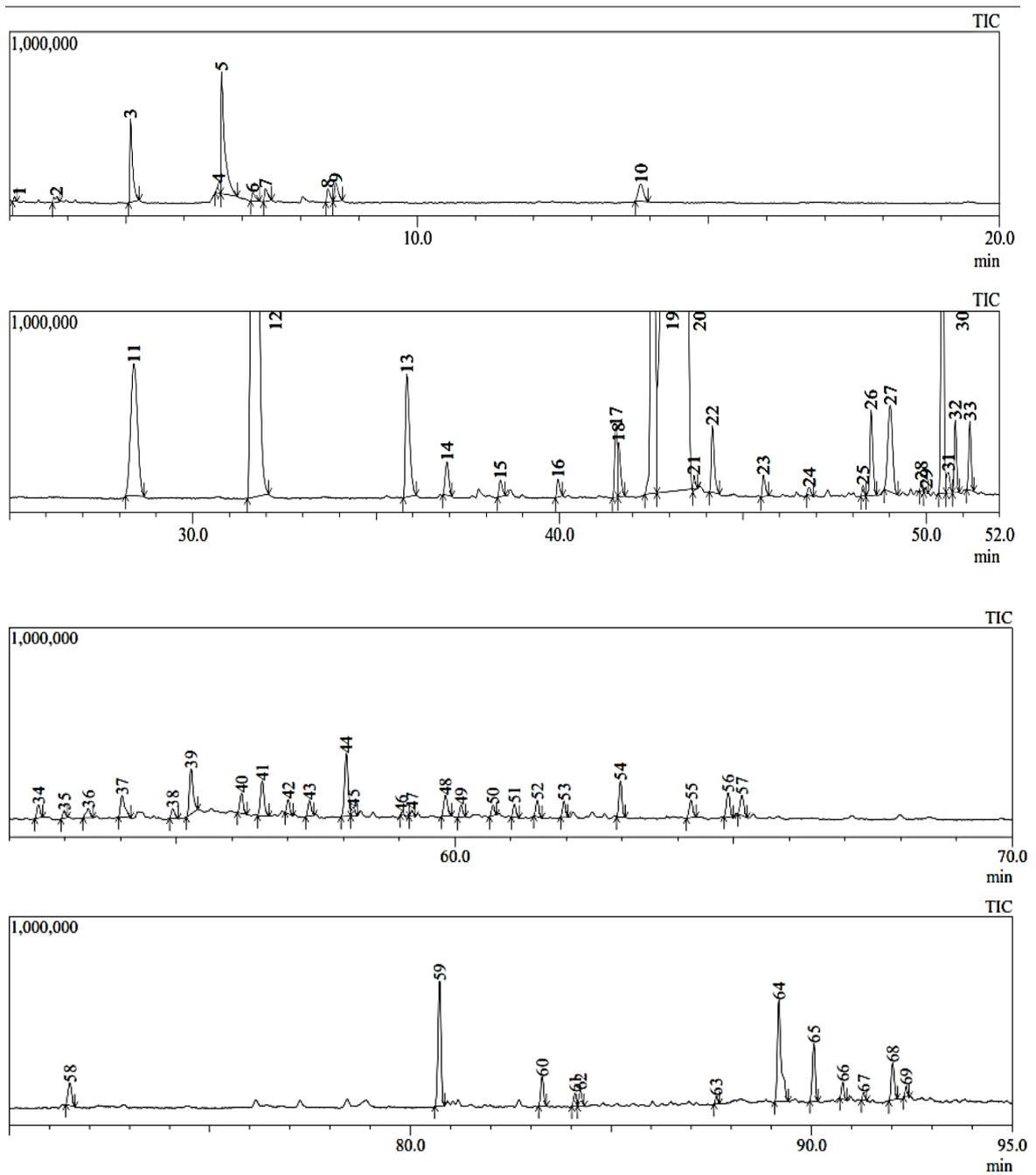


Figura 6. Cromatografía de los componentes no volátiles del aceite esencial (LS).

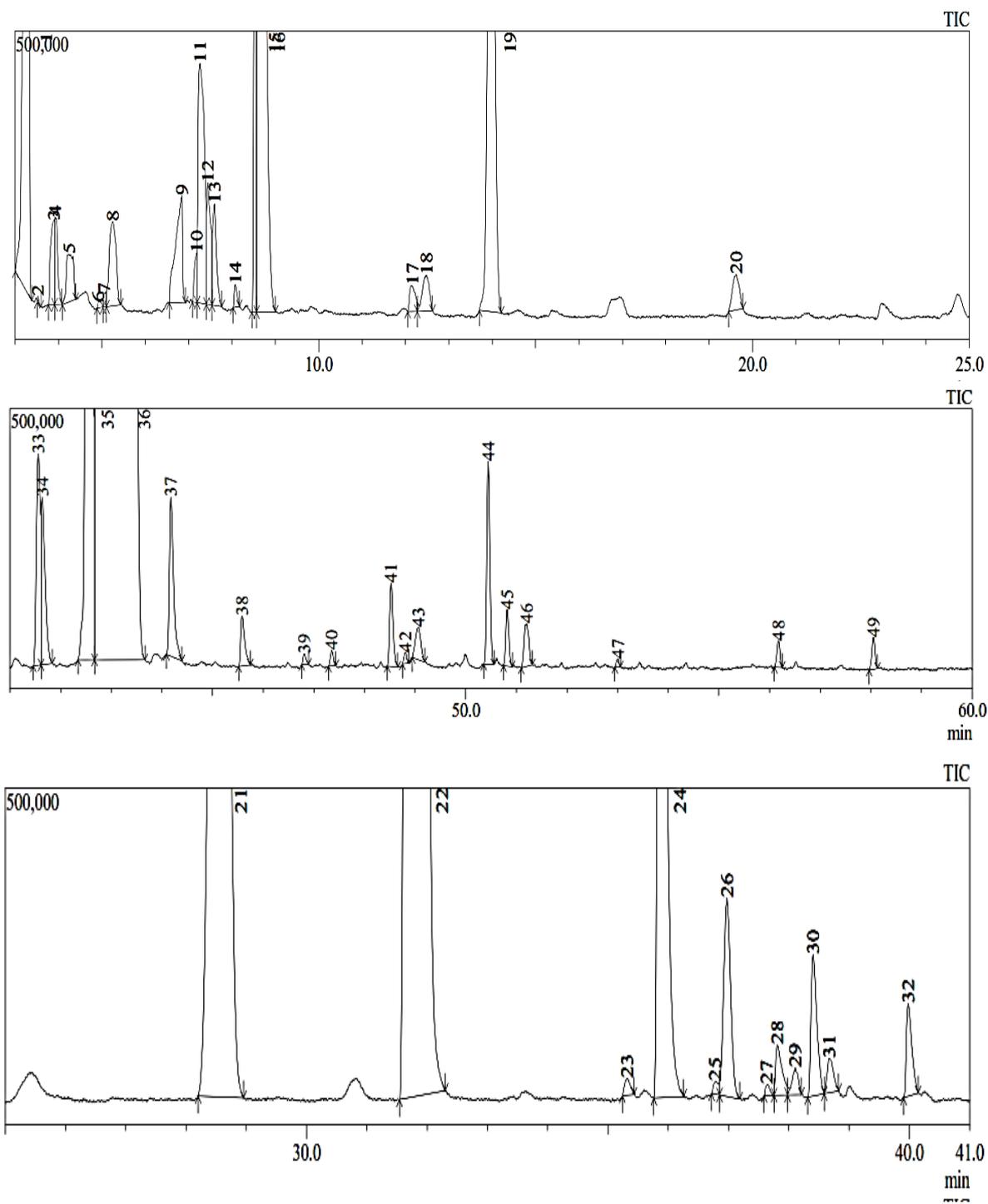


Figura 7. Cromatografía de los componentes volátiles del aceite esencial (HS).

### 3.2. Figuras de la estructura química de los componentes del aceite esencial de *T. minuta* mediante GC-MS

Hit#:1 Entry:1413 Library:NIST11s.lib  
 SI:91 Formula:C6H8O CAS:3208-16-0 MolWeight:96 RetIndex:742  
 CompName:Furan, 2-ethyl- \$\$ Furan, .alpha.-ethyl- \$\$ 2-Ethylfuran \$\$

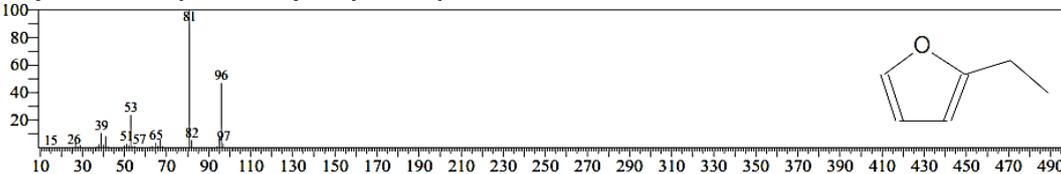


Fig  
ura  
8:  
Cro  
mat

ografía de gases de Furan, 2-ethyl

Hit#:1 Entry:3396 Library:NIST11s.lib  
 SI:86 Formula:C8H18 CAS:589-43-5 MolWeight:114 RetIndex:688  
 CompName:Hexane, 2,4-dimethyl- \$\$ 2,4-Dimethylhexane \$\$

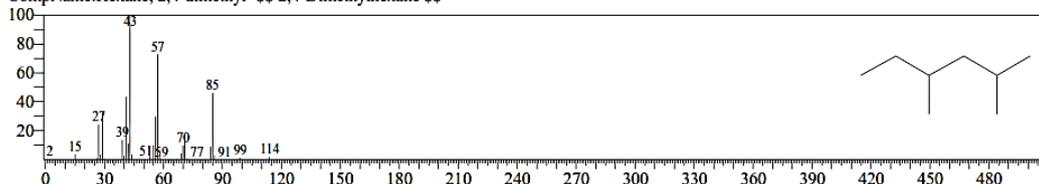


Figura 9: Cromatografía de gases de Hexane, 2,4-dimethyl

Hit#:1 Entry:1592 Library:NIST11s.lib  
 SI:96 Formula:C6H10O CAS:141-79-7 MolWeight:98 RetIndex:739  
 CompName:3-Penten-2-one, 4-methyl- \$\$ Acetone, isopropylidene- \$\$ Isobutenyl methyl ketone \$\$ Isopropylideneacetone \$\$ Mesityl oxide \$\$ Meth

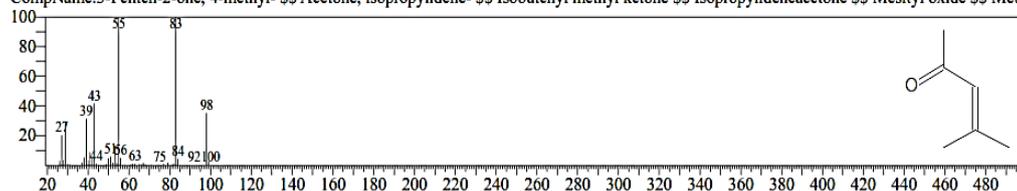


Figura 10: Cromatografía de gases de 3-Penten-2-one, 4-methyl

Hit#:1 Entry:2065 Library:NIST11s.lib  
 SI:89 Formula:C5H10O2 CAS:503-74-2 MolWeight:102 RetIndex:811  
 CompName:Butanoic acid, 3-methyl- \$\$ Isovaleric acid \$\$ .beta.-Methylbutyric acid \$\$ Acetic acid, isopropyl- \$\$ Delphinic acid \$\$ Isopentanoic acid

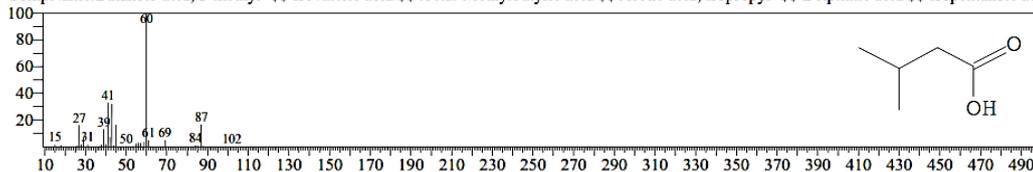


Figura 11: Cromatografía de gases de Butanoic acid, 3-methyl

Hit#:1 Entry:3584 Library:NIST11s.lib  
 SI:96 Formula:C6H12O2 CAS:123-42-2 MolWeight:116 RetIndex:845  
 CompName:2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl- \$\$ Acetonyldimethylcarbinol \$\$ Diacetone alcohol \$\$ Diketone alcohol \$\$ Tyranton \$\$ 4-Hydroxy-4-

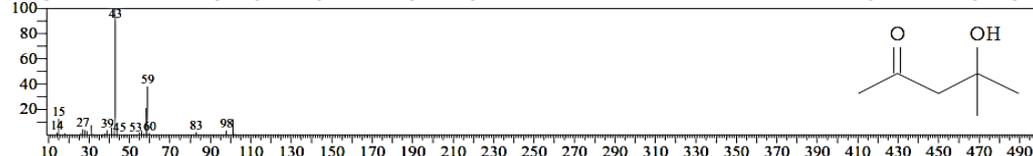


Figura 12: Cromatografía de gases de 2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl

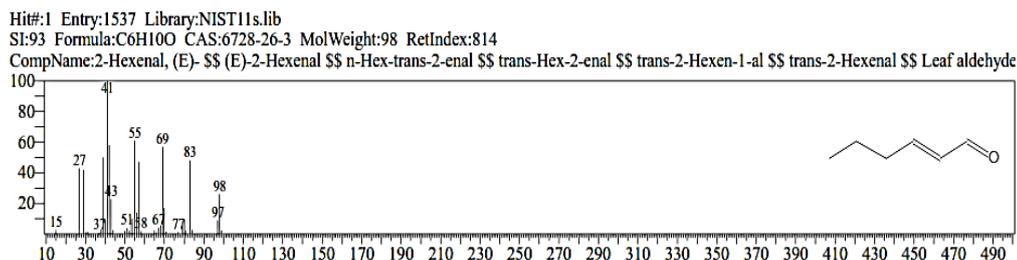


Figura 13: Cromatografía de gases de 2-Hexenal, (E)

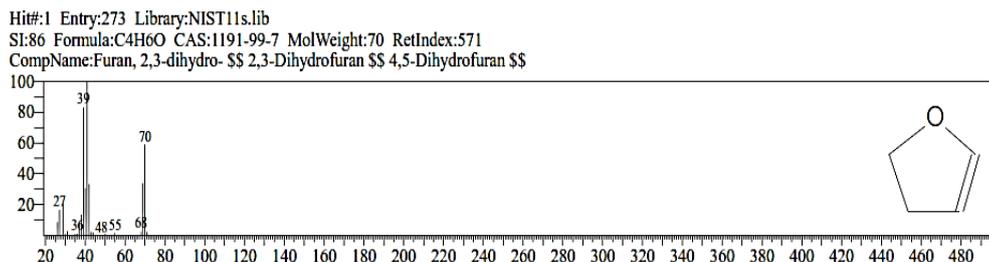


Figura 14: Cromatografía de gases de Furan, 2,3-dihidro

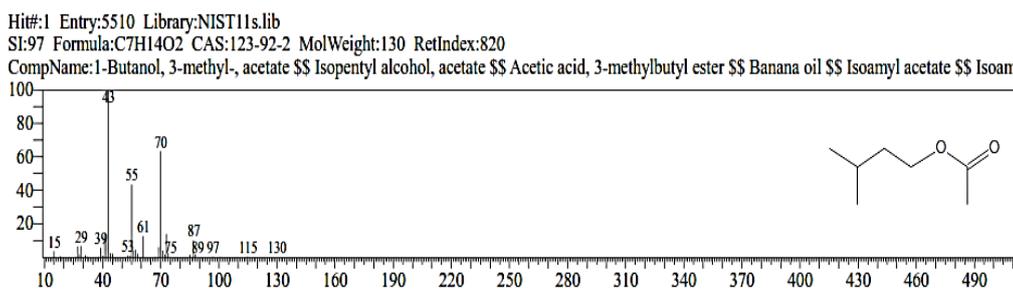


Figura 15: Cromatografía de gases de 1-Butanol, 3-methyl-, acetate

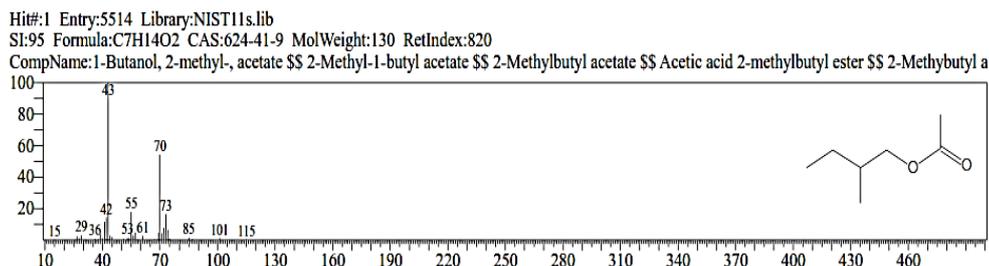


Figura 16: Cromatografía de gases de 1-Butanol, 2-methyl-, acetate

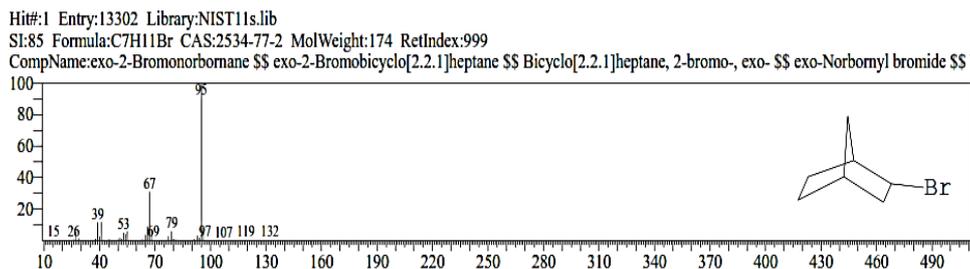


Figura 17: Cromatografía de gases de exo-2-Bromonorbornane

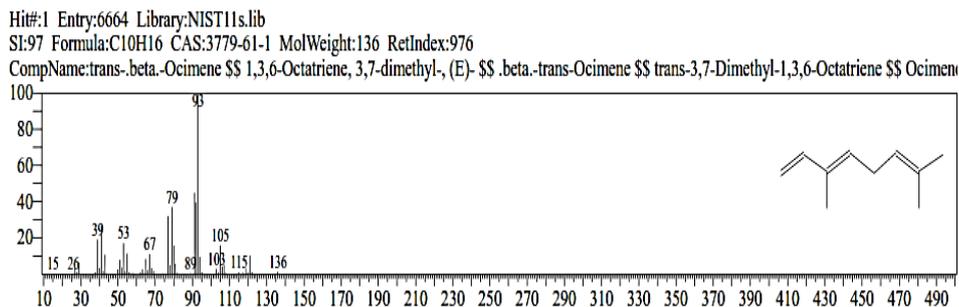


Figura 18: Cromatografía de gases de trans-.beta.-Ocimene

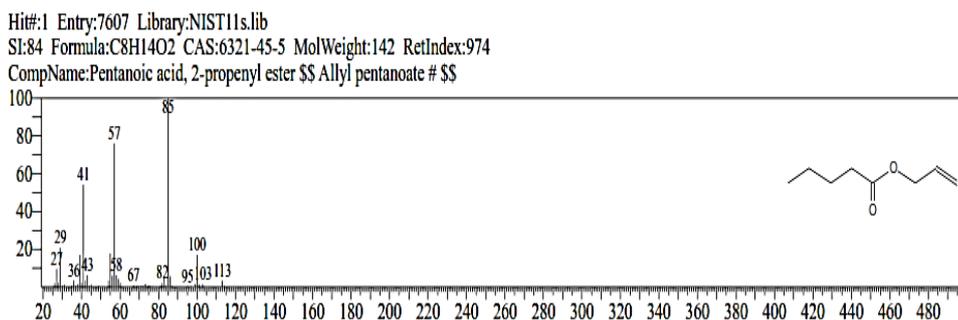


Figura 19: Cromatografía de gases de Pentanoic acid, 2-propenyl ester

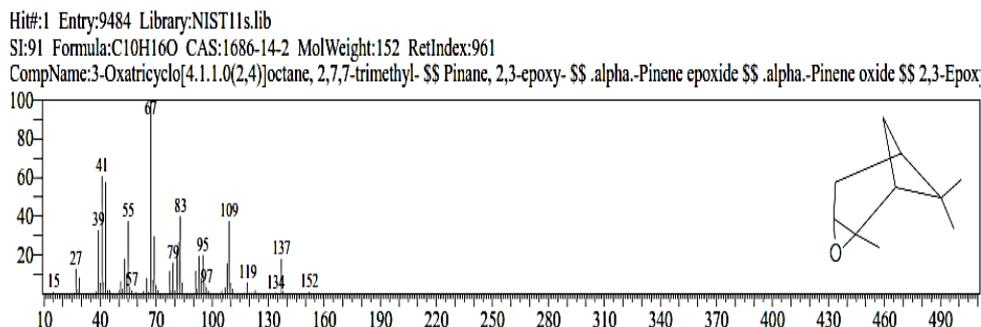


Figura 20: Cromatografía de gases de 3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trimethyl-

