

UNIVERSIDAD NACIONAL

TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE
ROMERO (*Rosmarinus officinalis*) DE LA REGIÓN AMAZONAS**

TESIS

Para obtener el título profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Bach. Marilu Mestanza Mendoza

CHACHAPOYAS-PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL

TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE
ROMERO (*Rosmarinus officinalis*) DE LA REGIÓN AMAZONAS**

TESIS

Para obtener el título profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTOR : Bach. Marilu Mestanza Mendoza

ASESOR : Ing. Erick Aldo Auquiñivin Silva

CHACHAPOYAS-PERÚ

2017

DEDICATORIA

A Dios por llenarme de bendiciones en todo momento y darme sabiduría, fortaleza y paciencia para culminar con esta etapa de mi vida.

A mi madre, Rosario, por ser la fuerza motora que con amor y paciencia guían mi caminar y por luchar todos los días para ser el mejor ejemplo de perseverancia, humildad y dedicación.

A Gleni por ser la hermana y amiga que me apoyó en la realización de este trabajo y me contagia todos los días de alegría, entusiasmo y felicidad.

A cada uno de mis familiares por apoyarme en mi formación profesional y acompañarme en todos los momentos especiales de mi vida.

A los docentes por considerarme para participar en este proyecto de Concytec y por brindarme las facilidades para ejecutarlo.

A nuestra Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que nos formó durante cinco años.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, en especial a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, por brindar una educación de calidad y fomentar la preparación tanto personal como profesional.

A los docentes de la FICA, por impartir sus valiosos conocimientos y compartir cada una de sus experiencias.

Al Ing. Segundo Chávez Quintana coordinador del proyecto de investigación, al Ing. Erick Aldo Auquiñivin Silva mi asesor, gracias por sus valiosas asesorías, conocimientos compartidos y tiempo.

Y especialmente a Dios por darme la fuerza para cumplir mi meta.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

JORGE LUIS MAICELO QUINTANA, PhD.

RECTOR

OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES, Dr.

VICERRECTOR ACADÉMICO

MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA, Dra.

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

ARMSTRONG BARNARD FERNANDEZ JERI, Mg. Sc.

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El docente de la UNTRM que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada “**Caracterización fisicoquímica del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) de la región Amazonas**” del egresado de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNTRM.

Bach. Marilu Mestanza Mendoza

Se da el **Visto Bueno** al informe final de la tesis mencionada, dándole pase para que sea sometido a la revisión del Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones dadas por el Jurado Evaluador, para su posterior sustentación.

Chachapoyas, 8 junio del 2017

Ing. Erick Aldo Aunquiñivin Silva

Asesor

JURADO EVALUADOR

Ing. Mg. Sc. Armstrong Barnard Fernandez Jeri

PRESIDENTE

Ing. Guillermo Idrogo Vásquez

SECRETARIO

Ing. Lizette Daniana Mendez Fasabi

VOCAL

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo Marilu Mestanza Mendoza identificada con DNI: 47034648, estudiante 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.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autora de la tesis titulada

Caracterización fisicoquímica del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) de la región Amazonas

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 asumo 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: asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas 8 de junio del 2017

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS.....	2
2.1.	Objetivo general.....	2
2.2.	Objetivos específicos.....	2
III.	MARCO TEÓRICO	3
3.1.	Antecedentes.....	3
3.2.	Bases teórica.....	9
3.2.1.	Romero.....	9
3.2.1.1.	Composición química del romero.....	10
3.2.1.2.	Capacidad antioxidante del romero	10
3.2.1.3.	Usos y aplicaciones.....	10
3.2.1.4.	Hábitat.....	11
3.2.2.	Aceite esencial.....	11
3.2.2.1.	Composición química de los aceites esenciales naturales	12
3.2.2.2.	Propiedades de los aceites esenciales	13
3.2.2.3.	Obtención de aceites esenciales	13
3.2.3.	Antioxidantes.....	14
3.2.3.1.	Antioxidantes en la salud.....	15
3.2.3.2.	Antioxidantes en la alimentación humana	15
IV.	MATERIAL Y MÉTODOS	16
V.	RESULTADOS	21
VI.	DISCUSIÓN.....	31
VII.	CONCLUSIONES.....	33
VIII.	RECOMENDACIONES.....	34
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	35
X.	ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Investigaciones sobre el aceite esencial de romero	4
Tabla 2. Composición química del aceite esencial de romero	13
Tabla 3. Coordenadas UTM tomadas en cada lugar de muestreo	17
Tabla 4. Rendimiento de aceite esencial de romero de cuatro lugares de la región Amazonas.....	20
Tabla 5. Análisis de varianza del rendimiento observado	21
Tabla 6. Rendimiento, v/w del aceite esencial de romero mediante la prueba de Tukey....	22
Tabla 7. Gravedad específica del aceite esencial de romero	22
Tabla 8. Análisis de varianza de gravedad específica	23
Tabla 9. Gravedad específica del aceite esencial de romero, analizado mediante la prueba de tukey.....	23
Tabla 10. Índice de refracción del aceite esencial de romero.....	24
Tabla 11. Análisis de varianza de índice de refracción	24
Tabla 12. Índice de refracción del aceite esencial de romero, analizado mediante la prueba de Tukey.....	24
Tabla 14. Pruebas de efectos inter- sujetos para aceite esencial de romero	25
Tabla 15. Análisis GCMS- LS aceite esencial de romero	26
Tabla 16. Análisis GC-MS- HS aceite esencial de romero	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución de romero (<i>R. officinalis</i> L.).....	17
Figura 2. Cromatograma de aceite esencial de romero cultivado en la región Amazonas..	28
Figura 3. Cromatograma de los compuestos volátiles del aceite esencial de romero	30
Figura 4. Cromatograma y estructura química de Furan	39
Figura 5. Cromatograma y estructura química de 3-Penten-2-one.....	39
Figura 6. Cromatograma y estructura química de 2-Hexenal.....	40
Figura 7. Cromatograma y estructura química de 3-Hexen-1-ol.....	40
Figura 8. Cromatograma y estructura química de .beta.-Pinene	41
Figura 9. Cromatograma y estructura química de Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane	41
Figura 10. Cromatograma y estructura química de Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene	42
Figura 11. Cromatograma y estructura química de .alpha.-Pinene	42
Figura 12. Cromatograma y estructura química de Camphene	43
Figura 13. Cromatograma y estructura química de Benzene.....	43
Figura 14. Cromatograma y estructura química de Bicyclo[3.1.1]heptane.....	44
Figura 15. Cromatograma y estructura química de 3-Octanone.....	44
Figura 16. Cromatograma y estructura química de .beta.-Myrcene	45
Figura 17. Cromatograma y estructura química de .alpha.-Phellandrene	45
Figura 18. Cromatograma y estructura química de 1,3-Cyclohexadiene	46
Figura 19. Cromatograma y estructura química de o-Cymene.....	46
Figura 20. Cromatograma y estructura química de .beta.-Phellandrene	47
Figura 21. Cromatograma y estructura química de D-Limonene.....	47
Figura 22. Cromatograma y estructura química de .alpha.-Phellandrene	48
Figura 23. Cromatograma y estructura química de Eucalyptol.....	48
Figura 24. Cromatograma y estructura química de trans-.beta.-Ocimene.....	49
Figura 25. Cromatograma y estructura química de 1,3,6-Octatriene	49
Figura 26. Cromatograma y estructura química de .gamma.-Terpinene	50
Figura 27. Cromatograma y estructura química de Cyclohexene	50
Figura 28. Cromatograma y estructura química de Cyclohexanol,	51
Figura 29. Cromatograma y estructura química de 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	51
Figura 30. Cromatograma y estructura química de (+)-2-Bornanone	52
Figura 31. Cromatograma y estructura química de Isopulegol	52
Figura 32. Cromatograma y estructura química de Pinocarvone	53
Figura 33. Cromatograma y estructura química de endo-Borneol	53
Figura 34. Cromatograma y estructura química de Bicyclo[3.1.1]heptan-3-one	54
Figura 35. Cromatograma y estructura química de Terpinen-4-ol	54

Figura 36. Cromatograma y estructura química de .alpha.-Terpineol.....	55
Figura 37. Cromatograma y estructura química de Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one	55
Figura 38. Cromatograma y estructura química de Bornyl acetate	56
Figura 39. Cromatograma y estructura química de alpha.-Cubebene	56
Figura 40. Cromatograma y estructura química de Caryophyllene.....	57
Figura 41. Cromatograma y estructura química de Humulene.....	57
Figura 42. Cromatograma y estructura química de Citronellol.....	58
Figura 43. Cromatograma y estructura química de 2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	58
Figura 44. Cromatograma y estructura química de 3-Hexen-2-one	59
Figura 45. Cromatograma y estructura química de Pulegone	59
Figura 46. Cromatograma y estructura química de (-)-cis-Myrtaol	60
Figura 47. Cromatograma y estructura química de Ylangene	60
Figura 48. Cromatograma y estructura química de 2-Cyclopenten-1-one, 3-methyl-2-(2-penteny).....	61
Figura 49. Cromatograma y estructura química de Methyleugenol	61
Figura 50. Cromatograma y estructura química de Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-m.....	62
Figura 51. Cromatograma y estructura química de Alloaromadendrene.....	62
Figura 52. Cromatograma y estructura química de Humulene.....	63
Figura 53. Cromatograma y estructura química de Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-di.....	63
Figura 54. Cromatograma y estructura química de gamma.-Muurolene.....	64
Figura 55. Cromatograma y estructura química de .alpha.-Muurolene.....	64
Figura 56. Cromatograma y estructura química de beta.-Bisabolene.....	65
Figura 57. Cromatograma y estructura química de Naphthalene, 1,2,3,4,4a,7-hexahydro-1,6-dim.....	63
Figura 58. Cromatograma y estructura química de Caryophyllene oxide.....	66
Figura 59. Planta de romero	66
Figura 60. Secado de las hojas de romero	67
Figura 61. Destilacion del aceite esencial	67
Figura 62. Aceite esencial de romero	68
Figura 63. Centrifugación de los aceites esenciales	68
Figura 64. Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial.....	69

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar las características fisicoquímicas del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) provenientes de cuatro lugares de la región Amazonas (Luya, Lamud, Taquia y San Nicolás). El aceite esencial (AE) fue extraído mediante arrastre de vapor y el agua remanente fue eliminada utilizando sulfato de sodio anhidro; se midieron las características físicas rendimiento, densidad, índice de refracción y las químicas actividad antioxidante utilizando la técnica DPPH y la composición química mediante cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS). Se obtuvo rendimientos entre 0,6 – 1,6% (p/p); índices de refracción entre 1,4747-1,4757 y densidad desde 0,82927 a 0,92376 (g/cm³). El barrido del radical libre DPPH medido en IC50 estuvo entre 4,877 - 5,374; se utilizó la vitamina C como control. Se reportaron 58 componentes de los cuales beta -Myrceno (26,61%), (+)-2-Bornanone (19,56%), Eucalyptol (10,24%) y Caryophyllene (7,27%) fueron los principales; cuando se realizó el análisis cromatográfico de solamente los compuestos volátiles, el beta-Myrceno siguió siendo el componente predominante.

Palabras clave: *Rosmarinus officinalis*, aceite esencial, actividad antioxidante, GC/MS

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the physicochemical characteristics of rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis*) from four sites in the Amazon region (Luya, Lamud, Taquia and San Nicolás). The essential oil was extracted by steam stripping and the remaining water was removed using anhydrous sodium sulfate; Physical performance, density, refractive index and chemical antioxidant activity using the DPPH technique and chemical composition were measured by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). Yields were obtained between 0.6-1.6% (w / w); Indices of refraction between 1.4747-1.4757 and density from 0.82927 to 0.92376 (g / cm³). The free radical DPPH sweep measured at IC50 was between 4,877-5,374; Vitamin C was used as a control. A total of 58 components were reported, of which beta-Myrene (26.61%), (+) - 2-Bornanone (19.56%), Eucalyptol (10.24%) and Caryophyllene when the chromatographic analysis of only the volatile compounds was performed, Beta-Myrcene remained the predominant component.

Keywords: *Rosmarinus officinalis*, essential oils, antioxidant activity, GC/MS

I. INTRODUCCIÓN

La industria de aceites esenciales está estrechamente relacionada no sólo con el sector productivo y tecnológico: destilación, refinación y transformación; sino también con el desarrollo agrícola, el establecimiento y el manejo de cultivos de plantas aromáticas, materia prima para la obtención de aceites (Camargo & Rodríguez, 2006). En promedio, de 1 000 kg de masa vegetal se obtienen alrededor de diez kilogramos del aceite esencial; lo que indica la necesidad de cultivos extensos, varias hectáreas sembradas con plantas aromáticas (de 10 000 a 40 000 plantas/ha), para llegar a la obtención de 500 – 1 000 kg de aceite esencial por año. Sin embargo, algunos aceites costosos o exóticos, con una demanda menor, podrían requerir menores áreas de siembra.

En regiones tropicales muchas plantas se pueden cultivar intercaladas, por ejemplo, combinadas con caucho, cacao o café, yuca o frutales; además se obtiene una ventaja competitiva sin parangón, que es la posibilidad de varias cosechas (2 a 4) al año. (Meléndez, Kouznetsov, Sortino, Álvarez, & Zacchino, 2008).

El romero (*R. officinalis* L.) se desarrolla o se cultiva bajo condiciones de: temperatura de 9-28°C, con una precipitación anual de 0,3- 2,7 m y un pH del suelo de 4,5-8,7. Es un arbusto aromático tolerante a la sequía, puede crecer en suelos rocosos y arenosos, bien drenados y poco profundos. Se comercializa por semilla, los cuales tienen un poder germinativo de 40%. En los viveros se siembran al aire libre, los cuales se riegan constantemente y logran enraizar de 2-3 meses. Es un cultivo poco exigente, pero requiere fertilización orgánica, debido a que es atacado por coleópteros y nematodos. Las hojas se secan a la sombra, para obtener aceite esencial u oleoresina, para ello se prefieren los brotes florales, los rendimientos esperados son de 1,5- 2 ton/h de hojas secas o 10- 15 kg/h de aceite esencial. La planta de romero se cosecha 2 veces al año (Cáceres, 1996).

El presente proyecto surgió de la necesidad de conocer las características físico-químicas del aceite esencial de romero, cultivado en Amazonas.

II. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el aceite esencial de romero (*R. officinalis*) de la región Amazonas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar las características físicas del aceite esencial de *R. officinalis* L. recolectadas en las diferentes localidades de la región Amazonas.
- Determinar la actividad antioxidante y el perfil cromatográfico del aceite esencial de *R. officinalis* L. recolectadas en la región Amazonas.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

El aceite esencial de romero ha sido ampliamente estudiado; se han determinado rendimientos desde 0,35% hasta 3,2%; los métodos más empleados para extraer el aceite esencial son destilación por arrastre de vapor e hidrodestilación. La composición de los aceites son determinados generalmente por Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS), identificando entre 11 – 66 componentes, los principales 1,8- cineol (5,25 – 35,32%), α -pineno (1,40 - 48,589 %), alcanfor (0,7- 46,23 %), verbenona (0,8 - 39,42 %) y mircene (>20%). A continuación se presenta una tabla donde se detalla toda la información antes mencionada (tabla 1).

Tabla 1. Investigaciones sobre el aceite esencial de romero

Autores	Método de extracción	Rendimiento	Gravedad específica	Índice de refracción	Metodología para análisis de la composición química	Cantidad de compontes	Principales componentes	Descripción
Hannour, Boughdad, Maataoui y Bouchelta(2017)	Hidrodestilación	2,3 – 2,73%	.....	.....	GC / MS	RM1 = 17 RM2 = 28	RM1 son 1, 8-cineol (46,23%), alcanfor (17,29%), borneol (6,84%) y β -pineno (5,62%) RM2 son alcanfor (21,33%), 1, 8-cineol (17%), α -pineno (9,19%) y β -pineno (8,58%).	Utilizaron los aceites esenciales de romero recogidos en el Medio Atlas (RM1) y en los Loukkos (RM2) como formas alternativas de insecticidas
Satyal, Jones, Lopez y McFeeters (2017)	Hidrodestilación	0,5 - 1,7%	.....	.....	GC-MS y cromatografía de gases quirales	Victoria (Australia)= 36 Alabama (EE.UU.)= 53 Cabo Occidental (Sudáfrica)= 66 Kenya=52 Nepal=52	(+)-pineno(13,5%-37,7%),1,8- cineol(16,1%-29,3%), (+) - verbenona (0,8% -16,9%), (-) - borneol (2,1% -6,9%), (-) - canfor (0,7% -7,0%) y Limoneno racémico (1,6% -4,4%).	Obtuvieron aceites esenciales de <i>R. officinalis</i> L. a partir de plantas que crecen en Victoria (Australia), Alabama (EE.UU.), Cabo Occidental (Sudáfrica), Kenia, Nepal y Yemen.

Tomescu, y otros (2015)	Hidrodestilación	.....	.....	GC / MS	34	α -pineno (48,589%), eucaliptol (16,252%).	Estudiaron la composición química de aceite esencial de romero cultivadas en Rumania Occidental.	
Patño, Saavedra y Martínez (2014)	Destilación por arrastre con vapor de agua	0,8%	0,865 g/cc	1,4698	.....	.....	.....
Kesatebrhan y Tesema (2014)	Hidrodestilación	1,1%	.....	.....	GC / MS	43	1, 8-cineol (23,55%), verbenona (18,89%), alcanfor (15,06%), α -terpineol (6,43%), isoborneol (5,68%), acrilato de tridecilo (5,57%), linalol (3,71%), acetato de bornilo (3,57%), trans-cariofileno (3,36%), terpina-4-ol (2,78%) y α -pineno (1,40%).	Determinaron la composición química y las propiedades antimicrobianas de aceite esencial extraído de hojas de <i>R. officinalis</i> cultivadas en Etiopía.
Chahboun, Esmail, Rhaïem, Abed y Barrahi (2014)	Hidrodestilación	0,86%	.....	.....	GC/MS	37	Dimentol (38,83%), el Campholène aldehído (16,02%), α -pineno (11,05%) y borneol (10%)	Evaluaron rendimiento, composición química y propiedades

								antibacterianas del aceite esencial extraído de <i>R. officinalis</i> en la región de Taza (Marruecos).
Miladi y otros (2013)	Hidrodestilación	.....	.....		GC y GC-MS.	37	1,8- cineol (24,10%), Camphor (19,87%), α -pinene (19,48%)	Determinaron la composición del aceite esencial de <i>Thymus vulgaris</i> L. y <i>R. officinalis</i> . También evaluaron actividad antioxidante IC50 182ug/ml
Rodas (2012)	Destilación por arrastre de vapor	0,5- 1,2%	0,9460 g/ml	1,4783	GC/MS	11	Verbenona (39,42 %) y el 1,8- cineol -eucaliptol (20,37%)	Análisis de los parámetros fisicoquímicos de aceite esencial de romero
Moghtader, Salari y Farahmand (2011)	Hidrodestilación	3,2 %	.....	.....	GC / MS	41	α -pineno (15,52%), Alcanfor (11,66%), verbenona (11,10%) y 1,8-cineol (10,63%)	Analizaron el aceite esencial de las partes aéreas de romero Provincia de Kerman (Irán)

Kadri y otros (2011)	Hidrodestilación	.....	.....	.....	GC/MS	15	1,8-cineol (35,32%), trans-cariofileno(14,47%), borneol (9,37%), alcanfor (8,97%), α - pineno (7,9%) y α - tiujona (6,42%).	Actividad antioxidante IC50 110,20 μ g/ml.
El Mageid, Helmy y Mohamed (2011)	Destilación por arrastre de vapor	0,35%	.....	.....	GC/MS	32	α -pineno (25,21%), 1,8 cineol (17,87%), alcanfor (10,69%), verbenona (4,40%), camfeno (4,32%) y borneol (4,01%)	El rendimiento de eliminación de radicales del aceite esencial de romero registró (82,33%), a 30 μ l / ml comparado con el de BHT (80,40%) a 0,2 mg / ml.
Derwich, Benziane y Chabir (2011)	Hidrodestilación	0,54 %	.....	.....	GC / MS y GC-FID	23	α -pineno (18,25%); alcanfor (6,02%), 1,8-cineol (5,25%), canfeno (5,02%), β -pineno (4,58%), bornilacetato (4,35%), limoneno (3,56%), borneol (3,10%), α -terpineol (2,89%) y cimeno (2,02%).	Determinaron la composición química de aceites esenciales obtenidos de <i>R. officinalis</i> y <i>Juniperus phoenicea</i> .

Miguel, Guerrero, Rodrigues y Brito (2007)	Hidrodestilación	0,4 – 1,4 %	GC / MS	19	Mircene(>20%), canforo (4,4-14,1%); 1,8-Cineole (8,0-12,2%), α -pineno (8,8-16,5%), alcanfor (4,4-8,5)	Evaluaron los efectos de la fecha de cosecha, los medios de cultivo y los fertilizantes, sobre el rendimiento y la composición química de los aceites esenciales de <i>R. officinalis</i> L mantenidos en macetas.
---	------------------	-------------	-------	-------	---------	----	---	--

Lax (2014), de 150 plantas de romero procedentes de cinco pisos bioclimáticos definidos en la región de Murcia, concluyó que los factores genéticos podrían jugar un papel muy importante en la elevada variabilidad química detectada, incluso entre individuos pertenecientes a una misma población. En cuanto a la capacidad antioxidante, asociada al romero fundamentalmente a sus extractos polifenólicos, se comprobó que a igual concentración de ácido rosmarínico, la relación de concentración entre los dos componentes -ácido carnósico y carnosol con mayor actividad no afecta a esta propiedad.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Romero

Es un arbusto aromático de color verde, puede medir hasta 1,2 m de alto, posee un tallo erecto con numerosas ramas, corteza exfoliante, finamente puberulenta. Sus hojas son gruesas, duras al tacto, opuestas, verdes, numerosas, glandulares, obtusas, de 1-3 cm de largo, casi cilíndricas y dobladas hacia adentro. Sus flores son fragantes de 10-12 mm de largo en pequeños grupos terminales, cáliz bilabiado, color violeta, estilo largo. Su fruto es ovalado y está dividido en 4 secciones. Las hojas poseen un aroma a eucalipto fresco, con olor alcanforado. El género *Rosmarinus* se compone de una sola especie *R. officinalis* L. (Cáceres, 1996).

La descripción botánica de la planta según Valle (2006) es:

Nombre vulgar: Romero

Nombre botánico: *Rosmarinus officinales* L.

Reino: Vegetal

Subreino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Lamiales

Familia: Labiaceae (Labiatae)

Género: *Rosmarinus* L.

Especie: *Rosmarinus officinalis* L.

3.2.1.1. Composición química del romero

En la planta se han reportado diversos compuestos químicos, los cuales han sido agrupados de manera general por diversos autores en ácidos fenólicos, flavonoides, aceite esencial, ácidos triterpénicos y alcoholes triterpénico (Caribe y Campos 1991, Botsaris 1995). El aceite esencial de romero es el compuesto más estudiado cualitativamente, diferentes trabajos de investigación afirman que, dependiendo del lugar geográfico donde crezcan las plantas bajo condiciones de tipo de suelo, clima y altura sobre el nivel del mar generan diferentes cambios en cantidad y tipos de moléculas bioactivas presentes, por ejemplo las variedades de romero originarias de Portugal se caracterizan por poseer altas cantidades de mirceno, mientras que en Francia es el alcanfor y en Marruecos el cineol los que se encuentran en mayor concentración(Al-Sereiti, Abu-Amer y Sen 1999; Miguel, Guerrero, Rodrigues y Brito 2007); por otro lado Lax (2014) confirma que los factores genéticos podrían jugar un papel muy importante en la elevada variabilidad química detectada incluso entre individuos pertenecientes a una misma población.

3.2.1.2. Capacidad antioxidante del romero

Se ha observado que la actividad antioxidante de los extractos de romero se debe particularmente a los ácidos caféico y rosmarínico, estos últimos poseen una doble función: como antioxidante y estimulante de la producción de prostaglandina E2 e inhibidor de la producción de leucotrienos B4 en leucocitos polimorfonucleares en el humano (Martínez et al. 2004; Avila et al., 2011).

3.2.1.3. Usos y aplicaciones

El romero es una especie muy popular en muchos países occidentales, pero es más usado en países mediterráneos, especialmente Italia y Francia. La hoja de romero es una especie indispensable en la cocina francesa, italiana y española (Luqman, Dwivedi, Darokar, Alok, & Khanuja, 2007). Es además, una especie ampliamente utilizada como ornamento. El aceite esencial del romero aumenta la circulación de la sangre en las extremidades, tiene efectos antiirreumáticos y alivia dolores neurálgicos. Además de sus aplicaciones terapéuticas, su aceite esencial es muy usado dentro de la industria cosmética: colonias, esencias de baño, lociones y shampoo.

Las hojas de romero tienen aplicaciones como antioxidante tanto interno como externo. Además de sus propiedades antioxidantes, estudios científicos han determinado su efecto

inhibitorio en la generación de tumores y mutaciones genéticas. También se han estudiado sus efectos antimicrobianos; la actividad antioxidante del extracto en la industria alimenticia y farmacéutica, se debe a la presencia de importantes antioxidantes y componentes fenólicos para prevenir la degradación oxidativa de lípidos, contenidos en los alimentos. Igualmente, posee actividad antiparasitaria, insecticida y antifúngica, características importantes para la preservación y el control de seres vivos y padecimientos de origen microbiano. Este punto es particularmente relevante tomando en cuenta que cada día se presentan más mutaciones microbianas que han demostrado incrementar su resistencia a los antibióticos más comunes (Luqman, Dwivedi, Darokar, Alok, & Khanuja, 2007).

3.2.1.4. Hábitat

Se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 1 500 m de altitud en las montañas más cálidas; prospera mejor en el piso basal que en el montano; prefiere las zonas bajas o medias. Un menor rendimiento en la producción del aceite esencial se da cuando se cultiva a una mayor altitud (Cáceres, 1996).

3.2.2. Aceite esencial

Según Guenther (1948), un aceite esencial es un compuesto volátil que se obtiene por medio de destilación por arrastre de vapor de agua. Los aceites esenciales son compuestos odoríferos que se pueden aislar, se volatilizan con vapor pero son poco solubles en agua; se evaporan a diferentes velocidades bajo presión atmosférica ordinaria y a una temperatura ambiente promedio de 24°C.

El mismo autor refiere que los aceites esenciales se encuentran en las flores, hojas, raíces, frutos, semillas y en la corteza de los vegetales. Los aceites se forman en las partes verdes (que contienen clorofila) de la planta y cuando crece la planta éstos son transportados a los brotes en flor.

Para Rodas (2012), los aceites esenciales poseen un gran número de constituyentes, por lo que sus especificaciones se basan en propiedades físicas como: índice de refracción, gravedad específica y rotación óptica, las cuales dependen de la composición química del aceite y se relacionan entre sí, así mismo establece que, la función de los aceites esenciales en la planta no está totalmente definida, sólo posee algunas hipótesis como:

1. Los aceites esenciales disminuyen la transpiración de la planta.

2. Regula su metabolismo.
3. Disminuyen el crecimiento de hongos en las plantas y las protegen contra los insectos.
4. Pueden proporcionar un medio de preservación a las plantas.

Las plantas más jóvenes producen una mayor cantidad de aceite en comparación con las de mayor edad, estas últimas dan como resultado aceites más oscuros y resinosos, debido a la evaporación continua de las fracciones más ligeras del aceite. De la misma manera las plantas en etapa de florecimiento producen una mayor cantidad de aceite en comparación con las plantas después de florecer y cuando éstas brotan (Rodas, 2012).

3.2.2.1. Composición química de los aceites esenciales naturales

Según Piedrasanta (1997), los aceites esenciales contienen principalmente compuestos orgánicos líquidos, los cuales son volátiles y su composición química es:

- a) Ésteres: principalmente de ácido benzoico, acético, salicílico y cinámico.
- b) Alcoholes: linalool, geraniol, citronelol, terpinol, mentol, borneol.
- c) Aldehídos: citral, citronelal, benzaldehído, cinamaldehído, aldehído cumínico, vainilla.
- d) Ácidos: benzoico, cinámico, mirística, isovalérico; los que se encuentran en estado libre.
- e) Fenoles: eugenol, timol, carvacrol.
- f) Cetonas: carvona, mentona, pulegona, irona, fenchona, tujona, alcanfor, metilnonil cetona, metil heptenona.
- g) Éteres: cineol, éter interno eucaliptol, anetol, safrol.
- h) Lactonas: cumarina
- i) Terpenos: canfeno, pineno, limoneno, felandreno y credeno.
- j) Hidrocarburos: cimeno, estireno o feniletileno

Tabla 2. Composición química del aceite esencial de romero

Componente	% mínimo	% máximo
α-pineno	18	26
Canfeno	7	13
β- pineno	2	5
Mirceno	2,5	4,5
Limoneno	2,5	5,5
1,8- cineol o eucaliptol	16	23
Alcanfor	12,5	22
Linalol	0,5	2,5
Acetato de bornilo	0,5	2,5
Terpinen-4-ol	0,4	1,5
Borneol	1,0	4,5
α-terpineol	1,0	4,0
Verbenona	0,7	2,5

Fuente: Asociación Española de Normalización y Certificación (2006).

3.2.2.2. Propiedades de los aceites esenciales

Los aceites esenciales son generalmente líquidos a temperatura ambiente; una de las diferencias con respecto a los aceites fijos (lípidos) radica en su capacidad de evaporación al contacto con el aire. Para que los compuestos aromáticos puedan volatilizarse su peso molecular debe ser menor a 250 g/gmol (Pauli, 2001).

Estos son sensibles a la oxidación, no se enrancian como los aceites fijos, son fácilmente alterables y presentan una tendencia a polimerizarse formando así productos resinosos, incrementándose esta tendencia en aquellos que contienen alcoholes terpénicos insaturados, variando su viscosidad, color y olor.

Presentan una variación de densidad que va de 0,84 a 1,18, la mayoría de estos son menos densos que el agua, dos de las especies más pesadas son la canela y el clavo. Por lo general presentan actividad óptica, así como un índice de refracción elevado, el cual arroja un promedio de 1,5 (Pauli, 2001).

3.2.2.3. Obtención de aceites esenciales

Los aceites esenciales pueden ser obtenidos por prensado, fermentación, destilación, métodos químicos, etc. Sus rendimientos oscilan entre 0,1 a 2%, aunque existen algunas

excepciones como el clavo de olor que presenta un rendimiento de 15% (Costa-Batlloori, 2003).

Destilación por arrastre de vapor

El fundamento detrás de esta técnica de extracción, está dado por el rompimiento del tejido vegetal por efecto de la temperatura del vapor (100°C), liberando así, el aceite esencial después de un cierto tiempo. Los aceites esenciales obtenidos de esta forma deberán ser insolubles en agua, de no serlo, los componentes solubles en agua se quedarán en la fase acuosa aún después de pasar por el condensador y el separador que permite aislar la fase de aceite esencial del agua. El generador de vapor, es el responsable de producir el vapor que llega al tanque que contiene las muestras vegetales, de esta forma el vapor arrastra al aceite esencial liberado a través del condensador para después ser separado del agua de residuo (Sánchez, 2006).

Los factores que influyen en la extracción de aceite esencial son.

- ✓ Eficiencia del equipo
- ✓ Técnica de extracción
- ✓ Humedad de muestras vegetales
- ✓ El tiempo de extracción
- ✓ La presión del vapor, si esta es muy elevada se presentará hidrólisis en el aceite disminuyendo su calidad y rendimiento.
- ✓ La condensación interior, esta suele evitarse realizando una purga previa a los 30 minutos de haber iniciado el proceso, además de mantener bien aislado el tanque.
- ✓ La distribución interior del vapor, esta se logra colocando una flauta de distribución en el fondo del tanque (Sánchez, 2006).

3.2.3. Antioxidantes

Son compuestos bioactivos de origen natural que han demostrado ser efectivos al proporcionar bienestar y salud, por lo que se ha incrementado el interés en ellos como precursores de enfermedades, padecimientos crónicos y degenerativos como el cáncer o enfermedades cardiovasculares y neuronales. Es una realidad actual que al incrementar el consumo de antioxidantes en la dieta es posible lograr un equilibrio entre éstos y los agentes oxidantes. Es precisamente de fuentes naturales o de derivados de un compuesto natural

básico de donde provienen aproximadamente el 30% de los más eficaces productos antineoplásicos (González, y otros, 2007).

Existen dos grupos de antioxidantes: sintéticos y naturales.

- ✓ Sintéticos: Presentan elevada actividad química, gran eficacia a dosis bajas, alta estabilidad y bajo costo, sin embargo pueden formarse productos secundarios en el proceso de fabricación del alimento o bien, al ingerirlos.

- ✓ Naturales: Tienen menor actividad química y se necesitan dosis más elevadas, además, por la dificultad de su extracción presentan un costo mayor y menor estabilidad. Pese a todo ello, existen numerosas investigaciones que demuestran que no sólo no presentan problemas a la salud, sino que tienen considerables efectos benéficos (Costa-Batllore, 2003).

3.2.3.1. Antioxidantes en la salud

Los antioxidantes juegan un papel decisivo en el estrés oxidativo del organismo, además, tienen propiedades antimutagénicas y antiinflamatorias, previenen la destrucción oxidativa del ADN, enfermedades cardiovasculares degenerativas, procesos cancerígenos y tumorales, mejora los procesos inmunitarios (antivirales), retardan el proceso de envejecimiento y demencia senil (Costa-Batllore, 2003).

3.2.3.2. Antioxidantes en la alimentación humana

Después de las alteraciones producidas por microorganismos, la oxidación es la forma más importante de deterioro de los alimentos, tanto comercial y nutricional como por las secuelas toxicológicas que derivan de los fenómenos oxidativos (Costa-Batllore, 2003). Finley (2004) indica que hay un incremento sobre la incidencia en la producción de radicales libres cuando las dietas son altas en grasas saturadas trans. En la sangre, el mayor tiempo de residencia de los lípidos permite la oxidación de grasas insaturadas, los lípidos oxidados provocan niveles altos de radicales libres.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

Reactivos utilizados

Metanol grado cromatografico.

Agua destilada grado HPLC.

DPPH Free Radical, 93.5%.

Helio UHP (5.0), $\geq 99.999\%$.

Acetona P.A., 99.8%.

Sulfato de sodio anhidro P.A., $\geq 99.0\%$.

Filtros de jeringa de nylon de 25mm de diámetro x 0.45um.

Equipos

Refractómetro tipo ABE, modelo 2WAJ.

Espectrofotómetro digital UNICO modelo S-2100,

Cromatógrafo de gases. SHIMADZU, GC-2010 Plus • Detector de espectrometría de masas: SHIMADZU, GCMS-QP210 Ultra. Columna GC: Restek. RTX-5MS, 30m x 0,25 mm ID x 0,25 μm df. Serial: 1346249

Recolección y pretratamiento de muestras

Las muestras fueron recolectadas de cuatro localidades de la Región Amazonas en el mes de enero. Se anotaron las coordenadas geográficas usando un GPS Garmin modelo Oregon 650 (figura 1 y tabla 3).

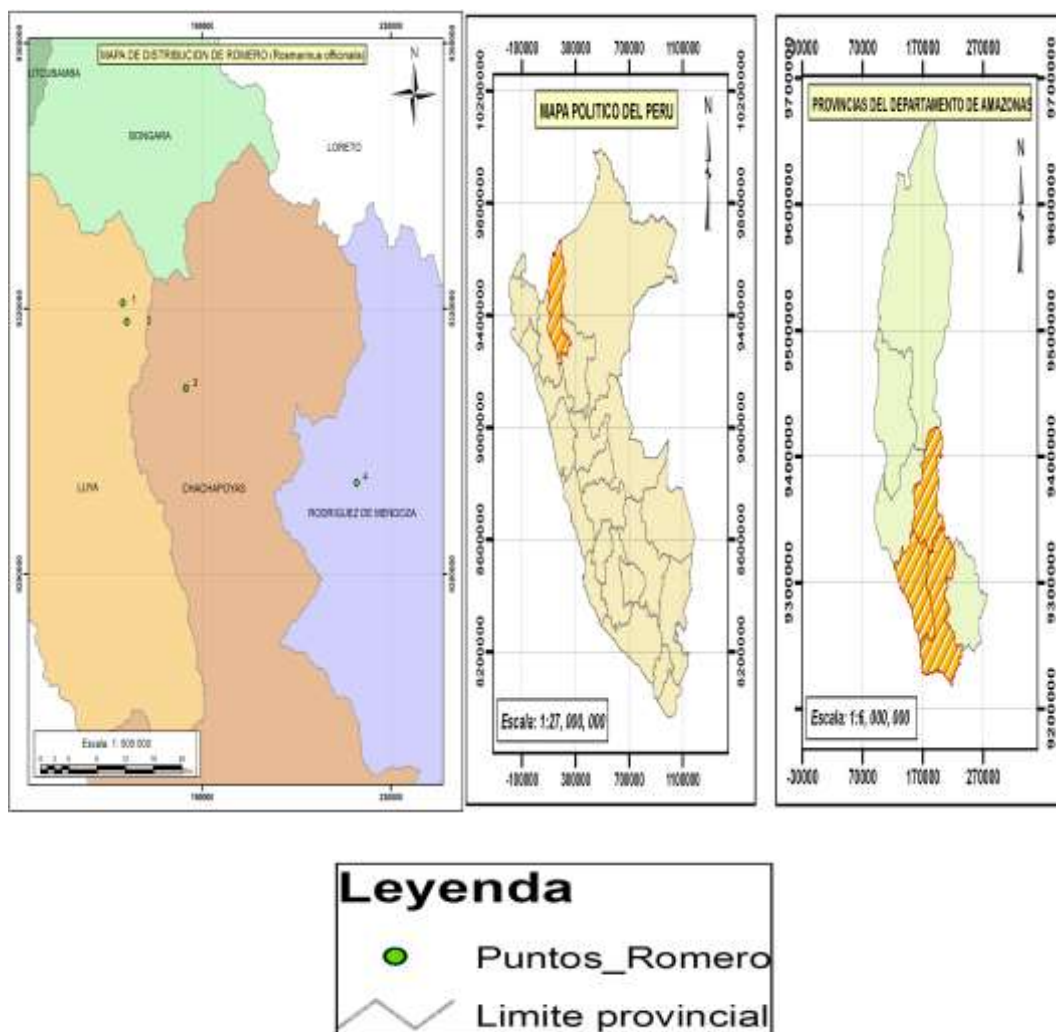


Figura 1. Mapa de distribución de romero (*R. officinalis* L.)

Tabla 3. Coordenadas UTM tomadas en cada lugar de muestreo

Pto	Coord. UTM	Altitud (m)	Lugar	Clima
1	17322-9320834	2366	Lamud- Luya	Ligeramente húmedo y templado cálido
2	174057-9318050	2360	Luya	Ligeramente húmedo y templado cálido
3	186574-9308015	2598	Taquia-Chachapoyas	Ligeramente húmedo y templado cálido
4	222776-9293776	1549	San Nicolás	Muy húmedo y semi cálido

Se secaron las muestras a temperatura ambiente hasta una humedad promedio de 11,6%.

Extracción de aceite esencial

El aceite esencial fue extraído de las hojas secas del romero en un equipo de destilación por arrastre de vapor de 1 L de capacidad durante dos horas; la humedad remanente fue extraída con sulfato de sodio anhidro y almacenada en congelación -10°C hasta su posterior análisis.

Pasos para la extracción

Se pesó 160 g de hojas de romero para colocarse en el balón de recepción de muestra, en el otro balón se coloca agua para generar una fuente de vapor y así poder realizar la destilación en un aproximado de dos horas.

La mezcla de agua y aceite obtenido, se coloca en una pera de decantación, dejando reposar hasta que las fases estén bien separadas, luego se realiza la decantación por diferencia de densidad.

La cantidad de aceite esencial extraído se recolecto en pequeños virales y se somete a congelación a -10°C.

Secado con sulfato de sodio anhidro

La congelación es fundamental para ayudar a esta técnica, ya que primero se retira el aceite separando de los bloquecitos de hielo formados.

Para una mayor pureza de aceite se procedió a añadir el sulfato de sodio anhidro en proporción de 30 g por litro de aceite, posteriormente se sometió a congelación por un día, y luego se separó mediante centrifugación.

Determinación del rendimiento

Se calculó el rendimiento R de aceite esencial mediante la ecuación (1), los resultados se expresaron como V/W:

$$R = \frac{\text{Cantidad de aceite esencial recuperado (ml)}}{\text{Cantidad de muestra (g)}} * 100 \quad (1)$$

Densidad del aceite esencial

Para determinar la densidad del aceite esencial de romero, se toma una luna de reloj y se pesa.

Luego se le agrega 0,5 ml del aceite esencial de romero y se pesa nuevamente, lo mismo hacemos con 0,5 ml de agua, se coloca en la luna y se pesa.

Por diferencia de los pesos se obtiene la masa y así se calcula la densidad utilizando la

fórmula:
$$\rho = \frac{(\text{masa de luna+aceite})-(\text{masa de luna})}{(\text{masa de luna+agua})-(\text{masa de luna})}$$

Determinación del índice de refracción

Se limpió los prismas del refractómetro tipo ABE modelo 2WAJ con agua y se adiciono dos 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 ajustó 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.

Evaluación de capacidad antioxidante mediante la técnica del radical libre DPPH

Para determinar la actividad antioxidante se siguió el procedimiento descrito por Williams, Cuvelier y Berset (1995), el mismo que se detalla a continuación:

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 mg/ml, 400 mg/ml, 500 mg/ml y 600 mg/ml (solución A).

Se realizó el ajuste del espectrofotómetro a cero, con un blanco de metanol agua 2:1; posteriormente se preparó el blanco de muestra con 0,75 ml de muestra (solución A) y 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.

Luego preparamos las muestras con 0,75 ml de solución A y 1,5 ml de solución de DPPH, dejamos actuar por 30 min y se realiza la lectura a 517 nm en el espectrofotómetro digital UNICO modelo S-2100.

Se realizó la lectura de la absorbancia del patrón de referencia y del blanco de muestra, seguidamente se tomó las lecturas de las muestras preparadas; con los valores de las absorbancias obtenidas se determinó el % de captación de radicales libres (DPPH) mediante la siguiente formula:

% 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

Luego de obtener los valores de % de inhibición para las cuatro concentraciones, se calculó la concentración necesaria para obtener el 50% de inhibición (IC50); a partir de la ecuación de la recta construida por regresión lineal:

Sea la ecuación lineal $Y = aX + b$

$IC50 = (50\% - b) / a$

Identificación de la composición del aceite esencial de romero

Los componentes fueron identificados mediante 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 una muestra de aceite esencial (romero), se deseco con sulfato de sodio anhidro y se filtró usando filtros de jeringa de 0.45um.

Para el Análisis de Componentes Volátiles - Inyección por Headspace (HS) se tomaron 200uL de la muestra filtrada y se colocaron en los viales de HS de 10mL. Los viales HS se colocaron inmediatamente en el automuestreador del GCMS para su lectura.

Para el Análisis de Componentes - Inyección Líquida (LS-Liquid syringe) se diluyeron las muestras filtradas en la proporción de 1:100 (v:v) en acetona filtrada y se colocaron en viales. Los viales se colocaron inmediatamente en el automuestreador del GCMS para su lectura.

V. RESULTADOS

Tabla 4. Rendimiento de aceite esencial de romero de cuatro lugares de la región Amazonas

LP	Rendimiento promedio	Rendimiento teórico *
Luya	1,5 %	
Lamud	0,8%	
Taquia	1,6%	0,35 - 2,73%
San Nicolás	0,6%	

* Valores descritos en la tabla 1 a partir de la bibliografía consultada.

Tal como se observa en la tabla 4, las muestras recolectadas en los lugares de Taquia y Luya presentan un mayor rendimiento (1,6 y 1,5% respectivamente) en comparación a los demás lugares.

Tabla 5. Análisis de varianza del rendimiento observado

	Suma de cuadrados	df	Cuadrados medios	F	Sig.
Entre grupos	2,355	3	,785	10,994	,003
Dentro de los Grupos	,571	8	,071		
Total	2,926	11			

En la tabla 5 las diferencias entre las medias son estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Tabla 6. Rendimiento, v/w del aceite esencial de romero mediante la prueba de Tukey

Lugar de procedencia	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
San Nicolás	3	,6467	
Lamud	3	,7533	
Luya	3		1,5033
Taquia	3		1,6500
Sig.		,959	,905

Tukey HSD^a Medios para se muestran grupos en subconjuntos homogéneos.

^bUsos armónicos Tamaño medio de la muestra = 3,000

Como se observa en la tabla 6, se forman dos grupos en los cuales Rodríguez de Mendoza y Lamud pertenecen al primer grupo que estadísticamente son iguales, con menor rendimiento; el segundo grupo está formado por Luya y Taquia que son los de mayor rendimientos.

Tabla 7. Gravedad específica del aceite esencial de romero

LP	Prom. GE (g/ml)	GE Teórica*
Luya	0,89947	
Lamud	0,82927	0,892 – 0,91
Taquia	0,92376	
San Nicolás	0,91783	

Fuente*: Asociación Española de Normalización y Certificación (2006).

Tal como se observa en la tabla 7, las muestras recolectadas en el lugar de Taquia, presentan una mayor gravedad específica (0,92375) en comparación a los demás lugares.

Tabla 8. Análisis de varianza de gravedad específica

	Suma de cuadrados	df	Cuadrados medios	F	Sig.
Entre grupos	,017	3	,006	32,413	,000
Dentro de los Grupos	,001	8	,000		
Total	,018	11			

Según la tabla 8 las diferencias entre las medias son estadísticamente significativo ($p < 0,05$)

Tabla 9. Gravedad específica del aceite esencial de romero, analizado mediante la prueba de tukey

Lugar de procedencia	N	Subset for alpha=0.05	
		1	2
Lamud	3	,829269	
Luya	3		,899466
San Nicolás	3		,917827
Taquia	3		,923763
Sig.		1,000	,189

Tukey HSD^a Medios para se muestran grupos en subconjuntos homogéneos.

^b Usos armónicos Tamaño medio de la muestra = 3,000

Tabla 10. Índice de refracción del aceite esencial de romero

LP	PM. IR	Índice de r. Teórico*
Luya	1,4748	1,464 – 1,476
Lamud	1,475	
Taquia	1,4747	
San Nicolás	1,4757	

Fuente*: Asociación Española de Normalización y Certificación (2006).

Tabla 11. Análisis de varianza de índice de refracción

	Suma de cuadrados	df	Cuadrados medios	F	Sig.
Entre grupos	,000	3	,000	,719	,568
Dentro de los Grupos	,000	8	,000		
Total	,000	11			

Como se muestran en la tabla 11, no existe diferencia en cuanto al índice de refracción reportados en los cuatro lugares de recolección de muestra.

Tabla 12. Índice de refracción del aceite esencial de romero, analizado mediante la prueba de Tukey

Lugar de procedencia	N	Subset for alpha=0.05
		1
Taquia	3	1,474667
Luya	3	1,474767

Lamud	3	1,475000
San Nicolás	3	1,475667
Sig.		,570

Tukey HSD^a Medios para se muestran grupos en subconjuntos homogéneos.

^b Usos armónicos Tamaño medio de la muestra = 3,000

Tabla 13. Actividad antioxidante del aceite esencial de romero medido en IC50

Muestra	Promedio IC50
Vitamina C	1,5329
Luya	5,3736
Lamud	5,3264
Taquia	4,8766
San Nicolás	5,1122

La tabla 13 muestra los lugares con mejores índices de IC50 que se encuentran en Taquia y San Nicolás (4,8766 – 5,1122) respectivamente en relación con los demás lugares y con el control positivo (vitamina C).