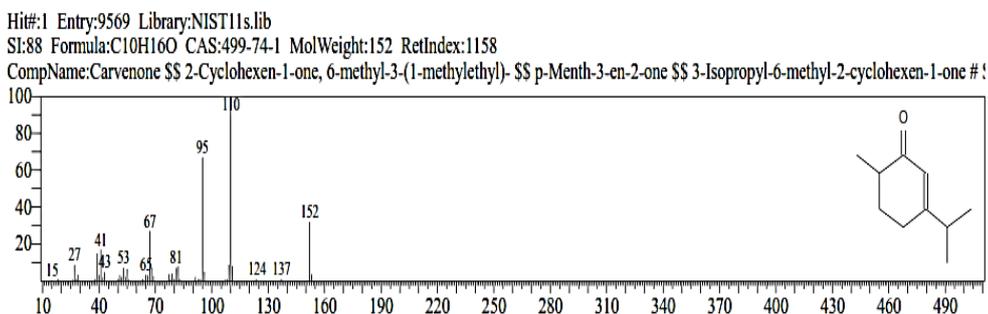


Figura 21: Cromatografía de gases de Carvenone

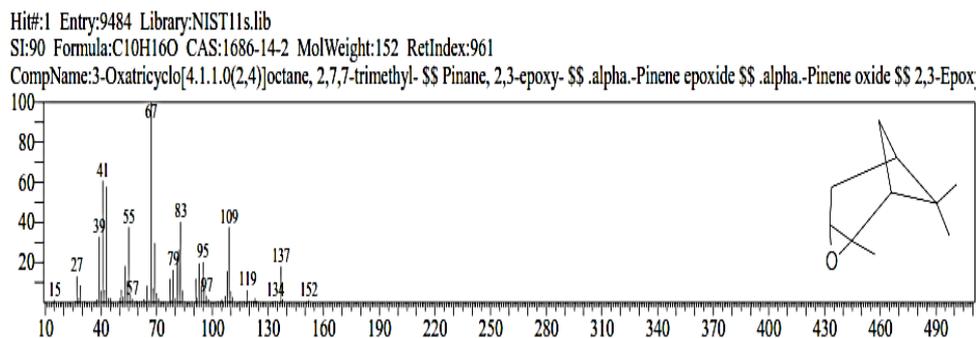


Figura 22: Cromatografía de gases de 3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trim

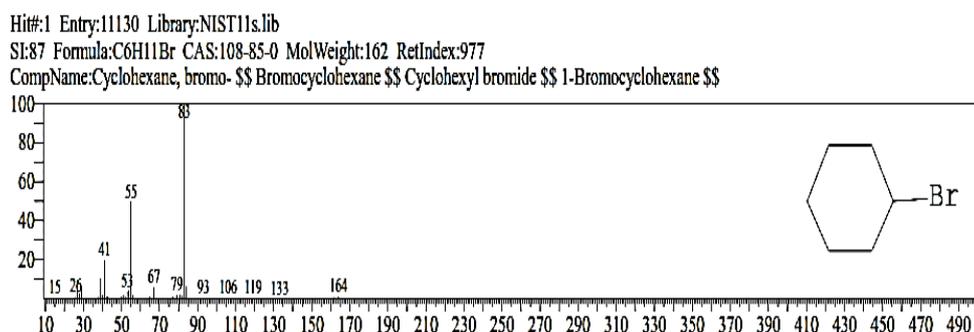


Figura 23: Cromatografía de gases de Cyclohexane, bromo

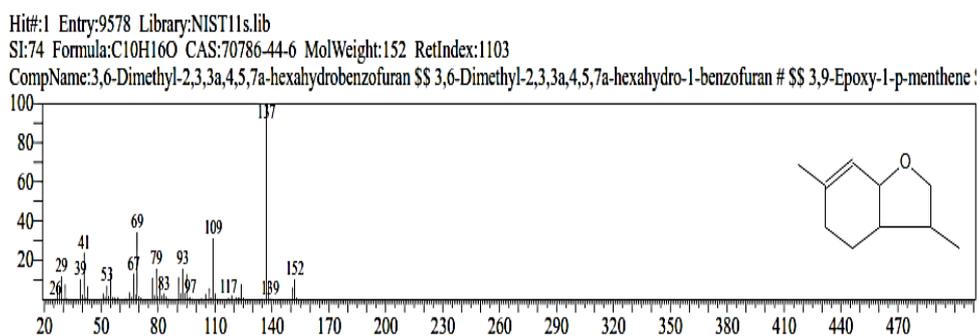


Figura 24: Cromatografía de gases de 3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzo

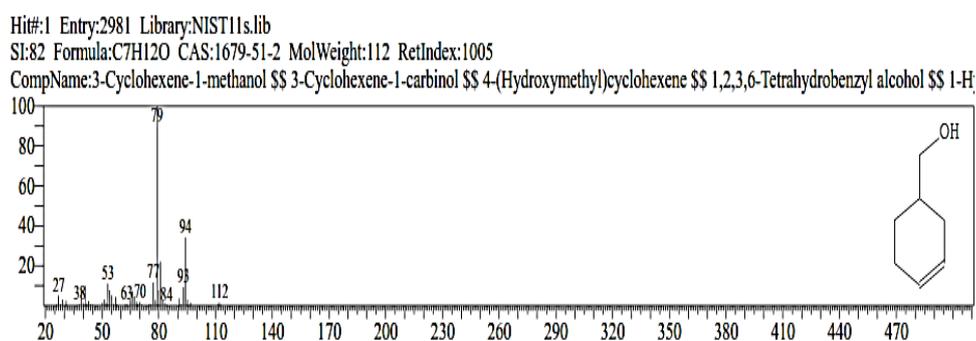


Figura 25: Cromatografía de gases de 3-Cyclohexene-1-methanol

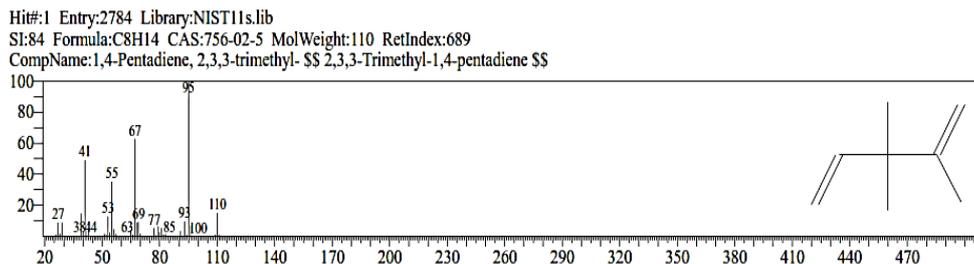


Figura 26: Cromatografía de gases de 1,4-Pentadiene, 2, 3, 3-trimethyl-

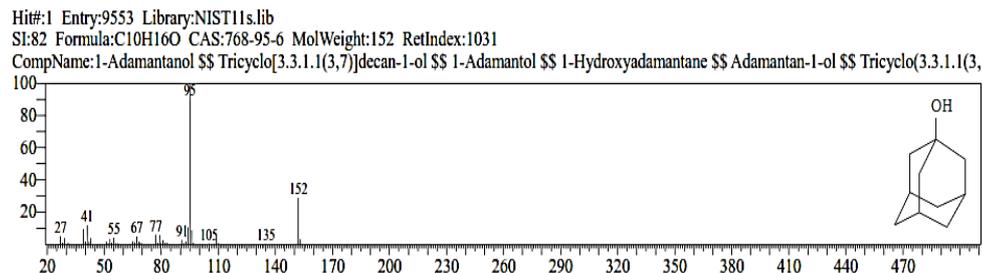


Figura 27: Cromatografía de gases de 1-Adamantanol

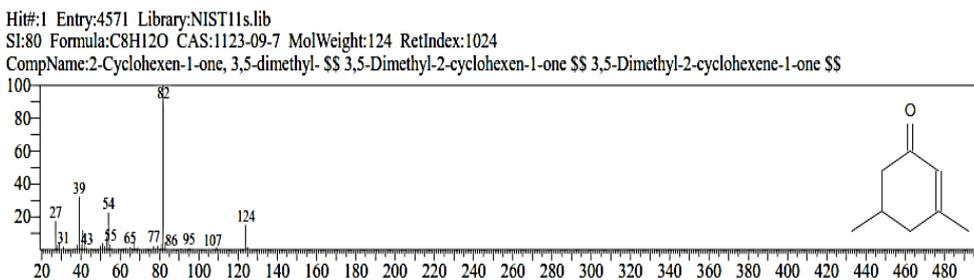


Figura 28: Cromatografía de gases de 2-Cyclohexen-1-one, 3,5-dimethyl

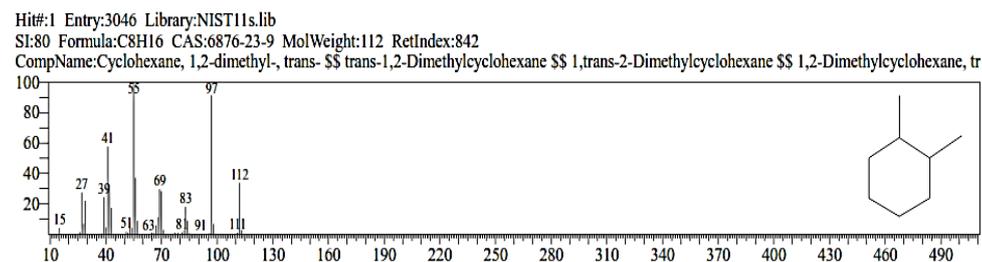


Figura 29: Cromatografía de gases de Cyclohexane, 1,2-dimethyl-, trans

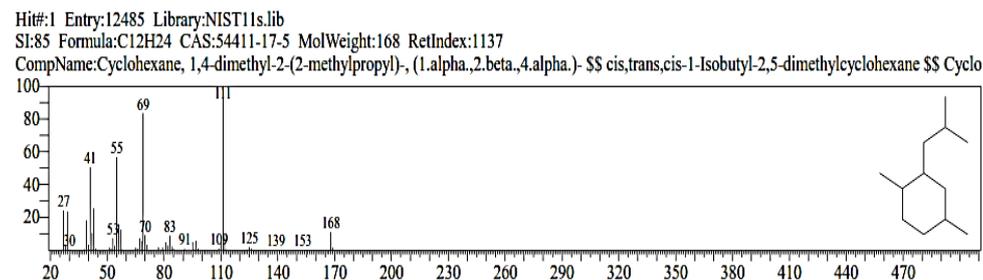


Figura 30: Cromatografía de gases de Cyclohexane, 1,4-dimethyl-2-(2-methylpropy

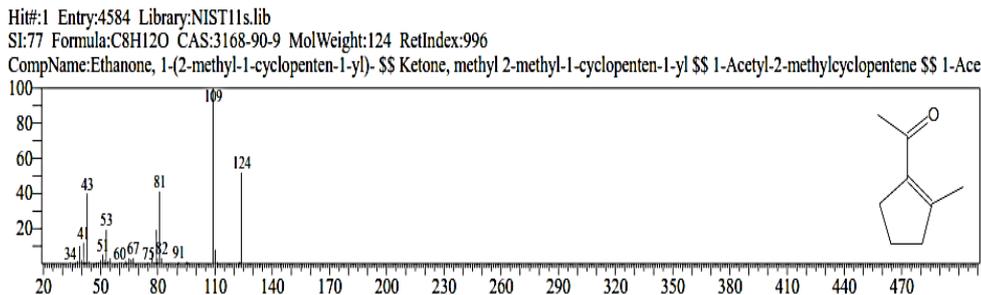


Figura 31: Cromatografía de gases de Ethanone, 1-(2-methyl-1-cyclopenten-1-yl)-

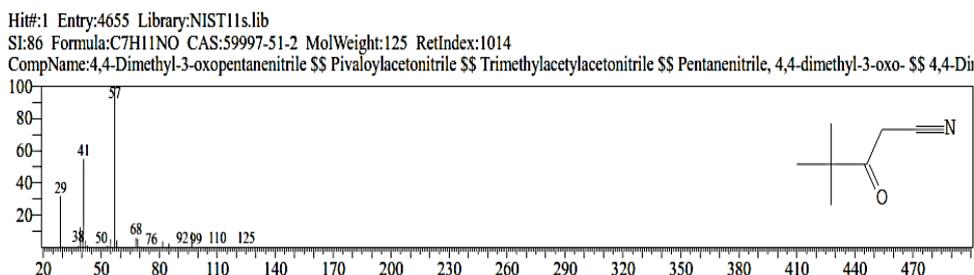


Figura 32: Cromatografía de gases de 4,4-Dimethyl-3-oxopentanenitrile

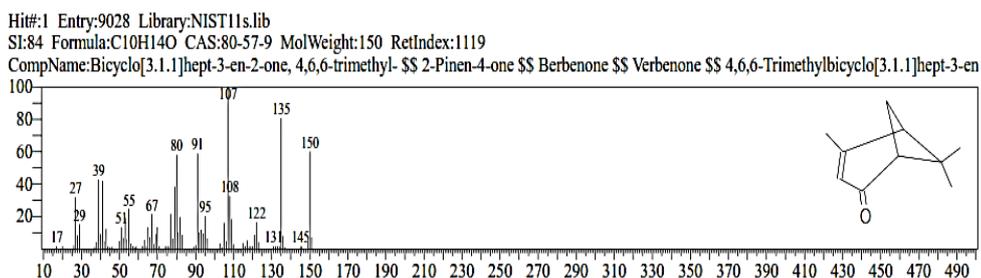


Figura 33: Cromatografía de gases de Bicyclo [3.1.1] hept-3-en-2-one, 4, 6, 6-trimeth

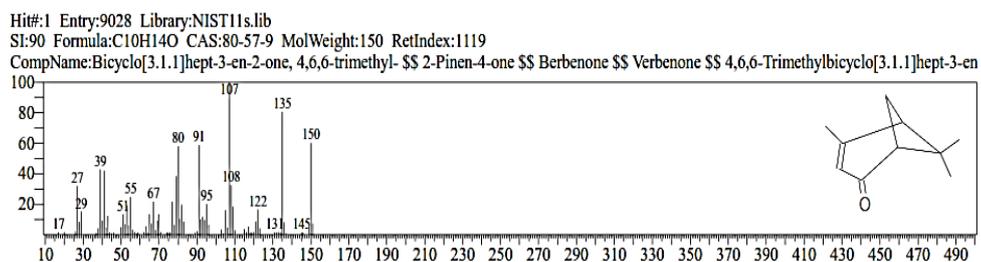


Figura 34: Cromatografía de gases de Bicyclo [3.1.1] hept-3-en-2-one, 4, 6, 6-trimeth