Tabla 14. Pruebas de efectos inter- sujetos para aceite esencial de romero

Variable dependiente: IC 50

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig.
Intersección	Hipótesis	321,017	1	321,017	2066,692	,000
	Error	,466	3	,155 ^a		
Lugar	Hipótesis	,466	3	,155	,104	,955
	Error	11,941	8	1,493 ^b		

a. MS (LUGAR)

b. MS (Error)

Tabla 15. Análisis GCMS- LS aceite esencial de romero

°N	COMPONENTES	%
1	3-Penten-2-one, 4-methyl-	0,28
2	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	0,53
3	Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,7,7-trimethy	0,21
4	Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-meth	0,67
5	.alpha.-Pinene	5,81
6	Camphene	5,07
7	Benzene, butyl-	0,06
8	.alpha.-Phellandrene	0,15
9	Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methy	1,79
10	3-Octanone	0,05
11	beta.-Myrcene	26,61
12	alpha.-Phellandrene	0,25
13	1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylet	0,76 1
14	o-Cymene	0,25
15	D-Limonene	3,09
16	Eucalyptol	10,24
17	trans-.beta.-Ocimene	1,96
18	gamma.-Terpinene	1,58
19	Cyclohexanol, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)	0,15
20	Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethyliden	0,72
21	Cyclohexanol, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)	0,11
22	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	1,11
23	(+)-2-Bornanone	19,56
24	dl-Isopulegol	0,19
25	Isopulegol	0,03
26	Pinocarvone	0,05
27	endo-Borneol	0,81
28	.alpha.-Terpineol	0,12
29	Bicyclo[3.1.1]heptan-3-one, 2,6,6-trimethyl-	0,13

30	Terpinen-4-ol	0,59
31	alpha.-Terpineol	1,02
32	endo-Borneol	0,02
33	Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimeth	0,41
34	3-Hexen-2-one	0,03
35	Citronellol	0,05
36	Pulegone	0,06
37	(-)-cis-Myrtanol	0,03
38	Bornyl acetate	4,03
39	alpha.-Cubebene	0,03
40	Ylangene	0,07
41	.alpha.-Cubebene	0,22
42	2-Cyclopenten-1-one, 3-methyl-2-(2-penteny	0,02
43	Methyleugenol	0,05
44	Caryophyllene	7,27
45	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-m	0,05
46	Alloaromadendrene	0,03
47	Humulene	2,15
48	Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-di	0,02
49	gamma.-Muurolene	0,27
50	Ylangene	0,12
51	Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-di	0,02
52	.alpha.-Muurolene	0,07
53	beta.-Bisabolene	0,12
54	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-m	0,11
55	Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-di	0,43
56	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,7-hexahydro-1,6-dim	0,03
57	Caryophyllene oxide	0,31
58	Caryophyllene oxide	0,03

En la tabla 15, los principales componentes del aceite esencial de romero son beta-Myrcene (26,61%), (+)-2-Bornanone (19,56 %), Eucalyptol (10,24%), Caryophyllene (7,27%), .alpha.-Pinene (5,81 %).

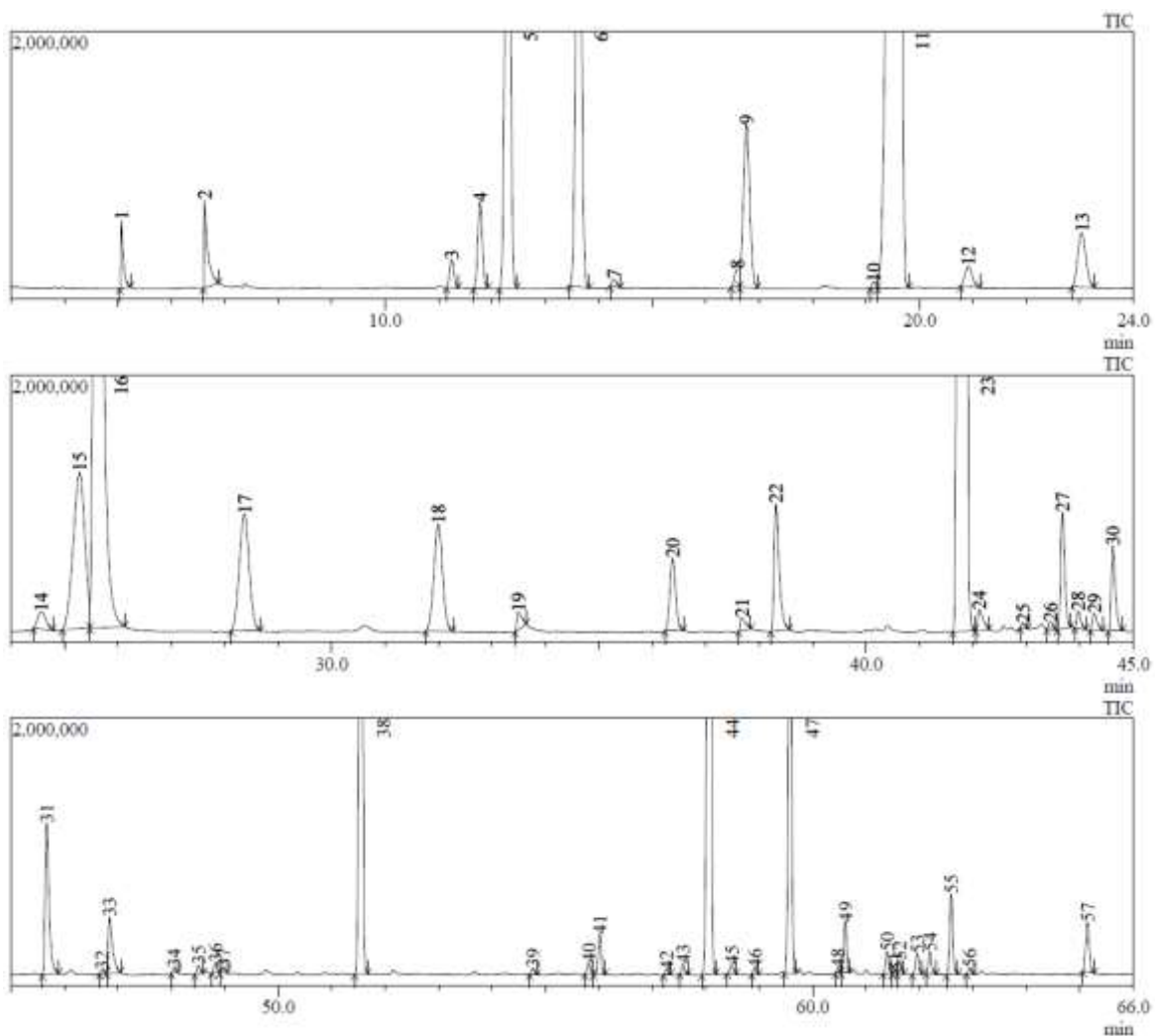


Figura 2. Cromatograma de aceite esencial de romero cultivado en la región Amazonas

Tabla 16. Análisis GC-MS- HS aceite esencial de romero

°N	COMPONENTES	%
1	Furan, 2-ethyl-	0,11
2	3-Penten-2-one, 4-methyl-	0,06
3	2-Hexenal, (E)-	0,04
4	3-Hexen-1-ol, (Z)-	0,08
5	.beta.-Pinene	0,03

6	Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,7,7-trimethy	0,95
7	Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-meth	2,39
8	.alpha.-Pinene	16,00
9	Camphene	12,87
10	Benzene, butyl-	0,24
11	Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methy	4,37
12	3-Octanone	0,03
13	.beta.-Myrcene	34,59
14	.alpha.-Phellandrene	0,42
15	1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylet	1,03
16	o-Cymene	0,29
17	.beta.-Phellandrene	1,46
18	D-Limonene	0,46
19	D-Limonene	0,45
20	.alpha.-Phellandrene	0,20
21	Eucalyptol	12,38
22	trans-.beta.-Ocimene	1,70
23	1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	0,05
24	.gamma.-Terpinene	1,27
25	Cyclohexanol, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)	0,09
26	Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethyliden	0,45
27	Cyclohexanol, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)	0,02
28	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	0,26
29	(+)-2-Bornanone	6,50
30	Isopulegol	0,04
31	Pinocarvone	0,01
32	endo-Borneol	0,12
33	Bicyclo[3.1.1]heptan-3-one, 2,6,6-trimethyl-	0,03
34	Terpinen-4-ol	0,09
35	.alpha.-Terpineol	0,11
36	Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimeth	0,06
37	Bornyl acetate	0,40

38	.alpha.-Cubebene	0,01.
39	Caryophyllene	0,28
40	Humulene	0,05

En tabla 16, los principales componentes del aceite esencial de romero son beta-Myrcene (34,59%), .alpha.-Pinene (16 %), Camphene (12,87%), Eucalyptol (12,38%), (+)-2-Bornanone (6,50%).

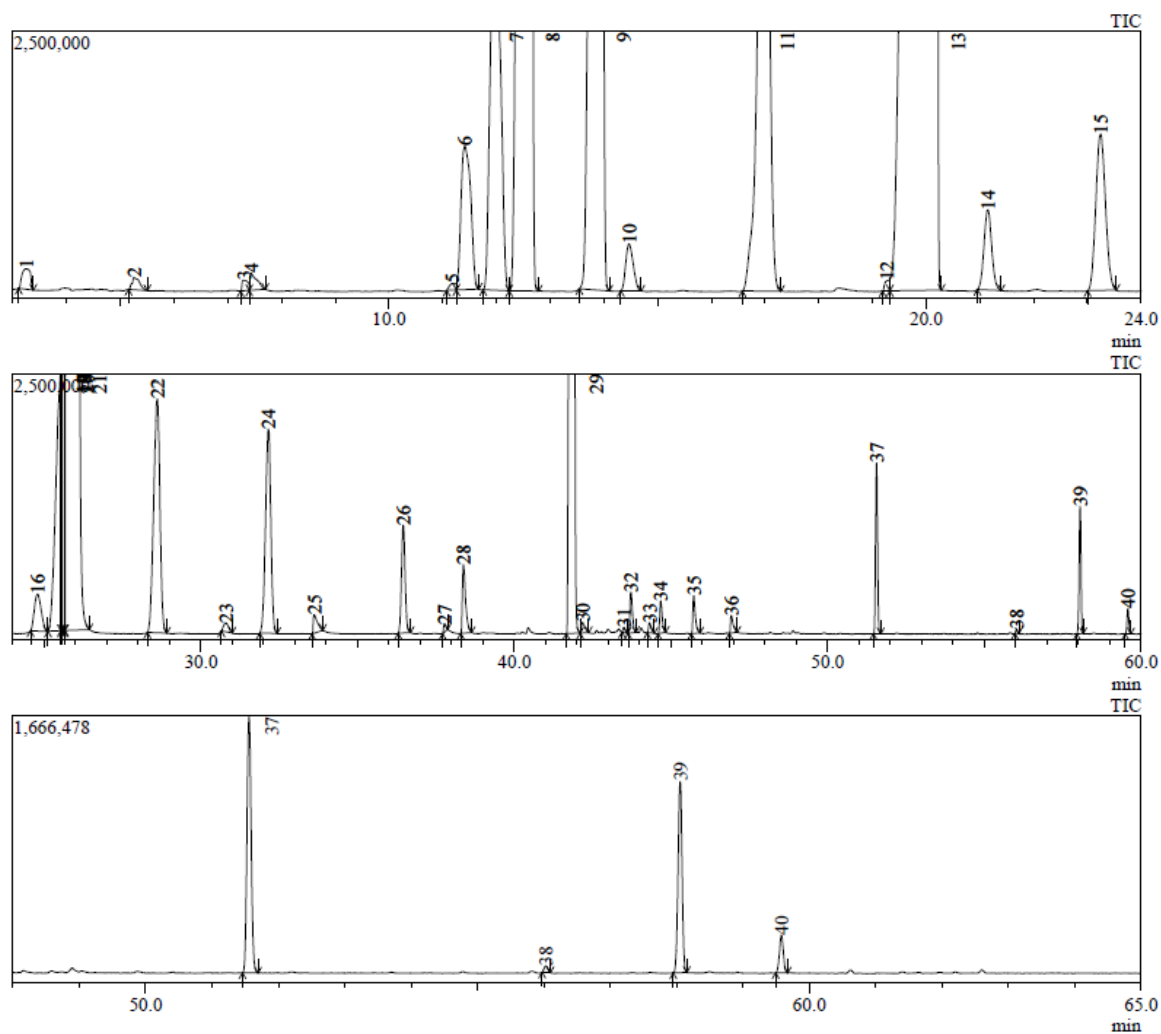


Figura 3. Cromatograma de los compuestos volátiles del aceite esencial de romero cultivado en la región Amazonas

VI. DISCUSIÓN

Los rendimientos encontrados oscilan entre 0,6 y 1,6%, lo cual concuerda con Hannour, Boughdad, Maataoui y Bouchelta (2017); Satyal, Jones, Lopez y McFeeters (2017); Patiño, Saavedra y Martínez (2014); Kesatebrhan y Tesema (2014); Chahboun, Esmail, Rhaiem, Abed y Barrahi (2014); Rodas (2012); Abd El Mageid, Helmy y Mohamed (2011); Derwich, Benziane y Chabir (2011); Miguel, Guerrero, Rodrigues y Brito (2007) quienes obtuvieron rendimientos entre 0,35 - 2,73%. En contraste, Moghtader, Salari y Farahmand (2011) obtuvieron un rendimiento de 3,2% en aceite esencial de romero cultivado en la provincia de Kerman-Iran.

El aceite esencial obtenido en esta investigación registró valores entre 1,4735 a 1,475 de índice de refracción, los cuales se encuentran dentro de los reportados por otros estudios en la literatura, como Patiño, Saavedra y Martínez (2014), y Rodas (2012) quienes reportaron valores entre 1,470 - 1,482, sin embargo, para la Asociación Española de Normalización y Certificación (2006), los índices de refracción para AE de romero deben estar entre 1,464 – 1,476; en consecuencia, el aceite esencial obtenido se encuentra dentro de los parámetros de calidad normados.

La densidad de los aceites varía entre 0,892 – 0,91 según la Asociación Española de Normalización y Certificación (2006). En esta investigación se reportaron los valores 0,8398 a 0,9324 g/ml, lo cual si está dentro del rango reportado en la literatura. Por otro lado, Rodas (2012) reportó un valor de 0,9460 g/ml, de un romero cosechado en Guatemala, superando al obtenido en este trabajo.

La actividad antioxidante del romero cultivado en los cuatro lugares de la región Amazonas, presentan valores próximos al de la vitamina C (4,8 frente a 1,5 expresado en IC50, para Taquia) de forma similar pero comparado con el antioxidante comercial BHT, Kadri y otros (2011), encontraron que el aceite esencial de romero es aproximadamente tres veces menor que éste.

Se encontró diferencias significativas en el rendimiento de muestras provenientes de Luya y Lamud, a pesar de ser geográficamente similares. Al respecto, Lax (2014) confirma que los factores genéticos podrían jugar un papel muy importante en la elevada variabilidad química detectada, incluso entre individuos pertenecientes a una misma población. Por otro lado,

Leithy, El-Meseiry y Abdallah(2006) revelaron que la exposición de las plantas a estrés hídrico conduce a una disminución en los parámetros de altura, número de ramas, peso seco y fresco, e influye también en la cantidad y composición del aceite esencial en las plantas de romero.

El componente principal del aceite esencial de romero analizado es el beta-mirceno, concordando con Miguel, Guerrero, Rodrigues y Brito (2007) quienes encontraron concentraciones superiores al 20%. Sin embargo, para Patiño, Saavedra y Martínez (2014); Kadri y otros (2011); Miladi y otros (2013); Hannour, Boughdad, Maataoui y Bouchelta (2017); Kesatebrhan y Tesema (2014); Derwich, Benziane y Chabir (2011); Abd El Mageid, Helmy y Mohame (2011); el 1,8-cineol y el alpha- pinene fueron los componentes principales.

VII. CONCLUSIONES

El rendimiento del aceite esencial de romero obtenido se encuentra dentro de los parámetros reportados en la literatura, al igual que las demás características físicas.

Existe diferencia significativa en cuanto al rendimiento de los cuatro lugares de procedencia de los aceites esenciales, el máximo rendimiento se encuentra en los lugares de Luya y Taquia.

La actividad antioxidante del aceite esencial de romero cultivado en la región Amazonas es aproximadamente tres veces menor al de la vitamina C, determinada en IC50.

EL componente mayoritario del aceite esencial de romero proveniente de la región Amazonas es el myrceno o beta-myrceno y se han identificado hasta 58 componentes mediante cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas.

VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis de capacidad antioxidante utilizando otros métodos y comparar con otros antioxidantes comerciales.
- Luya y Lamud, no obstante de encontrarse en condiciones geográficas similares (por su cercanía), arrojaron rendimientos diferentes en aceite esencial; sería de gran utilidad correlacionar rendimientos con variables agronómicas.
- Comparar la capacidad antioxidante con aceites esenciales extraídos de otras especies cultivables y silvestres.
- Identificar cuál de los componentes es el que le da la capacidad antioxidante al aceite esencial del romero producido en Amazonas.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2006). *Norma UNE 84306:2006. Aceite Esencial de Romero de España*. España.
- Abd El Mageid, M. M., Helmy, S. A., & Mohamed, N. S. (2011). Evaluation of rosemary essential oil for its chemical constituents, antimicrobial, antioxidant and antidiabetic activities. *Egyptian Journal Of Biotechnology*, 205-219.
- Al-Sereiti, M., Abu-Amer, K., & Sen., P. (1999). Pharmacology of rosemary (*Rosmarinus officinalis* Linn.) and its therapeutic potentials. *Indian Journal of Experimental Biology*, 124.
- Avila, R., Rhode, A., Vera, O., Dávila, R. M., Melgoza, N., & Meza, R. (2011). Romero (*Rosmarinus officinalis* L.): una revisión de sus usos no culinarios. *Ciencia y Mar*, 23-24.
- Botsaris, A. (1995). Fitoterapia Chinesa e Plantas. *Ícone*, 234.
- Bussmann, & Glenn. (2010). Medicinal plants used in Northern Peru for reproductive problems and female health. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 8-12.
- Cáceres. (1996). *Plantas de Uso Medicinal en Guatemala*. Guatemala: Universitaria Dirección General de Extensión.
- Camargo, D., & Rodríguez, N. (2006). *Nuevas perspectivas para la evaluación de la asignación de biomasa de plantas en ecosistemas neo-tropicales*. Colombia.
- Caribe, J., & Campos, J. (1991). Plantas que ayudan o homem-guia práctico para a época atual. *Cultrix/ Pensamento*, 356.
- Chahboun, N., Esmail, A., Rhaiem, N., Abed, H. A., & Barrahi, M. (2014). Extraction and study of the essential oil *Rosmarinus Officinalis* Cuellie in the . *Der Pharma Chemica*, 367-372.
- Costa-Batllore, D. (2003). Antioxidantes naturales en alimentación animal. *Conferencia inaugural del curso académico 2003-2004. Real Academia de Ciencias Veterinarias*. Obtenido de <http://www.racve.es/actividades/ciencias-basicas/2003-10-08PereCostaBatllori.htm>
- Derwich, E., Benziane, Z., & Chabir, R. (2011). Aromatic and medicinal plants of Morocco: Chemical composition of essential oils of *Rosmarinus officinalis* and *Juniperus*. *Biology and Pharmaceutical Technology*, 145-153.

- González, R., Reyes, M., Preza, A., Rosales, M., Morales, J., Gallegos, J., & Rocha, N. (2007). Antioxidant evaluation and chemoprotection of phenolic extracts from apple. *Grasas y Aceites* .
- Guenther, E. (1948). *The Essential Oils*. Estados Unidos: D. Van Nostrand Company Inc.
- Gurbuz, B. (2016). Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) cultivation studies under Ankara ecological conditions. *Industrial Crops and Products*, 12.
- Hannour, K., Boughdad, A., Maataoui, A., & Bouchelta, A. (2017). Chemical composition and toxicity of Moroccan *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae) essential oils against the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) Zeller (Lepidoptera, Gelechiidae). *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 758-769.
- Kadri, A., Zarai, Z., Chobba, I., Békir, A., Gharsallah, N., Damak, M., & Gdoura, R. (2011). Chemical constituents and antioxidant properties of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil cultivated from South-Western Tunisia. En *Journal of Medicinal Plants Research* (Vol. V, págs. 5999-6004). Tunisia.
- Kesatebrhan, A., & Tesema, T. (2014). Chemical and antimicrobial investigations on essential oil of *Rosmarinus officinalis* leaves grown in Ethiopia and comparison with other countries. *Journal of Applied Pharmacy*, 132-142.
- Lax, V. (2014). *Estudio de la variabilidad química, propiedades antioxidantes y biosidas de poblaciones espontaneas de Rosmarinus officinalis L. en la región de Murcia*. Murcia.
- Leithy, S., El-Meseiry, T., & Abdallah, E. (2006). Effect of Biofertilizer, Cell Stabilizer and Irrigation Regime on Rosemary Herbage Oil Yield and Quality. *Publicación de INSInet*, 773-779.
- Luqman, S., Dwivedi, G., Darokar, M., Alok, K., & Khanuja, S. (2007). *Potential of Rosemary Oil to be Used in Drug-Resistant Infections*.
- Meléndez, M., Kouznetsov, V., Sortino, M., Álvarez, S. A., & Zacchino, S. A. (2008). *In vitro anti fungal activity of polyfunctionalized 2-(Hetero)arylquinolines prepared through imino Diels-Alder reactions*, *Bioorg*.
- Miguel, M., Guerrero, C., Rodrigues, H., & Brito, J. (2007). Essential oils of *Rosmarinus officinalis* L., effect of harvesting dates, growing media and fertilizers. *Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable*, (págs. 65-70). Portugal.
- Miladi, H., Slama, R., Mili, D., Zouari, S., Bakhrouf, A., & Ammar, E. (2013). Essential oil of *Thymus vulgaris* L. and *Rosmarinus officinalis* L.: Gas chromatography-mass spectrometry analysis, cytotoxicity and antioxidant properties and antibacterial activities against foodborne pathogens. *Natural Science* 5, 729-739.

- Moghtader, M., Salari, H., & Farahmand, A. (2011). Evaluation of the antifungal effects of rosemary oil and comparison with synthetic borneol and fungicide on the growth of *Aspergillus flavus*. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 210-214.
- Moñino, M. I. (2010). *Incorporación de hoja destilada de romero y tomillo en la dieta de la oveja segureña, estudio de la transmisión de antioxidantes a carne de cordero*. Murcia.
- Muchuweti, M., Kativu, E., Mupure, C., Chidewe, C., Ndhkala, A., & Benhura, M. (2007). *Phenolic Composition and Antioxidant Properties of Some Spices*. *American Journal of Food Technology* (Vol. Vol. 2 Issue 5).
- Palacio, L. (2000). *Las plantas medicinales y aromáticas. Una alternativa de futuro para el desarrollo rural*.
- Patiño, L., Saavedra, A., & J.Martínez. (2014). *Extracción por arrastre de vapor de aceite esencial del romero*. Sucre- Bolivia: M.Ramos.
- Pauli, A. (2001). *Antimicrobials properties of essential oil constituents*.
- Peng, C., Su, J., Ho, S., Chyau, C., Sung, T., Peng, C., & Peng., R. (2007). *Supercritical fluid extracts of Rosemary leaves exhibit potent anti-inflammation and anti-tumor effects*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*
- Pérez, T. (2006). *Efectividad de los Vapores de Aceites de Tomillo y Orégano como agentes antibacterinos*. Puebla: Universidad de Puebla.
- Piedrasanta, R. (1997). *Extracción de aceites esenciales de romero con la aplicación del método de destilación por arrastre de vapor, variando los tamaños de batch a partir de pruebas a nivel de laboratorio y pruebas a nivel de planta piloto*. Guatemala.
- Rodas, 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*. Guatemala.
- Rodriguez, A., & Santos, E. (2008). *Estudio de la composición química de los aceites esenciales de seis especies vegetales cultivadas en los municipios de Bolívar y el Peñón – Santander, Colombia*. Bucaramanga - Colombia.
- Sánchez, F. (2006). *Extracción de Aceites Esenciales: Experiencia Colombiana. II Congreso Internacional de Plantas Medicinales y Aromáticas*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Satyal, P., Jones, T. H., Lopez, E. M., & McFeeters, R. L. (2017). Chemotypic Characterization and Biological Activity. *Foods*, 1-15.
- Tomescu, A., Rus, C., Pop, G., Alexa, E., Șumălan, R., Copolovici, D., & Negrea, M. (2015). Chemical composition of *lavandula angustifolia* L. and *rosmarinus officinalis* L.

essential oils cultivated in west Romania. *Research Journal of Agricultural Science*, 246-253.