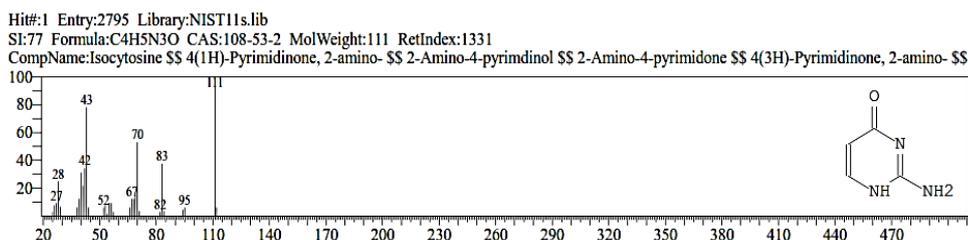


Figura 35: Cromatografía de gases de Isocytosine

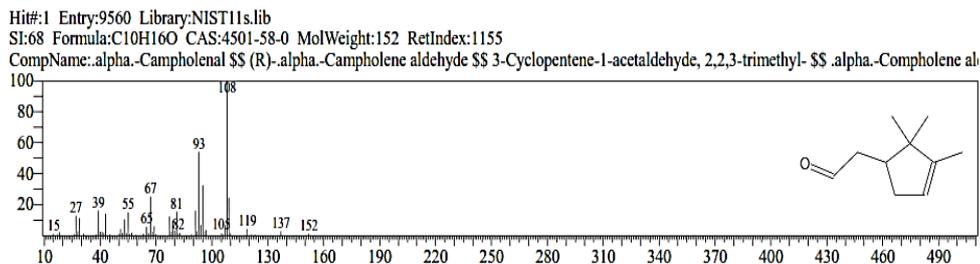


Figura 36: Cromatografía de gases de .alpha.-Campholenal

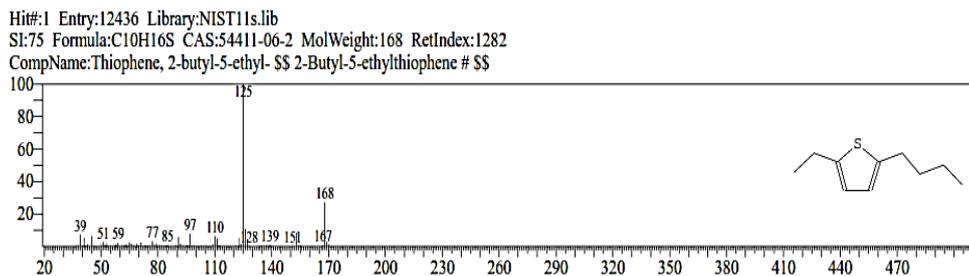


Figura 37: Cromatografía de gases de Thiophene, 2-butyl-5-ethyl-

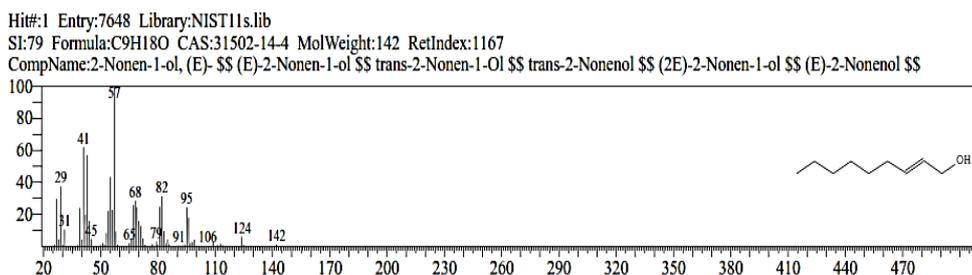


Figura 38: Cromatografía de gases de 2-Nonen-1-ol, (E)-

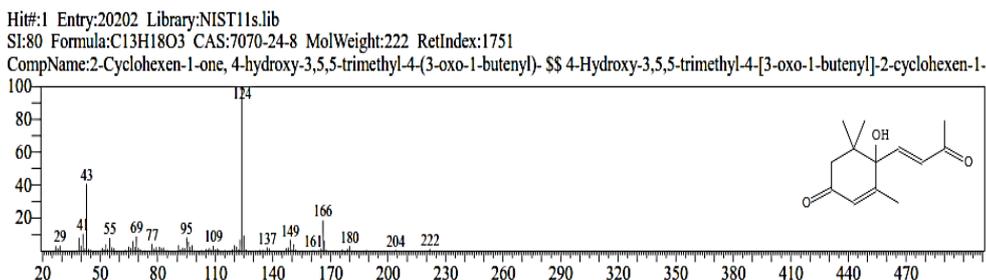


Figura 39: Cromatografía de gases de 2-Cyclohexen-1-one, 4-hydroxy-3, 5, 5-trimet

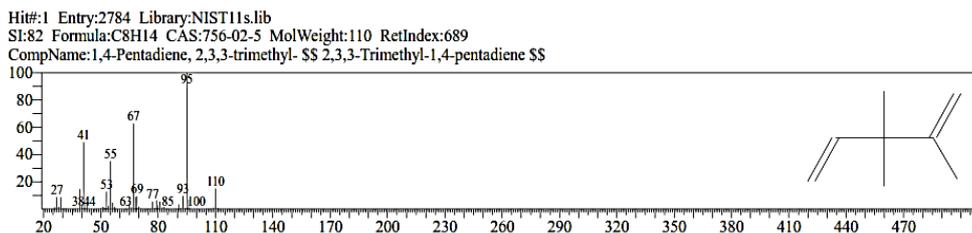


Figura 40: Cromatografía de gases de 1,4-Pentadiene, 2, 3, 3-trimethyl-

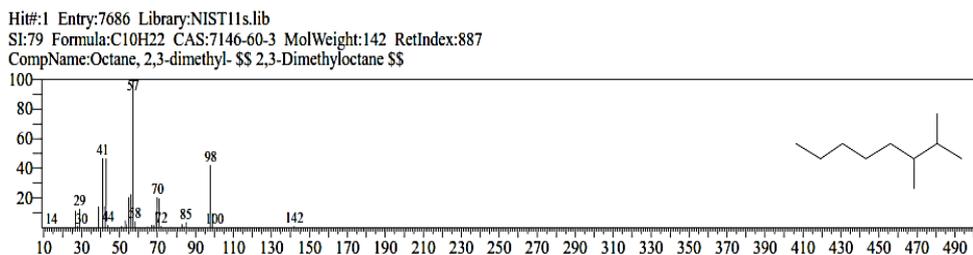


Figura 41: Cromatografía de gases de Octane, 2,3-dimethyl-

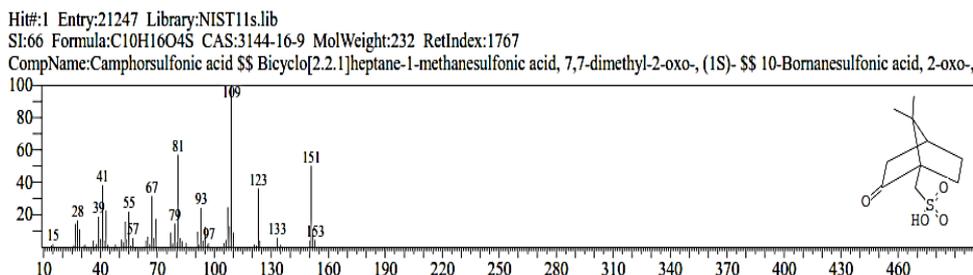


Figura 42: Cromatografía de gases de Camphorsulfonic acid

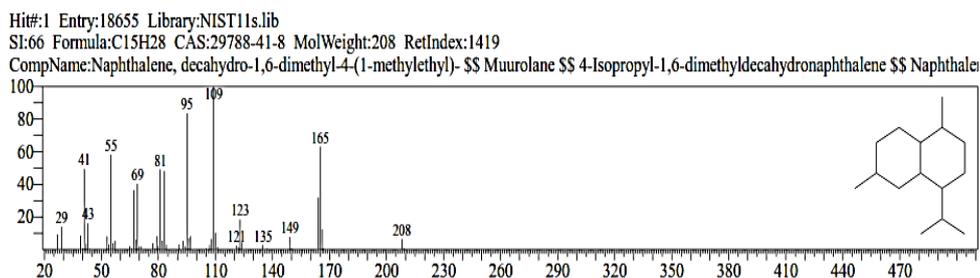


Figura 43: Cromatografía de gases de Naphthalene, decahydro-1,6-dimethyl-4-(1m

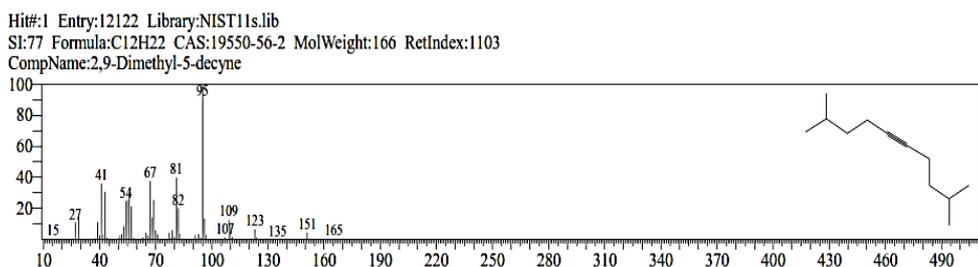


Figura 44: Cromatografía de gases de 2,9-Dimethyl-5-decyne

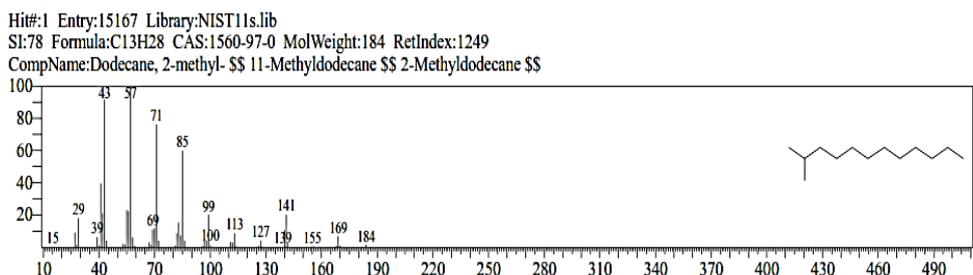


Figura 45: Cromatografía de gases de Dodecane, 2-methyl-

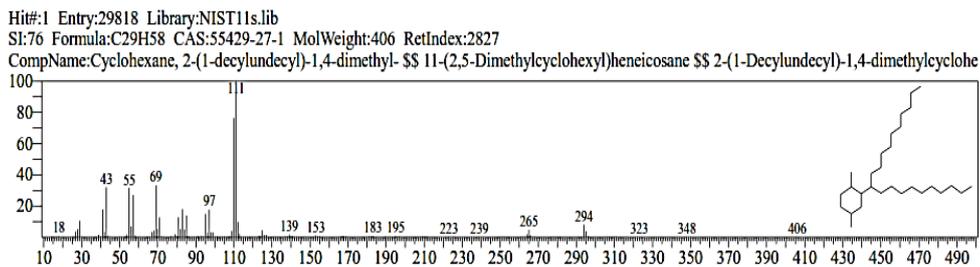


Figura 46: Cromatografía de gases de Cyclohexane, 2-(1-decylundecyl)-1,4-dimeth

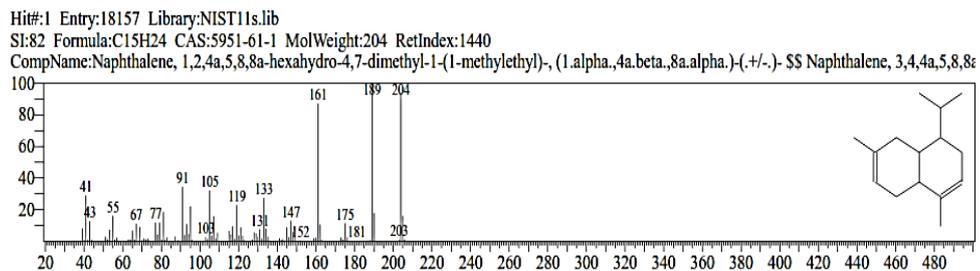


Figura 47: Cromatografía de gases de Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-di