Valle, K. (2006). *Evaluación de la capacidad antioxidante del extracto de romero (Rosmarinus officinalis) en el aceite de girasol, maleato de aceite de soya, lanolina y manteca de cacao; utilizados en fase oleosa de emulsiones cosméticas*. Guatemala.

Wiliams, W. B., Cuvelier, M., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm- Wiss. u.-technol*, 25-30.

X. ANEXOS

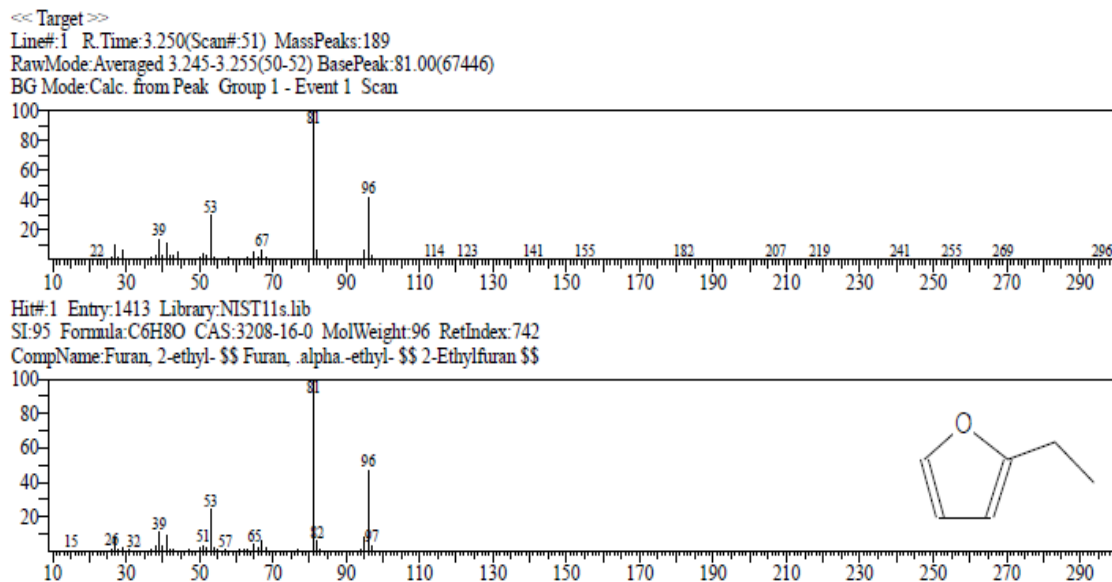


Figura 4. Cromatograma y estructura química de Furan

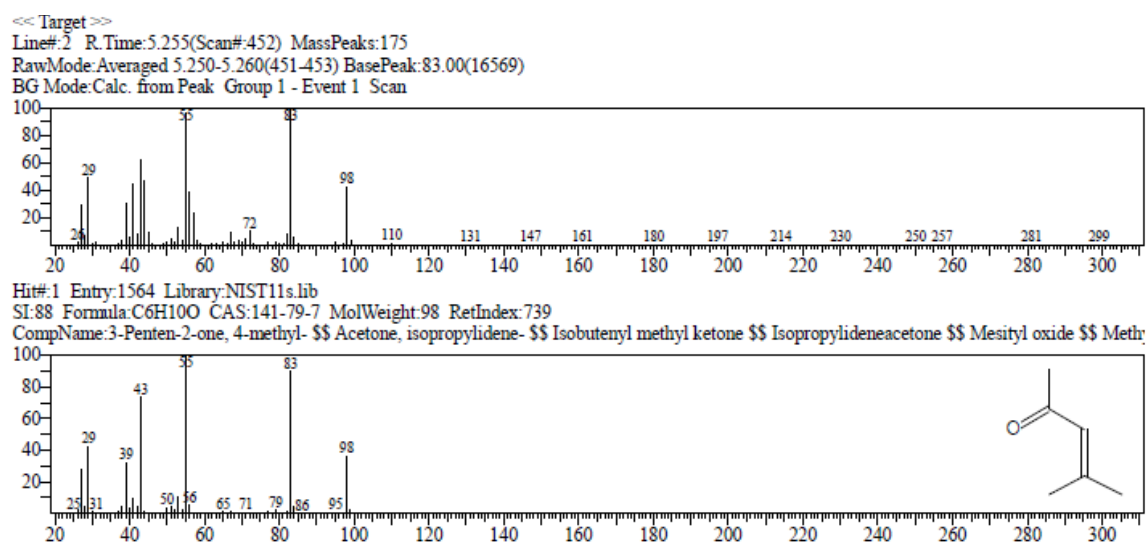
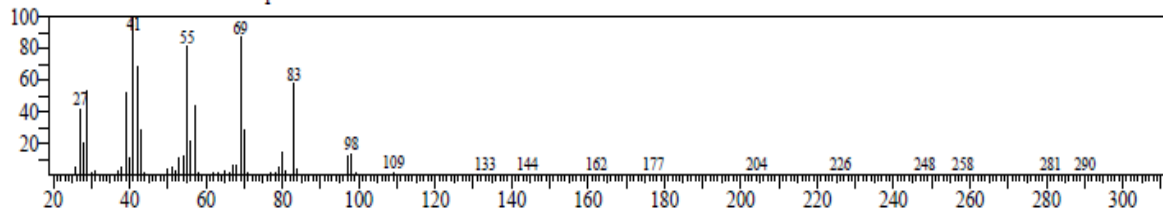


Figura 5. Cromatograma y estructura química de 3-Penten-2-one

<< Target >>

Line#:3 R.Time:7.300(Scan#:861) MassPeaks:138
RawMode:Averaged 7.295-7.305(860-862) BasePeak:41.00(9283)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit#:1 Entry:1538 Library:NIST11s.lib

SI:93 Formula:C6H10O CAS:6728-26-3 MolWeight:98 RetIndex:814

CompName:2-Hexenal, (E)- \$\$ (E)-2-Hexenal \$\$ n-Hex-trans-2-enal \$\$ trans-Hex-2-enal \$\$ trans-2-Hexen-1-al \$\$ trans-2-Hexenal \$\$ Leaf aldehyde

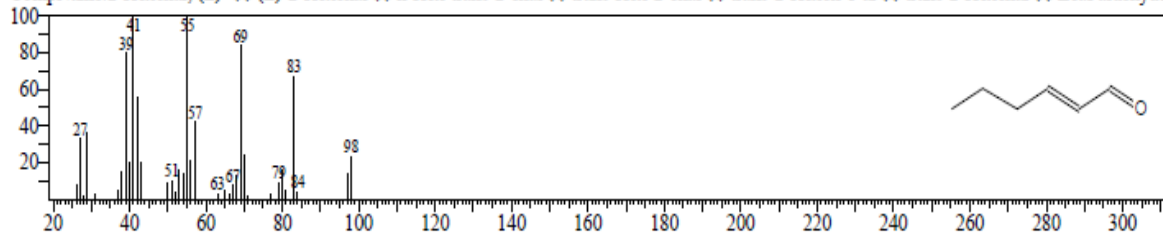
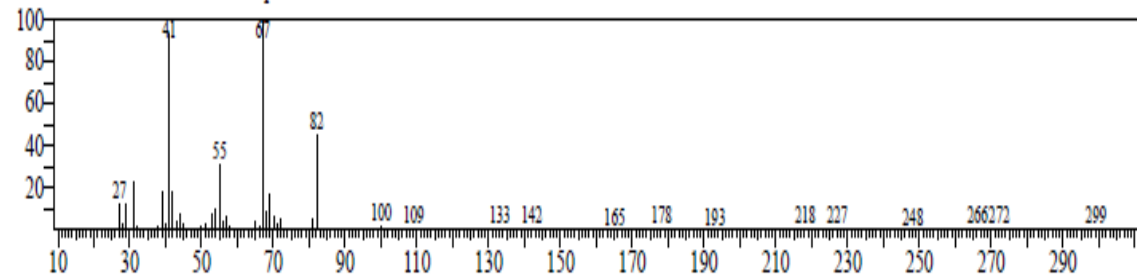


Figura 6. Cromatograma y estructura química de 2-Hexenal

<< Target >>

Line#:4 R.Time:7.435(Scan#:888) MassPeaks:134
RawMode:Averaged 7.430-7.440(887-889) BasePeak:67.00(23510)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit#:1 Entry:1807 Library:NIST11s.lib

SI:93 Formula:C6H12O CAS:928-96-1 MolWeight:100 RetIndex:868

CompName:3-Hexen-1-ol, (Z)- \$\$ (Z)-Hex-3-en-1-ol \$\$ cis-3-Hexen-1-ol \$\$ cis-3-Hexene-1-ol \$\$ cis-3-Hexenol \$\$ Blatteralkohol (German) \$\$ Leaf

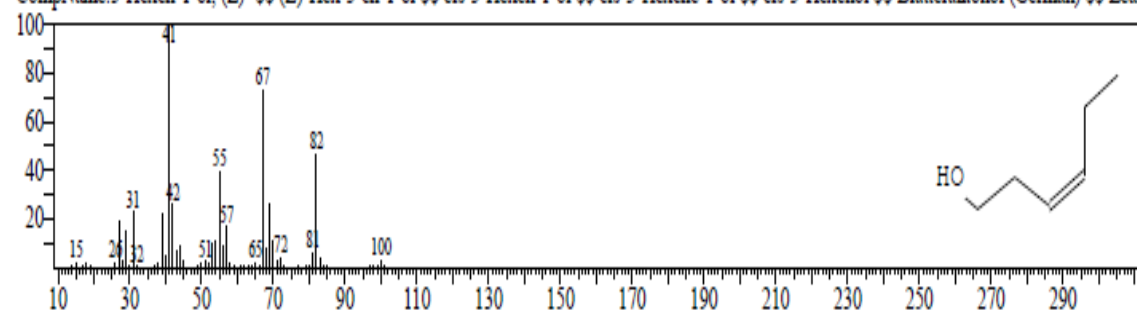
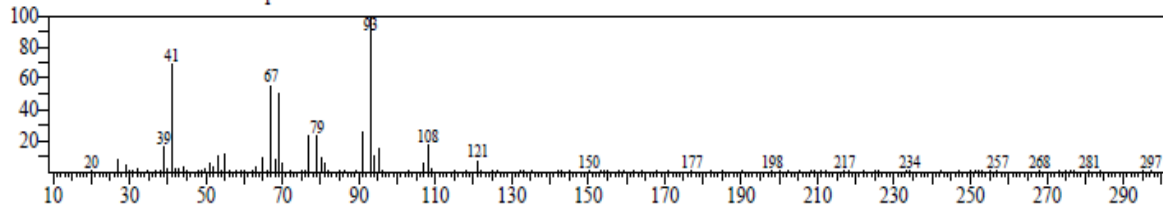


Figura 7. Cromatograma y estructura química de 3-Hexen-1-ol

<< Target >>

Line#:5 R.Time:11.170(Scan#:1635) MassPeaks:138
RawMode:Averaged 11.165-11.175(1634-1636) BasePeak:93.05(5523)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit#:1 Entry:6634 Library:NIST11s.lib

SI:87 Formula:C10H16 CAS:127-91-3 MolWeight:136 RefIndex:943

CompName:.beta.-Pinene \$\$ Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene- \$\$ 2(10)-Pinene \$\$ Nopinene \$\$ Pseudopinene \$\$ Pseudo

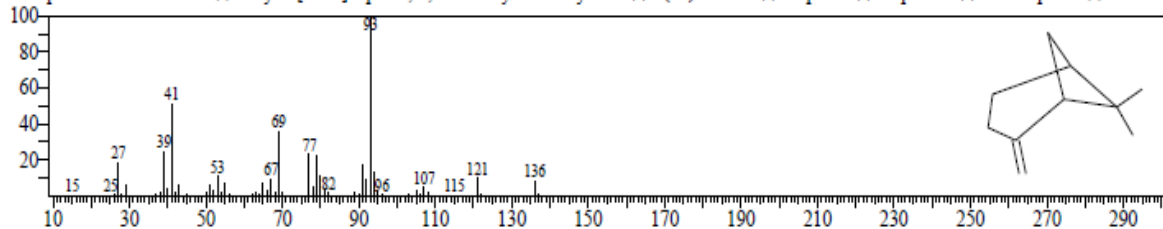
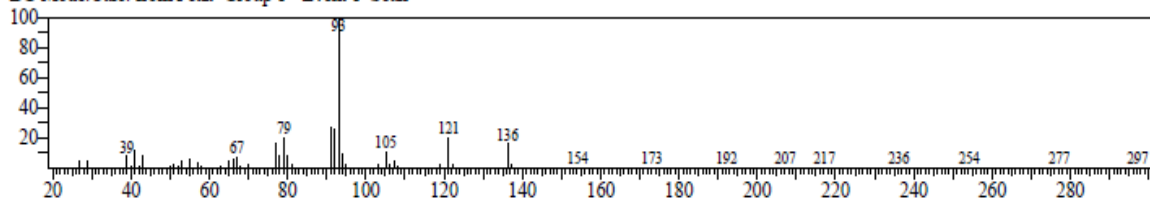


Figura 8. Cromatograma y estructura química de .beta.-Pinene

<< Target >>

Line#:6 R.Time:11.410(Scan#:1683) MassPeaks:177
RawMode:Averaged 11.405-11.415(1682-1684) BasePeak:93.05(355943)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit#:1 Entry:6653 Library:NIST11s.lib

SI:95 Formula:C10H16 CAS:508-32-7 MolWeight:136 RefIndex:729

CompName:Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,7,7-trimethyl- \$\$ Tricyclene \$\$ 1,7,7-Trimethyltricyclo[2.2.1.0,2,6]heptane \$\$ 1,7,7-Trimethyltricyclo[2.

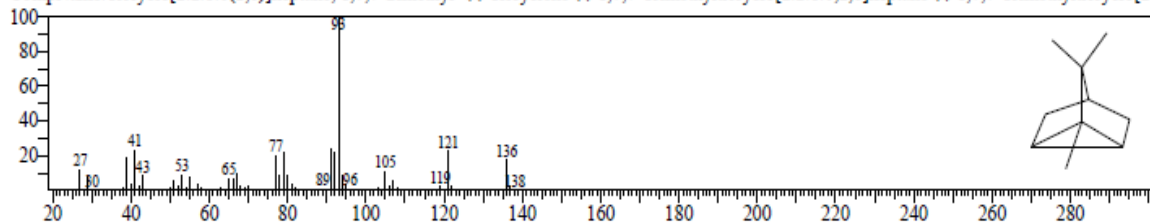


Figura 9. Cromatograma y estructura química de Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane

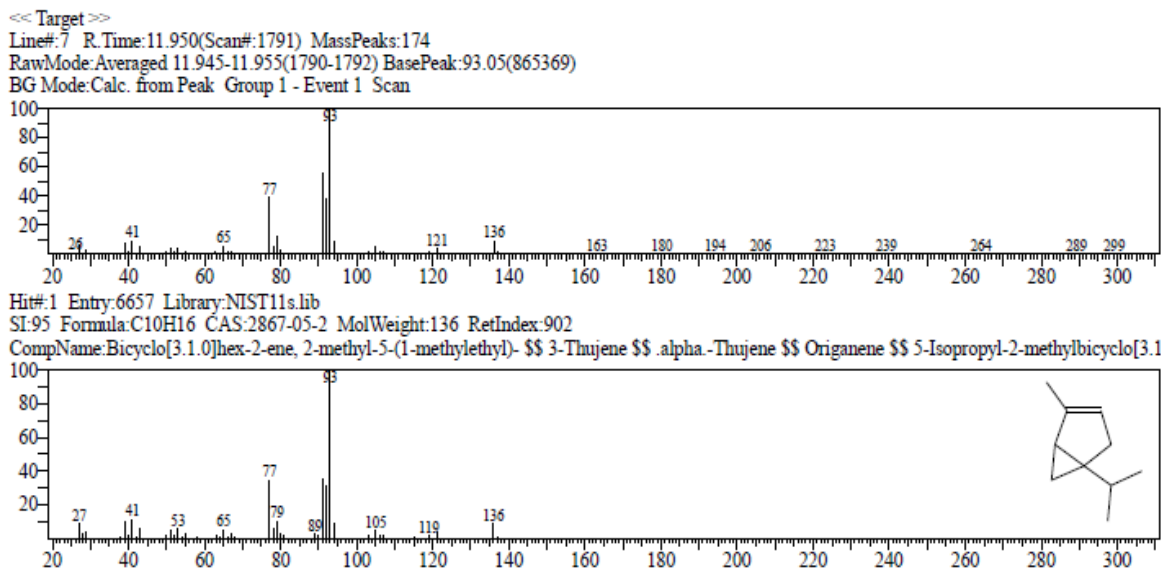


Figura 10. Cromatograma y estructura química de Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene

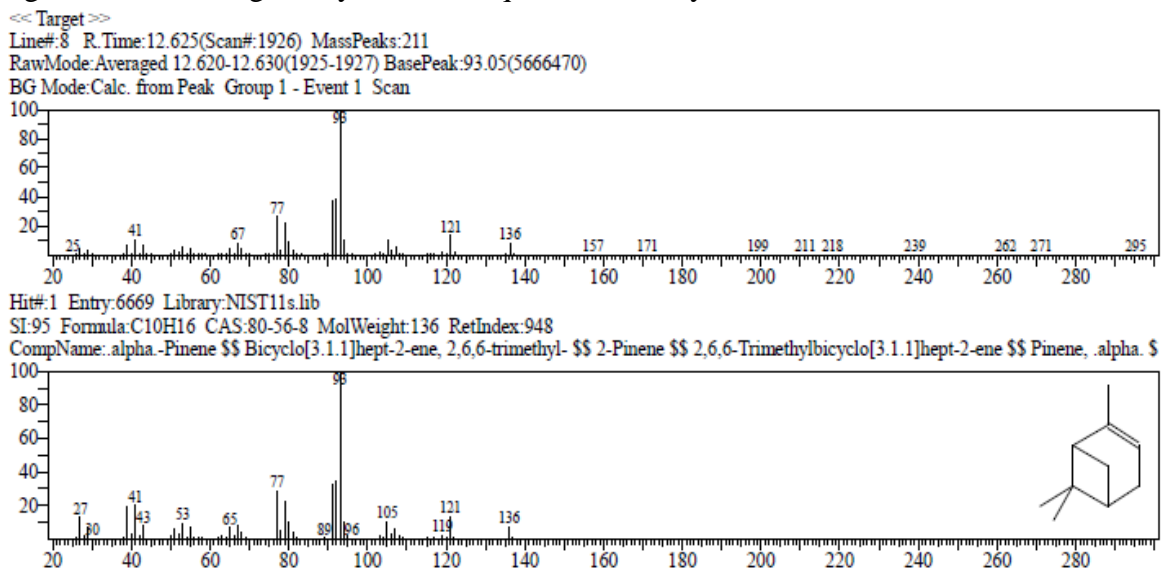
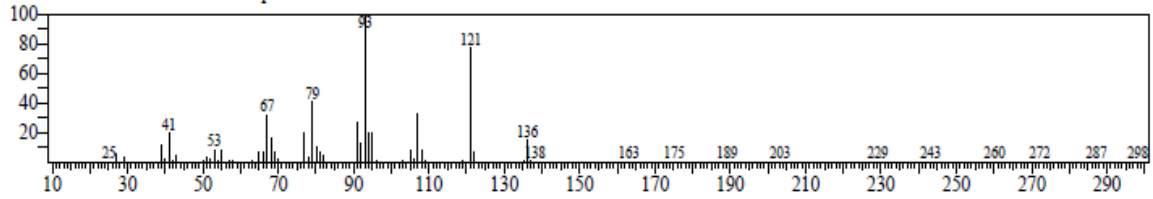


Figura 11. Cromatograma y estructura química de .\alpha\$.-Pinene

<< Target >>

Line#:9 R.Time:13.950(Scan#:2191) MassPeaks:204
RawMode:Averaged 13.945-13.955(2190-2192) BasePeak:93.05(3155970)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit#:1 Entry:6672 Library:NIST11s.lib

SI:95 Formula:C10H16 CAS:79-92-5 MolWeight:136 RetIndex:943

CompName:Camphene \$\$ Bicyclo[2.2.1]heptane, 2,2-dimethyl-3-methylene- \$\$ 2,2-Dimethyl-3-methylenebicyclo[2.2.1]heptane \$\$ 2,2-Dimethyl-3-r

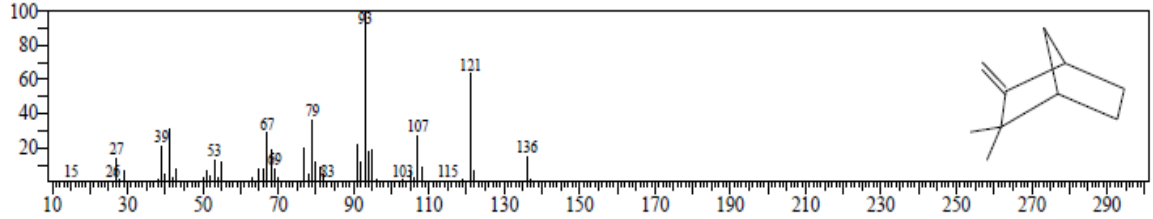
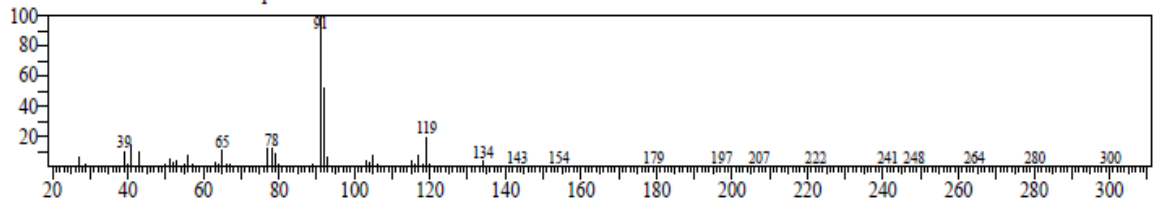


Figura 12. Cromatograma y estructura química de Camphene

<< Target >>

Line#:10 R.Time:14.470(Scan#:2295) MassPeaks:157
RawMode:Averaged 14.465-14.475(2294-2296) BasePeak:91.05(131439)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit#:1 Entry:6183 Library:NIST11s.lib

SI:89 Formula:C10H14 CAS:104-51-8 MolWeight:134 RetIndex:1092

CompName:Benzene, butyl- \$\$ n-Butylbenzene \$\$ Butylbenzene \$\$ 1-Phenylbutane \$\$ UN 2709 \$\$ Benzene, n-butyl- \$\$

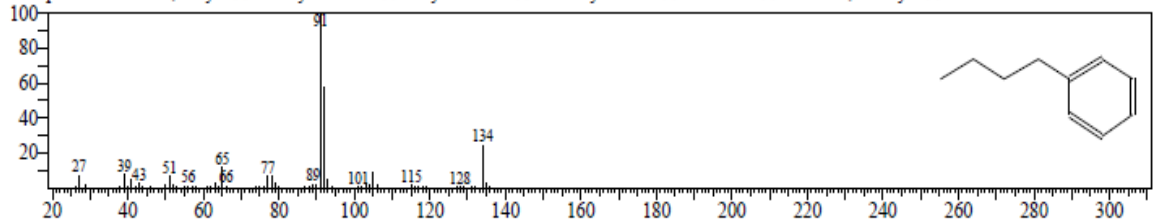


Figura 13. Cromatograma y estructura química de Benzene

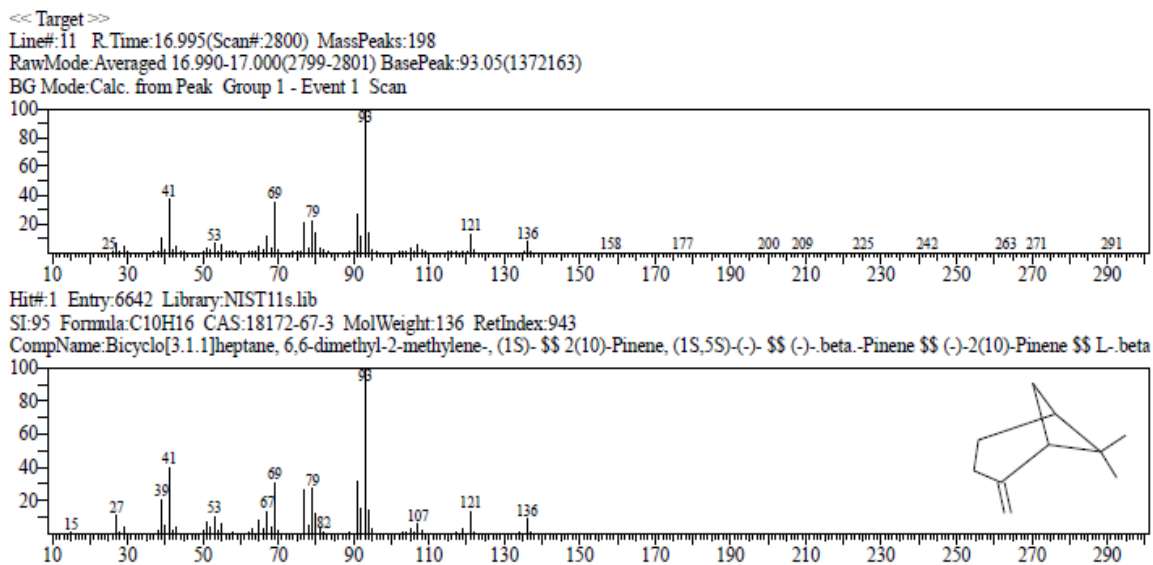


Figura 14. Cromatograma y estructura química de Bicyclo[3.1.1]heptane

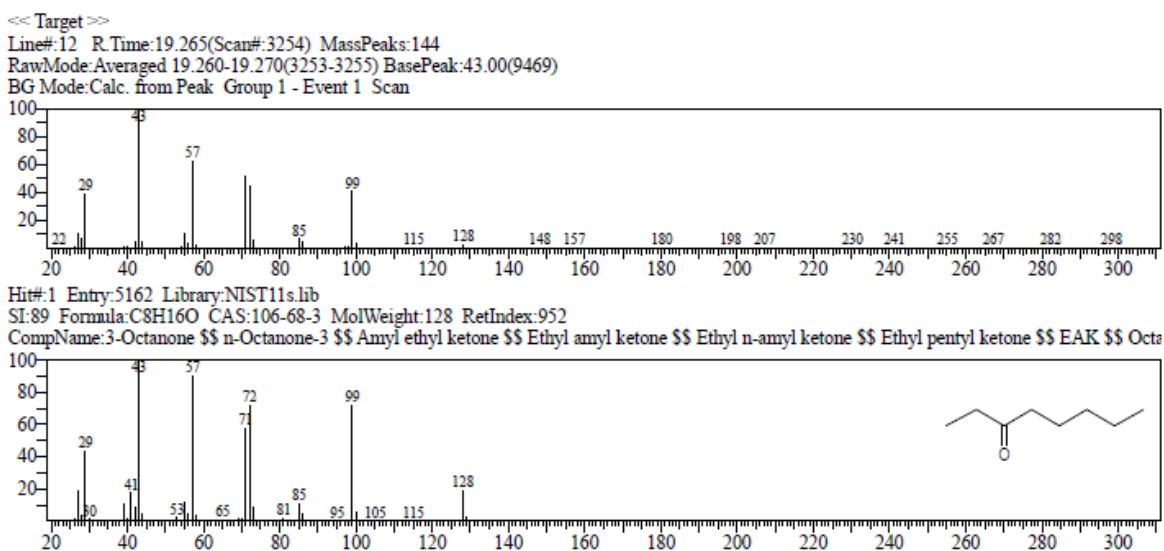
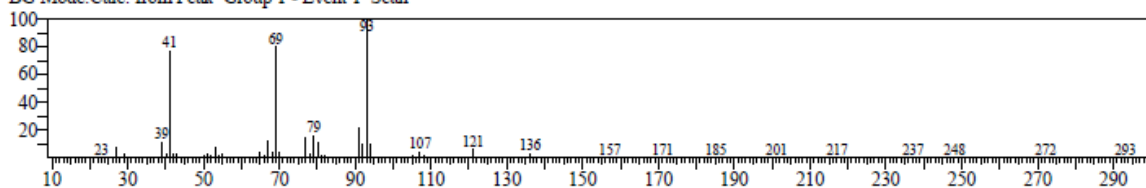


Figura 15. Cromatograma y estructura química de 3-Octanone

<< Target >>

Line#:13 R.Time:20.180(Scan#:3437) MassPeaks:190
RawMode:Averaged 20.175-20.185(3436-3438) BasePeak:93.05(5025404)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit#1 Entry:6606 Library:NIST11s.lib

SI:93 Formula:C10H16 CAS:123-35-3 MolWeight:136 RetIndex:958

CompName:.beta.-Myrcene \$\$ 1,6-Octadiene, 7-methyl-3-methylene- \$\$ Myrcene \$\$ 7-Methyl-3-methylene-1,6-octadiene \$\$ 7-Methyl-3-methylene-

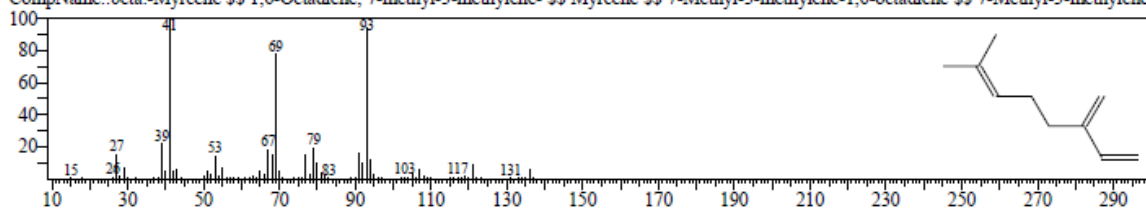
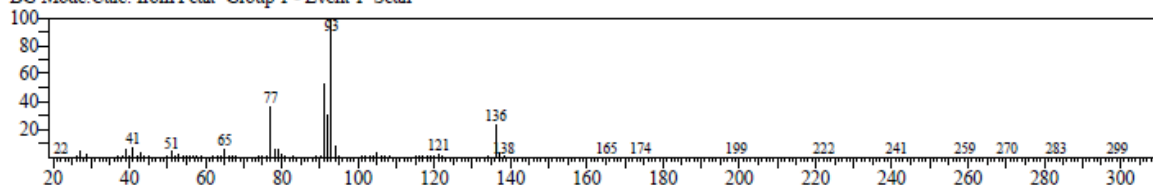


Figura 16. Cromatograma y estructura química de .beta.-Myrcene

<< Target >>

Line#:14 R.Time:21.150(Scan#:3631) MassPeaks:183
RawMode:Averaged 21.145-21.155(3630-3632) BasePeak:93.05(233653)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit#1 Entry:6659 Library:NIST11s.lib

SI:95 Formula:C10H16 CAS:99-83-2 MolWeight:136 RetIndex:969

CompName:.alpha.-Phellandrene \$\$ 1,3-Cyclohexadiene, 2-methyl-5-(1-methylethyl)- \$\$.alpha.-Fellandrene \$\$ p-Mentha-1,5-diene \$\$ 5-Isopropyl-2

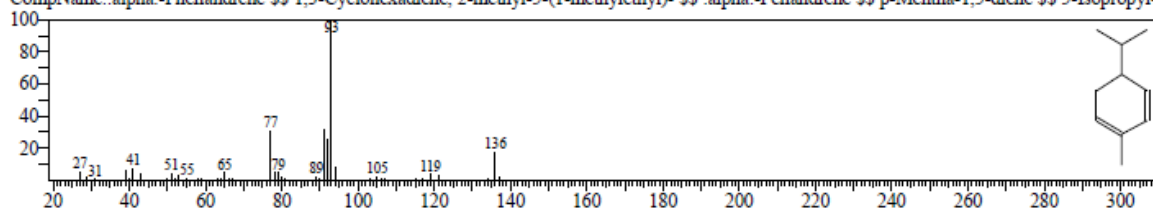
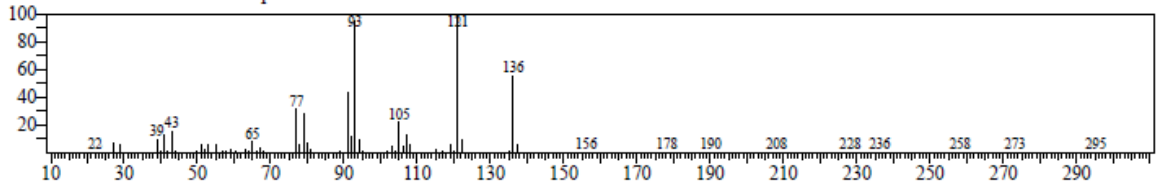


Figura 17. Cromatograma y estructura química de .alpha.-Phellandrene

<< Target >>

Line#:15 R.Time:23.250(Scan#:4051) MassPeaks:201
RawMode:Averaged 23.245-23.255(4050-4052) BasePeak:121.10(257240)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit# 1 Entry:6679 Library:NIST11s.lib

SI:95 Formula:C10H16 CAS:99-86-5 MolWeight:136 RetIndex:998

CompName:1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)- \$\$ alpha.-Terpinene \$\$ alpha.-Terpinen \$\$ p-Mentha-1,3-diene \$\$ Terpilene \$\$ 1-Isop

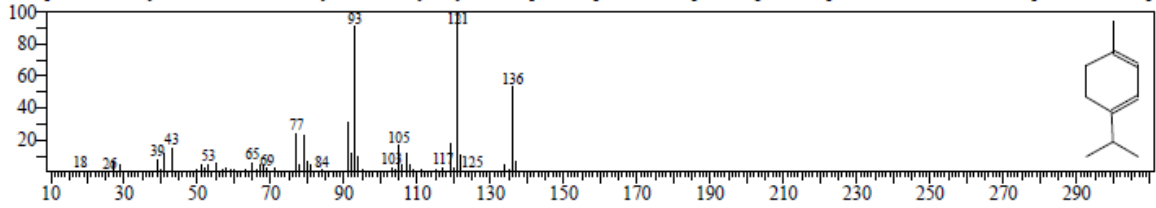
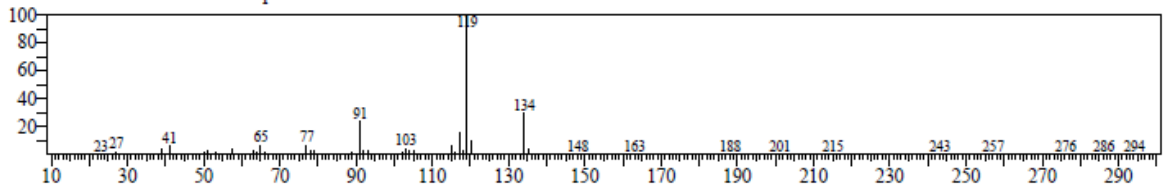


Figura 18. Cromatograma y estructura química de 1,3-Ciclohexadiene

<< Target >>

Line#:16 R.Time:24.790(Scan#:4359) MassPeaks:150
RawMode:Averaged 24.785-24.795(4358-4360) BasePeak:119.10(137453)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit# 1 Entry:6234 Library:NIST11s.lib

SI:97 Formula:C10H14 CAS:527-84-4 MolWeight:134 RetIndex:1042

CompName:o-Cymene \$\$ Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)- \$\$ o-Cymol \$\$ o-Isopropyltoluene \$\$ 1-Isopropyl-2-methylbenzene \$\$ 1-Methyl-2-i

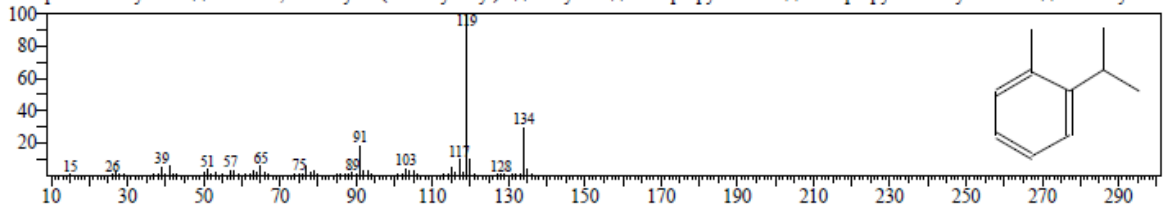


Figura 19. Cromatograma y estructura química de o-Cymene

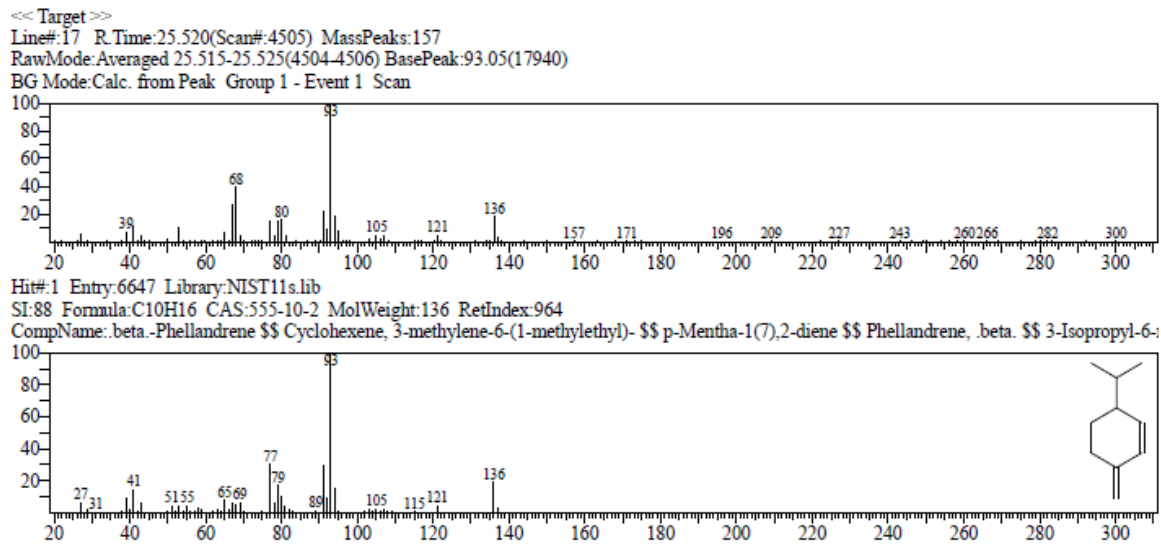


Figura 20. Cromatograma y estructura química de .beta.-Phellandrene

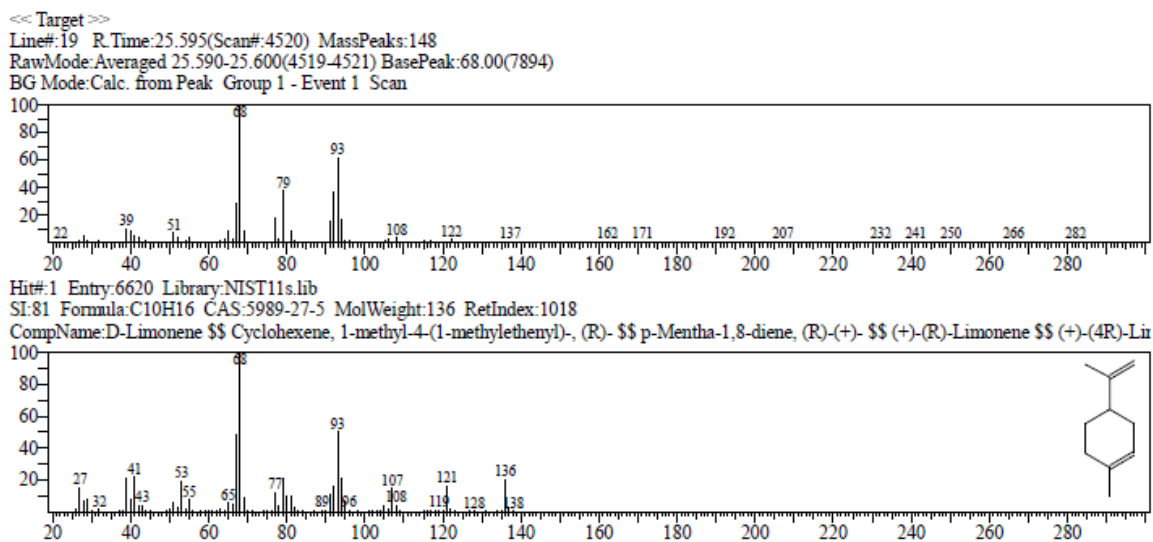


Figura 21. Cromatograma y estructura química de D-Limonene

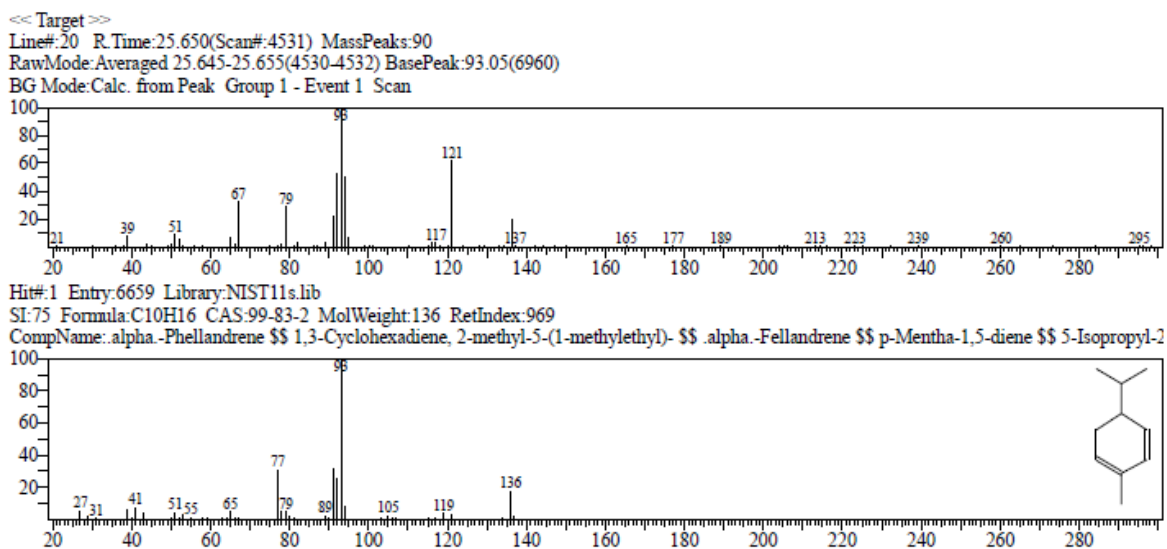


Figura 22. Cromatograma y estructura química de .alpha.-Phellandrene

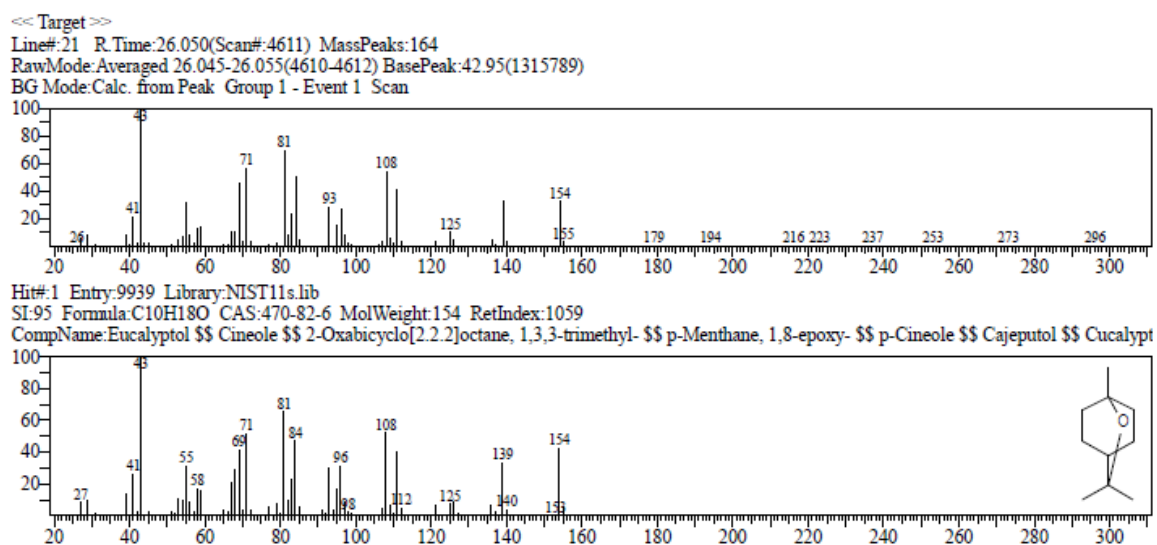
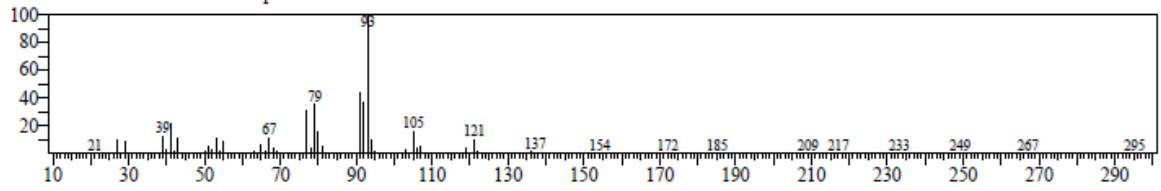


Figura 23. Cromatograma y estructura química de Eucalyptol

<< Target >>

Line#:22 R.Time:28.610(Scan#:5123) MassPeaks:170
RawMode:Averaged 28.605-28.615(5122-5124) BasePeak:93.05(484233)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit#:1 Entry:6664 Library:NIST11s.lib

SI:97 Formula:C10H16 CAS:3779-61-1 MolWeight:136 RetIndex:976

CompName:trans-beta-Ocimene \$\$ 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)- \$\$.beta.-trans-Ocimene \$\$ trans-3,7-Dimethyl-1,3,6-Octatriene \$\$ Ocimene

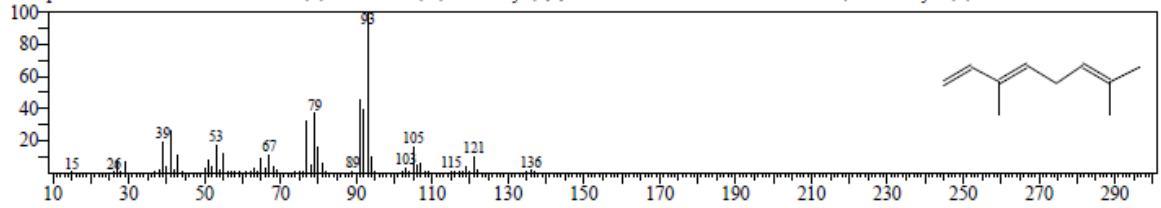
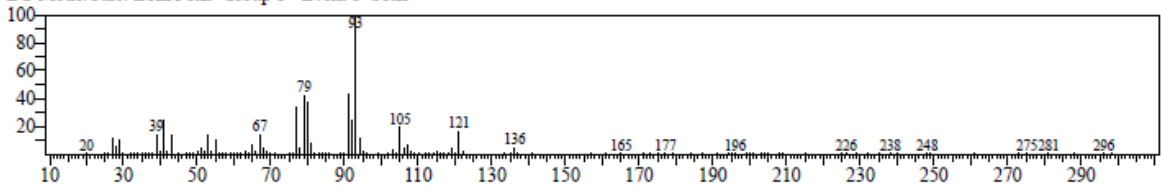