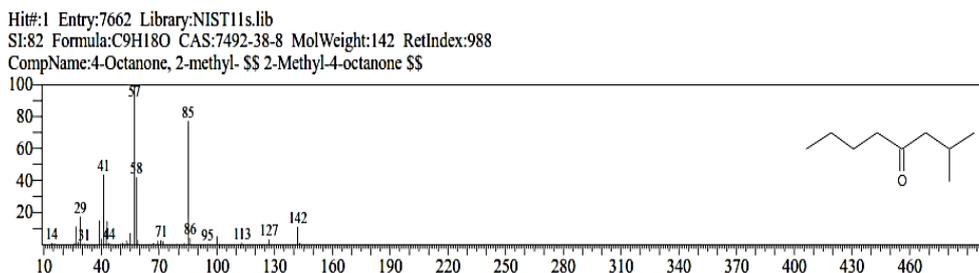


Figura 48: Cromatografía de gases de 4-Octanone, 2-methyl-

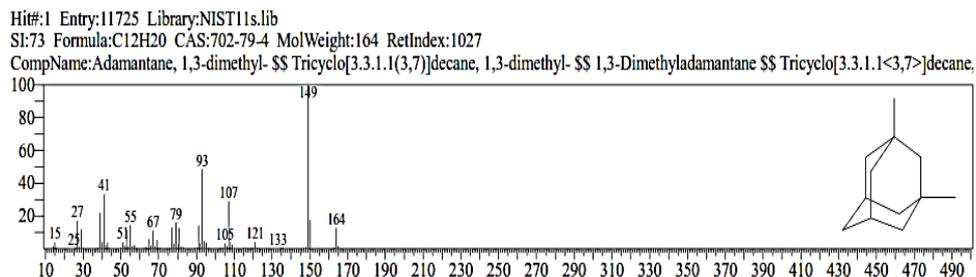


Figura 49: Cromatografía de gases de Adamantane, 1,3-dimethyl-

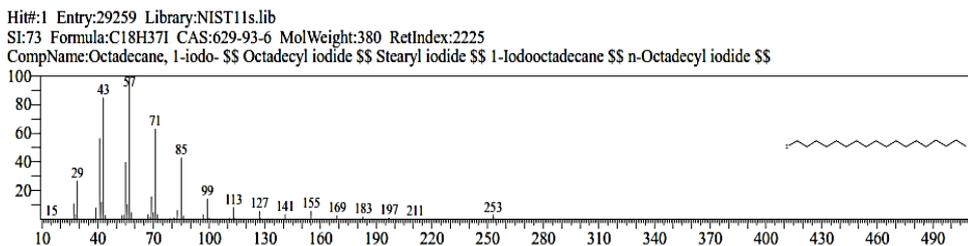


Figura 50: Cromatografía de gases de Octadecane, 1-iodo-

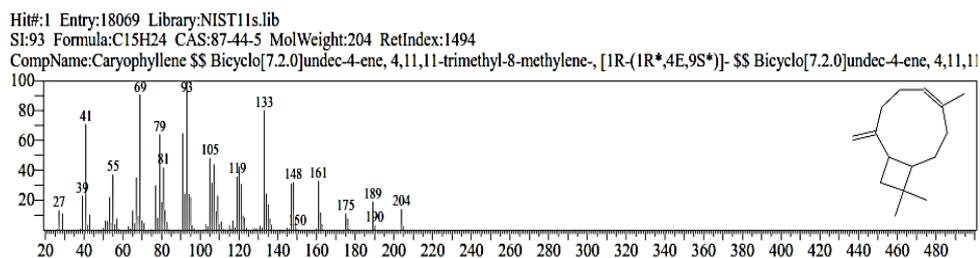


Figura 51: Cromatografía de gases de Caryophyllene

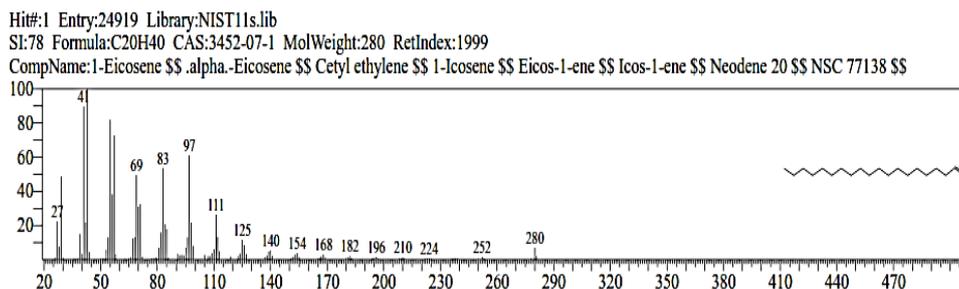


Figura 52: Cromatografía de gases de 1-Eicosene

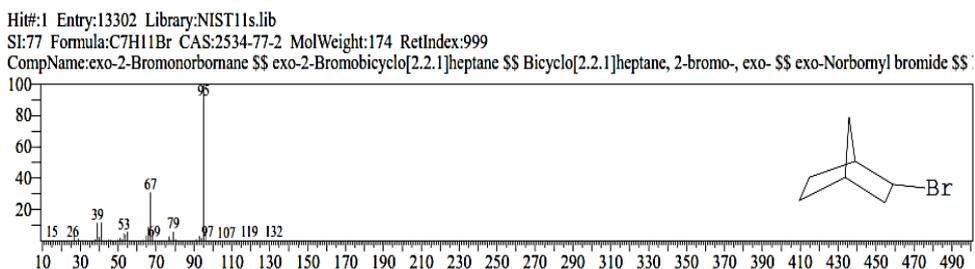


Figura 53: Cromatografía de gases de exo-2-Bromonorbornane

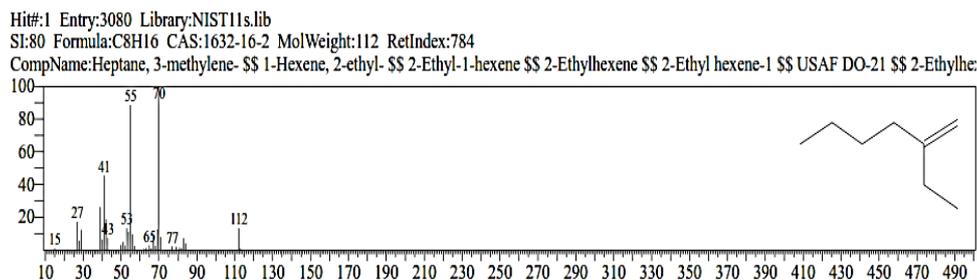


Figura 54: Cromatografía de gases de Heptane, 3-methylene-

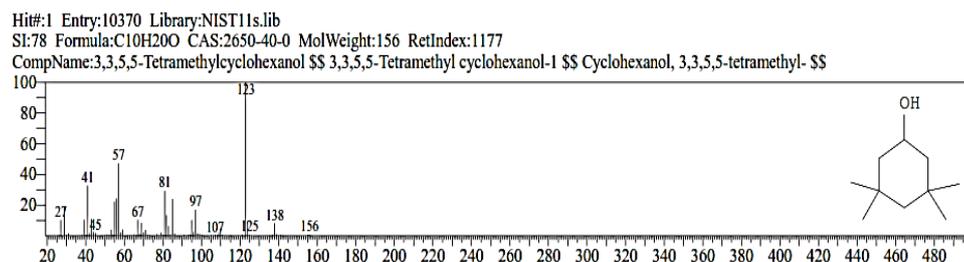


Figura 55: Cromatografía de gases de 3, 3, 5, 5-Tetramethylcyclohexanol

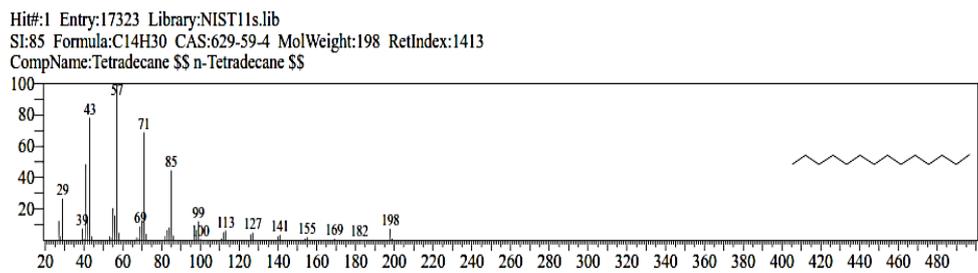


Figura 56: Cromatografía de gases de Tetradecane

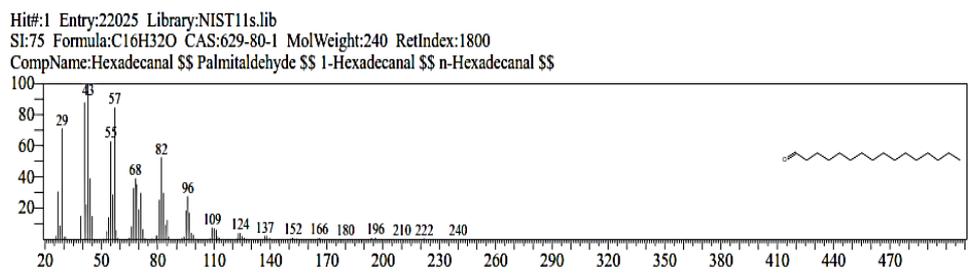


Figura 57: Cromatografía de gases de Hexadecanal

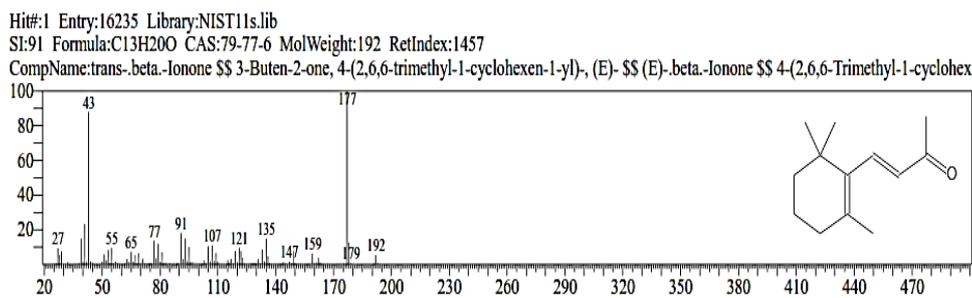


Figura 58: Cromatografía de gases de trans-.beta.-Ionone

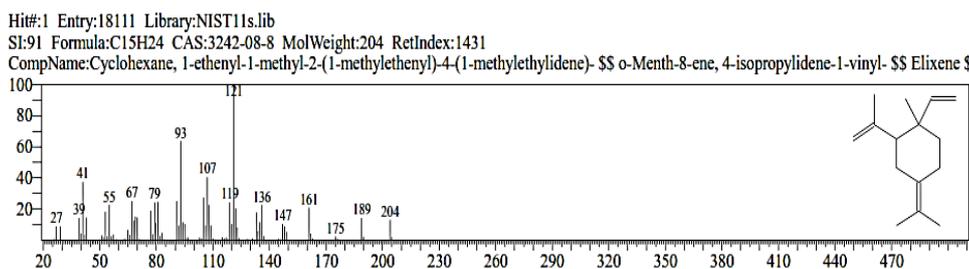


Figura 59: Cromatografía de gases de Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2-(1-methylethenyl)-4-(1-methylethylidene)-

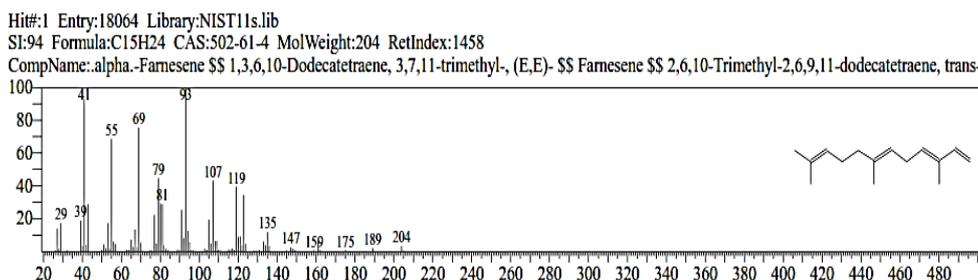


Figura 60: Cromatografía de gases de .alpha.-Farnesene

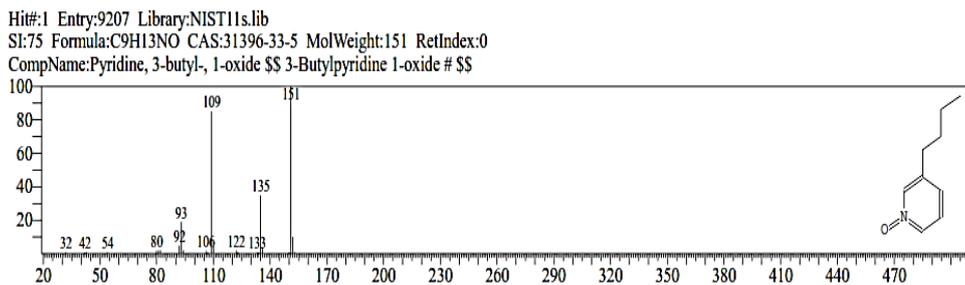


Figura 61: Cromatografía de gases de Pyridine, 3-butyl-, 1-oxide

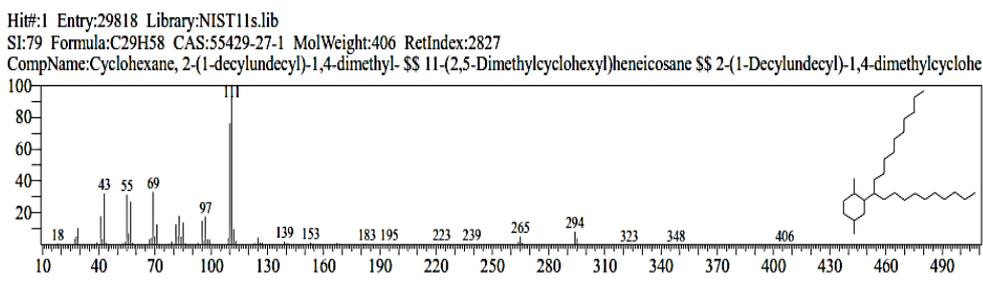


Figura 62: Cromatografía de gases de Cyclohexane, 2-(1-decylundecyl)-1,4-dimeth

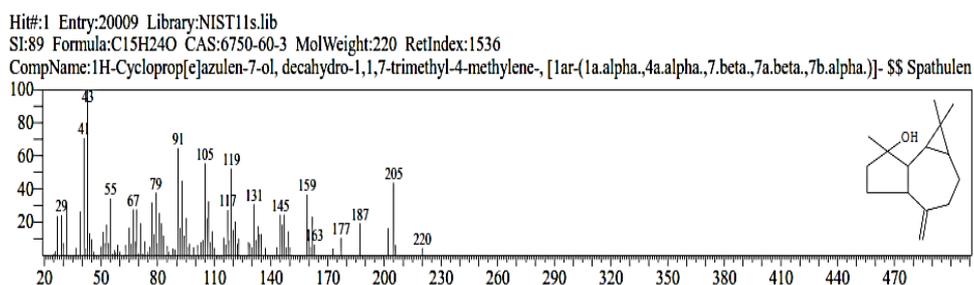


Figura 63: Cromatografía de gases de 1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol, decahydro-1,1,

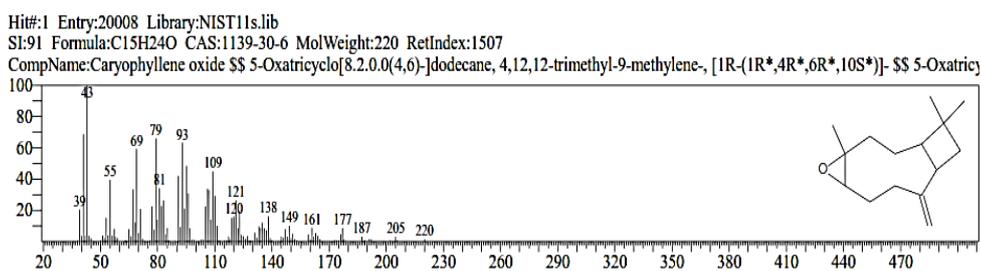


Figura 64: Cromatografía de gases de Caryophyllene oxide

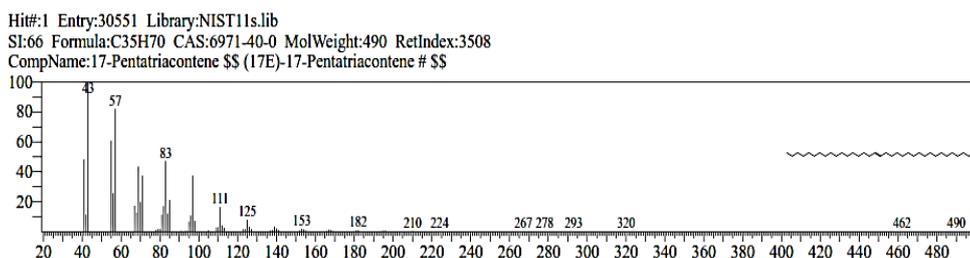


Figura 65: Cromatografía de gases de 17-Pentatriacontene

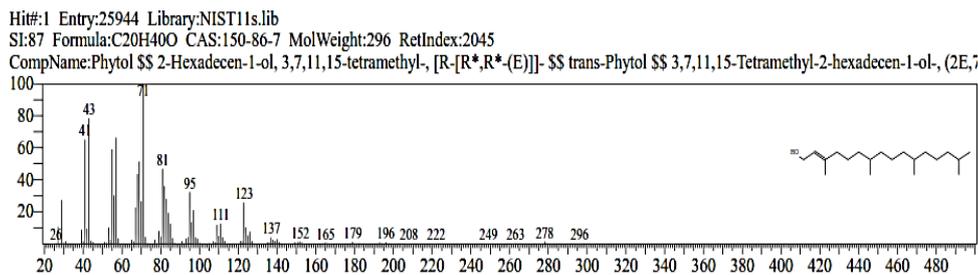


Figura 66: Cromatografía de gases de Phytol

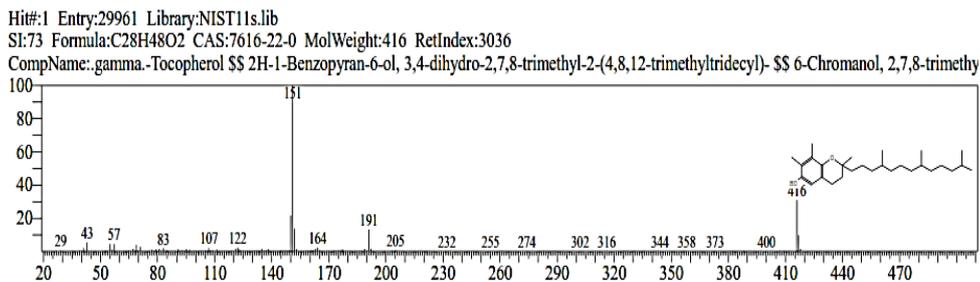


Figura 67: Cromatografía de gases de .gamma.-Tocopherol

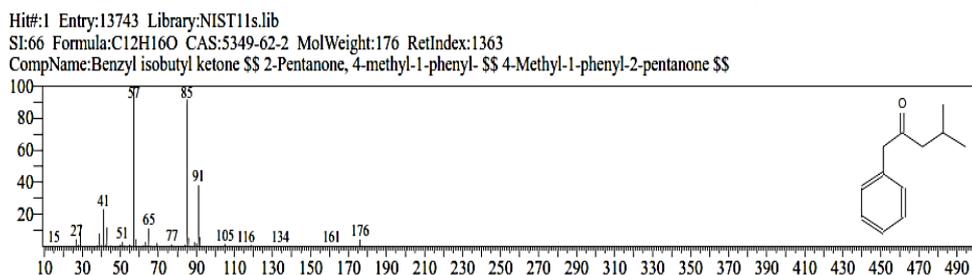


Figura 68: Cromatografía de gases de Benzyl isobutyl ketone

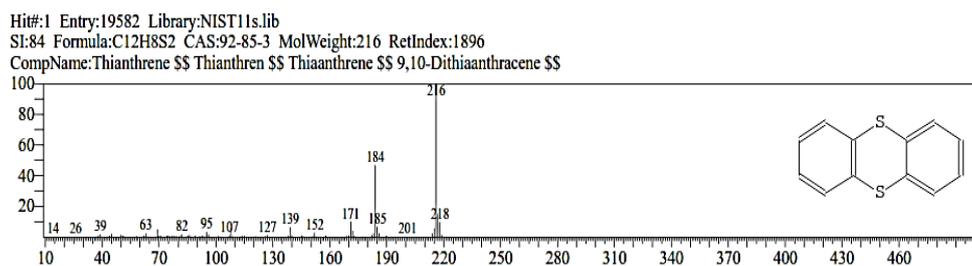


Figura 69: Cromatografía de gases de Thianthrene

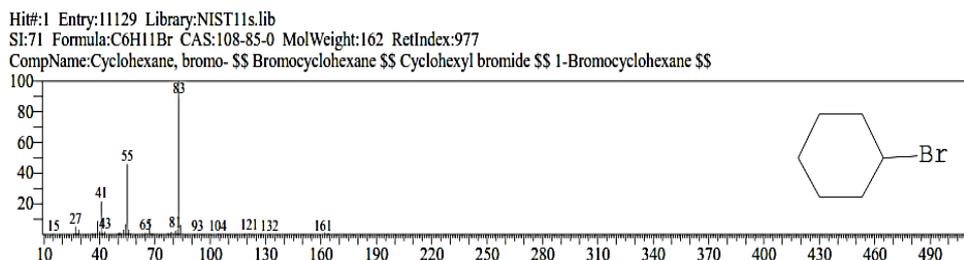


Figura 70: Cromatografía de gases de Cyclohexane, bromo

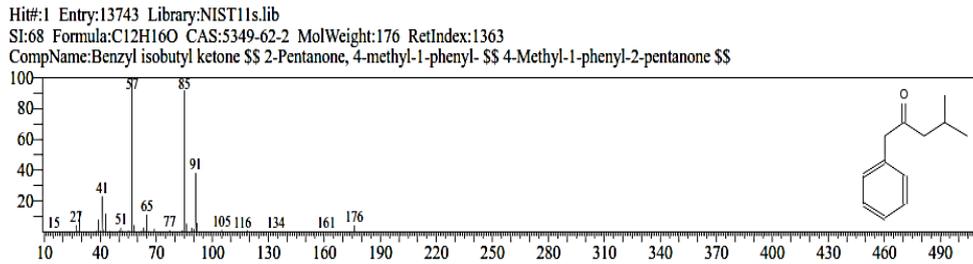


Figura 71: Cromatografía de gases de Benzyl isobutyl ketone

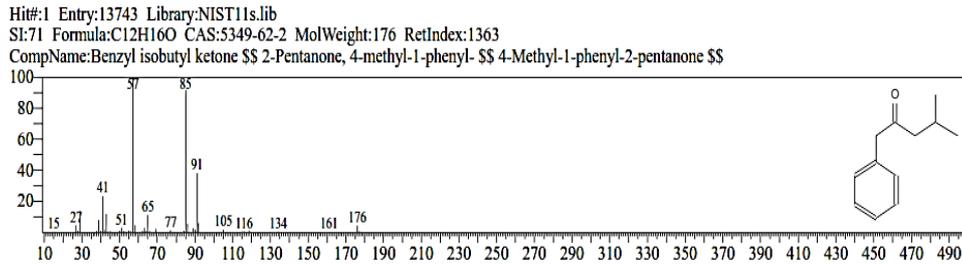


Figura 72: Cromatografía de gases de Benzyl isobutyl ketone beta.-Sitosterol

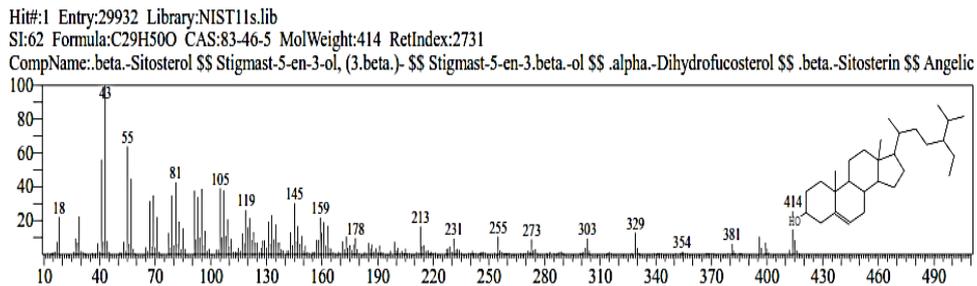


Figura 73: Cromatografía de gases de beta.-Sitosterol

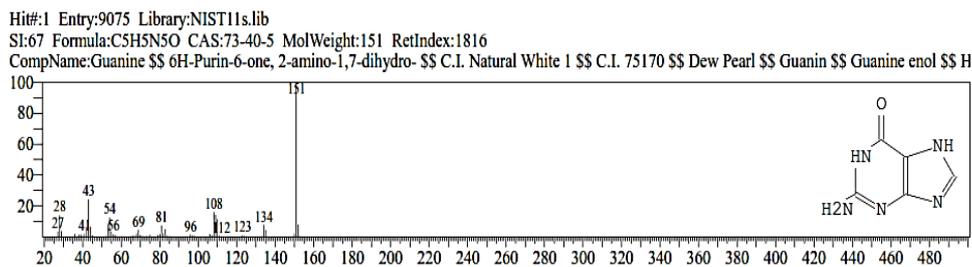


Figura 74: Cromatografía de gases de Guanine

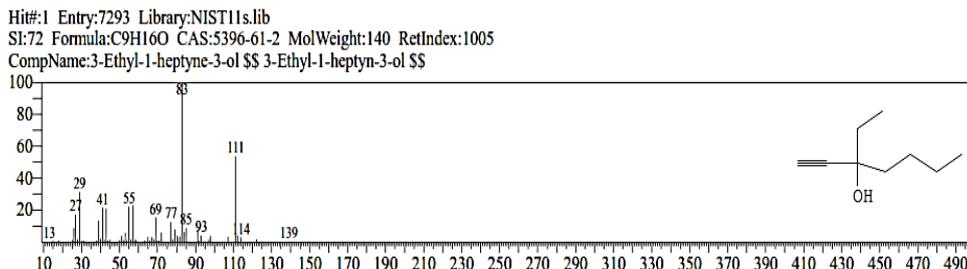


Figura 75: Cromatografía de gases de 3-Ethyl-1-heptyne-3-ol

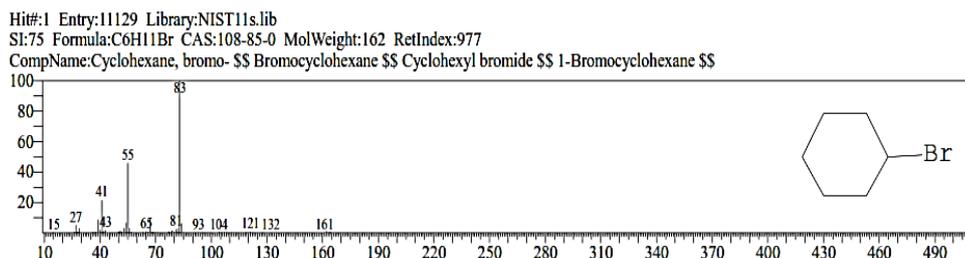


Figura 76: Cromatografía de gases de Cyclohexane, bromo

### 3.3. Figuras de la estructura química de los componentes volátiles del aceite esencial de *T. minuta* mediante el ensayo Headspace Sampling (HS) por CG-MS.