Figura 24. Cromatograma y estructura química de trans-.beta.-Ocimene

<< Target >>

Line#:23 R.Time:30.800(Scan#:5561) MassPeaks:204
RawMode:Averaged 30.795-30.805(5560-5562) BasePeak:93.05(15915)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit#:1 Entry:6662 Library:NIST11s.lib

SI:96 Formula:C10H16 CAS:3338-55-4 MolWeight:136 RetIndex:976

CompName:1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)- \$\$.beta.-cis-Ocimene \$\$ cis-.beta.-Ocimene \$\$ cis-3,7-Dimethyl-1,3,6-octatriene \$\$ Ocimene, cis-1

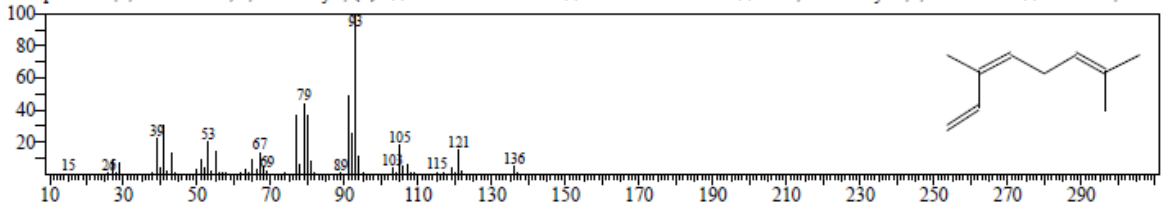
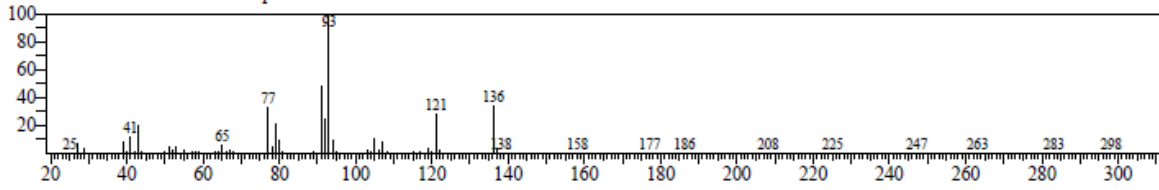


Figura 25. Cromatograma y estructura química de 1,3,6-Octatriene

<< Target >>

Line#:24 R.Time:32.150(Scan#:5831) MassPeaks:178
RawMode:Averaged 32.145-32.155(5830-5832) BasePeak:93.05(430952)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit#:1 Entry:6656 Library:NIST11s.lib

SI:95 Formula:C10H16 CAS:99-85-4 MolWeight:136 RetIndex:998

CompName:.gamma.-Terpinene \$\$ 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)- \$\$.gamma.-Terpinen \$\$ p-Mentha-1,4-diene \$\$ Crithmene \$\$ M

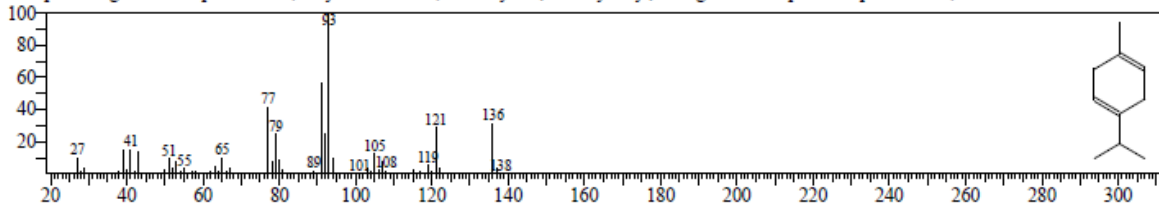
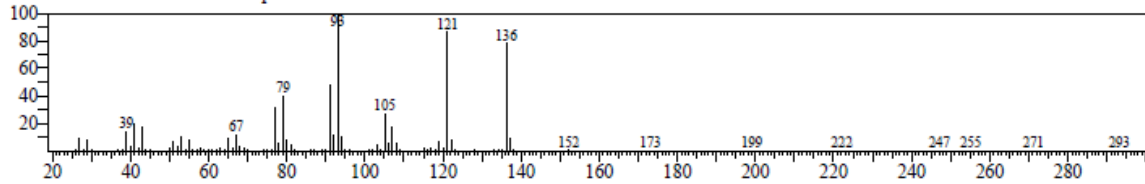


Figura 26. Cromatograma y estructura química de gamma.-Terpinene

<< Target >>

Line#:26 R.Time:36.460(Scan#:6693) MassPeaks:192
RawMode:Averaged 36.455-36.465(6692-6694) BasePeak:93.05(154514)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit#:1 Entry:6683 Library:NIST11s.lib

SI:94 Formula:C10H16 CAS:586-62-9 MolWeight:136 RetIndex:1052

CompName:Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)- \$\$ p-Mentha-1,4(8)-diene \$\$ Terpinolene \$\$ Terpinolen \$\$ UN 2541 \$\$.alpha.- Terpinol

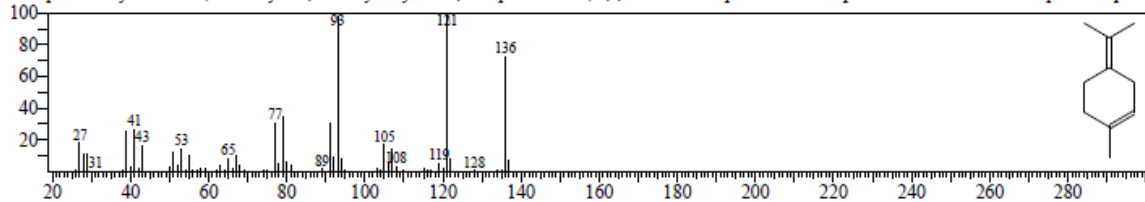
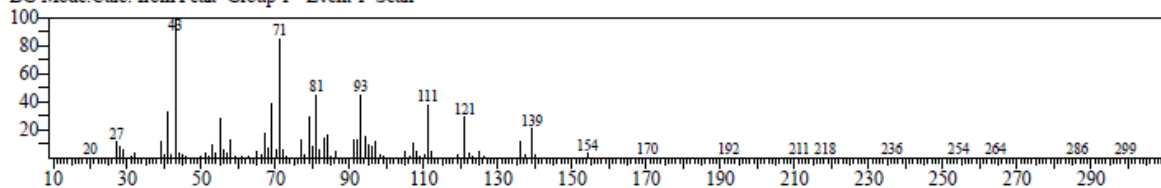


Figura 27. Cromatograma y estructura química de Cyclohexene

<< Target >>

Line#:27 R.Time:37.770(Scan#:6955) MassPeaks:161
RawMode:Averaged 37.765-37.775(6954-6956) BasePeak:42.95(8707)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit# 1 Entry:9981 Library:NIST11s.lib

SI:87 Formula:C10H18O CAS:138-87-4 MolWeight:154 RetIndex:1158

CompName:Cyclohexanol, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)- \$\$ p-Menth-8-en-1-ol \$\$.beta.-Terpineol \$\$ t-Menth-1-en-8-ol \$\$.beta.-Terpinol \$\$ 4-Isop

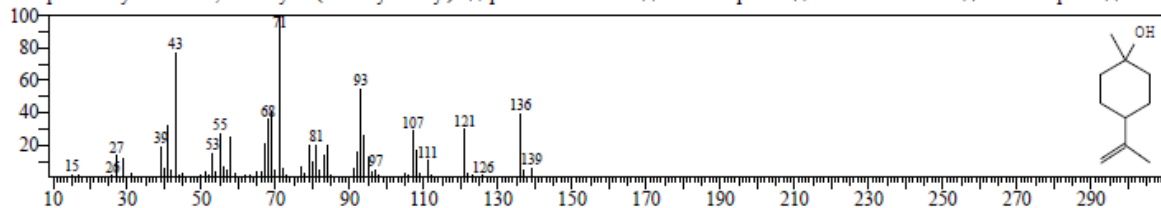
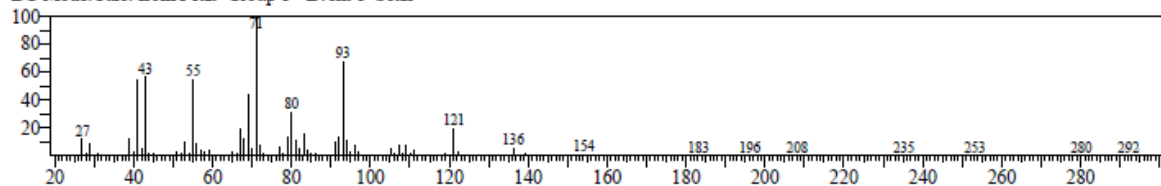


Figura 28. Cromatograma y estructura química de Cyclohexanol,

<< Target >>

Line#:28 R.Time:38.375(Scan#:7076) MassPeaks:163
RawMode:Averaged 38.370-38.380(7075-7077) BasePeak:71.00(91463)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit# 1 Entry:9983 Library:NIST11s.lib

SI:96 Formula:C10H18O CAS:78-70-6 MolWeight:154 RetIndex:1082

CompName:1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl- \$\$.beta.-Linalool \$\$ Linalol \$\$ Linalool \$\$ Linalyl alcohol \$\$ 2,6-Dimethyl-2,7-octadien-6-ol \$\$ allo-

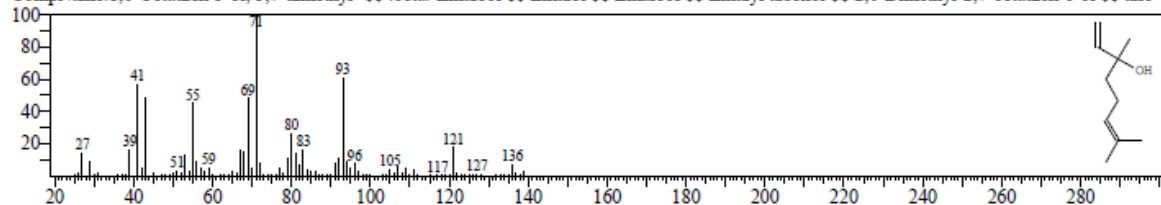


Figura 29. Cromatograma y estructura química de 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-

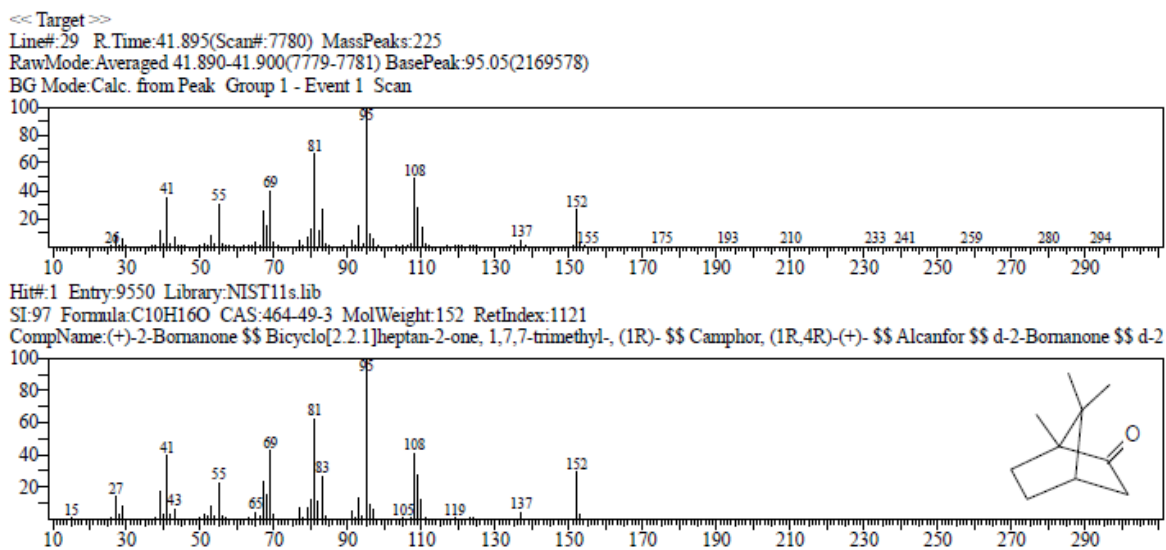


Figura 30. Cromatograma y estructura química de (+)-2-Bornanone

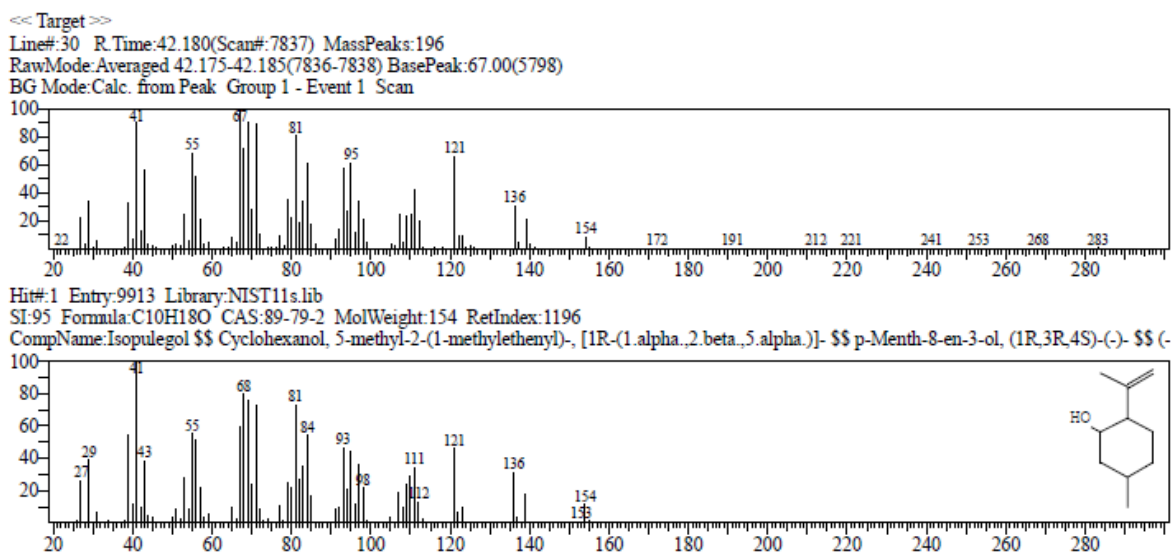


Figura 31. Cromatograma y estructura química de Isopulegol

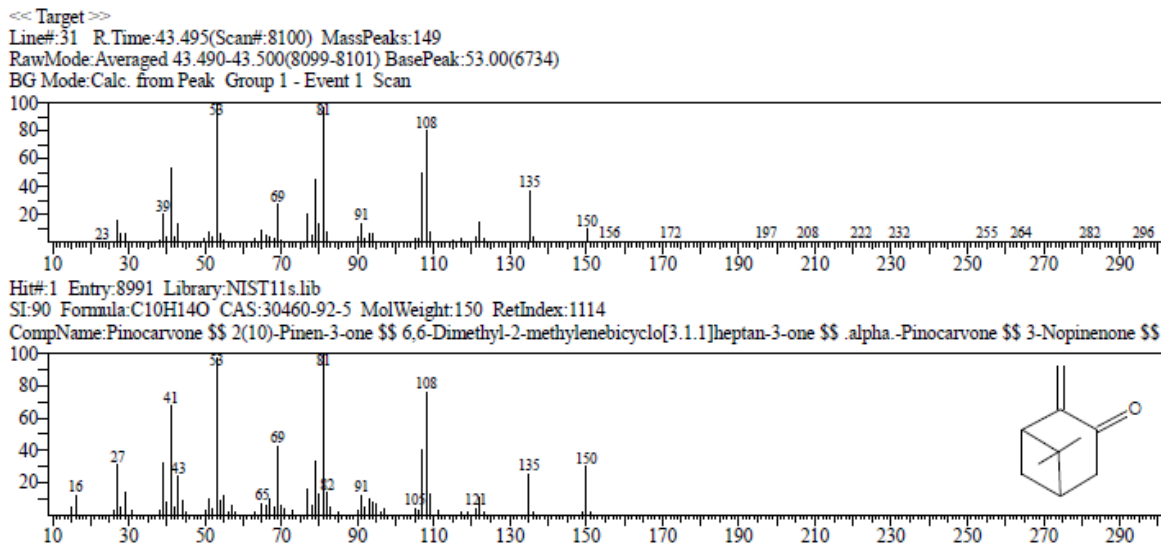


Figura 32. Cromatograma y estructura química de Pinocarvone

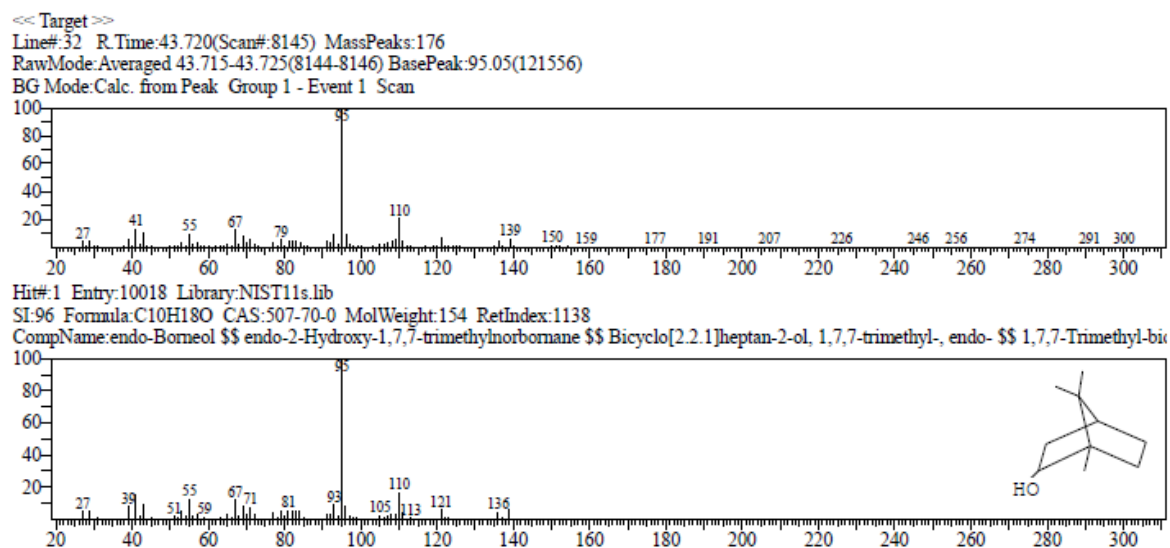
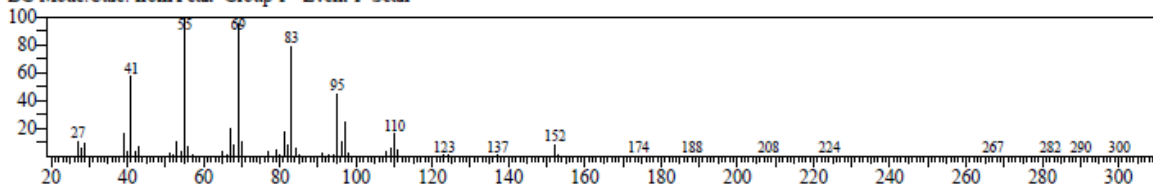


Figura 33. Cromatograma y estructura química de endo-Borneol

<< Target >>

Line#:33 R.Time:44.315(Scan#:8264) MassPeaks:139
RawMode:Averaged 44.310-44.320(8263-8265) BasePeak:55.00(15267)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit# 1 Entry:9480 Library:NIST11s.lib
SI:96 Formula:C10H16O CAS:15358-88-0 MolWeight:152 RetIndex:1109
CompName:Bicyclo[3.1.1]heptan-3-one, 2,6,6-trimethyl-, (1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)- \$\$ 3-Pinanone, cis \$\$ Isocamphopinone \$\$ Isopinocampyon \$\$ 1

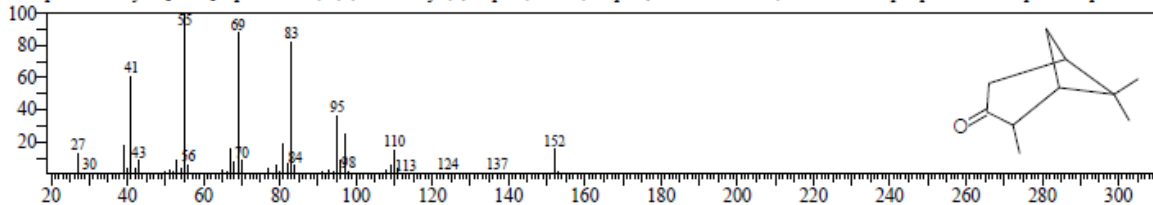
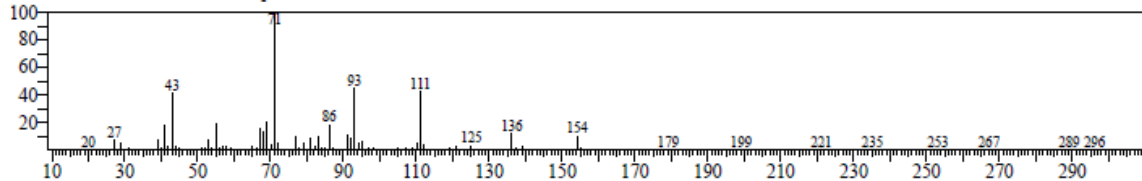


Figura 34. Cromatograma y estructura química de Bicyclo[3.1.1]heptan-3-one

<< Target >>

Line#:34 R.Time:44.670(Scan#:8335) MassPeaks:191
RawMode:Averaged 44.665-44.675(8334-8336) BasePeak:71.00(58440)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit# 1 Entry:9985 Library:NIST11s.lib
SI:94 Formula:C10H18O CAS:562-74-3 MolWeight:154 RetIndex:1137
CompName:Terpinen-4-ol \$\$ 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)- \$\$ p-Menth-1-en-4-ol \$\$ 1-Terpinen-4-ol \$\$ 4-Carvomenthenol \$\$ 4-T

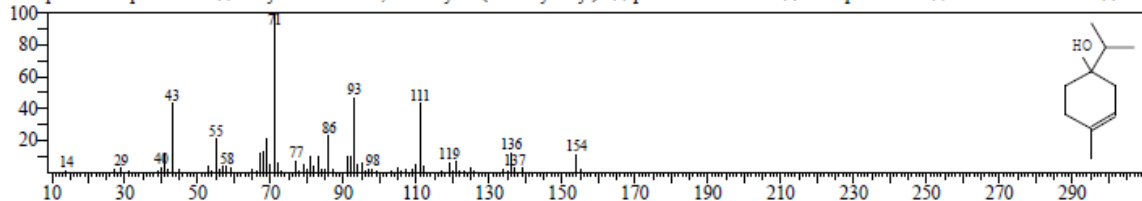


Figura 35. Cromatograma y estructura química de Terpinen-4-ol

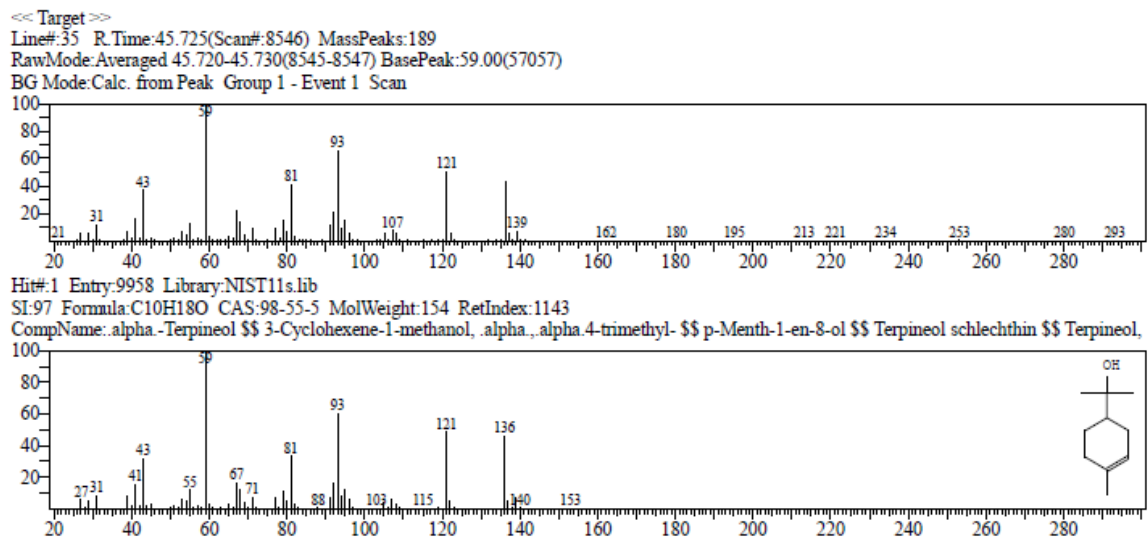


Figura 36. Cromatograma y estructura química de .alpha.-Terpineol

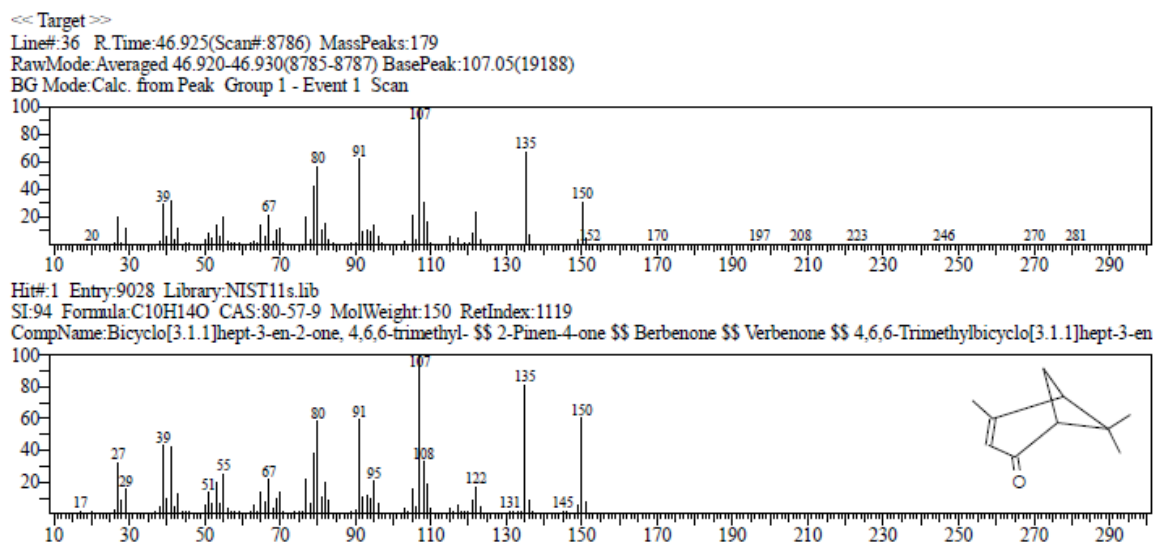


Figura 37. Cromatograma y estructura química de Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one

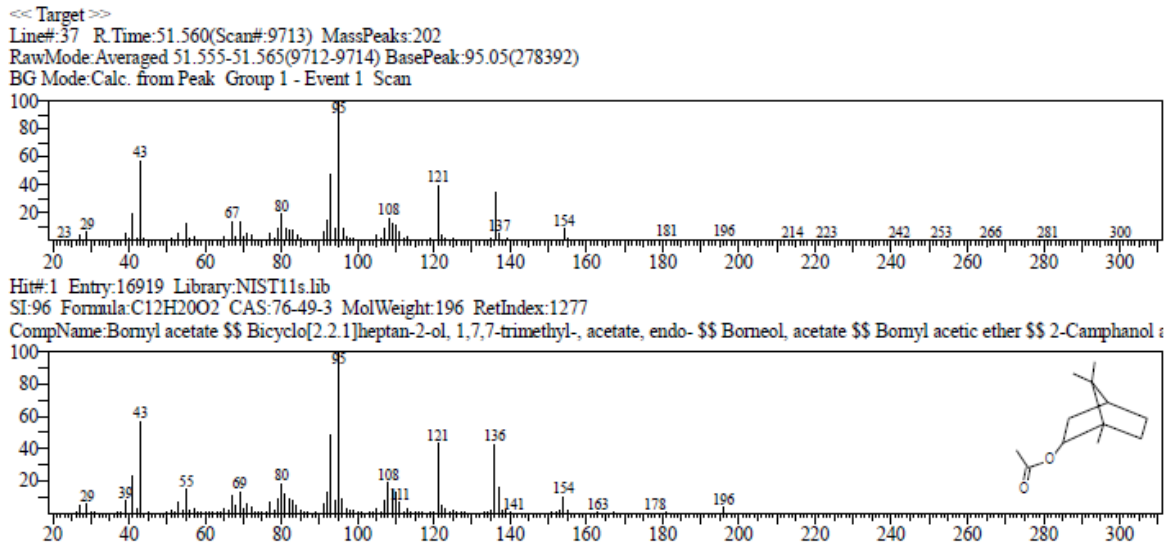


Figura 38. Cromatograma y estructura química de Bornyl acetate

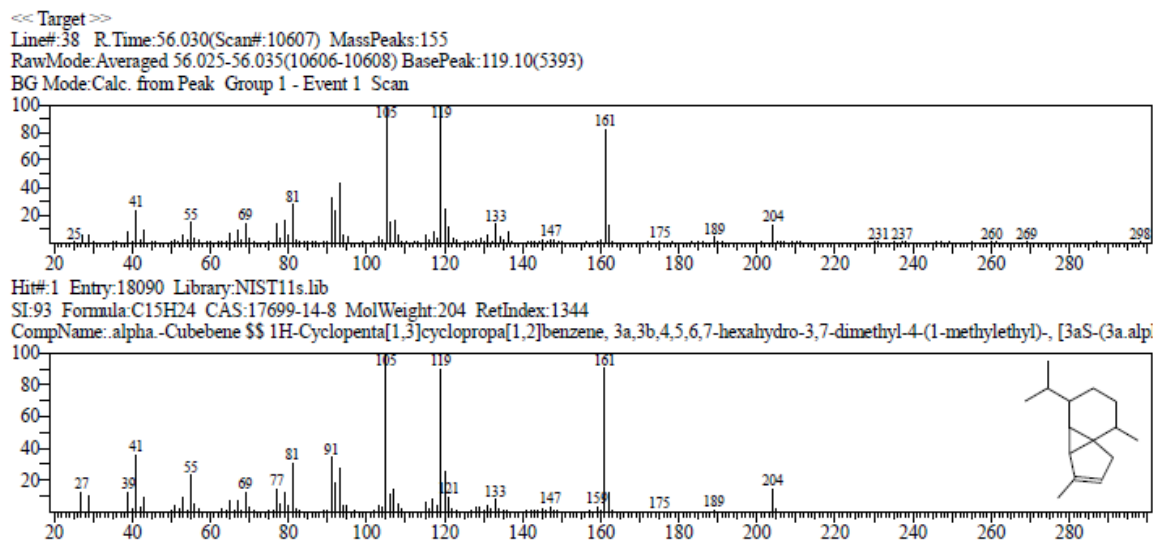


Figura 39. Cromatograma y estructura química de alpha.-Cubebene

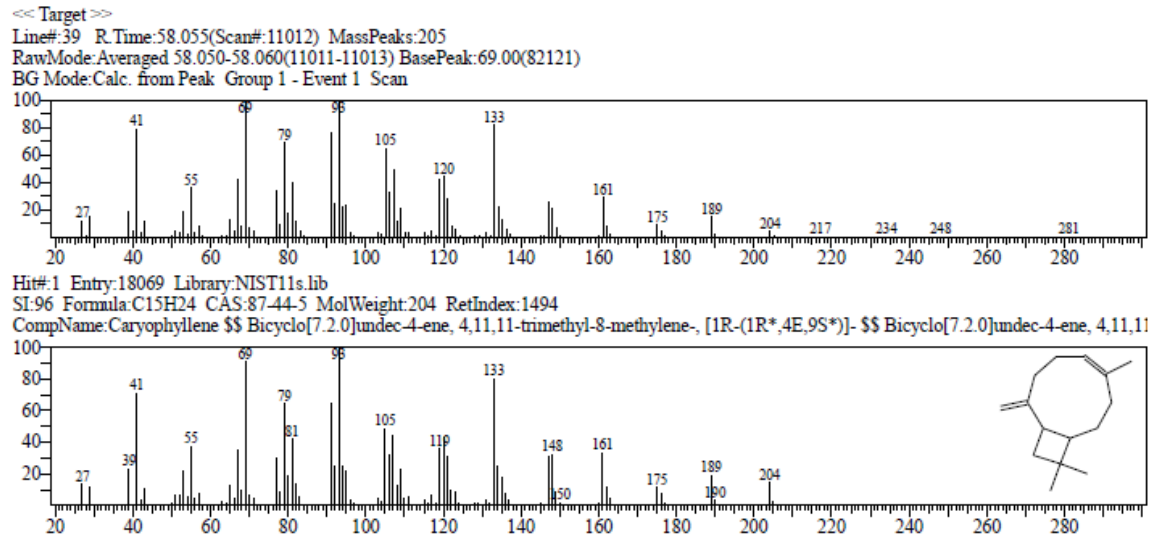


Figura 40. Cromatograma y estructura química de Caryophyllene

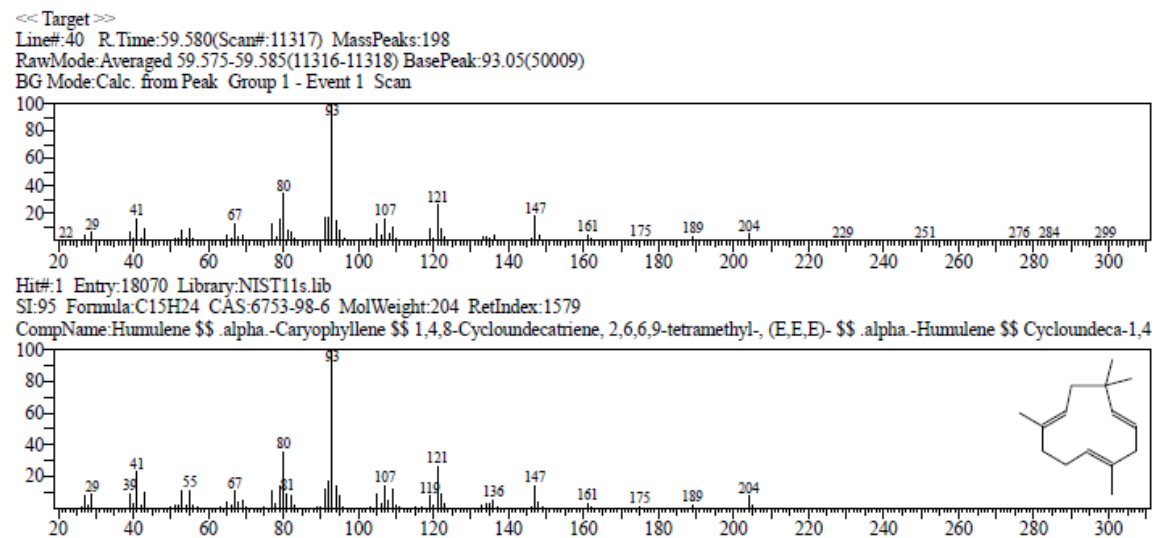


Figura 41. Cromatograma y estructura química de Humulene

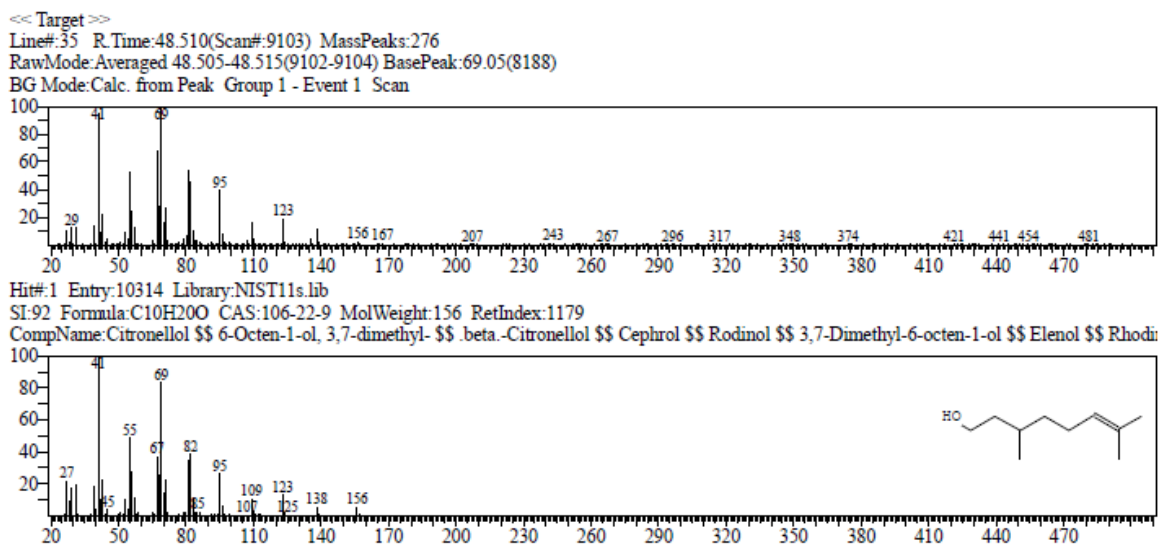


Figura 42. Cromatograma y estructura química de Citronellol

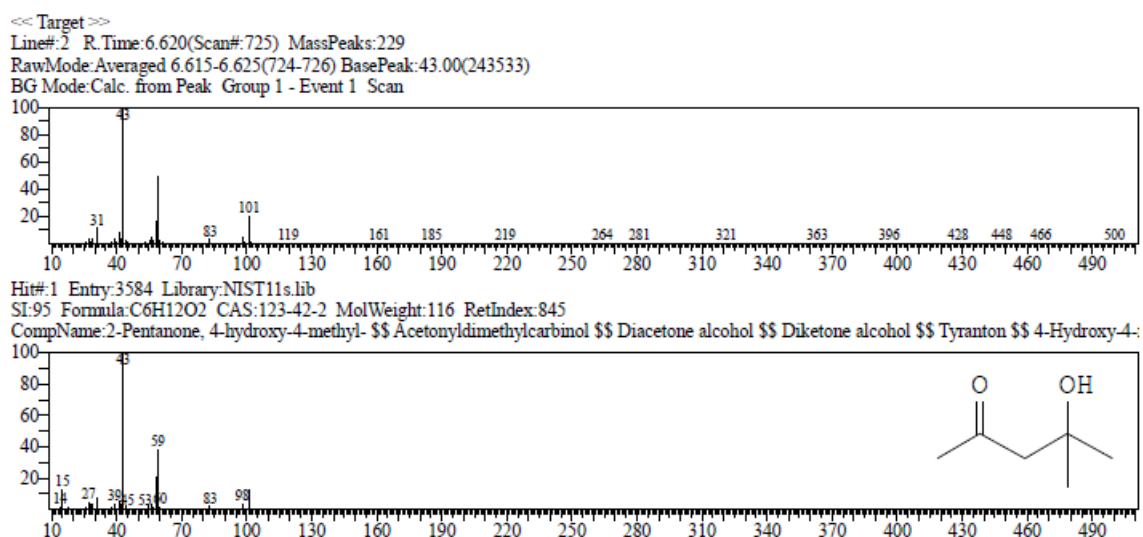


Figura 43. Cromatograma y estructura química de 2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-

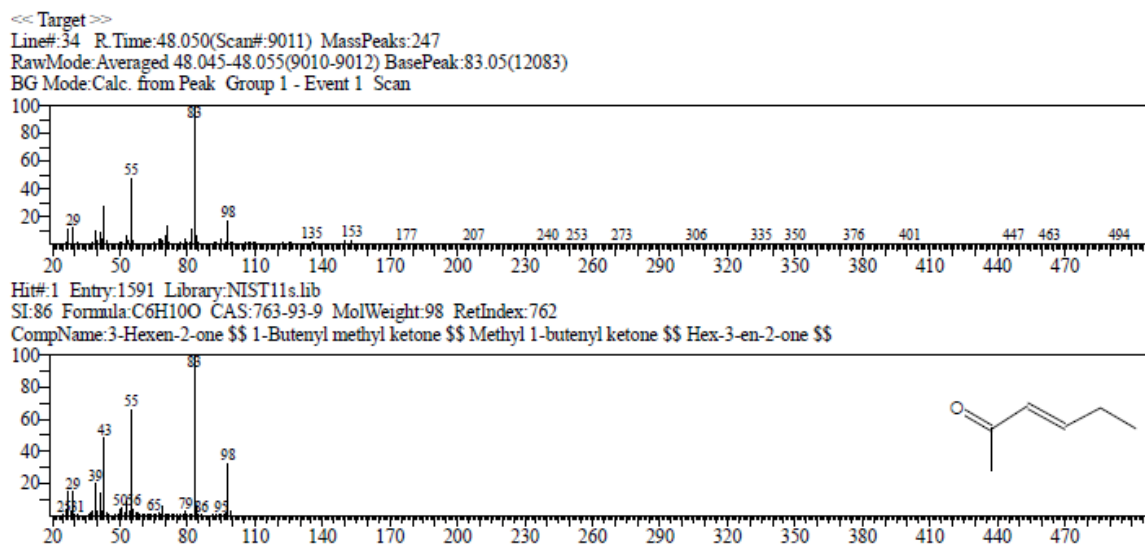


Figura 44. Cromatograma y estructura química de 3-Hexen-2-one

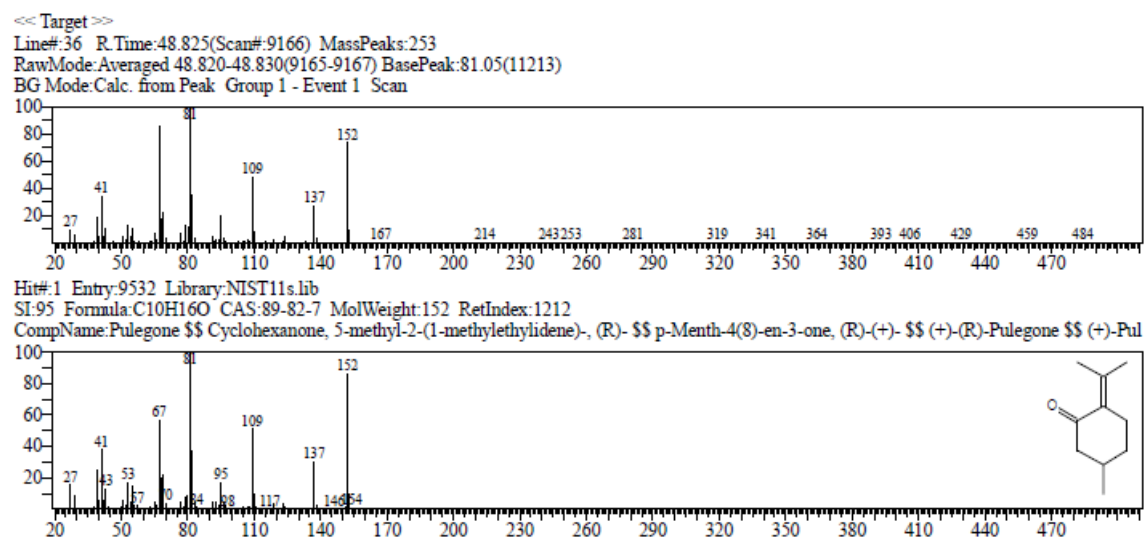
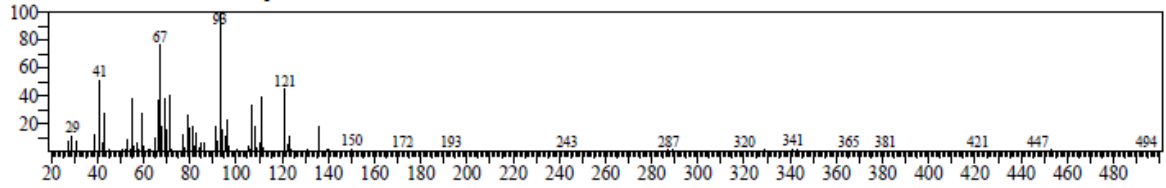


Figura 45. Cromatograma y estructura química de Pulegone

<< Target >>

Line#:37 R.Time:48.980(Scan#:9197) MassPeaks:261
RawMode:Averaged 48.975-48.985(9196-9198) BasePeak:93.05(3769)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit#:1 Entry:9965 Library:NIST11s.lib

SI:81 Formula:C10H18O CAS:51152-12-6 MolWeight:154 RetIndex:1180

CompName:(-)-cis-Myrtenol \$\$ Bicyclo[3.1.1]heptane-2-methanol, 6,6-dimethyl-, [1S-(1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)]- \$\$ (6,6-Dimethylbicyclo[3.1.1]heptane-2-yl)methanol

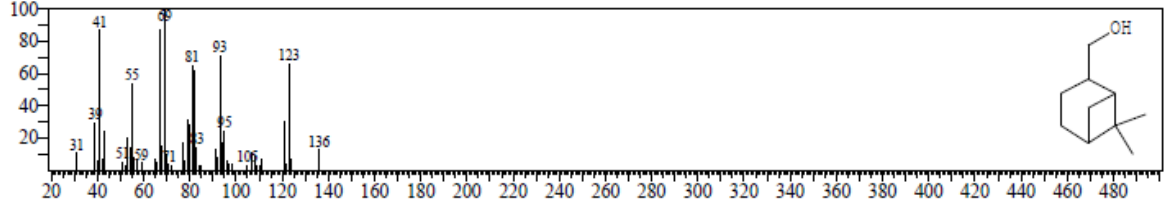
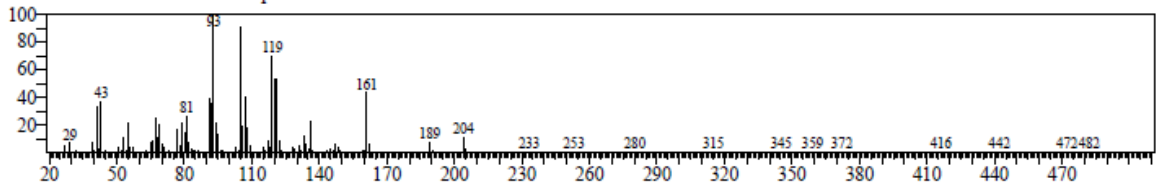


Figura 46. Cromatograma y estructura química de (-)-cis-Myrtenol

<< Target >>

Line#:40 R.Time:55.810(Scan#:10563) MassPeaks:296
RawMode:Averaged 55.805-55.815(10562-10564) BasePeak:93.05(8002)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Hit#:1 Entry:18082 Library:NIST11s.lib

SI:91 Formula:C15H24 CAS:14912-44-8 MolWeight:204 RetIndex:1221

CompName:Ylangene \$\$ Tricyclo[4.4.0.0(2,7)]dec-3-ene, 8-isopropyl-1,3-dimethyl-, (1S,2R,6R,7R,8S)-(+)- \$\$ Tricyclo[4.4.0.0(2,7)]dec-3-ene, 1,3-dimethyl-8-isopropyl-, (1S,2R,6R,7R,8S)-(+)-