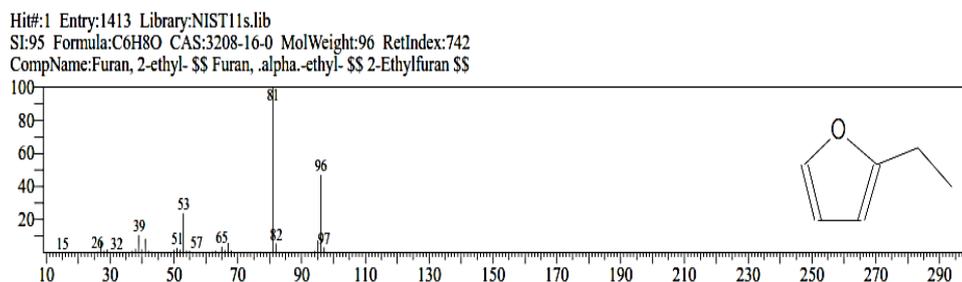


Figura 77: Cromatografía de gases de Furan, 2-ethyl-

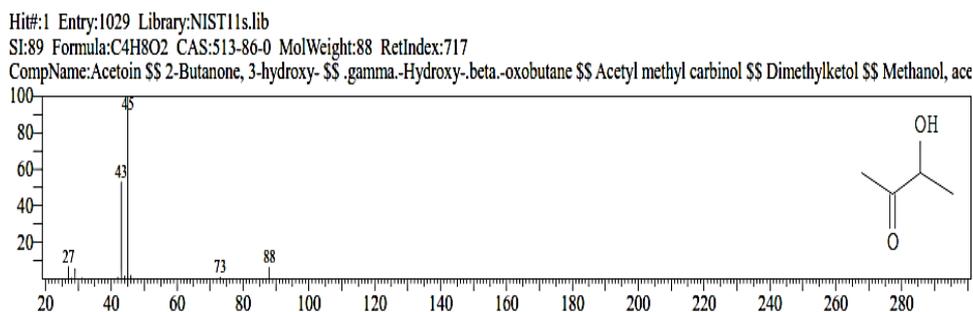


Figura 78: Cromatografía de gases de Acetoin

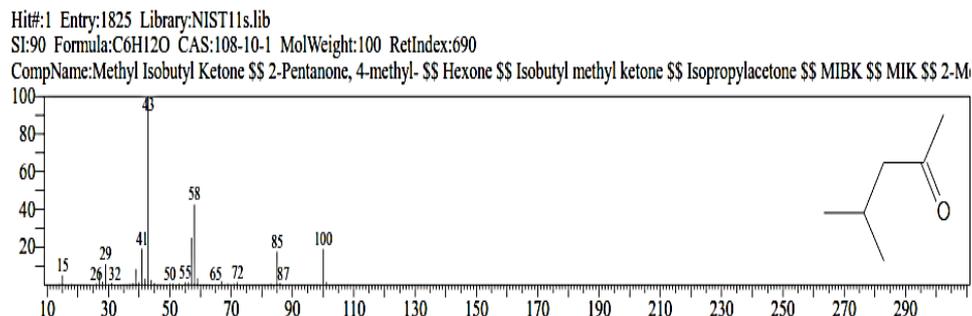


Figura 79: Cromatografía de gases de Methyl Isobutyl Ketone

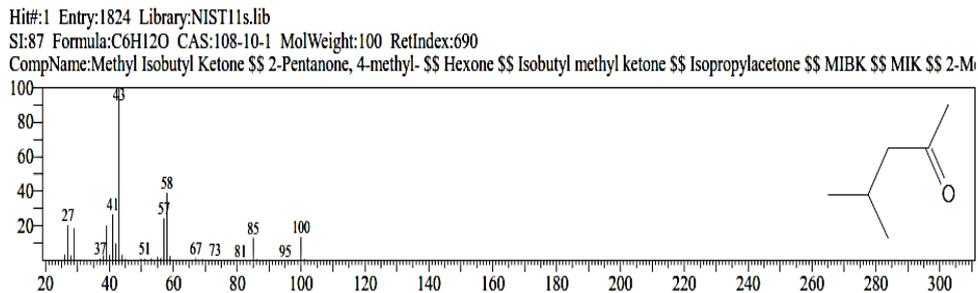


Figura 80: Cromatografía de gases de ethyl Isobutyl Ketone

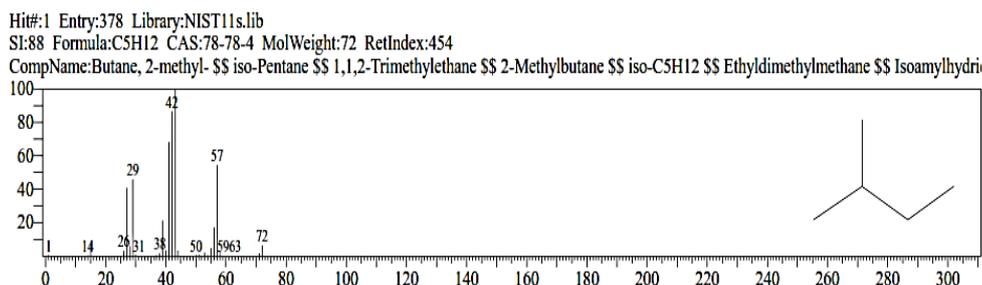


Figura 81: Cromatografía de gases de Butane, 2-methyl-

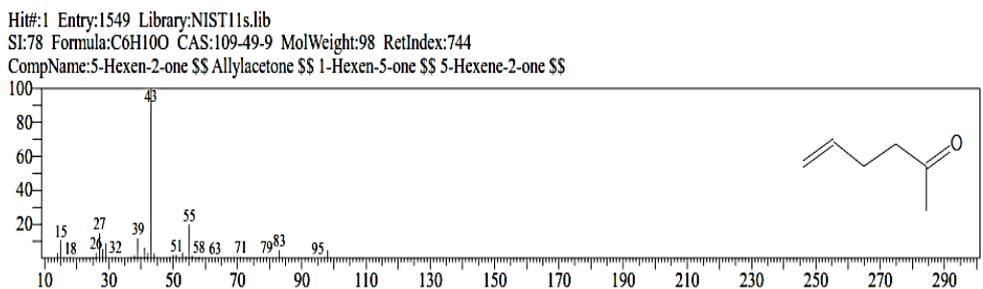


Figura 82: Cromatografía de gases de 5-Hexen-2-one

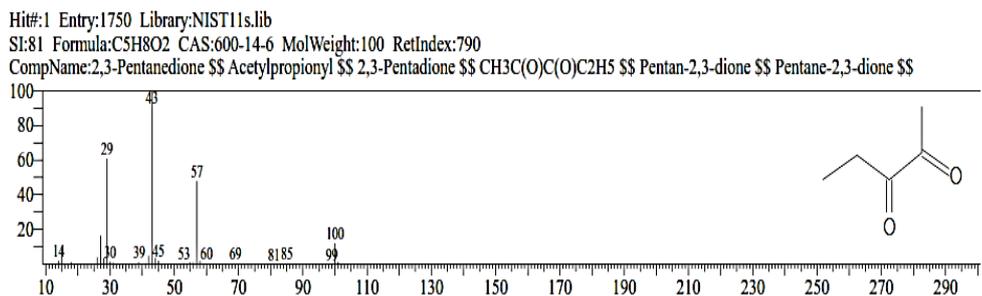


Figura 83: Cromatografía de gases de 2,3-Pentanedione

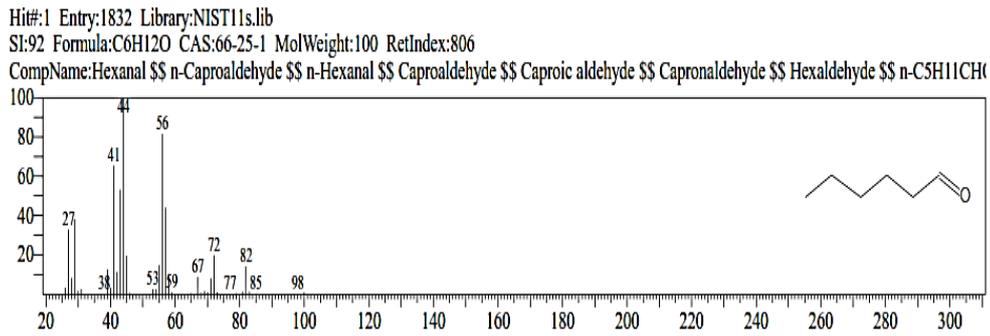


Figura 84: Cromatografía de gases de Hexanal

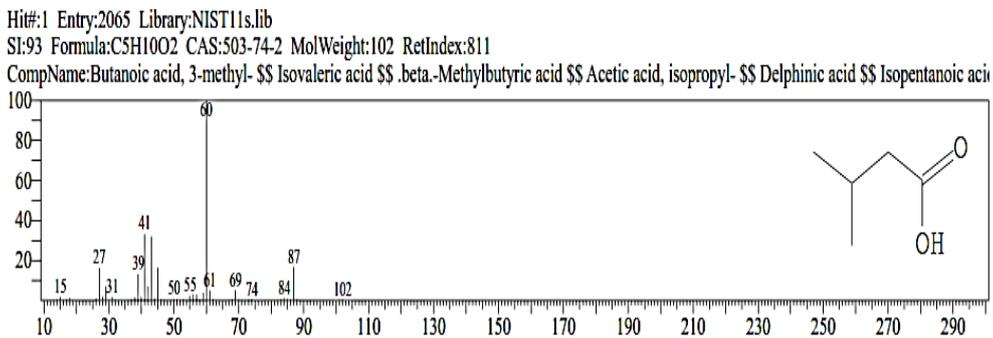


Figura 85: Cromatografía de gases de Butanoic acid, 3-methyl-

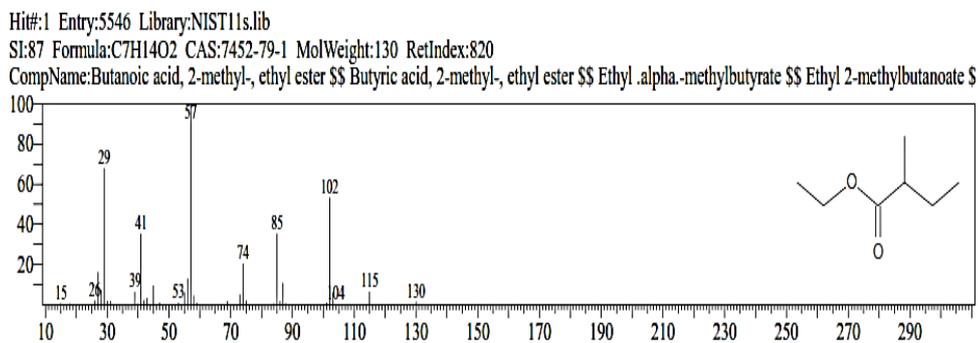


Figura 86: Cromatografía de gases de Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester

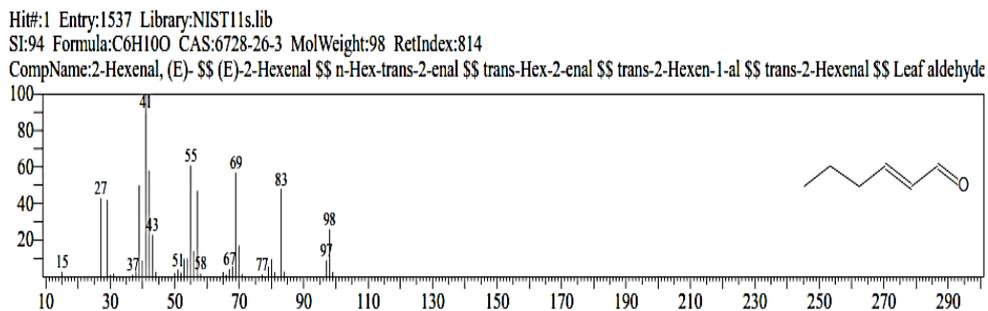


Figura 87: Cromatografía de gases de 2-Hexenal, (E)-

Hit#:1 Entry:273 Library:NIST11s.lib  
SI:83 Formula:C4H6O CAS:1191-99-7 MolWeight:70 RetIndex:571  
CompName:Furan, 2,3-dihydro- \$\$ 2,3-Dihydrofuran \$\$ 4,5-Dihydrofuran \$\$

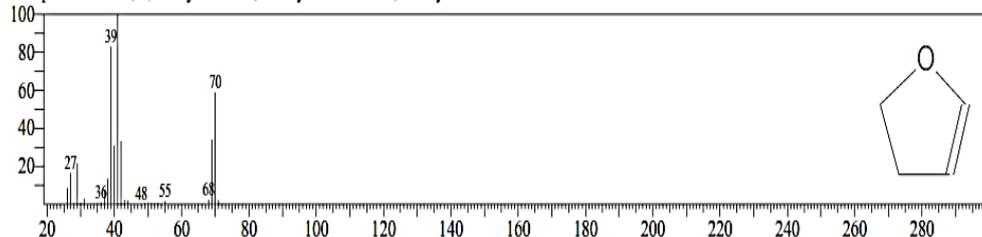


Figura 88: Cromatografía de gases de Furan, 2,3-dihydro-

Hit#:1 Entry:273 Library:NIST11s.lib  
SI:85 Formula:C4H6O CAS:1191-99-7 MolWeight:70 RetIndex:571  
CompName:Furan, 2,3-dihydro- \$\$ 2,3-Dihydrofuran \$\$ 4,5-Dihydrofuran \$\$

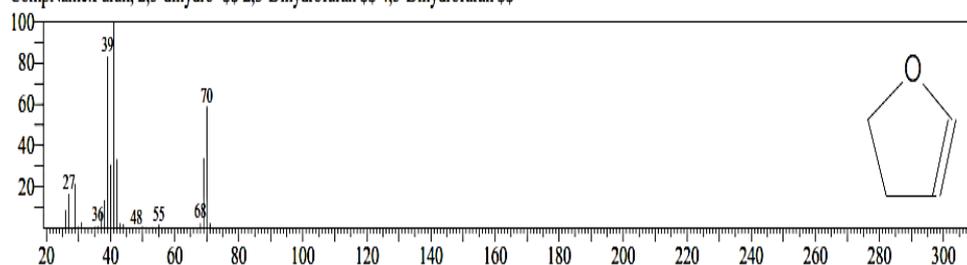


Figura 89: Cromatografía de gases de Furan, 2,3-dihydro-

Hit#:1 Entry:285 Library:NIST11s.lib  
SI:85 Formula:C4H6O CAS:1708-29-8 MolWeight:70 RetIndex:571  
CompName:Furan, 2,5-dihydro- \$\$ 2,5-Dihydrofuran \$\$ 1-Oxa-3-cyclopentene \$\$ 3-Oxolene \$\$

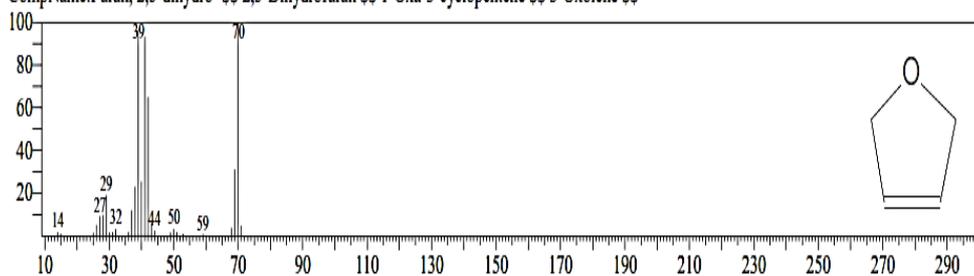


Figura 90: Cromatografía de gases de Furan, 2,5-dihydro-

Hit#:1 Entry:5509 Library:NIST11s.lib  
SI:96 Formula:C7H14O2 CAS:123-92-2 MolWeight:130 RetIndex:820  
CompName:1-Butanol, 3-methyl-, acetate \$\$ Isopentyl alcohol, acetate \$\$ Acetic acid, 3-methylbutyl ester \$\$ Banana oil \$\$ Isoamyl acetate \$\$ Isoam

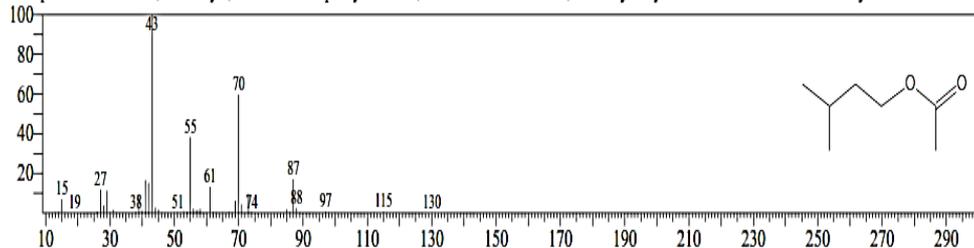


Figura 91: Cromatografía de gases de 1-Butanol, 3-methyl-, acetate

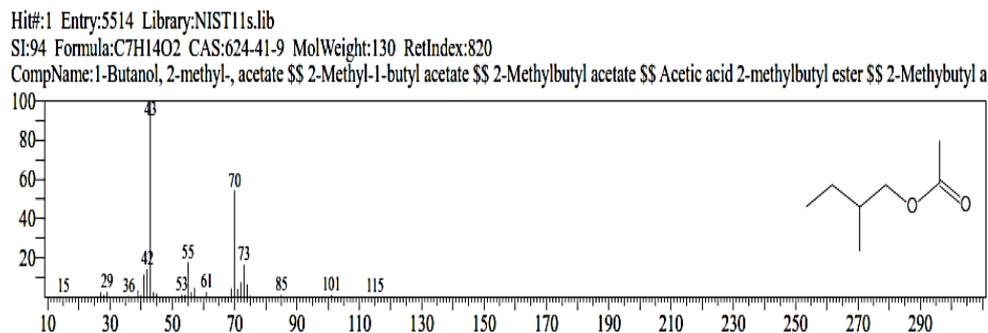


Figura 92: Cromatografía de gases de 1-Butanol, 2-methyl-, acetate

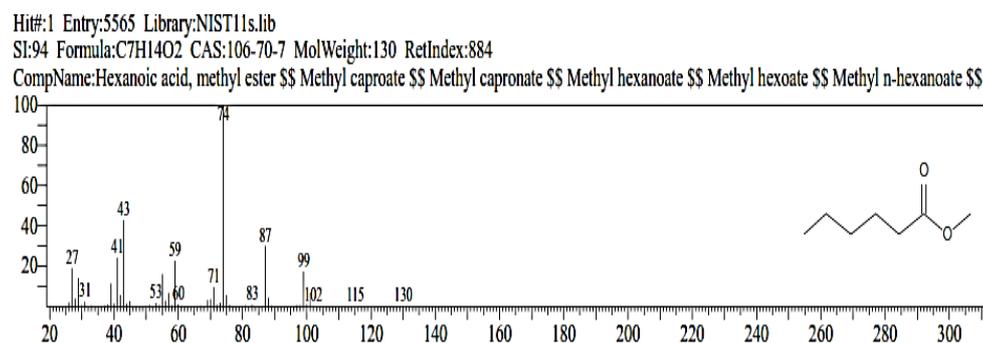


Figura 93: Cromatografía de gases de Hexanoic acid, methyl ester

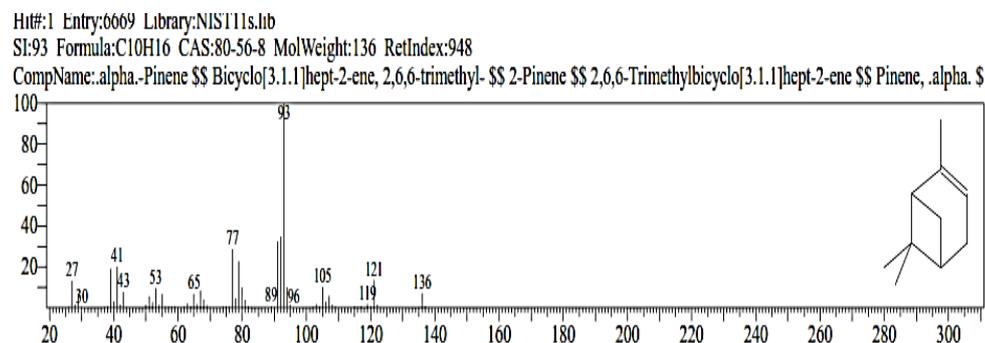


Figura 94: Cromatografía de gases de .alpha.-Pinene

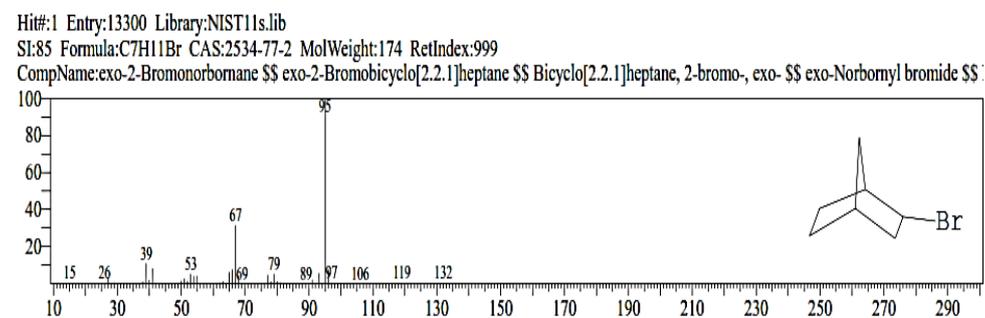


Figura 95: Cromatografía de gases de exo-2-Bromonorbomane

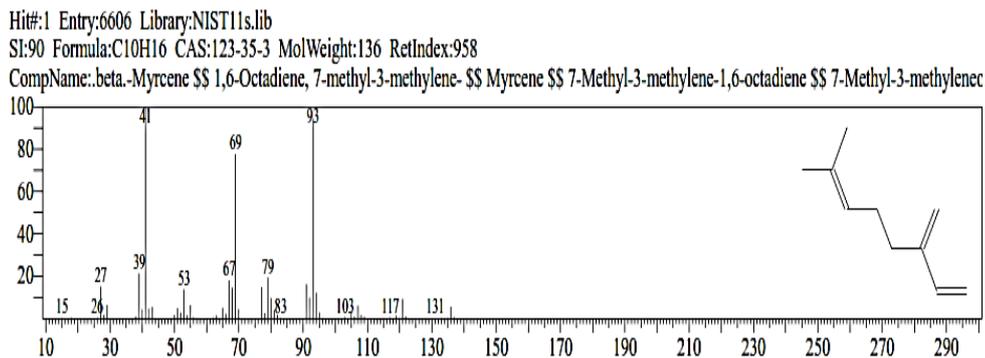


Figura 96: Cromatografía de gases de .beta.-Myrcene

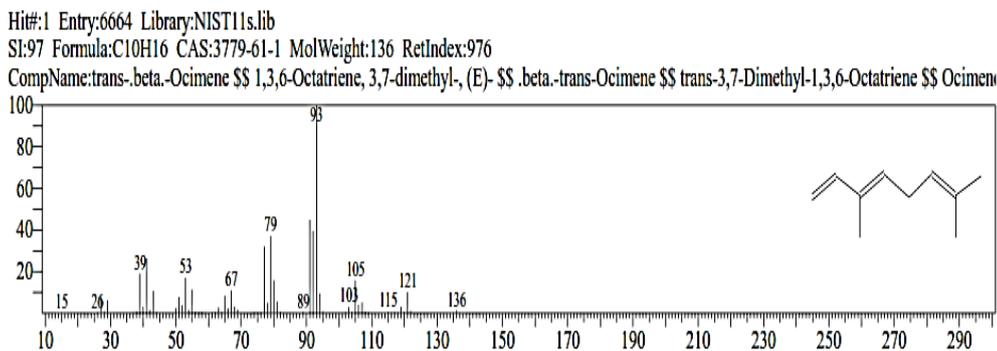


Figura 97: Cromatografía de gases de trans-.beta.-Ocimene

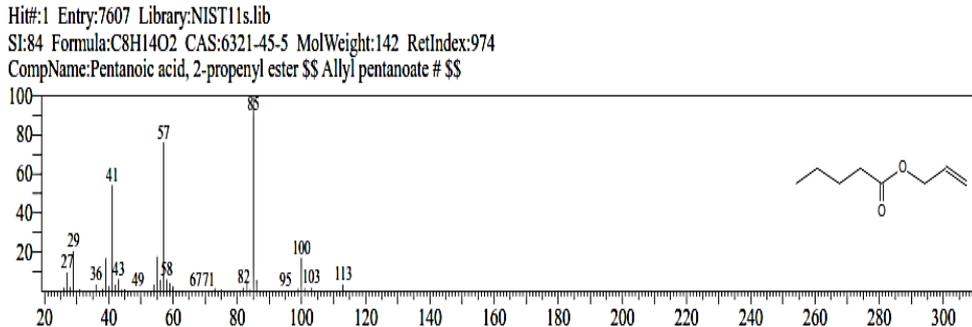


Figura 98: Cromatografía de gases de Pentanoic acid, 2-propenyl ester

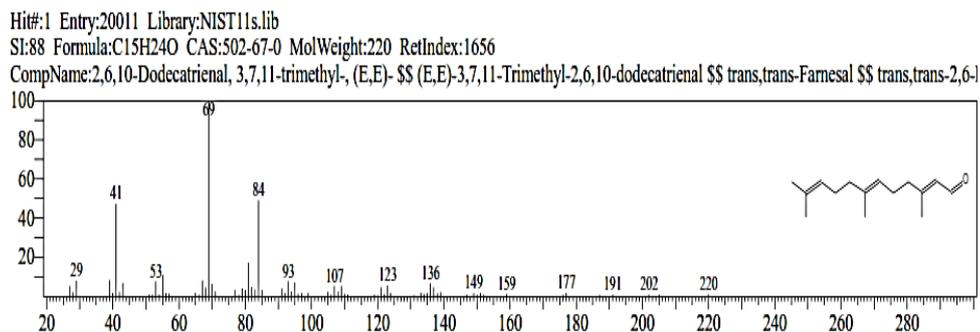


Figura 99: Cromatografía de gases de 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)

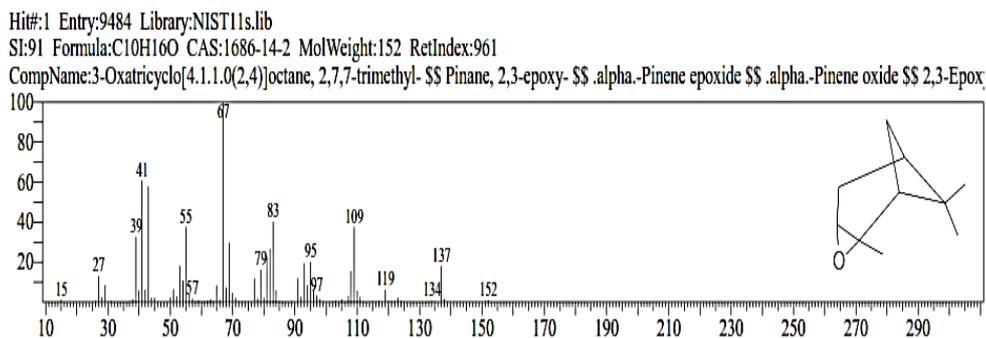


Figura 100: Cromatografía de gases de 3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trim

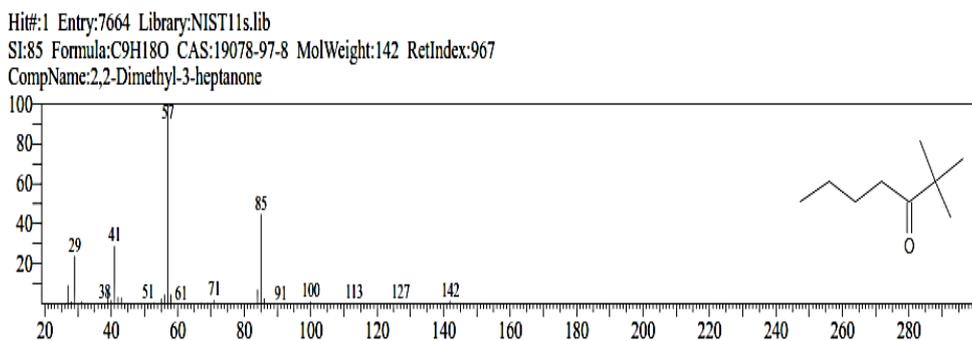


Figura 101: Cromatografía de gases de 2,2-Dimethyl-3-heptanone

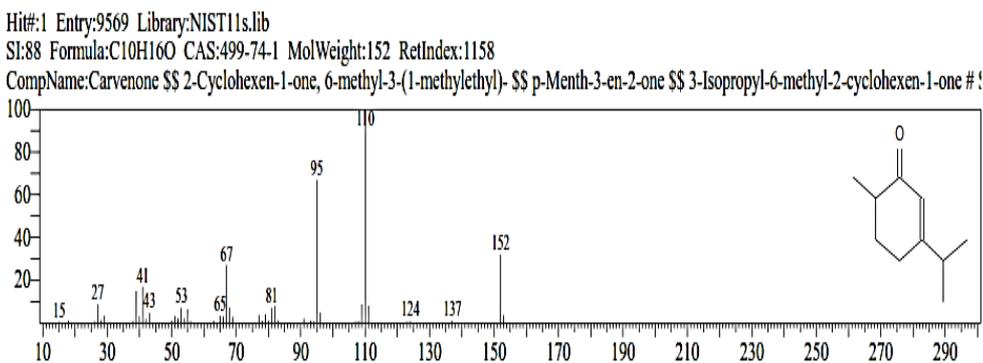


Figura 102: Cromatografía de gases de Carvenone

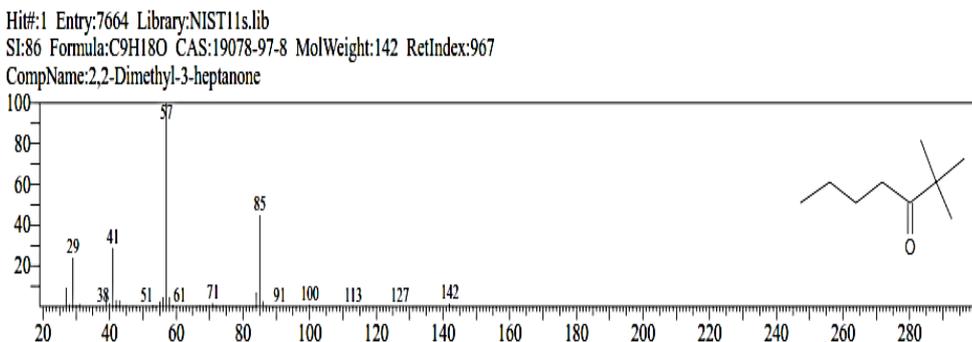


Figura 103: Cromatografía de gases de 2,2-Dimethyl-3-heptanone

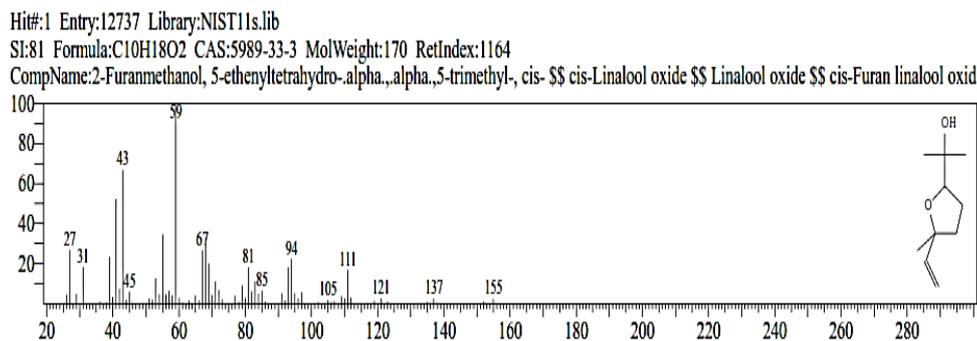


Figura 104: Cromatografía de gases de 2-Furanmethanol, 5-ethenyltetrahydro-.alpha

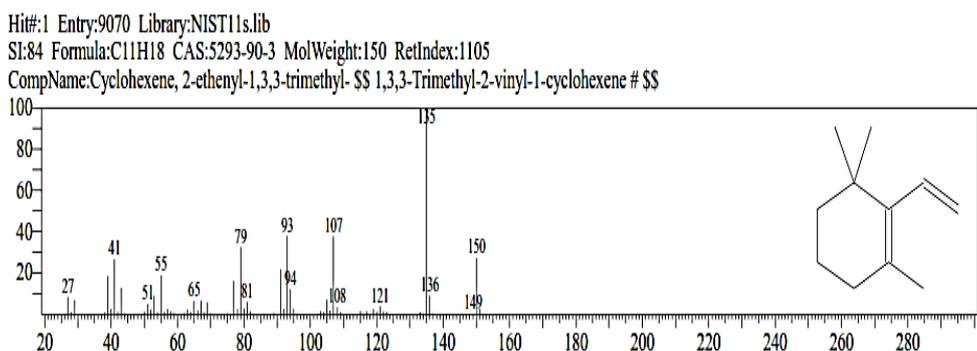


Figura 105: Cromatografía de gases de Cyclohexene, 2-ethenyl-1,3,3-trimethyl-

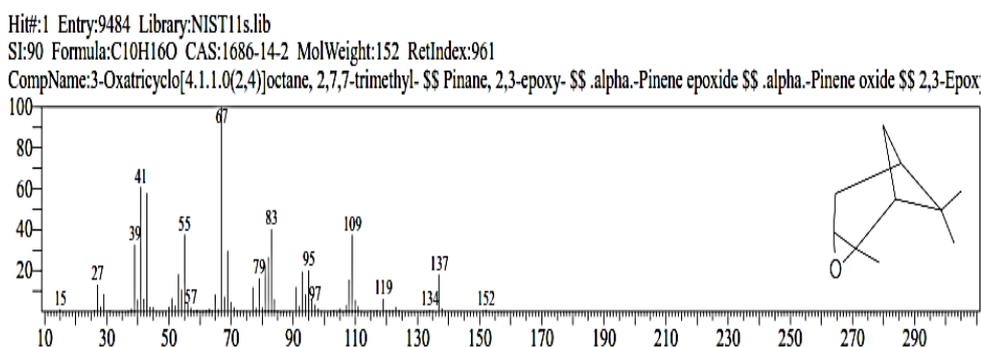


Figura 106: Cromatografía de gases de 3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trim

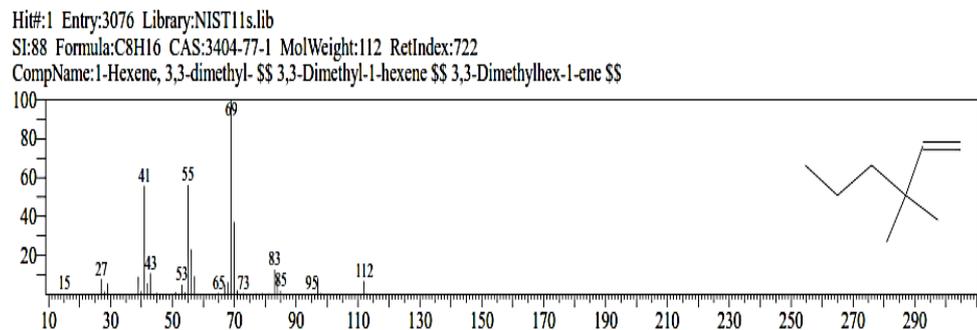


Figura 107: Cromatografía de gases de 1-Hexene, 3,3-dimethyl-

Hit#:1 Entry:11130 Library:NIST11s.lib  
 SI:88 Formula:C6H11Br CAS:108-85-0 MolWeight:162 RetIndex:977  
 CompName:Cyclohexane, bromo- \$\$ Bromocyclohexane \$\$ Cyclohexyl bromide \$\$ 1-Bromocyclohexane \$\$

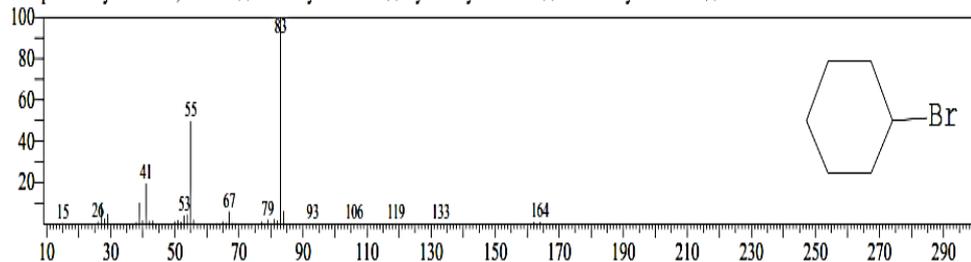


Figura 108: Cromatografía de gases de Cyclohexane, bromo-

Hit#:1 Entry:9578 Library:NIST11s.lib  
 SI:73 Formula:C10H16O CAS:70786-44-6 MolWeight:152 RetIndex:1103  
 CompName:3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzofuran \$\$ 3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydro-1-benzofuran # \$\$ 3,9-Epoxy-1-p-menthene :

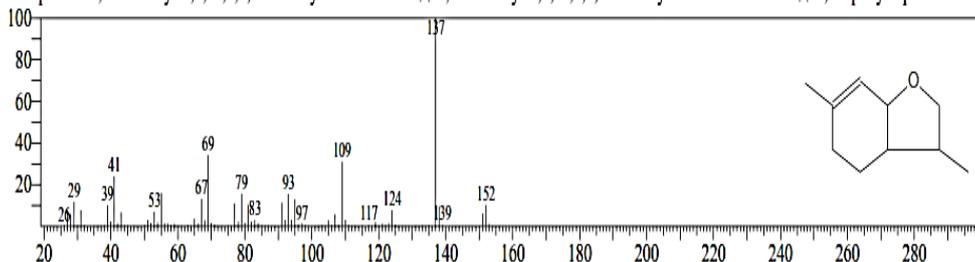


Figura 109: Cromatografía de gases de 3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzo

Hit#:1 Entry:2981 Library:NIST11s.lib  
 SI:84 Formula:C7H12O CAS:1679-51-2 MolWeight:112 RetIndex:1005  
 CompName:3-Cyclohexene-1-methanol \$\$ 3-Cyclohexene-1-carbinol \$\$ 4-(Hydroxymethyl)cyclohexene \$\$ 1,2,3,6-Tetrahydrobenzyl alcohol \$\$ 1-H-

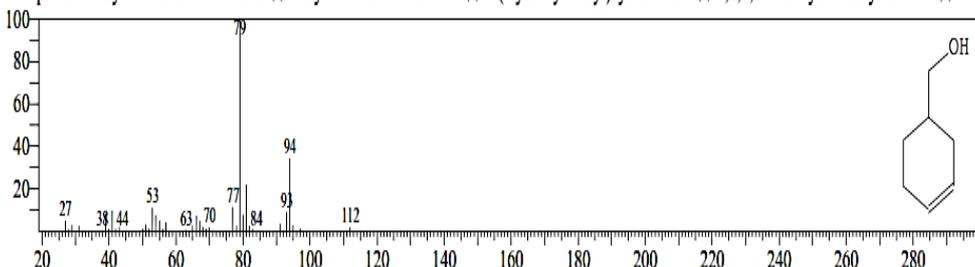


Figura 110: Cromatografía de gases de 3-Cyclohexene-1-methanol

Hit#:1 Entry:2784 Library:NIST11s.lib  
 SI:84 Formula:C8H14 CAS:756-02-5 MolWeight:110 RetIndex:689  
 CompName:1,4-Pentadiene, 2,3,3-trimethyl- \$\$ 2,3,3-Trimethyl-1,4-pentadiene \$\$

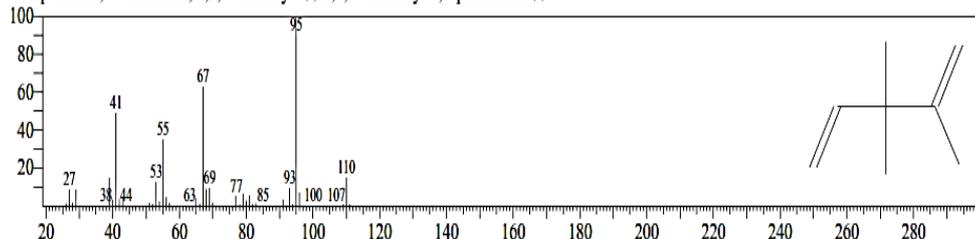


Figura 111: Cromatografía de gases de 1,4-Pentadiene, 2,3,3-trimethyl-

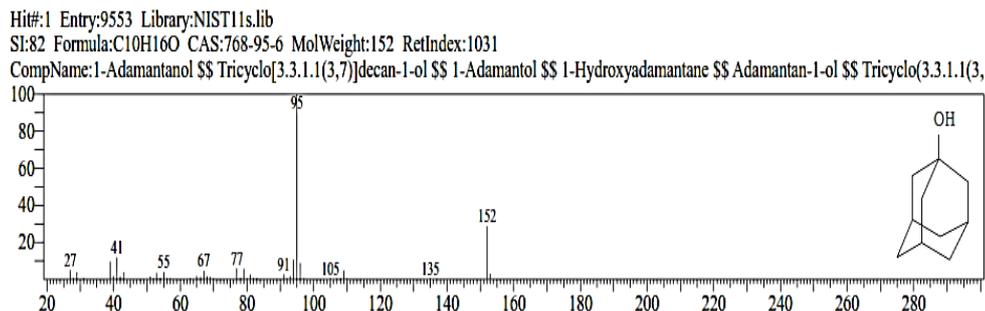


Figura 112: Cromatografía de gases de 1-Adamantanol

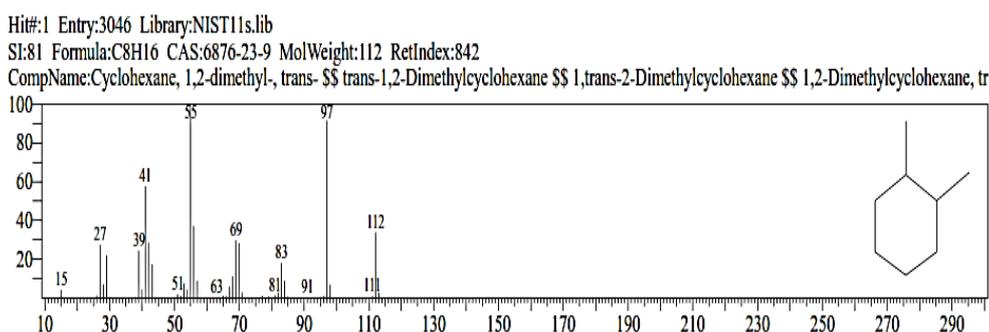


Figura 113: Cromatografía de gases de Cyclohexane, 1,2-dimethyl-, trans-

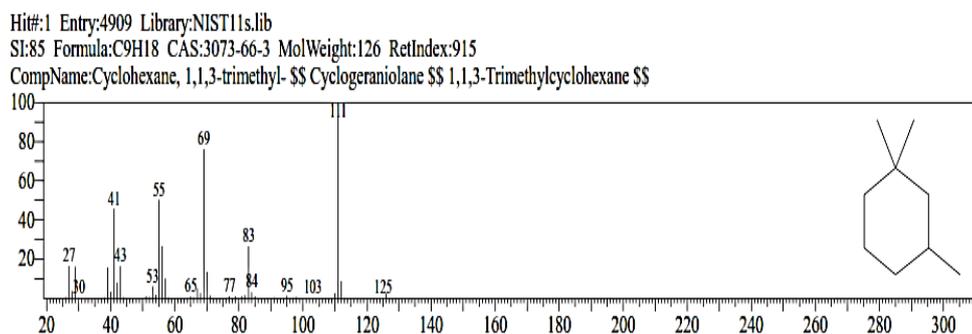


Figura 114: Cromatografía de gases de Cyclohexane, 1,1,3-trimethyl

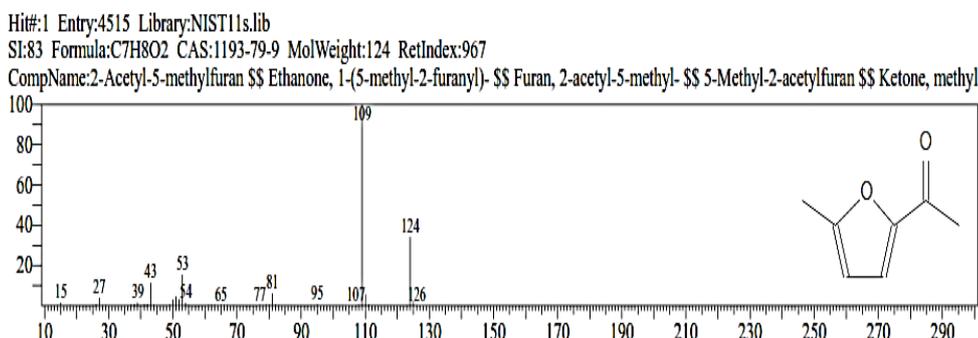


Figura 115: Cromatografía de gases de 2-Acetyl-5-methylfuran

Hit#:1 Entry:12450 Library:NIST11s.lib  
SI:77 Formula:C<sub>11</sub>H<sub>20</sub>O CAS:67845-50-5 MolWeight:168 RetIndex:1247  
CompName:3,7-Nonadien-2-ol, 4,8-dimethyl- \$\$ 4,8-Dimethyl-3,7-nonadien-2-ol \$\$ 4,8-Dimethylnona-3,7-dien-2-ol \$\$

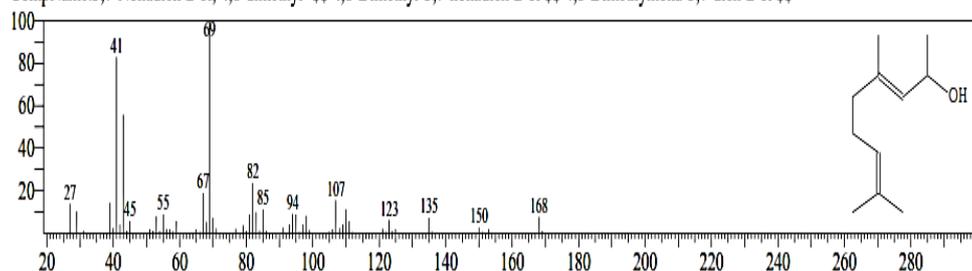


Figura 116: Cromatografía de gases de 3,7-Nonadien-2-ol, 4,8-dimethyl-

Hit#:1 Entry:9028 Library:NIST11s.lib  
SI:84 Formula:C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>O CAS:80-57-9 MolWeight:150 RetIndex:1119  
CompName:Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimethyl- \$\$ 2-Pinen-4-one \$\$ Berbenone \$\$ Verbenone \$\$ 4,6,6-Trimethylbicyclo[3.1.1]hept-3-en

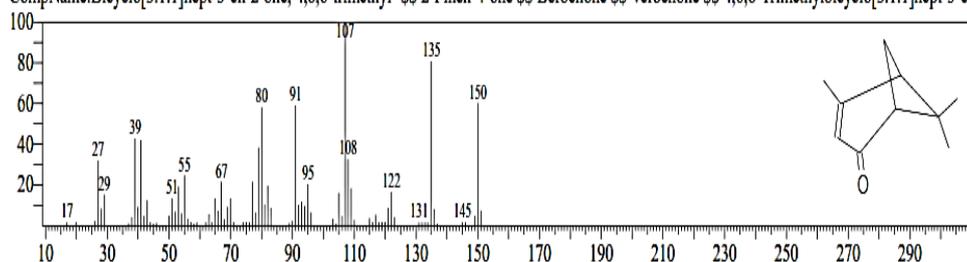


Figura 117: Cromatografía de gases de Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimeth

Hit#:1 Entry:12100 Library:NIST11s.lib  
SI:75 Formula:C<sub>11</sub>H<sub>18</sub>O CAS:472-66-2 MolWeight:166 RetIndex:1303  
CompName:1-Cyclohexene-1-acetaldehyde, 2,6,6-trimethyl- \$\$ 2,6,6-Trimethyl-1-cyclohexene-1-acetaldehyde \$\$ (2,6,6-Trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)

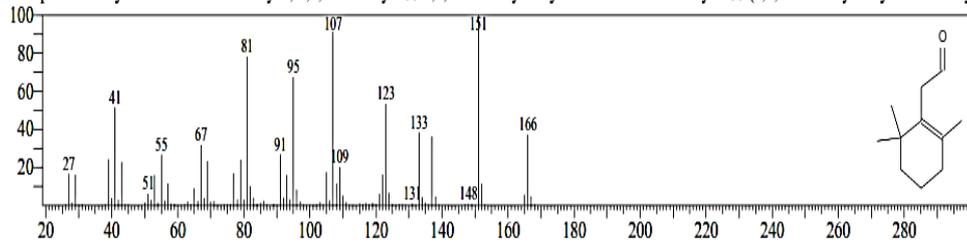


Figura 118: Cromatografía de gases de 1-Cyclohexene-1-acetaldehyde, 2,6,6-trimet

Hit#:1 Entry:9028 Library:NIST11s.lib  
SI:89 Formula:C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>O CAS:80-57-9 MolWeight:150 RetIndex:1119  
CompName:Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimethyl- \$\$ 2-Pinen-4-one \$\$ Berbenone \$\$ Verbenone \$\$ 4,6,6-Trimethylbicyclo[3.1.1]hept-3-en

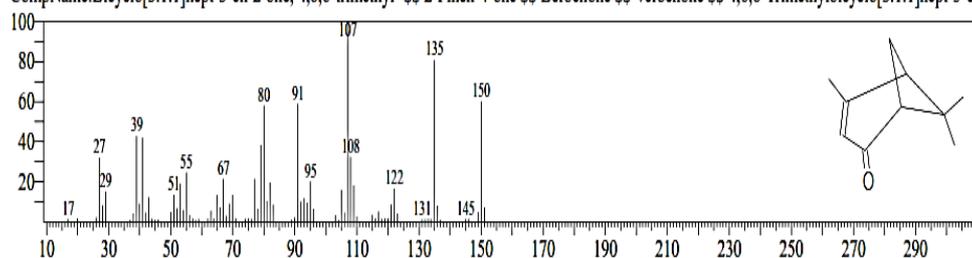


Figura 119: Cromatografía de gases de Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimeth

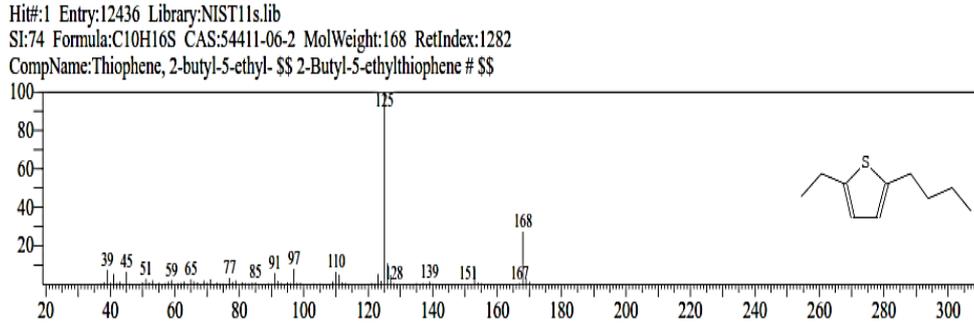


Figura 120: Cromatografía de gases de Thiophene, 2-butyl-5-ethyl-

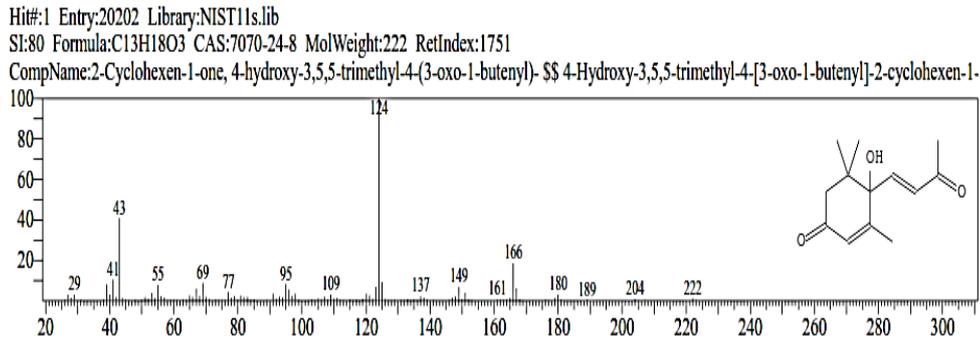


Figura 121: Cromatografía de gases de 2-Cyclohexen-1-one, 4-hydroxy-3,5,5-trimet

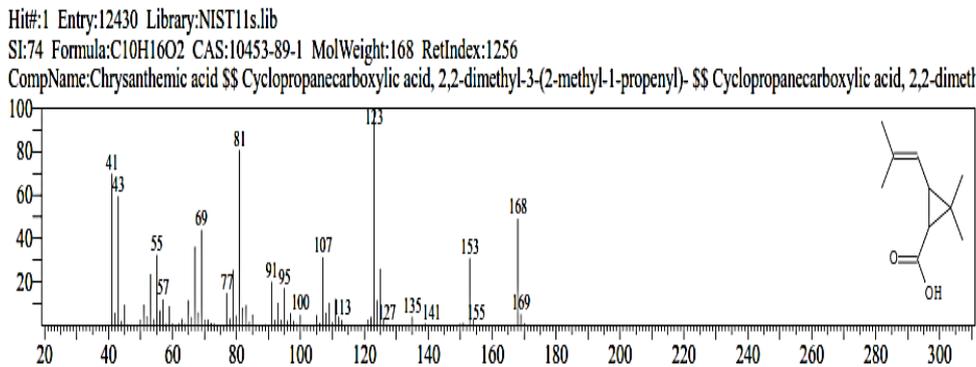


Figura 122: Cromatografía de gases de Chrysanthemic acid

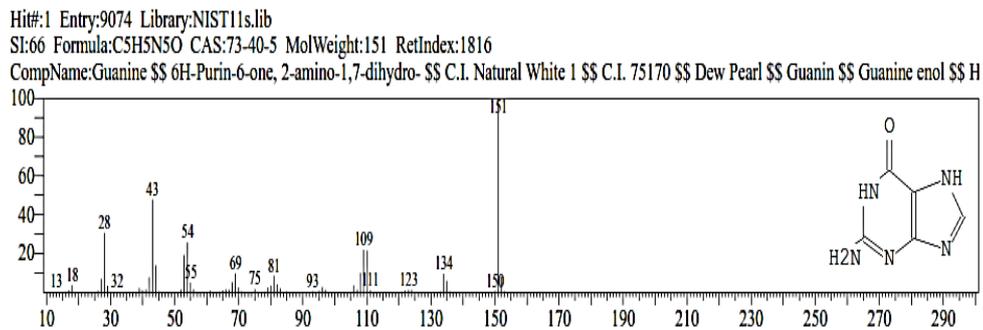


Figura 123: Cromatografía de gases de Guanine

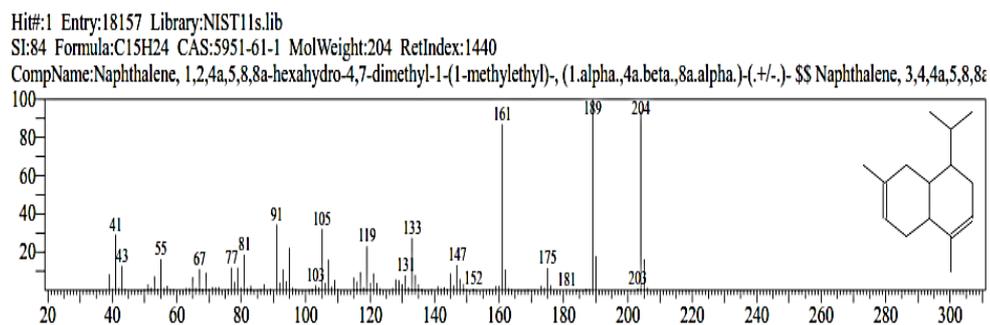


Figura 124: Cromatografía de gases de Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-di

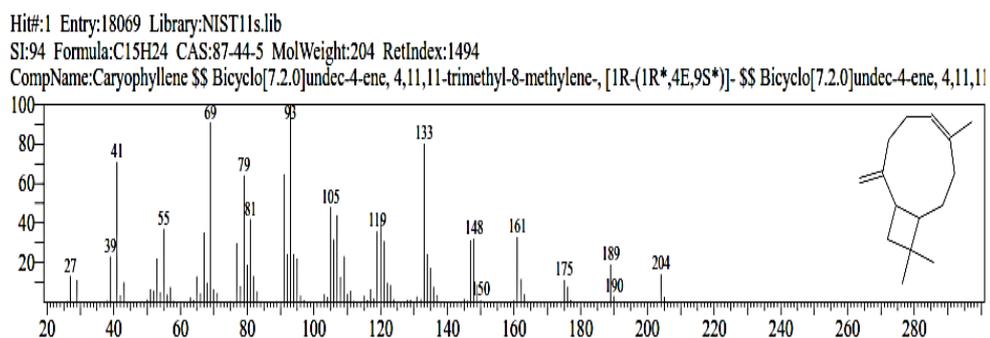


Figura 125: Cromatografía de gases de Caryophyllene

## ANEXO 4

### 4.1. Identificación y cuantificación de 1-adamantanol presente en el aceite esencial de *Tagetes minuta* mediante HPLC en cuatro localidades de la Región Amazonas.

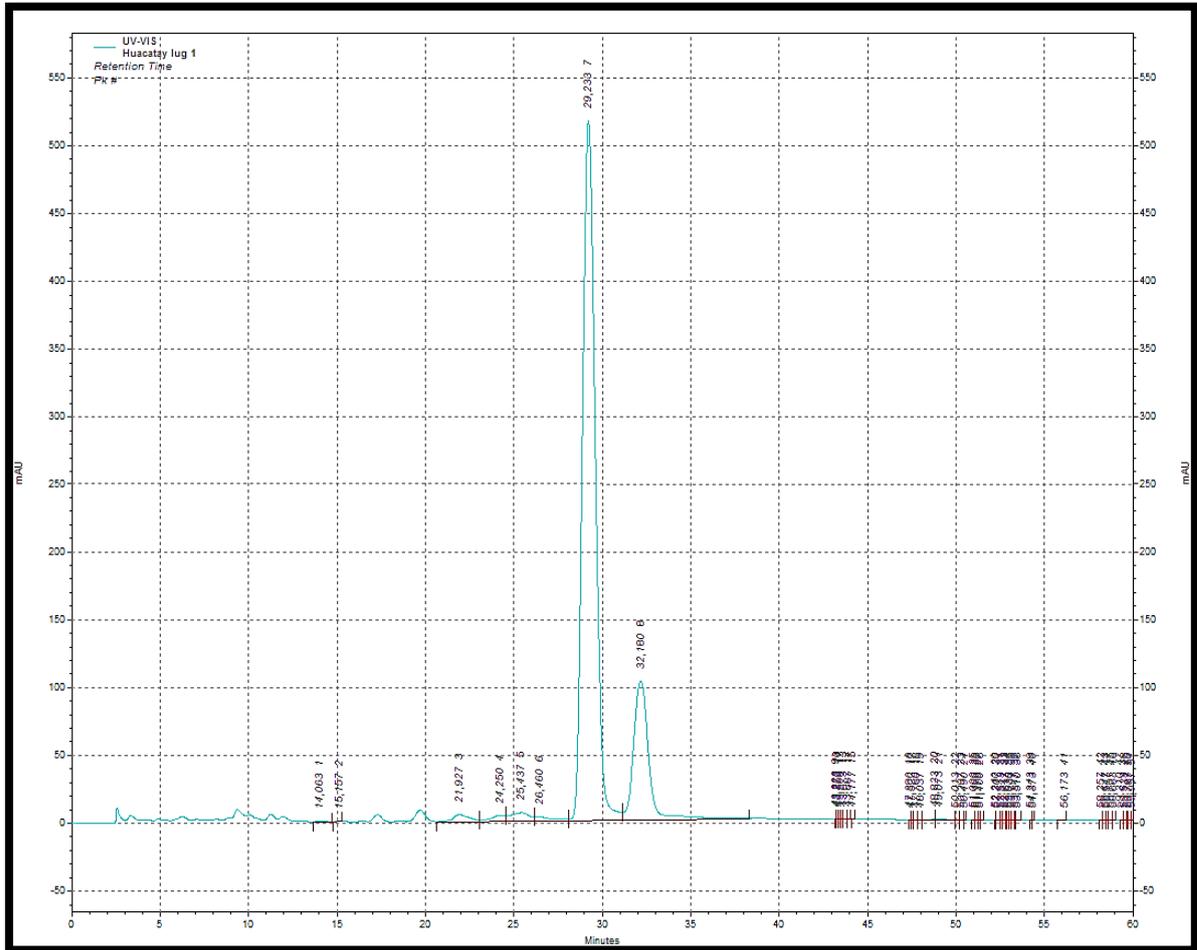


Figura 126. Componente 1-Adamantanol del aceite esencial de *T.minuta*, en la localidad de Limabamaba-Amazonas.

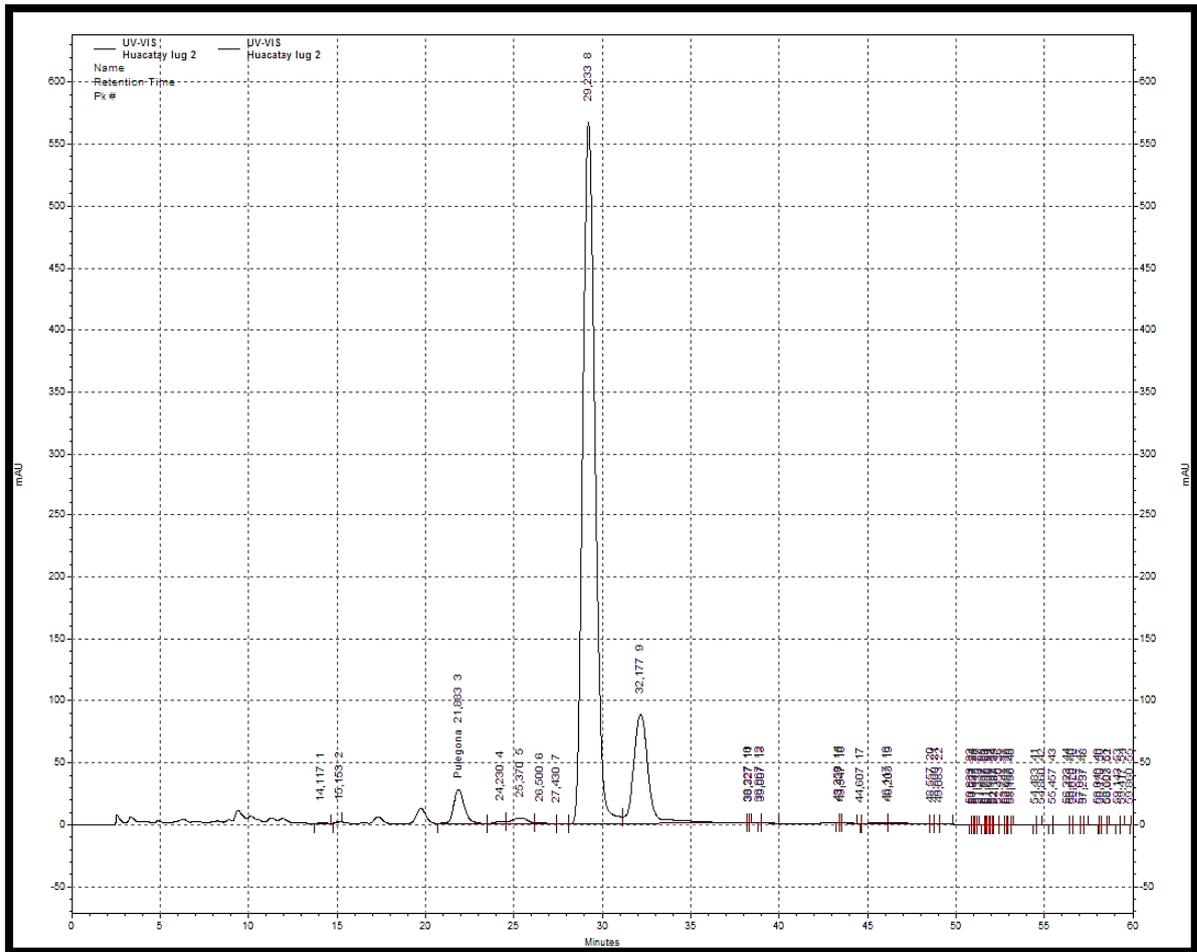


Figura 127. Componente 1-Adamantanol del aceite esencial de *T.minuta*, en la localidad de Suyusbamba -Amazonas.

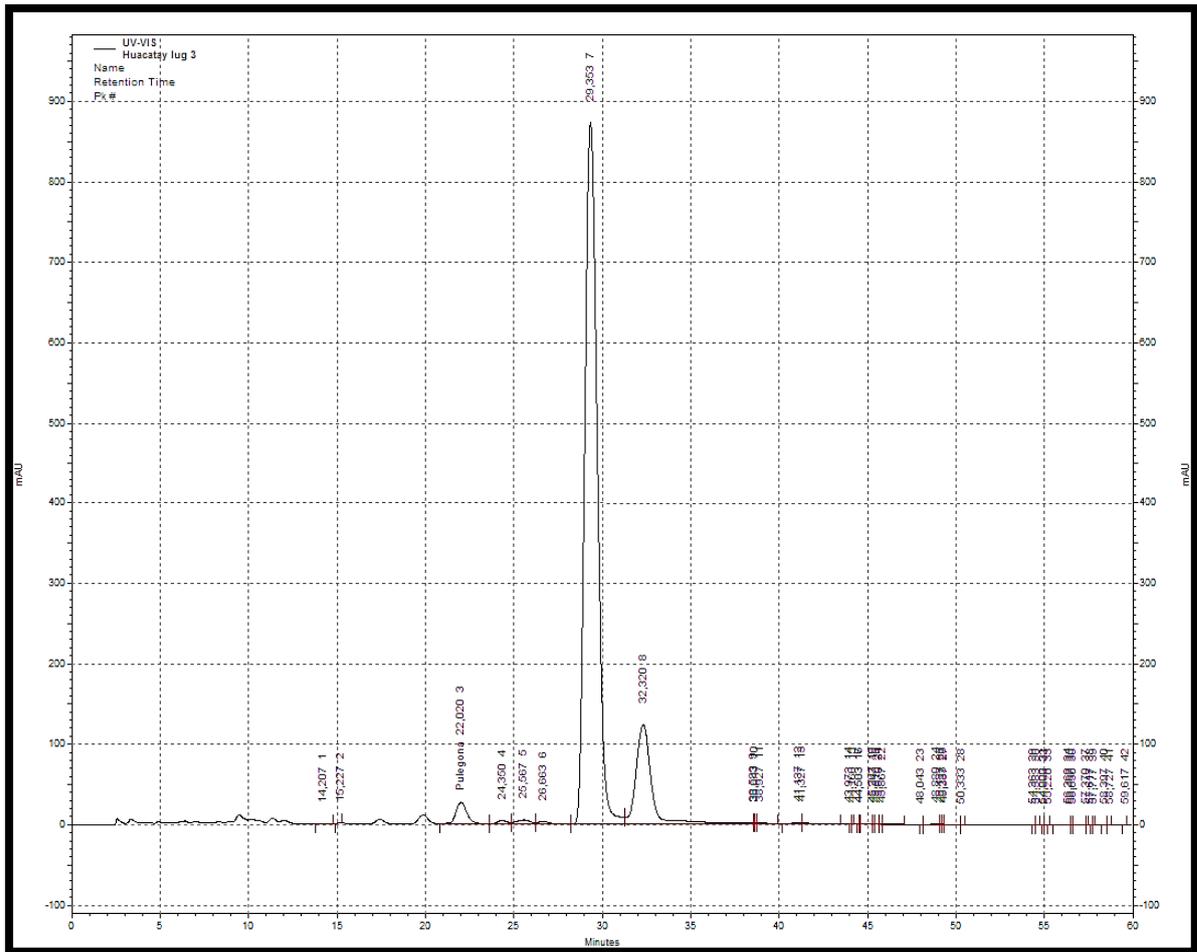


Figura 128. Componente 1-Adamantanol del aceite esencial de *T.minuta*, en la localidad de Nuevo Tingo-Amazonas.

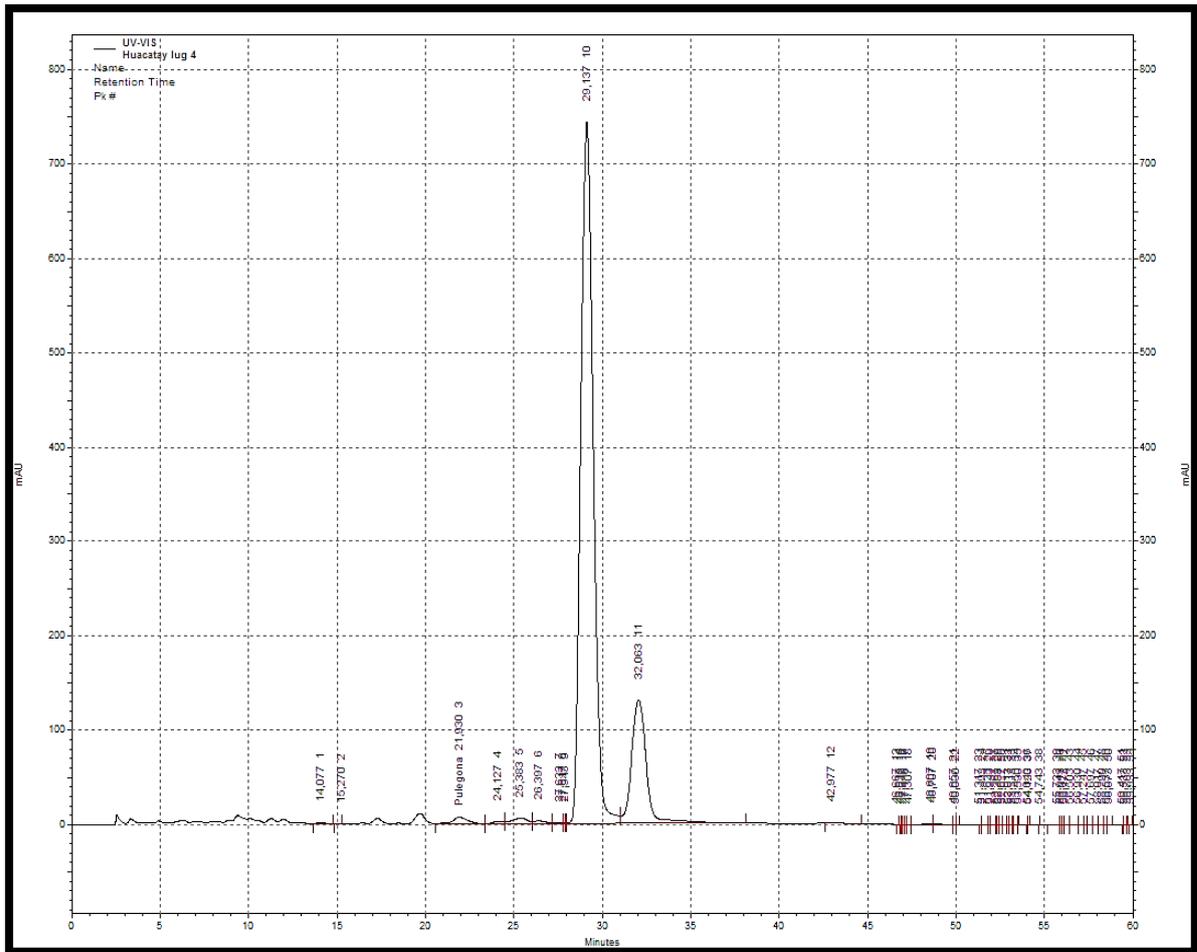


Figura 129. Componente 1-Adamantanol del aceite esencial de *T.minuta*, en la localidad de Campo Redondo-Amazonas.

## ANEXO 5

### Fotos obtenidas durante el desarrollo del proyecto



Figura 130: Identificación y recolección de *Tagetes minuta*.



Figura 131: Secado de las muestras recolectadas de huacatay



Figura 132. Adecuación de las muestras en el equipo de extracción de arrastre por vapor



Figura 133. Decantación del aceite esencial extraído.



Figura 134. Preparación de muestras para evaluación DPPH



Figura 135. Columna RP-18 endcapped (5 µm) N° 702212 y estándar 1-Adamantanol.



Figura 136. Equipo de Cromatografía Líquida en Alta Resolución - HPLC