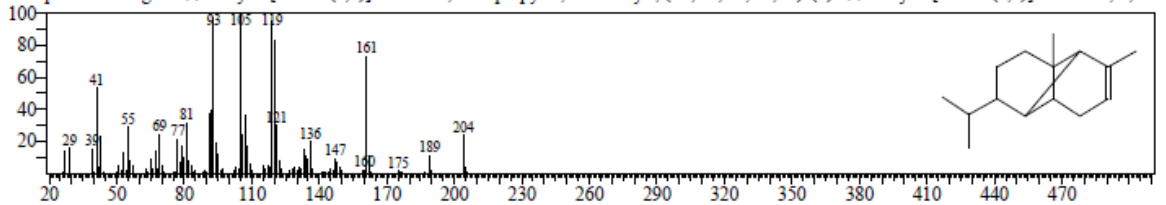


Figura 47. Cromatograma y estructura química de Ylangene

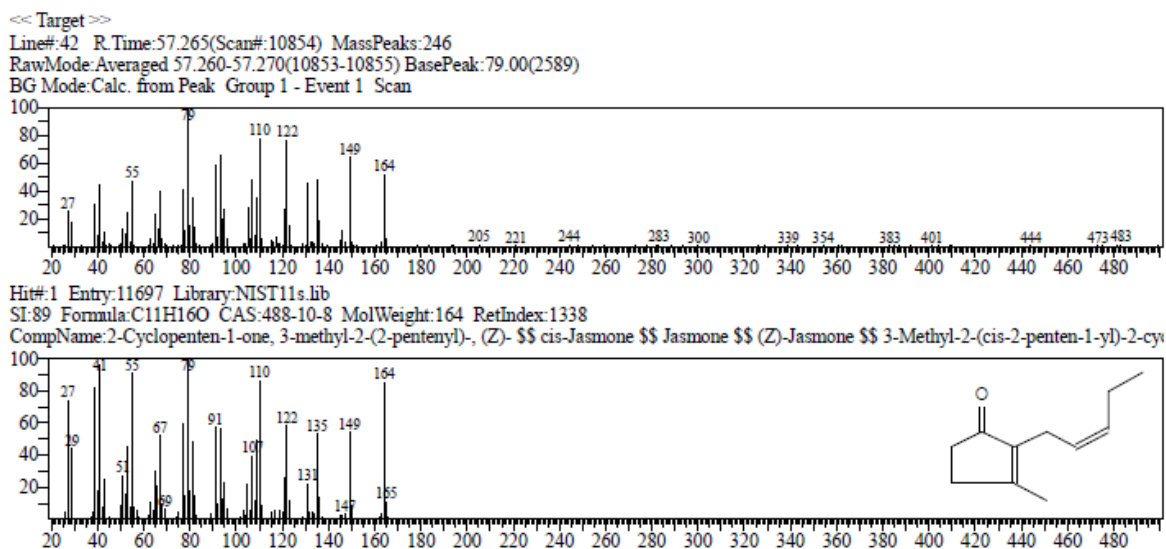


Figura 48. Cromatograma y estructura química de 2-Cyclopenten-1-one, 3-methyl-2-(2-pentenyl)

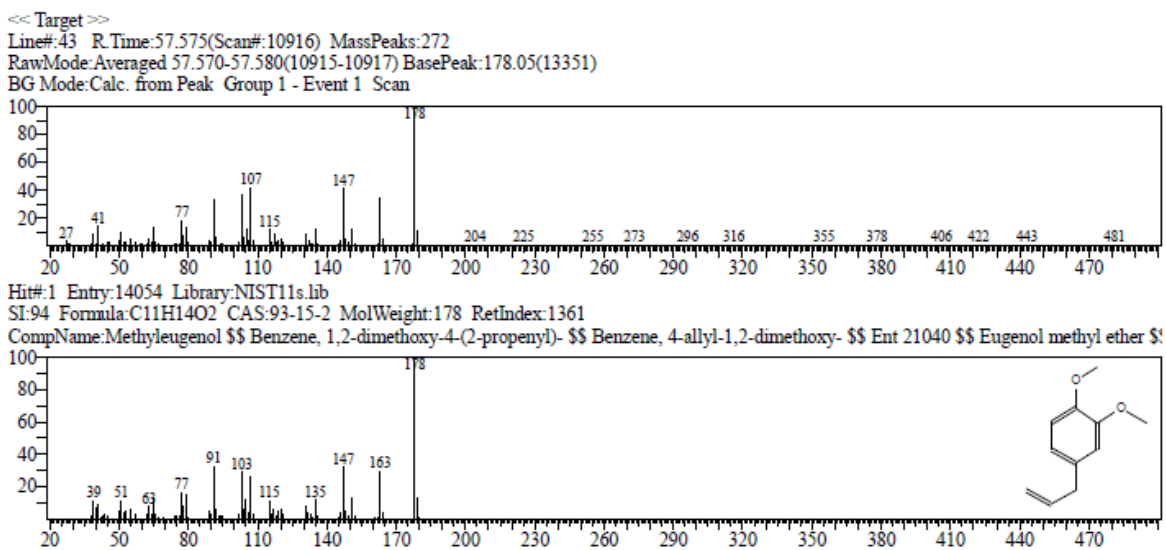


Figura 49. Cromatograma y estructura química de Methyleugenol

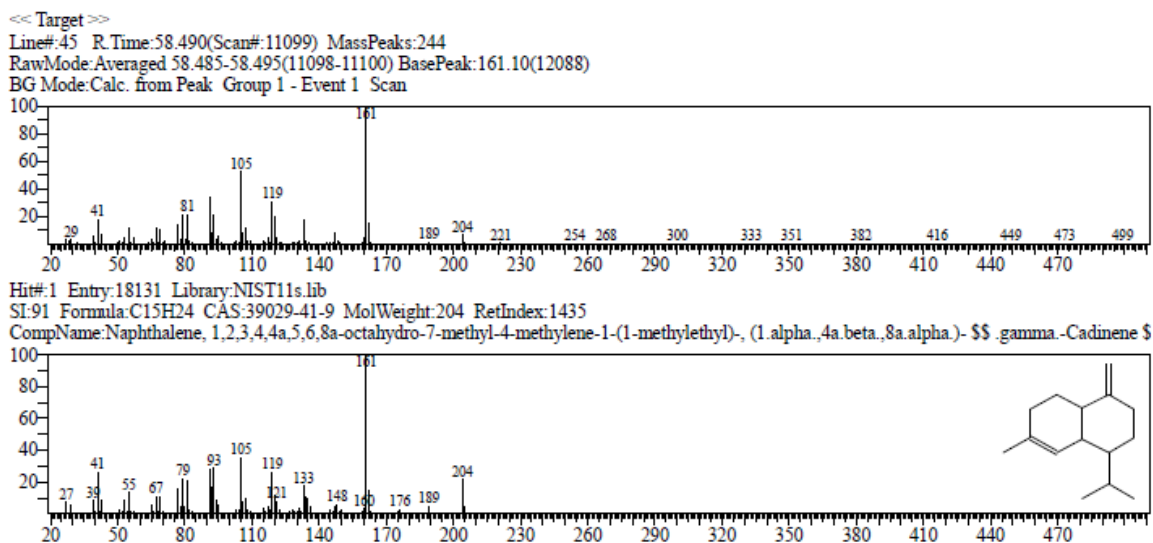


Figura 50. Cromatograma y estructura química de Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-m

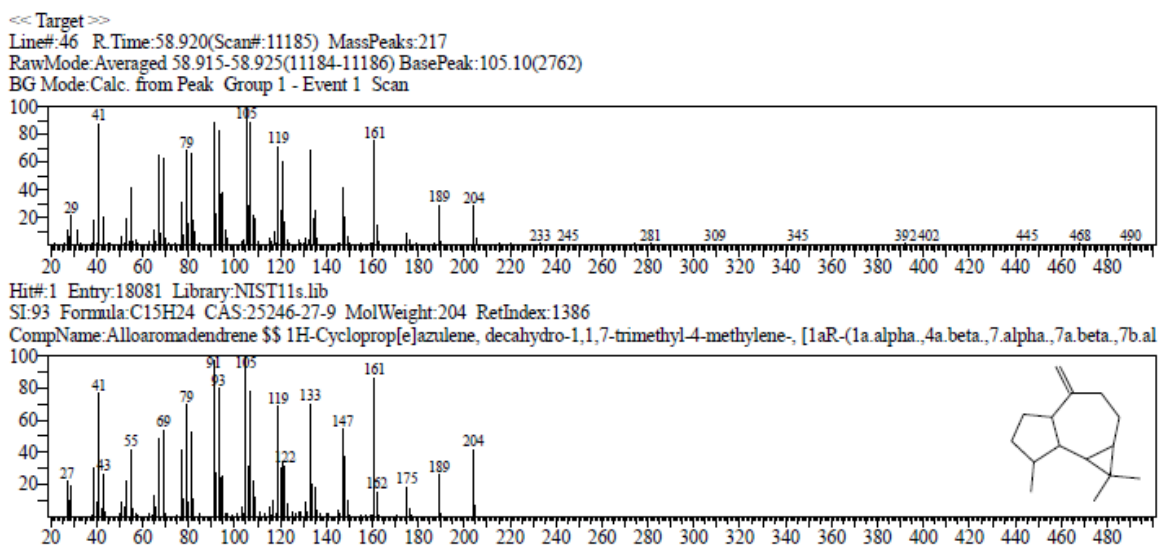


Figura 51. Cromatograma y estructura química de Alloaromadendrene

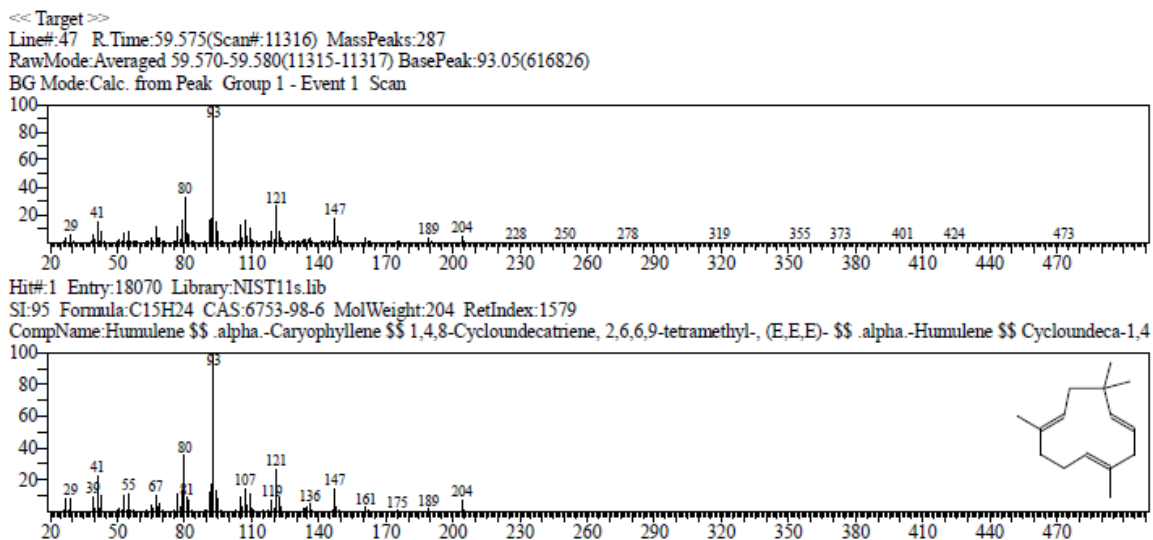


Figura 52. Cromatograma y estructura química de Humulene

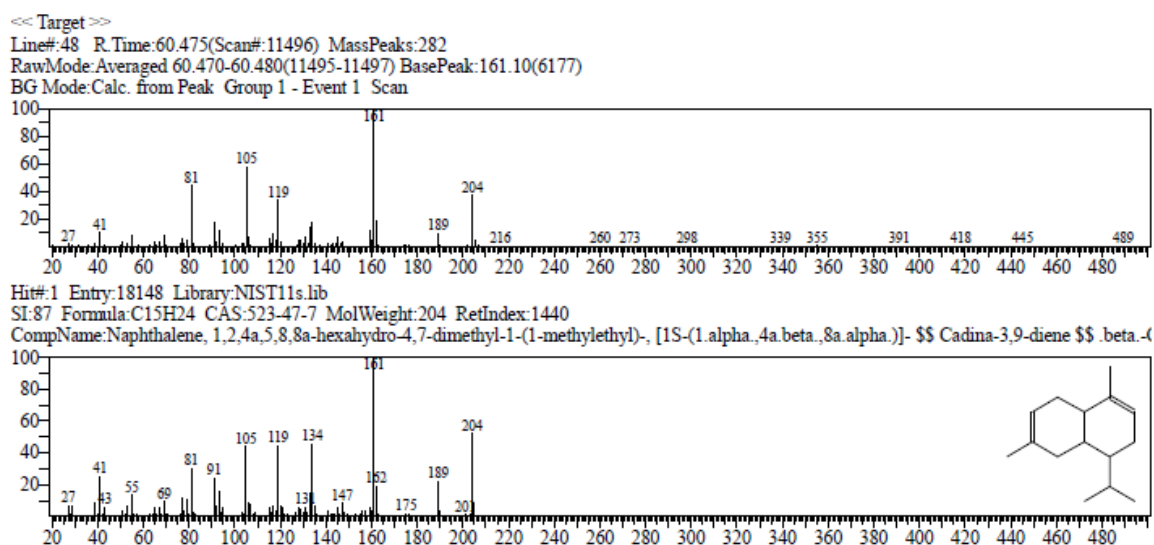


Figura 53. Cromatograma y estructura química de Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-di

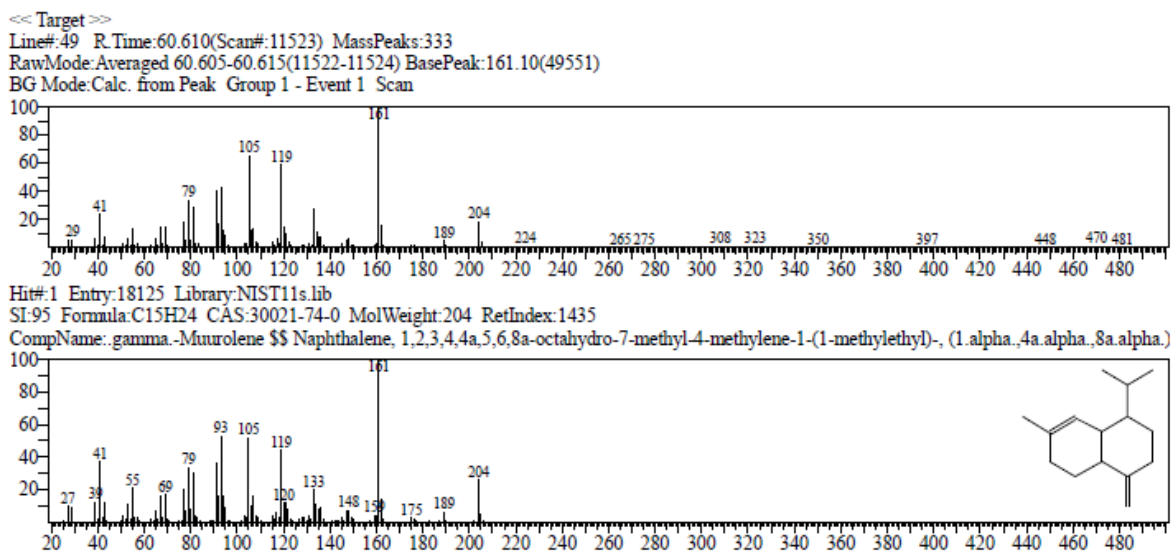


Figura 54. Cromatograma y estructura química de gamma.-Murolene

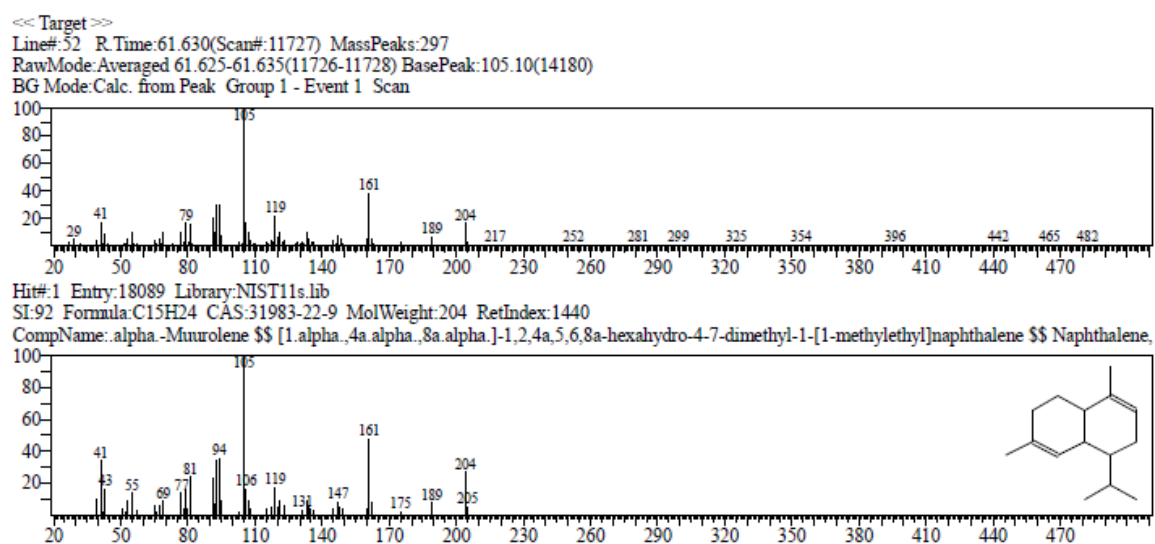


Figura 55. Cromatograma y estructura química de .alpha.-Murolene

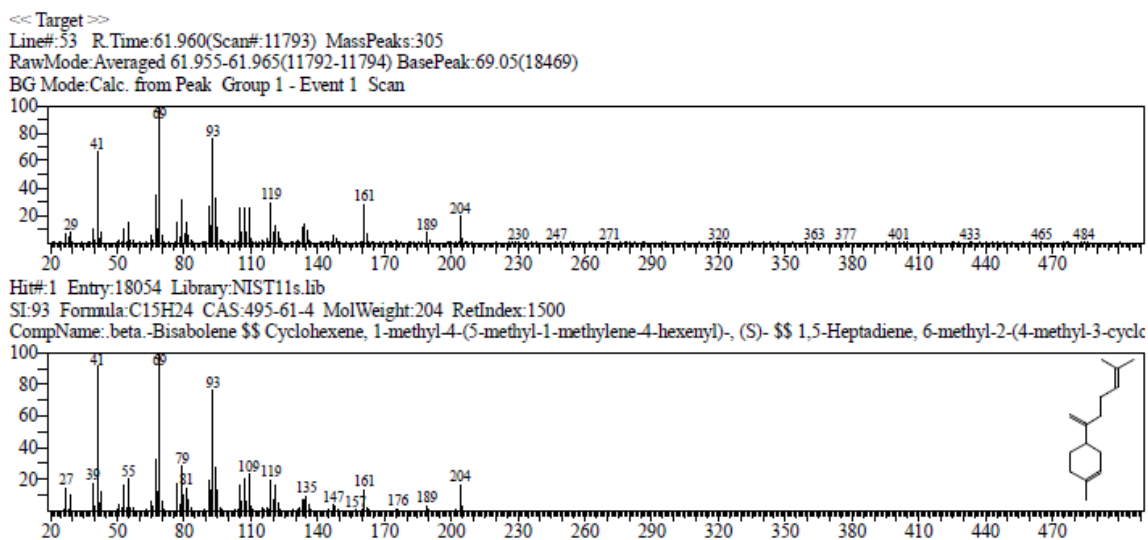


Figura 56. Cromatograma y estructura química de beta.-Bisabolene

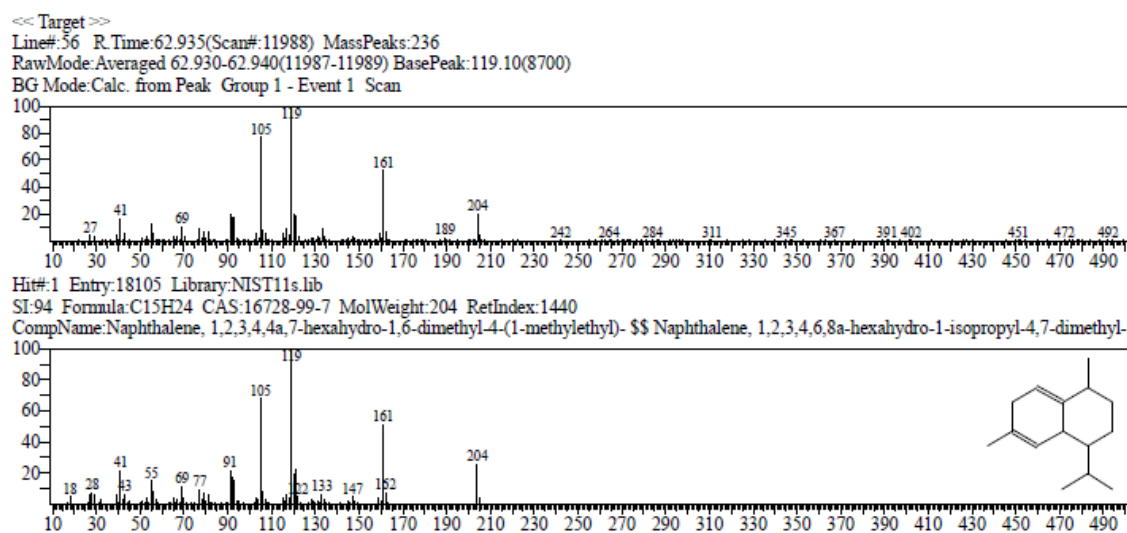


Figura 57. Cromatograma y estructura química de Naphthalene, 1,2,3,4,4a,7-hexahydro-1,6-dim

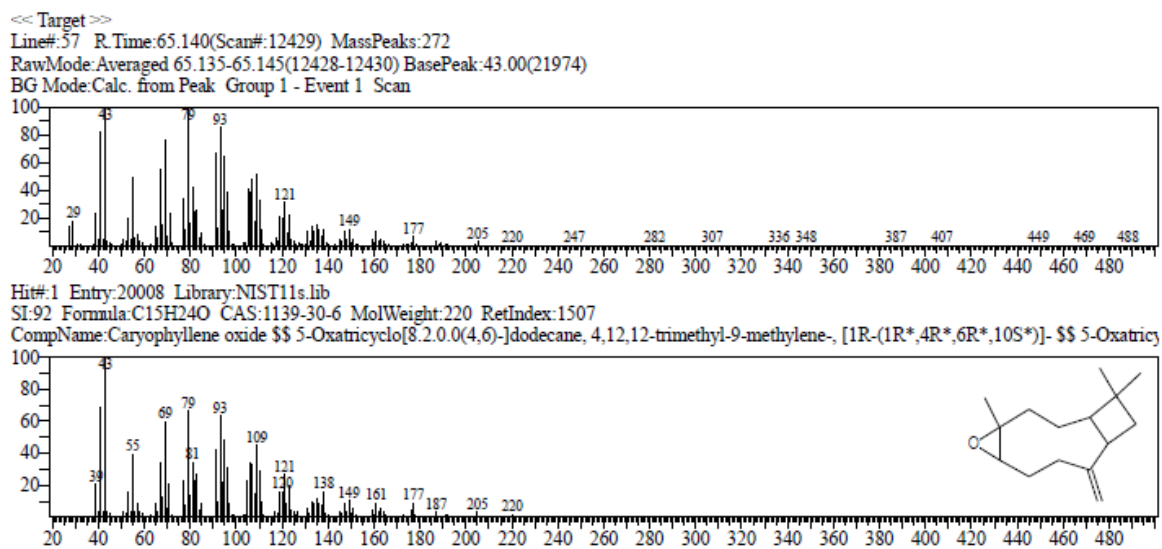


Figura 58. Cromatograma y estructura química de Caryophyllene oxide



Figura 59. Planta de romero



Figura 60. Secado de las hojas de romero



Figura 61. Destilacion del aceite esencial



Figura 62. Aceite esencial de romero



Figura 63. Centrifugación de los aceites esenciales



Figura 64. Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial