

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AGROINDUSTRIAL**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DEL ACEITE ESENCIAL DE SACHA CULANTRO  
*Eryngium foetidum* L., DE DIFERENTES LUGARES DE LA REGIÓN  
AMAZONAS”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Autor : Bach. Lewis Rivera Villacrez**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AGROINDUSTRIAL**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DEL ACEITE ESENCIAL DE SACHA CULANTRO  
*Eryngium foetidum* L., DE DIFERENTES LUGARES DE LA REGIÓN  
AMAZONAS”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Autor : Bach. Lewis Rivera Villacrez**

**Asesor : M.Sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2017**

## **DEDICATORIA**

A mi Padre, José H. Rivera C. por brindarme siempre su comprensión y confianza, así como su apoyo incondicional en todos mis años de estudio, a mi madre Victoria Villacrez V. por haberme brindado amor, felicidad y dedicación, y seguir cuidándome siempre desde el cielo.

A mis hermanos, por siempre brindarme su apoyo y amistad e incentivar me siempre a seguir adelante y ser perseverante.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios ante todo por brindarme la fuerza, salud, guiarme y cuidarme siempre cada día de mi vida.

Al equipo de investigación del proyecto PROCUY, por permitirme formar parte de ellos y apoyarme a desarrollar este trabajo.

A mi asesor, M. Sc. Armstrong Fernández J. Por su tiempo, paciencia y su permanente disposición para impartir sus conocimientos, y por la amistad.

A mis amigos, compañeros y docentes, quienes me acompañaron y apoyaron durante toda mi formación profesional.

De todo corazón mis padres, hermanos por siempre fortalecerme y a mis sobrinos por siempre acompañarme.

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**PhD. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA**

RECTOR

**Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES**

VICERRECTOR ACADÉMICO

**Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA**

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

**Ing. Ms. ARMSTRONG B. FERNÁNDEZ JERI**

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 “**ESTUDIO COMPARATIVO DEL ACEITE ESENCIAL DE SACHA CULANTRO *Eryngium foetidum L.*, DE DIFERENTES LUGARES 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. Lewis Rivera Villacrez**

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, 20 de junio del 2017

-----  
M.Sc. Armstrong B. Fernández Jeri

Asesor

**JURADO EVALUADOR**

-----  
Ing. Lizette Daniana Méndez Fasabi  
**PRESIDENTE**

-----  
Ing. Guillermo Idrogo Vásquez  
**SECRETARIO**

-----  
Ing. MSc. Harold Pawel Johao Ore Quiroz  
**VOCAL**

## DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo Lewis Rivera Villacrez identificado con DNI N° 47577084, 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 sachaculantro *eryngium foetidum l.*, de diferentes lugares 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 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 20 de junio del 2017



## ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	2
III. MARCO TEÓRICO.....	2
3.1. ANTECEDENTES .....	2
3.2. BASES TEÓRICAS .....	3
IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....	10
4.1. MATERIALES .....	10
4.2. PROCEDIMIENTO.....	10
V. RESULTADOS.....	14
5.1. Georeferenciación de sachaculantro .....	14
5.2. Determinación comparativa del rendimiento de sachaculantro .....	16
5.3. Análisis realizado en cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas GC-MS.....	18
VI. DISCUSIÓN .....	22
VII. CONCLUSIONES .....	24
VIII. RECOMENDACIONES.....	25
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	26
X. ANEXOS.....	30
ANEXO 1 .....	31
Encuesta etnobotánica para sachaculantro.....	31
ANEXO 2 .....	32
Tablas de resultados.....	32
ANEXO 3 .....	34
Figuras de cromatografía de gases de los componentes del aceite esencial de sachaculantro .....	34
ANEXO 4. ....	44
Fotos obtenidas del desarrollo del proyecto de tesis.....	44

## Índice de tablas

Tabla 1. Valor nutritivo referente a 100 g de sachá culantro .....	4
Tabla 2. compuestos activos y su olor característico en las plantas .....	5
Tabla 3. Métodos de extracción de aceites esenciales.....	8
Tabla 4. Pruebas de efectos inter-sujetos del rendimiento del AE. En función al lugar .....	16
Tabla 5. Pruebas de efectos inter-sujetos, rendimiento de AE en función al mes de recolección .....	16
Tabla 6. Subconjuntos homogéneos del rendimiento de aceite esencial en función al lugar de procedencia .....	16
Tabla 7. Subconjuntos homogéneos de gravedad específica del aceite esencial en función al lugar de procedencia.....	17
Tabla 8. Componentes del aceite esencial determinado mediante cromatografía de gases.....	18
Tabla 9. Componentes determinados mediante cromatografía de gases muestreo por Headspace Sampling (HS) .....	20
Tabla 10. Coordenadas de geo referencia de distribución de sachá culantro .....	32
Tabla 11. Usos que le dan al sachá culantro según encuesta etnobotánica .....	33
Tabla 12. Datos de la evaluación del aceite esencial de sachá culantro .....	33

## Índice de figuras

Figura 1. Mapa de georeferenciación de los puntos de distribución de sachaculantro	14
Figura 2. Leyenda del mapa de los puntos de distribución de sachaculantro.....	15
Figura 3. % de utilidad que le dan al sachaculantro en cada lugar recolectado, según la encuesta etnobotánica.....	15
Figura 4. Cromatografía de gases del aceite de sachaculantro.....	18
Figura 5. Cromatografía de gases del aceite de sachaculantro muestreo por Headspace Sampling (HS).....	20
Figura 6. Cromatografía de gas de 3-penten-2-one, 4-methyl .....	34
Figura 7. Cromatografía de gas de 2-pentanone, 4-hydroxy-4-methyl .....	34
Figura 8. Cromatografía de gas de alpha-pinene.....	34
Figura 9. Cromatografía de gas de o-Cymene.....	34
Figura 10. Cromatografía de gas de D-limonene .....	34
Figura 11. Cromatografía de gas de gamma-Terpene.....	34
Figura 12. Cromatografía de gas de Tridecane .....	35
Figura 13. Cromatografía de gas de nonanal.....	35
Figura 14. Cromatografía de gas de 1,3-Cyclohexadiene-1-carboxaldehyde,2,6,6 .....	35
Figura 15. Cromatografía de gas de Cyclohexanone, 2-methyl-5-(1-methyletheny) ..	35
Figura 16. Cromatografía de gas de Decanal .....	35
Figura 17. Cromatografía de gas de 1-Octen-3-ol.....	35
Figura 18. Cromatografía de gas de 2-Undecanone .....	35
Figura 19. Cromatografía de gas de Tridecane .....	36
Figura 20. Cromatografía de gas de Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethy) .....	36
Figura 21. Cromatografía de gas de Undecanal .....	36
Figura 22. Cromatografía de gas de Benzaldehyde, 2, 4, 5-trimethyl.....	36
Figura 23. Cromatografía de gas de Undecenal .....	36
Figura 24. Cromatografía de gas de Phenol, 3-methyl-5-(1-methylethyl)-Methyl .....	36
Figura 25. Cromatografía de gas de cetene .....	36
Figura 26. Cromatografía de gas de Erucic acid .....	37
Figura 27. Cromatografía de gas de Dodecanal .....	37
Figura 28. Cromatografía de gas de Bicyclo [3,1,1] heptan-3-ol,2,6,6-trimethyl.....	37
Figura 29. Cromatografía de gas de cis-beta-farnesene .....	37
Figura 30. Cromatografía de gas de 3,7-octadiene-2,6-diol-dimethyl .....	37
Figura 31. Cromatografía de gas de 13-Octadecenal (z).....	37

Figura 32. Cromatografía de gas de 1-dodecanol .....	37
Figura 33. Cromatografía de gas de Spiro[5,5] undec-2-ene,3,7,7-trimethyl-11-m ....	38
Figura 34. Cromatografía de gas de Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8 <sup>a</sup> -octahydro-1,8 .....	38
Figura 35. Cromatografía de gas de Behinic alcohol .....	38
Figura 36. Cromatografía de gas de Benzoica cid,2,4,5-trimethyl .....	38
Figura 37. Cromatografía de gas de 1-nonadecene .....	38
Figura 38. Cromatografía de gas de n-heptadecanol.....	38
Figura 39. Cromatografía de gas de ácido dedocanoico-1 .....	38
Figura 40. Cromatografía de gas de ácido oleico.....	39
Figura 41. Cromatografía de gas de coryphyllene oxide .....	39
Figura 42. Cromatografía de gas de n-tetracosanol-1 .....	39
Figura 43. Cromatografía de gas de carotol .....	39
Figura 44. Cromatografía de gas de tetradecanal.....	39
Figura 45. Cromatografía de gas de trans-2-undecenoic acid.....	39
Figura 46. Cromatografía de gas de decanedinitrile .....	39
Figura 47. Cromatografía de gas de 3-undecanone.....	40
Figura 48. Cromatografía de gas de cyclohexane, bromo.....	40
Figura 49. Cromatografía de gas de cris-9-hexadecenal .....	40
Figura 50. Cromatografía de gas de 9-octadecen-1-ol-(z) .....	40
Figura 51. Cromatografía de gas de 2-pentadecanone, 6,10,14-trymethyl .....	40
Figura 52. Cromatografía de gas de benzenemethanol, alpha.,alpha., 4-trimethyl.....	40
Figura 53. Cromatografía de gas de 17-pentatriacintene .....	40
Figura 54. Cromatografía de gas de 9-tricosene (z).....	41
Figura 55. Cromatografía de gas de 1-hencicosanol.....	41
Figura 56. Cromatografía de gas de Heptafluorobutyric acid, n-tetradecyl ester .....	41
Figura 57. Cromatografía de gas de Bis (2-ethylhexyl) phthalate .....	41
Figura 58. Cromatografía de gas de 1-Octadecyne .....	41
Figura 59. Cromatografía de gas de trans-2-undecen-1-ol.....	41
Figura 60. Cromatografía de gas de 2-dodecen-1-y 1(-) succinic anhydride.....	41
Figura 61. Cromatografía de gas de nonane.....	42
Figura 62. Cromatografía de gas de camphene .....	42
Figura 63. Cromatografía de gas de beta-pinene.....	42
Figura 64. Cromatografía de gas de bemzene,1,2,4-trimethyl.....	42
Figura 65. Cromatografía de gas de benzene,1-methyl-3-(1-methylethyl).....	42

Figura 66. Cromatografía de gas de diphenylcarbozide.....	42
Figura 67. Cromatografía de gas de 3-tetradecene (E).....	42
Figura 68. Cromatografía de gas de cicloexanone,5-methyl-2-(1-methyl).....	43
Figura 69. Cromatografía de gas de 7-oxabicyclo [4,1,0] heptane, 1-methyl-4-(1-m).....	43
Figura 70. Cromatografía de gas de benzaldehyde,2,4,6-trimethyl .....	43
Figura 71. Cromatografía de gas de benzaldehyde,2,4,5-trimethyl .....	43
Figura 72. Cromatografía de gas de lenol .....	43
Figura 73. Cromatografía de gas de phenol-2,3,5,6-tetramethyl .....	43
Figura 74. Cromatografía de gas de cyclododecane .....	43
Figura 75. Cromatografía de gas de tetradecanal .....	44
Figura 76. Cromatografía de gas de bicyclo[3,3,1]heptan-3-ol,2,6,6-trimethyl .....	44
Figura 77. Planta de sachá culantro.....	44
Figura 78. Muestras de sachá culantro en el laboratorio de ingeniería agroindustrial. ....	45
Figura 79. Muestra preparadas para extracción .....	45
Figura 80. Extracción de aceite esencial – equipo de destilación por arrastre con vapor de agua.....	46
Figura 81. Decantación del aceite esencial .....	46
Figura 82. Pesado de sulfato de sodio anhidro para el secado del aceite esencial .....	47
Figura 83. Aceite esencial obtenido .....	47

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar comparativamente el aceite esencial de sacha culantro (*Eryngium foetidum* L.) nativo de diferentes lugares de la región Amazonas. Se identificó 28 puntos de producción y se tomó muestras de 6 lugares diferentes; la obtención de aceite esencial se realizó mediante el método de destilación con arrastre de vapor; luego se eliminó el agua remanente con sulfato de sodio anhidro. La composición fue determinada mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas GC-MS. El mayor rendimiento se obtuvo de muestras recolectadas en Nieva (0,04%), seguido por Nazaret, Urakusa, Palto de yamón (0,02%) y, Michina y Yamón (0,01%). Se identificaron 61 componentes, siendo los de mayor proporción el 13-octadecenal (z) (55,95%), Cis-9-Hexadecenal (9,07%), Dodecanal (7,59%), Benzaldehyde,2,4,5-trimethyl (3,82%), tetradecanal (3,57%). Se analizó además, los componentes volátiles usando la técnica de separación Headpace Sampling, encontrando que como componentes volátiles a alpha-pinene (25,41%), Benzen,1-methyl-3-(1-methylrthyl) (17,26%), o-Cymene (15,08%). Se pudo identificar también ácido Oleico, Erucico, Dodecanoico, Benzoico,2,4,5-trymethyl, así como el alcohol behinico.

Palabras claves: aceite esencial, *Eryngium foetydum*, GC-MS.

## ABSTRACT

The present research aimed to characterize comparatively the essential oil of sacha coriander (*Eryngium foetidum* L.) native to different parts of the Amazon region. 28 production sites were identified and samples were taken from 6 different sites; The extraction of essential oil was carried out by means of the method of steam distillation; Then the remaining water was removed with anhydrous sulphate. The composition was determined by gas chromatography coupled to GC-MS mass spectrometry. The highest yield was obtained from samples collected in Nieva (0,04%), followed by Nazaret, Urakusa, Palam of yamón (0,02%) and, Michina and Yamón (0,01%). A total of 61 components were identified, with the highest proportion being 13-octadecenal (z) (55,95%), Cis-9-Hexadecenal (9,07%), Dodecanal (7,59%), Benzaldehyde, 5-trimethyl (3,82%), tetradecanal (3,57%). The volatile components were analyzed using the Headpase Sampling separation technique, and found that alpha-pinene (25,41%), Benzene, 1-methyl-3- (1-methylrthyl) (17,26%) as volatile components , O-Cymene (15,08%). Oleic, Erucico, Dodecanoic, Benzoic, 2,4,5-trymethyl acid, as well as behinic alcohol could also be identified.

Key words: essential oil, *Eryngium foetydum*, GC-MS

## I. INTRODUCCIÓN

El sachá culantro (*Eryngium foetidum* L.), es cultivada en toda América tropical, es originaria de la amazonia occidental y en el Perú se encuentra distribuido por toda la amazonia, presentando un mayor desarrollo en la región Ucayali, Loreto y San Martín. Se puede cultivar de manera asociada con otros cultivos (IIAP, 2001; Alves, 2014)

Se utiliza ampliamente para condimentar los alimentos, también en la medicina natural para el tratamiento de una serie de dolencias como: fiebre, quemaduras, complicaciones de infertilidad, diarrea, escalofríos, vómitos, hipertensión, dolor de cabeza, dolor de oído, dolor de estómago, asma, artritis, picaduras de serpiente, malaria y epilepsia (Singh, Ramakrishna, & Ngachan, 2014).

El uso del aceite esencial es de gran importancia en la industria cosmética, farmacéutica, incluida la aromaterapia. El extracto de las hojas de *E. foetidum* posee efectos supresores contra mediadores pro-inflamatorios; así, tiene un alto potencial para su uso como suplemento alimenticio, para reducir el riesgo de cáncer asociado con la inflamación (Mekhora, y otros, 2012; Dawilai, Muangnoi, Praengamthanachoti, & Tuntipopipat, 2013)

Para la obtención de aceite esencial se necesitan grandes volúmenes del material vegetal, para lo cual se tiene que desarrollar una gran labor de cultivo y un adecuado equipamiento de extracción. La calidad del aceite esencial está definida por su contenido en determinados compuestos como por ejemplo, porcentaje de alcoholes libres, combinados y totales (Montoya, 2010).

Son muy variables debido a la heterogeneidad de sus componentes, presentan propiedades terapéuticas, por sus efectos sobre la piel. Poder antiséptico, propiedades irritantes, acción espasmolítica y sedante (Lopez, 2004).



## II. OBJETIVOS

### Objetivo general

Caracterizar comparativamente el aceite esencial de sachaculantro *E. foetidum L.*, nativo de diferentes lugares de la región Amazonas.

### Objetivos específicos

- Identificar las zonas de la región Amazonas donde se prolifera y los usos que se le da al *E. foetidum L.*
- Determinar el rendimiento del aceite esencial de *E. foetidum L.*, recolectada de los diversos lugares de la región Amazonas.
- Caracterizar la composición química del aceite esencial de *E. foetidum L.*, mediante cromatografía de gases.

## III. MARCO TEÓRICO

### 3.1. ANTECEDENTES

Jaramillo, Duarte y Martelo (2011), realizaron un estudio que tuvo como objetivo establecer la composición química volátil del aceite esencial obtenido de hojas y tallos de *E. foetidum L.* y evaluar su actividad antioxidante; para extraer el aceite esencial utilizaron el método de hidrodestilación, obteniendo un rendimiento de 0,02% v/p. Concluyeron que en el *E. foetidum L.* Colombiano, predomina los compuestos aldehídos alifáticos y aromáticos, y que el aceite esencial posee una capacidad antioxidante de 89,39%, lo que le hace una fuente importante de antioxidantes naturales.

Banout y otros (2009) evaluaron el efecto del secador solar sobre la composición de aceite esencial de sachaculantro (*Eryngium foetidum L.*) crecido en la amazonia peruana; la extracción del aceite esencial realizada mediante el método de hidrodestilación, tanto para las muestras secas como las muestras frescas. El análisis de los aceites se realizaron utilizando cromatografía de gases con detector de ionización de llama y cromatografía de gases - espectrofotometría de masas. Obteniendo como principal constituyente (E) -2- dodecanal con un promedio de (61,6-62,2 %), seguido de n-dodecanal (10,9-15,5%), (E) -2- tetradecenal (6,7-7,6%) y 1-tetradeceno

(3,6-5,7%). Asimismo (Osorio, Arango, & Fernández, 2016) realizaron un trabajo similar, evaluaron el efecto del secado sobre la calidad sensorial y la composición del aceite esencial del *E. foetidum* L., determinaron que el componente 2E-dodecenal fue el componente mayoritario con 81,25%.

Paul, Seaforth y Tikasingh (2011) realizaron la evaluación química de las hojas de *E. foetidum* L. en la cual determinaron la presencia de flavonoides, taninos, una saponina y varios triterpenoides. Un componente importante que determinaron en el aceite esencial fue E-2- dodecenal (eringial), con isómeros de trimetilbenzaldehído presentes en menores proporciones. La viabilidad en la composición del aceite esencial dependía claramente de la ubicación geográfica de la planta en crecimiento.

Rodríguez (2014) Desarrollo un trabajo de investigación para determinar la estructura química y la actividad antioxidante *in vitro* del aceite esencial de *Eryngium foetidum* L. utilizando el método de destilación de arrastre con vapor de agua, para la extracción del aceite esencial de las hojas frescas de sacha culantro, cuyo rendimiento obtenido fue de 0,01% v/p. realizando el análisis de la composición química del aceite esencial y determino la actividad antioxidante. Concluyendo que presenta un efecto oxidante de captación del radical DPPH, de un 70% equivalente a 150 mg/l.

### **3.2. BASES TEÓRICAS**

#### **Sacha culantro**

El sacha culantro es una hierba aromática, cuya altura no sobrepasa los 40 cm, con raíz pivotante y hojas en roseta hasta de 25 cm de largo, oblanceolada, con bordes espinosas y aserrado. En sabor y aroma, la especie es muy parecida al culantro, pero son diferentes en la forma de hoja. Se encuentra distribuido en toda la región amazónica. Habita en zonas inundables, planta de fácil cultivo, no es exigente en los aspectos de la fertilidad, la planta produce semillas durante todo el año, y su germinación puede llevarse a cabo de 7 a 90 días (Huella Amazonica, 2015; Alves, Nobre, Seabra, da Silva, y Macedo de Souza, 2016).

Todas las partes de la planta producen aceite esencial que le imparten su fuerte sabor y aroma, se desarrolla bien en lugares con temperaturas entre 16 y 30°C, húmedos y en sombra parcial, nutricionalmente las hojas de *E. foetidum* L. contienen un 90% de

aguan, pero tiene una alta concentración de caroteno, calcio, hierro, vitamina B1 (tiamina), vitamina B2 (riboflavina), Vitamina C, Vitamina A y proteínas (Morales, Brunner , Flores y Martínez , 2013; Díaz y Trelles, 2014).

### **Clasificación taxonómica de la planta de sachá culantro**

De acuerdo a **Morales** (1995) el sachá culantro se clasifica taxonomicamente de la siguiente manera.

- División : magnoliophyta
- Clase : Magnoliosida
- Sub clase : Rosidae
- Orden : Araliales
- Familia : Apiaceae
- Género : *Eryngium*
- Especie : *Eryngium foetidum L.*
- Nombre vulgar: suica culantro, sachá culantro

Tabla 1. Valor nutritivo referente a 100 g de sachá culantro

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>
Valor energético	38,0 cal
Proteínas	1,9 g
Lípidos	0,5 g
Carbohidratos	8,1 g
Fibra	2,1 g
Calcio	195,0 mg
Hierro	4,9 mg
Fosforo	68,0 mg
Tiamina	0,06 mg
Riboflavina	0,22 mg
Niacina	1,0 mg
Ácido ascórbico	0,70 mg

Fuente: Fucollazos, White, y White (1975)

#### **3.2.1. Aceite esencial**

Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, de aspecto fluido o espeso y de color variables según la planta de la que este extraído. Formados por varias sustancias orgánicas volátiles, que se encuentran en diferentes células oleíferas, están presente en las glándulas, en los tricomas y también se producen y almacenan en los canales secretores de las plantas. Son los responsables del olor de las plantas, se

producen en cantidades apreciables (0,5 - 6,0%), aquellas que generalmente son hierbas o arbustos en las plantas aromáticas. Son mensajeros químicos que las plantas aromáticas utilizan para interactuar con su entorno, permitiendo alejar las enfermedades y los parásitos, pero también tienen un papel protector frente a los rayos del sol; los aceites esenciales también cumplen un papel muy importante en la reproducción y dispersión de las especies vegetales que permiten atraer a los insectos polinizadores (Martines, 2003; Stashencko, 2009).

Presentan como características principales su compleja composición química y su carácter fuertemente aromático: de los millones de plantas existentes en nuestro planeta, se conocen alrededor de 4000 aceites esenciales distintos, aunque evidentemente, no todas las plantas contienen esta sustancia y hay que presentar una concentración tan baja que hace impecable su obtención práctica (Cervantes, Galarza, y León, 2013).

### **Compuestos de aceite esencial**

Los aceites esenciales son generalmente mezclas complejas de hasta más de 100 componentes que pueden ser: Compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), Mono terpenos, Sesquiterpenos, Fenilpropanos.

Tabla 2. compuestos activos y su olor característico en las plantas

Componentes principales	Procedencia y características
<b>Anetol</b>	Del grupo éter fenólico. Olor anisado, dulce, cálido, suave. Se encuentra en el anís y el hisopo.
<b>Anisaldehído</b>	Pertenece al grupo aldehído y posee un olor y sabor dulce, herbáceo y especiado. Se encuentra en el anís
<b>Bomeol</b>	Del grupo alcohol. Se encuentra en el romero, valeriana y espliego.
<b>Carvacrol</b>	Del grupo fenol. Olor fijador. Se encuentra en el lúpulo, tomillo, serpol y ajedrea
<b>D-carvona</b>	Del grupo cetona. Olor y sabor especiado, herbáceo y dulce. Se encuentra en el eneldo y la alcaravea.
<b>l-carvona Citral</b>	Del grupo también de las cetonas. Olor y sabor dulce, mentolado,

<b>Citronelal</b>	especiado y refrescante. Se encuentra en la menta crespa.
<b>Citronelol</b>	Del grupo aldehído. Olor y sabor fresco alimonado y verde. Se encuentra en la naranja, melisa, citronella.
<b>Eugenol</b>	Del grupo alcohol. Olor y sabor a rosas, fresco y floral. Se encuentra en la hierba limón.
<b>Geraniol</b>	Del grupo éter fenólico. De olor y sabor cálido, especiado y ardiente. Se encuentra en el clavo y las hojas de la canela
<b>D-limoneno</b>	Del grupo alcohol. Olor y sabor suave, floral y algo amargo. Se encuentra en la melisa, geranio, rosa y hierba limón
<b>Linalol</b>	Del grupo de los terpenos. De olor y sabor ligero y refrescante. Se encuentra en la bergamota, neroli, naranja, alcaravea, menta piperita y alcanfor
<b>Mentol</b>	Del grupo de los terpenos. De olor y sabor ligero y refrescante. Se encuentra en la bergamota, neroli, naranja, alcaravea, menta piperita y alcanfor
<b>Pineno</b>	Del grupo alcohol. De olor y sabor refrescante, floral, Pineno macerado y cremoso. Se encuentra en el espliego, mejorana y bergamota
<b>Terpineol</b>	Del grupo alcohol. De olor y sabor refrescante, herbáceo, ligero y dulce-agrio. Se encuentra en la menta piperita
<b>Timol</b>	
<b>Vairilüna</b>	Del grupo alcohol. De olor y sabor dulce. Se encuentra en la rementina, hinojo y tomillo. De olor y sabor dulce, cremoso y vainillado. Se encuentra en la vainilla.

Fuente: Montoya (2010)

### **Clasificación de los aceites esenciales**

Los aceites esenciales se clasifican con base a los siguientes criterios: consistencia, origen, o naturaleza química de los componentes mayoritarios.

- **Por su consistencia:**

SENA (2010), clasifica los aceites esenciales de acuerdo a su consistencia, indicando que estos son líquidos muy volátiles a temperatura ambiente (esencias de albahaca, caléndula, citronela, pronto alivio, romero, tomillo, menta, salvia, limón)

**Los bálsamos:** Son de consistencia más espesa, poco volátiles, contienen principalmente sesquiterpenoides y son propensos a polimerizarse (bálsamos de Copaiba, bálsamo de Perú, bálsamo de Tolú)

**Las oleorresinas:** Tienen el aroma de las plantas en forma concentrada, son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas (caucho, gutapercha, chicle, oleorresinas de pprika, de pimienta negra, de clavero). Contienen los aceites esenciales, los aceites fijos, los colorantes y los principios activos de la planta.

**Los concretos:** Se obtienen de plantas aromáticas frescas por extracción con solventes apolares (hidrocarburos). Tienen forma de semi-sólidos coloreados, libres del solvente original.

Estos componentes no son muy solubles en las bases para perfumes siendo así necesaria su conversión en absolutos.

**Los absolutos:** Son productos de conversión de concretos por la extracción con etanol absoluto. Una vez completa la disolución, los absolutos se refrigeran a temperaturas de -5 C a -1C a estas temperaturas las ceras se precipitan y se pueden remover por filtración. El rendimiento de absolutos a partir de concretos var a de 1 a 65%.

- **Por su origen**

En cuanto al origen de los aceites esenciales Jimdo (2017) los clasifica en: Naturales, Artificiales o Sintéticos

**Aceites Esenciales Naturales:** Se obtienen directamente de la planta y no se someten posteriormente a ninguna modificación fisicoquímica o química, son costosos y de composición variada.

**Artificiales:** Se obtienen por enriquecimiento de esencias naturales con uno de sus componentes; también se preparan por mezclas de varias esencias naturales extraídas de distintas plantas.

**Sintéticos:** Son mezclas de diversos productos obtenidos por procesos químicos, son más económicos y por lo tanto se utilizan mucho en la preparación de sustancias aromatizantes y saborizante

### Por la naturaleza química

Según Guerra y Panduro (2012), la estructura química de los componentes mayoritarios que determinan el olor particular de los aceites, estos se dividen en tres grupos principales:

- Monoterpenoides (linalool, nerol, 1-8 cineol, geraniol)
- Sesquiterpenoides (farnesol, nerolidol)
- Compuestos oxigenados (alcoholes, aldehdos, cetonas)

### 3.2.2. Metodos de extracción

Tabla 3. Metodos de extraccion de aceites esenciales

Tipo de métodos	Procedimiento	Descripcion
<b>Métodos directos</b>	Extrusión	Los métodos directos se aplican principalmente a los cítricos, porque sus aceites están presentes en la corteza de la fruta, y el calor de los métodos de destilación puede alterar su composición
	Exhudación	
<b>Destilación</b>	Hidrodestilación	Consiste en separar por calentamiento, en alambiques u otros vasos, sustancias volátiles que se llaman esencias, relativamente inmiscibles con el agua, de otras más fijas, enfriando luego su vapor para reducir las nuevamente a líquido
	Arrastre con vapor de agua	
<b>Extracción con solventes</b>	Solventes volatiles	Es un método de extracción con grasa caliente. Se basa en la facilidad de los disolventes orgánicos para penetrar en el material vegetal y disolver sus aceites volátiles
	Solventes fijos (grasas)	

**Fuente:** (Martines, 2003; Cervantes, Galarza, & Leon, 2013)

#### **Destilacion por arrastre con vapor de agua**

Es el método más utilizado, se genera vapor normalmente en un hervidor y luego se inyecta al destilador por donde pasa a través del material botánico.

El principio básico de la destilación de dos líquidos heterogéneos, como el agua y un aceite esencial, es que cada uno ejerce su propia presión de vapor como si el otro componente estuviera ausente, Cuando las presiones de vapor combinadas alcanzan la presión del recinto, la mezcla hierve (Blanco & Monroy, 2013).

Aceites esenciales con puntos de ebullición de hasta 300°C, se evaporan a temperaturas cercanas al punto de ebullición del agua. El vapor arrastra los componentes como el D-Limoneno a pesar de que este tenga un punto de ebullición más alto que el agua (177°C). El vapor y el aceite esencial son condensados y separados. Los aceites esenciales producidos de esta forma son, frecuentemente, diferentes al aceite original encontrado en el material botánico. Algunos químicos, no volátiles en el vapor, quedan en el destilador; estos compuestos no volátiles son responsables del sabor más que del olor. Algunas sustancias muy volátiles se pierden en la destilación. Además el proceso en sí puede inducir cambios químicos, como la oxidación o hidrólisis (Cerutti & Neumayer, 2004).



## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. MATERIALES

#### Material biológico

Planta de sachá culantro, (hoja, tallo y flor) en fresco, proviene de 6 lugares diferentes de la región Amazonas; Nieva, Nazaret, Urakusa, Yamón, Palto de Yamón, y Michina.

#### Reactivos

- 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 0.45µm.

#### Equipos

- Equipo de destilación con arrastre de vapor
- Refractómetro tipo ABE, modelo 2WAJ.
- 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

### 4.2. PROCEDIMIENTO

#### 1. Zonificación

Para la identificación de las zonas en las que prolifera el sachá culantro y así poder recolectar las muestras, se realizó previamente un sondeo a través de encuestas etnobotánicas, estas consideraban preguntas estructuradas sobre ubicación, uso, época de cosecha de la planta (anexo 1). Aplicado a la población en diferentes lugares de la región Amazonas, la cual también nos proporcionó la información sobre las bondades de la planta de acuerdo a la utilidad que le dan los pobladores a esta.

Al momento de la recolección de las muestras se realizó la toma de datos de georreferencia, con GPS, esto en todos los lugares que prolifera el sachá culantro.

## **2. Recolección de muestras y traslado**

Las muestras recolectadas en el campo fueron cuidadosamente seleccionadas, se empacaron en bolsas oscuras de plástico con ranuras, luego se rotuló cada bolsa especificando el lugar de recolección de la muestra y se trasladó cuidadosamente desde el lugar de recolección hasta el laboratorio, acorde con (Bussmann & Glenn, 2010).

## **3. Preparación de la muestra para la extracción**

En el Laboratorio de ingeniería agroindustrial, las muestras frescas según orden de llegada se realizó una limpieza de estas; Luego se procedió a picar manualmente con tijera las plantas de sachá culantro y recogidas en un recipiente.

## **4. Colocación de la muestra en el equipo de destilación**

Las muestras picadas, posteriormente fueron pesadas para añadir las a un balón de triple boca, el cual se incorporó al equipo de destilación.

## **5. Obtención del aceite esencial**

Se acondicionó el equipo de destilación de tal manera que el agua recorra por este equipo a través de sus mangueras conectadas al condensador refrigerante, y también para el balón de formación de vapor se colocó agua proveniente del caño de agua del Laboratorio. Luego, encendimos el mechero para hacer hervir el agua, y el vapor pasa por la muestra de sachá culantro arrastrando el aceite esencial de esta, seguidamente se condensa en el refrigerante de espiral, y recogemos el destilado que es agua más aceite esencial, en un matraz Erlenmeyer, acorde con lo realizado por (Vera Israel, 2012).

## **6. Decantación**

Se colocó el destilado en una pera de decantación, una vez que el agua se ha separado del aceite esencial por la diferencia de densidad, se procedió a decantar, acorde con lo descrito por Catillo (2011), el aceite esencial obtenido se colocó en un vial de 10 ml.

## **7. Secado del aceite esencial**

Para el secado del aceite se procedió a utilizar sulfato de sodio anhidro. Con la finalidad de que esta captara toda el agua que aun contenía la muestra de aceite esencial. La proporción de sal añadido a cada muestra estuvo en función al volumen de la muestra de acuerdo a la siguiente proporción 30g de sulfato de sodio anhidro por cada 1000 ml de aceite esencial.

## **8. Rendimiento Del Aceite Esencial (RAE)**

Para determinar el porcentaje del rendimiento se utilizó el método gravimétrico – volumétrico, de acuerdo a la siguiente expresión.

$$\%RAE = \frac{Vol.AE(ml)}{P.muestra (g)} * 100$$

Donde

Vol.AE: volumen del aceite esencial obtenido en mililitros.

P. muestra: peso de la muestra a destilar en gramos.

## **9. Gravedad específica (GE)**

El peso de la muestra se realizó en una balanza de precisión, la densidad se determinó con la siguiente expresión.

$$GE = \frac{M3 - M1}{M2 - M1}$$

Donde

M1: peso del vial vacío.

M2: peso del vial con agua.

M3: peso del vial con aceite esencial.

## **10. Determinación del índice de refracción del aceite esencial**

Primeramente se limpió los prismas del refractómetro tipo ABE modelo 2WAJ con agua destilada y se adicióno 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.

## **11. Identificación de la composición química del aceite esencial de sachá culantro**

La identificación de los componentes se realizó 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. Primeramente se analizó una muestra de aceite esencial (sachá culantro), se deseco con sulfato de sodio anhidro y se filtró usando filtros de jeringa de 0,45um.

Seguidamente se realizó el Análisis de Componentes Volátiles - Inyección por Headspace (HS) para lo que 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 auto-muestreador del GC-MS para su lectura.

En el Análisis de Componentes No Volátiles - 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 auto-muestreador del GC-MS para su lectura.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Georeferenciación de sachaculantro

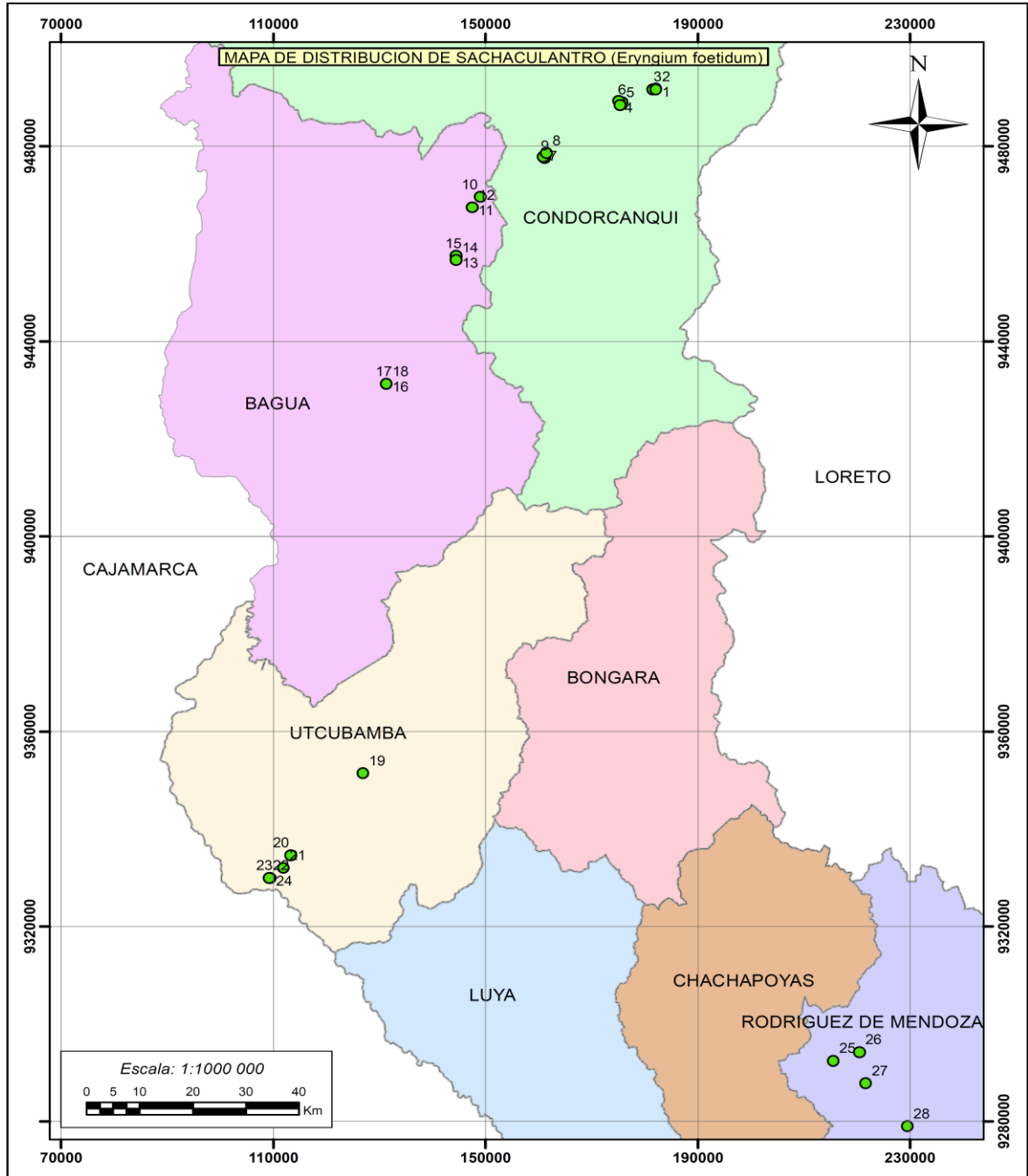


Figura 1. Mapa de georeferenciación de los puntos de distribución de sachaculantro

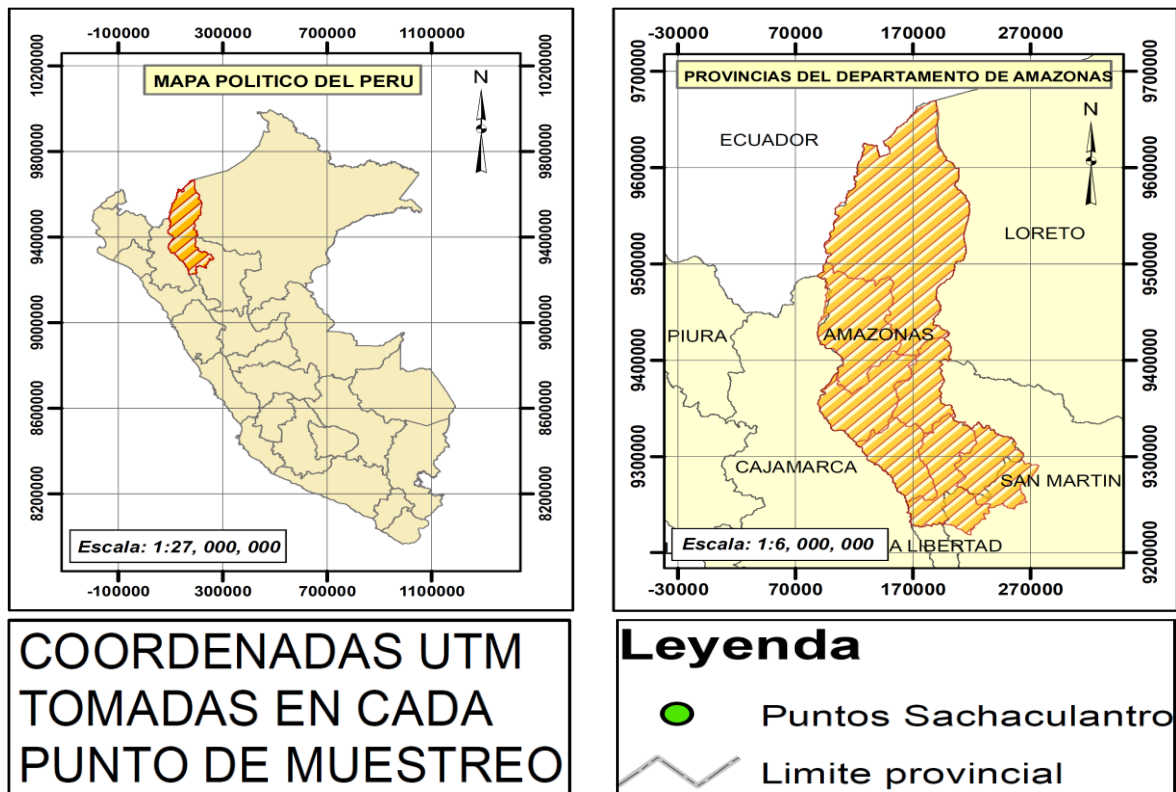


Figura 2. Leyenda del mapa de los puntos de distribución de sacha culantro (anexo 2- tabla N° 10)

En la figura 1 y 2, se resalta en el mapa los puntos de los lugares en los que se encontró la proliferación de las plantas de sacha culantro.

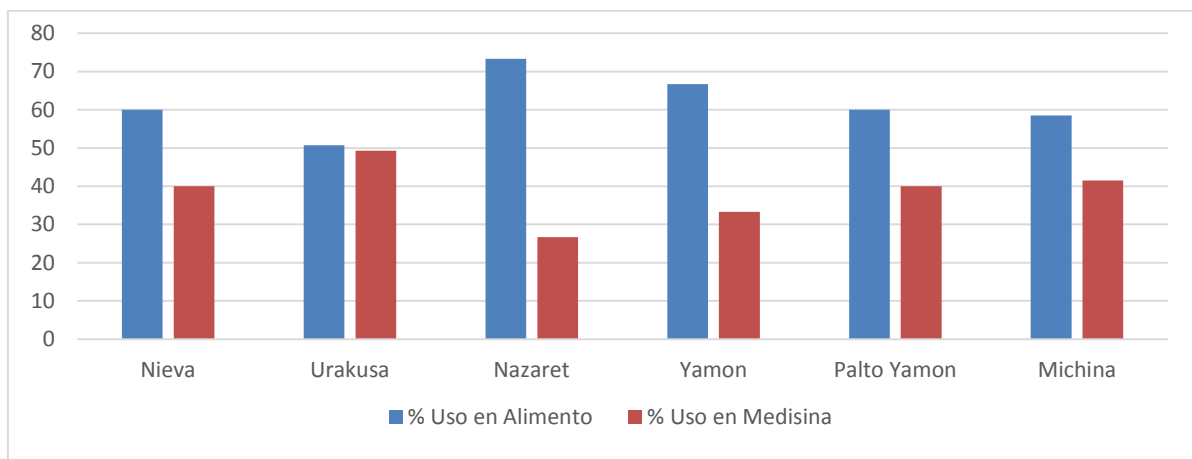


Figura 3. Utilidad que recibe el sacha culantro en cada lugar recolectado

La figura muestra que la población de dichos lugares usan el sacha culantro como alimento en un porcentaje mayor, en comparación al uso medicinal.

## 5.2. Determinación comparativa del rendimiento de sachá culantro

Tabla 4. Pruebas de efectos inter-sujetos del rendimiento del AE. En función al lugar

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	Hipótesis	,006	1	,006	24,492	,004
	Error	,001	5	,000 <sup>a</sup>		
Lugar	Hipótesis	,001	5	,000	11,800	,000
	Error	,000	12	2,222E-5 <sup>b</sup>		

a. MS (Lugar) b. MS(Error)

Tabla 5. Pruebas de efectos inter-sujetos, rendimiento de AE en función al mes de recolección

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	Hipótesis	,006	1	,006	18,063	,147
	Error	,000	1	,000 <sup>a</sup>		
Mes	Hipótesis	,000	1	,000	4,655	,047
	Error	,001	16	7,639E-5 <sup>b</sup>		

a. MS (Mes) b. MS(Error)

En la tabla 4 y 5, se determinó que existe diferencia significativa en cuanto al rendimiento del aceite esencial de sachá culantro, en función al lugar de recolección y al mes de recolección.

Tabla 6. Subconjuntos homogéneos del rendimiento de aceite esencial en función al lugar de procedencia

	M	N	Subconjunto		
			1	2	3
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	MICHINA	3	0,0094%		
	YAMON	3	0,0143%		
	NAZARET	3	0,0156%		
	URAKUSA	3	0,0163%		
	PALTO	3	0,0186%		
	NIEVA	3		0,0337%	
	Sig.			,122	1,000

Duncan <sup>a,b</sup>	MICHINA	3	0,0094%		
	YAMON	3	0,0143%	0,0143%	
	NAZARET	3	0,0156%	0,0156%	
	URAKUSA	3	0,0163%	0,0163%	
	PALTO	3		0,0186%	
	NIEVA	3			0,0337%
	Sig.			,075	,250

La tabla indica el rendimiento según la prueba de comparaciones de Tukey, quien los selecciona en dos sub grupos, y Duncan los selecciona en 3 sub grupos, pero en ambas pruebas Nieva es el único grupo que se diferencia de los demás.

Tabla 7. Subconjuntos homogéneos de gravedad específica del aceite esencial en función al lugar de procedencia

	M	N	Subconjunto		
			1	2	3
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	URAKUSA	3	,834267		
	NAZARET	3	,836700		
	NIEVA	3	,839322		
	YAMON	3		,864533	
	PALTO	3		,870933	
	MICHINA	3			,896267
	Sig.			,611	,381
Duncan <sup>a,b</sup>	URAKUSA	3	,834267		
	NAZARET	3	,836700		
	NIEVA	3	,839322		
	YAMON	3		,864533	
	PALTO	3		,870933	
	MICHINA	3			,896267
	Sig.			,152	,065

La tabla, determinada por la prueba de Duncan y Tukey, se divide en tres sub grupos, siendo michina el único lugar que se diferencia de los demás



### 5.3. Análisis realizado en cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas GC-MS

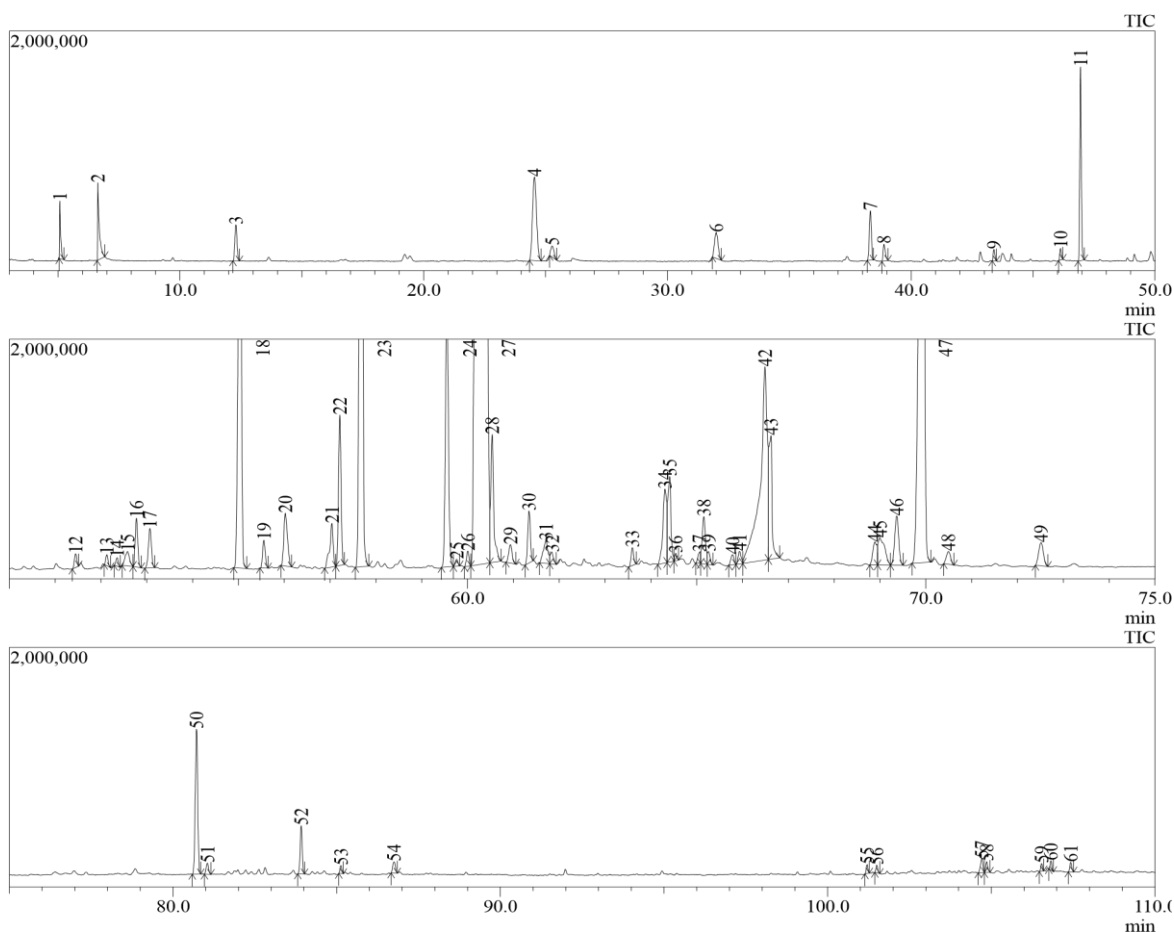


Figura 4. Cromatografía de gases del aceite de sachá culantro

Tabla 8. Componentes del aceite esencial determinado mediante cromatografía de gases

N°	Componente	%
1	3-Penten-2-one, 4-methyl-	0,3
2	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	0,62
3	.alpha.-Pinene	0,38
4	o-Cymene	1,58
5	D-Limonene	0,18
6	.gamma.-Terpinene	0,45
7	Tridecane	0,5
8	Nonanal	0,18
9	1,3-Cyclohexadiene-1-carboxaldehyde, 2,6,6	0,09
10	Cyclohexanone, 2-methyl-5-(1-methyletheny	0,09
11	Decanal	1,42
12	1-Octen-3-ol	0,09
13	2-Undecanone	0,06
14	Tridecane	0,05
15	Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	0,16
16	Undecanal	0,32
17	Benzaldehyde, 2,4,5-trimethyl-	0,3

18	Benzaldehyde, 2,4,5-trimethyl-	3,82
19	10-Undecenal	0,19
20	Phenol, 3-methyl-5-(1-methylethyl)-, methyl	0,49
21	Cetene	0,39
22	Erucic acid	0,97
23	Dodecanal	7,59
24	Bicyclo[3.1.1]heptan-3-ol, 2,6,6-trimethyl-,	2
25	cis-.beta.-Farnesene	0,05
26	3,7-Octadiene-2,6-diol, 2,6-dimethyl-	0,1
27	13-Octadecenal, (Z)-	55,95
28	1-Dodecanol	0,97
29	Spiro[5.5]undec-2-ene, 3,7,7-trimethyl-11-m	0,16
30	Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,8	0,35
31	Behenic alcohol	0,27
32	Benzoic acid, 2,4,5-trimethyl-	0,1
33	1-Nonadecene	0,12
34	n-Heptadecanol-1	0,73
35	Dodecanoic acid	0,67
36	Oleic Acid	0,04
37	Caryophyllene oxide	0,07
38	Caryophyllene oxide	0,4
39	n-Tetracosanol-1	0,08
40	Carotol	0,08
41	13-Octadecenal, (Z)-	0,1
42	Tetradecanal	3,57
43	trans-2-undecenoic acid	1
44	Decanedinitrile	0,24
45	3-Undecanone	0,45
46	Cyclohexane, bromo-	0,5
47	cis-9-Hexadecenal	9,07
48	Cyclohexane, bromo-	0,14
49	Cyclohexane, bromo-	0,28
50	9-Octadecen-1-ol, (Z)-	1,26
51	2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl-	0,1
52	Benzenemethanol, .alpha.,.alpha.,4-trimethy	0,36
53	17-Pentatriacontene	0,05
54	9-Tricosene, (Z)-	0,11
55	1-Heneicosanol	0,05
56	Heptafluorobutyric acid, n-tetradecyl ester	0,05
57	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	0,12
58	1-Octadecyne	0,08
59	trans-2-Undecen-1-ol	0,05
60	2-Dodecen-1-yl(-)succinic anhydride	0,06
61	13-Octadecenal, (Z)-	0,07

---

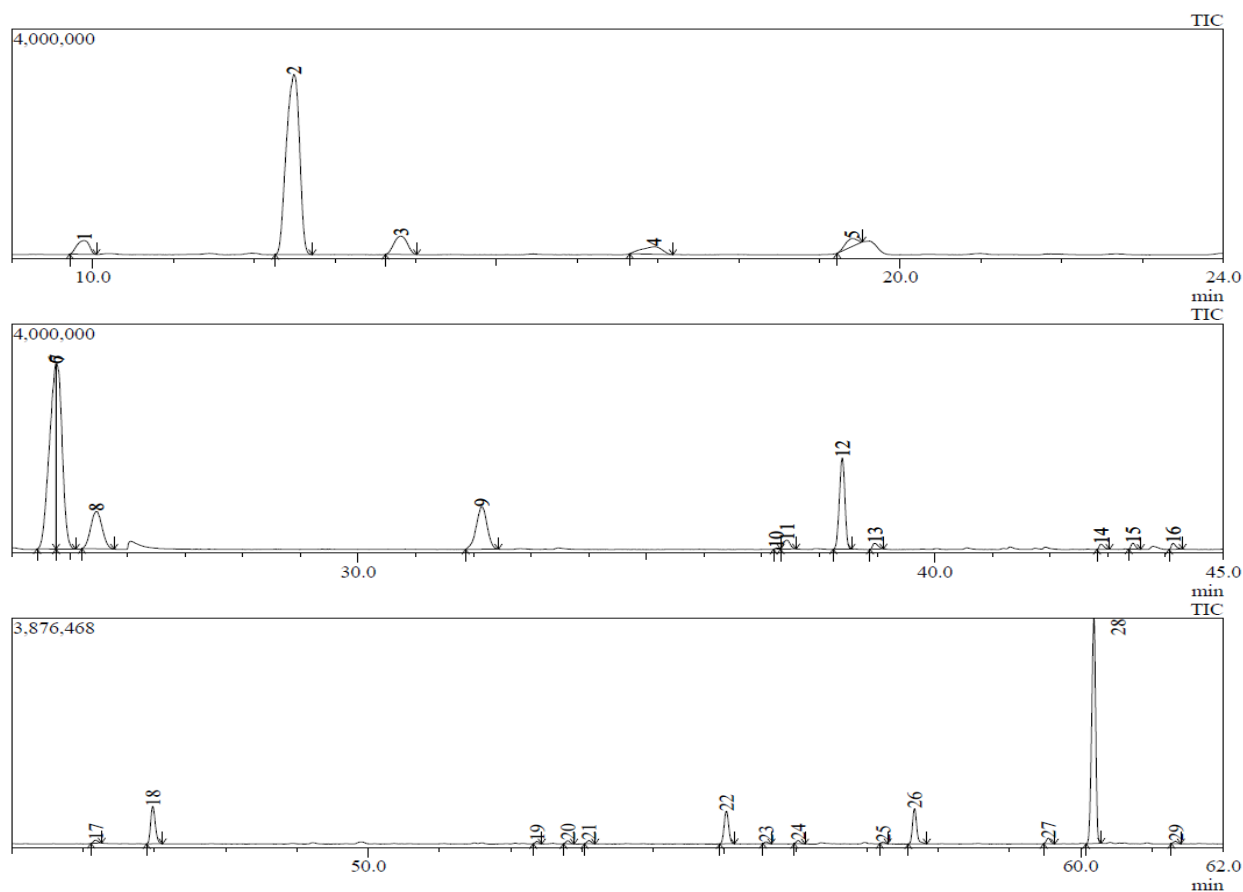


Figura 5. Cromatografía de gases del aceite de sachaculantro muestreo por Headspace Sampling (HS)

Tabla 9. Componentes determinados mediante cromatografía de gases muestreo por Headspace Sampling (HS)

Nº	Componente	%
1	Nonane	1,66
2	.alpha.-Pinene	23,41
3	Camphene	2,39
4	.beta.-Pinene	1,5
5	Benzene, 1,2,4-trimethyl-	0,95
6	Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	17,26
7	o-Cymene	15,08
8	D-Limonene	5,9
9	.gamma.-Terpinene	6,39
10	Diphenylcarbazide	0,08
11	3-Tetradecene, (E)-	0,82
12	Tridecane	6,97
13	Nonanal	0,44
14	Cyclohexanone, 5-methyl-2-(1-methylethyl)	0,33
15	1,3-Cyclohexadiene-1-carboxaldehyde, 2,6,6	0,35
16	7-Oxabicyclo[4.1.0]heptane, 1-methyl-4-(1-	0,38
17	Cyclohexanone, 2-methyl-5-(1-methyletheny	0,15

18	Decanal	1,88
19	Tridecane	0,09
20	Undecanal	0,14
21	Benzaldehyde, 2,4,6-trimethyl-	0,15
22	Benzaldehyde, 2,4,5-trimethyl-	1,62
23	Ledol	0,07
24	Phenol, 2,3,5,6-tetramethyl-	0,14
25	Cyclododecane	0,06
26	Tetradecanal	1,61
27	Bicyclo[3.1.1]heptan-3-ol, 2,6,6-trimethyl-,	0,25
28	13-Octadecenal, (Z)-	9,82
29	Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,8	0,11

La figura de 2 y 3, determinan los componentes del aceite esencial en función al tiempo, las tablas 8 y 9, muestran la cantidad d componentes determinados, así como la diferencia del contenido de cada uno de ellos en el aceite esencial de sachá culantro.

## VI. DISCUSIÓN

Los 28 puntos que se muestran, refieren a la diversificación de las zonas que es en la cual se desarrolla el sachá culantro, que presentan las características climáticas (semi húmedas - cálidas; semi húmedas - semi cálidas - muy húmedo - semi cálido), con un rango de altitud que va desde 181 a 1651 msnm. Esto indica que esta planta no se desarrolla de manera silvestre en los lugares de climas fríos o alto andinos, pero es posible que se adapte a otros climas, desarrollando un manejo de cultivo adecuado, así como el orégano, el romero, la menta se desarrollan a niveles que van desde 1500 a 3000 msnm (cauca, 2012) A diferencia del *Coradium sativum* que también se desarrolla en lugares cálido y húmedos, con una altitud de 800 a 1500 msnm (Estrada, y otros 2004),

En los resultados obtenidos en el rendimiento de aceite esencial, el que presento mayoría fue de las muestras provenientes de Nieva con un rendimiento promedio de (0,04% v/p). En comparación con el rendimiento determinado por (Jaramillo, Duarte, y Martelo 2011) que es de 0,02% v/p; así como (Rodríguez 2014) en su investigación determino un 0,01%v/p, de rendimiento. Estos resultados esta basado a que las plantas de sachá culantro se desarrollaron en un suelo completamente fértil, donde aun no se a desarrollado ninguna actividad agrícola, aunque crecieron de manera silvestre, mientras que (Piedrasanta 2007; Inkanatura 2017), refieren que las plantas que crecen en cultivos tecnificados presentan un mayor rendimiento en cuanto a aceite ecencial así como las recolectadas en otoño.

El índice de refracción obtenido en promedio el mas alto es de 1,474 y el menor es 1,465, y una gravedad específica entre 0,8343 – 0,8963, en comparación con el índice de refracción que presenta el aceite esencial de cilantro (*coriadrum sativun*) que oscila entre 1,459 -1,469 y su gravedad específica de 0,887 – 0,875, determinado por (Torres, Lopez, & Sosa 2013), así como el del limón de  $1,4752 \pm 0,001$  valor máximo y  $1,4722 \pm 0,001$  definido por (Albaladejo (2003), lo cual indica que el índice de refracción se encuentra en el rango que es 1,462 – 1,472 según (Food Chemical Codex, 1996). Las variaciones de estos indicadores se debe al contenido de hidrocarburos terpénicos ( $\alpha$ -pineno, A-3 careno,  $\alpha$ -felandreno) y al bajo contenido de compuestos oxigenados (Torres , Ricciardi, Agrelo, & Ricciardi, 2002; Cosco , 2010).

En la presente investigación de los resultados obtenidos en el análisis por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas, se determinó 61 componentes, siendo el componente mayoritario el 13-Octadecenal, (Z) (55,95%). Mientras que por la técnica de muestreo Headspace se ha logrado elucidar 29 componentes químicos, también realizado en el GC-MS, por el cual se determina los compuestos volátiles que contiene el aceite esencial de sachaculantro, siendo el componente mayoritario el  $\alpha$ -Pinene (23,41%), en cambio en otras investigaciones realizadas determinaron como componente mayoritario encontrado al E-2- dodecenal (Banout y otros 2009; Osorio, Arango, & Fernández, 2016; Paul, Seaforth y Tikasingh 2011), estos autores también refieren que la variación de la concentración de componentes se debe a las características del suelo en que se desarrolla la planta de sachaculantro, así como también a que crezca bajo sombra o completamente libres.

Entre los componentes del aceite esencial de sachaculantro también se determinó la presencia de ácidos carboxílicos como ácido Oleico; ácido Erúico; ácido Dodecanoico; ácido benzoico, 2,4,5-trimethyl; ácido - trans -2- undecenoico, así como alcohol behínico. Torres, Lopez, & Sosa (2013), determinaron en los componentes del A.E. de cilantro al ácido linoleico, oleico y ascórbico, García (2010) determinó que el perejil "*Petroselinum sativum*" contiene los siguientes ácidos como el ácido acético, carvacrol, eicosanoico, hexadecanoico (etil éster), octadecanoico (metil éster), que fortalecerían el sinergismo de las propiedades de los aceites esenciales.

## VII. CONCLUSIONES

- La distribución de los lugares en los que se prolifera la planta de sachá culantro, en el marco geográfico de la región Amazonas, es en lugares que presentan climas cálidos y suelos húmedos; encontrando algunas limitaciones para la recolección, ya que no se ha desarrollado la práctica de cultivo para esta, por parte de los pobladores.
- El rendimiento del aceite esencial de sachá culantro, presentó una diferencia significativa entre los meses de recolección y lugar de procedencia de las muestras, siendo las muestras provenientes de los lugares que se encuentran en menor altitud (msnm) las que presentaron un mayor rendimiento.
- La composición química del aceite esencial de sachá culantro se determinó mediante dos ensayos de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas, en el que se determinó 61 componentes y de los cuales mediante el ensayo Headspace Sampling se determinó 29 componentes volátiles, que contiene el aceite esencial de sachá culantro.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Trabajar con muestras procedentes de lugares que tengan una altitud menor a los 1200 msnm ya que estas son aquellas que presentan un mayor rendimiento de aceite esencial.
- Continuar con el estudio del aceite esencial de sacha culantro de la región, y realizar un análisis para determinar su grado de actividad antioxidante y comparar con muestras de otras regiones.
- Realizar un estudio, para determinar el efecto que tiene el aceite esencial de sacha culantro, en su uso como conservante en lo que respecta a la parte alimentaria, y también como uso medicinal en lo farmacéutico.



## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Albaladejo , Q. (2003). Aportación a la monografía de normalización del aceite esencial de limón Español. España. Obtenido de file:///C:/Users/Aprosa/Downloads/3361-Texto%20Completo%201%20Aportaci%C3%B3n%20a%20la%20monograf%C3%ADa%20de%20normalizaci%C3%B3n%20del%20aceite%20esencial%20de%20lim%C3%B3n%20espa%C3%B1ol.pdf
- Alvarez, R. A., García Higueros , A. L., Oliva Retana, N. V., & Rojas Saso, A. M. (2010). Determinación de actividad inhibitoria in vitro de extractos diclorometánicos ymetanólicos y aceites esenciales de doce especies condimentarias y medicinales guatemaltecas contra Listeria monocytogenes. Guatemala.
- Alves , J. (jueves de noviembre de 2014). Alternativa ecològica un espacio dedicado a la promoción de la agricultura ecológica en el ámbito urbano y rural. cultivo de sacha culantro (culantro de la selva). Lima, Lima, Perú.
- Alves da Silva, V., Nobre da Silva, A., Seabra Júnior, S., da Silva Borges, L., & Macedo de Souza, A. (2016). Levantamento do cultivo do coentrão (*Eryngium foetidum* L.) nas áreas produtoras de Cáceres-MT. Cultivando Saver, 70-83. Obtenido de [http://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando\\_o\\_saber/57746a41661d2.pdf](http://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/57746a41661d2.pdf)
- Banout, J., Havlik, J., Kulik, M., Kloucek, P., Lojka, B., & Valterova, I. (2009). Effect of solar drying on the composition of essential oil of sacha culantro (*eryngium foetidum* l) grown in the peruvian amazon . Wiley peiodicals, Inc, 83-103.
- Blanco , V. H., & Monroy, I. (2013). Destilación Por arrastre de Vapor. Mexico. Obtenido de <https://www.sites.google.com/site/equipoquimicaexperimental6/practica-5-destilacion-por-arrastre-de-vapor>
- Bussmann, & Glenn. (2010). Medicinal plants used in Northern Peru for reproductive problems and female health. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 8-12.
- Catillo , M. G. (2011). Métodos de Separación de Mezclas. Mexico.
- cauca, D. d. (2012). Guía agronómica de los cultivos representativos del departamento para la realización de las estimaciones agrícolas por métodos indirectos. Obtenido de file:///C:/Users/Aprosa/Downloads/Gu%C3%ADa\_Agron%C3%B3mica\_Cultivos\_Representativos\_del\_Departamento\_del\_Valle\_del\_Cauca.pdf
- Cerutti , M., & Neumayer, F. (2004). Introducción a la obtención de aceite esencial de limón. invenio,
- Cervantes C, E., Galarza L, C. A., & Leon R, M. (2013). Aceites esenciales (recuperado 01 de marzo del 2017). Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/113509945/Composicion-Quimica-de-Aceites-Esenciales#>
- Cosco , D. (2010). Actividad inhibitoria del crecimiento de *Streptococcusmutans* y de flora mixta salival por acción del aceiteesencial de la *Matricaria chamomillamanzanilla*.

- Lima - Peru. Obtenido de <http://www.cop.org.pe/bib/tesis/danyalejandroscoresobles.pdf>
- Dawilai, S., Muangnoi, C., Praengamthanachoti, P., & Tuntipopipat, S. (2013). Anti-inflammatory activity of bioaccessible fraction from *eryngium foetidum* leaves. *biomed research international*, 8 paj. obtenido de <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2013/958567/abs/>
- Díaz Rodríguez, A., & Trelles Zárata, S. (2014). Manual de buenas practicas agricolas en la produccion de culantro coyote . san jose - costa rica: mag.
- Estrada, E., García, M., Cardozo, C., Gutierrez, A., Baena, D., Sánchez, M., & Vallejo, F. (2004). Cultivo de cilantro. Obtenido de <http://www.uneditorial.net/uflip/Cultivo-de-cilantro-variedad-UNAPAL-precoso/pubData/source/Cultivo-de-cilantro-variedad-UNAPAL-precoso.PDF>
- Food Chemical Codex. (1996). FCC. Washington DC. Obtenido de <https://archive.org/stream/gov.law.nas.food.1996/nas.food.1996#page/n39/mode/2up>
- Franco Ruiz, D., & Moure Varela, A. (2010). Antioxidantes Naturales, Aspectos saludables, Toxicológicos y Aplicaciones Industriales . xacobeo.
- Fucollazos, C., White., R., & White, H. (1975). La composición de los alimentos peruanos. obtenido de instituto de nutrición. ministerio de salud. Lima. 35 p.: <http://recetasricasdelaselvaucayalina.blogspot.pe/2007/11/sacha-culantro-y-su-valor-nutritivo.html>
- García, C. (2010). Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Química viva*. Obtenido de <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v9n2/garcia.pdf>
- Guerra, D., & Panduro, D. H. (2012). Aceites Esenciales . Iquitos-Perú. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos97/aceites-esenciales/aceites-esenciales.shtml>
- Huella Amazonica. (2015). El sacha culantro la planta mas aromatizante del mundo. Obtenido de Made in Tingo Maria : <http://www.madeintingomaria.com/2015/09/el-sacha-culantro-la-planta-mas.html>
- IIAP. (2001). sacha culantro - ( 24 de febrero de 2017). Obtenido de <http://www.iiap.org.pe/upload/Publicacion/CDinvestigacion/iiap/iiap2/CapituloIII-39.htm#TopOfPage>
- Inkanatura. (21 de abril de 2017). Aceites esenciales . Obtenido de [ww.inkanatural.com/es/arti.asp?ref=aceites-esenciales](http://ww.inkanatural.com/es/arti.asp?ref=aceites-esenciales)
- Jaramillo, B. E., Duarte, E., & Martelo, I. (2011). Composición química volátil del aceite esencial de *eryngium foetidum* l.colombiano y determinación de su actividad antioxidante . *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 140-150.

- Jimdo. (jueves de Febrero de 2017). Aceites esenciales . Obtenido de <https://aceitesesencialesyperfumes.jimdo.com/aceites-esenciales/>
- Lopez Luengo, T. (2004). Los aceites esenciales.
- Martinez M., A. (2003). Aceites esenciales . Medellin.
- Mekhora, C., Muangnoi, C., Chingsuwanrote, P., Dawilai, S., Svasti, S., Chasri, K., & Tuntipopipat, S. (2012). Eryngium foetidum supprses inflamatory mediators produced by macrophages. asian pacific, 653-664 .
- Montoya C, G. J. (2010). Aceites esenciales. Colombia: Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/50956/7/9588280264.pdf>.
- Montoya, G. (2010). Aceites Esenciales . Colombia.
- Morales Payan , J., Brunner , B., Flores , L., & Martínez , S. (2013). Culantro organico. Obtenido de <http://proorganico.info/culantro.pdf>
- Morales, J. (1995). Fundación de desarrollo agropecuario . Republica Dominicana: fundacion del desarrollo agropecuario INC.
- Muños Jáuregui, A. M., Ramos Escudero, F., & Alvarado, C. (2009). Evaluación del Contenido Nutricional De Algunos Alimentos Consumidos Por Los Pobladores de la región selva. Horizonte Medico, 75-80.
- Osorio, O., Arango, O., & Fernández, C. A. (2016). Efecto del secado sobre la calidad sensorial y la composición del aceite esencial del cilantro cimarrón (*Eryngium foetidum* L.). Agronomia colombiana, 1450-1453.
- Paul, J. H., Seaforth, C. E., & Tikasingh, T. (2011). *Eryngium foetidum* l. Fitoterapia, 302-308. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21062639>
- Piedrasanta, R. B. (2007). Comparacion química y de rendimiento del aceite esencial de hoja y raiz de Valeriana prionophylla standl. de dos diferentes localidades de Guatelal. Guatemala. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_2612](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2612).
- Rodríguez Álvares, M., Alcaraz Meléndez, L., & Real Cosío, S. M. (2012). Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. La Paz, Baja California sur- México: centro de investigaciones Bilógicas del nor este, S.C.
- Rodríguez, J. E. (2014). Estructura química y actividad antioxidante invitro del aceite esencial de eryngium foetidum l. “siucaculantro”. tesis para optar el Grado Académico de Magister en Ciencia de los Alimentos. Lima- Peru.
- SENA. (2010). Introducción ala industria de los aceites esenciales extraidos de plantas medicinales y aromaticas . obtenido de [http://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/1144/1/aceites\\_esenciales\\_extraido\\_s\\_de\\_plantas\\_medicinales\\_y\\_aromaticas.pdf](http://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/1144/1/aceites_esenciales_extraido_s_de_plantas_medicinales_y_aromaticas.pdf).
- Singh, B. K., Ramakrishna, Y., & Ngachan, S. V. (2014). Spin y coriander (*Eryngium foetidum* L.): a commonly used, neglected spicing-culinary herb of Mizoram,

- India. *Genet Resour Crop Evol*, Volume 61/pp 1085–1090. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10722-014-0130-5>
- Stashencko, E. (2009). *Aceites esenciales*. Bucaramanga: Obtenido de <http://cenivam.uis.edu.co/cenivam/documentos/libros/1.pdf>.
- Torres, A., Ricciardi, G., Agrelo, A., & Ricciardi, A. (2002). Aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* L., (paico macho). Argentina. Obtenido de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2002/08-Exactas/E-019>
- Torres, L., Lopez, A., & Sosa, M. (2013). Extracción, composición y caracterización de los aceites esenciales de hoja y semilla de silantro (*coriandrum sativum*). Obtenido de <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-71-Leal-Torres-et-al-2013.pdf>
- Vera Israel, O. (2012). Extracción con arrastre con vapor. Cochabamba - Bolivia obtenido de <https://es.slideshare.net/RRALO/extraccion-por-arrastre-con-vapor>.

# **X. ANEXOS**

## ANEXO 1

### Encuesta etnobotánica para sachá culantro

ENCUESTA N°.....

Localidad: \_\_\_\_\_

1. **¿sabe en qué lugares se puede encontrar la planta?**
  - a. Si → donde.....
  - b. No
  
2. **¿Sabe para qué se utiliza?**
  - a. Si → para que.....
  - b. No
  
3. **Con respecto a la pregunta anterior ¿qué parte de la planta se utiliza?**
  - a. Toda la planta
  - b. Raíz
  - c. Hojas
  - d. Tallo
  - e. Flor
  
4. **¿Qué usos se le da a la planta?**
  - a. Alimento
  - b. Medicinal
  - c. Insecticida
  - d. Cosmético
  
5. **¿Sabe cómo se prepara para?**
  - a. Si → como.....
  - b. No
  
6. **¿Sabe cómo se administra?**
  - a. Infusión
  - b. Emplasto
  - c. Administración oral
  - d. baños
  - e. otros
  
7. **¿en qué época del año se cosecha?**  
.....
  
8. **¿sabe usted si existe la planta en estado silvestre?**
  - a. Si → donde.....
  - b. No

ANEXO 2

Tablas de resultados

Tabla 10. Coordenadas de geo referencia de distribución de sachaculantro

<b>Vértice</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Lugar</b>	<b>Clima</b>
<b>1</b>	182170	9491809	208	Nieva-Condorcanqui	Super Humedo y Calido
<b>2</b>	182145	9491643	230	Nieva-Condorcanqui	Super Humedo y Calido
<b>3</b>	181554	9491614	250	Nieva-Condorcanqui	Super Humedo y Calido
<b>4</b>	175109	9489241	181	Ebron-Condorcanqui	Super Humedo y Calido
<b>5</b>	175401	9488425	222	Ebron-Condorcanqui	Super Humedo y Calido
<b>6</b>	175691	9489010	245	Ebron-Condorcanqui	Super Humedo y Calido
<b>7</b>	160859	9477813	208	Urakusa-Condorcanqui	Super Humedo y Calido
<b>8</b>	161467	9478542	215	Urakusa-Condorcanqui	Super Humedo y Calido
<b>9</b>	161165	9477517	238	Urakusa-Condorcanqui	Super Humedo y Calido
<b>10</b>	148997	9469588	361	Sargento Leon-Bagua	Super Humedo y Calido
<b>11</b>	147537	9467437	433	Sargento Leon-Bagua	Super Humedo y Calido
<b>12</b>	147556	9467396	440	Sargento Leon-Bagua	Super Humedo y Calido
<b>13</b>	144455	9457474	219	T upac Amaru I-Bagua	Super Humedo y Calido
<b>14</b>	144487	9456638	256	T upac Amaru I-Bagua	Super Humedo y Calido
<b>15</b>	144460	9457473	267	T upac Amaru I-Bagua	Super Humedo y Calido
<b>16</b>	131337	9431244	256	Nazaret-Bagua	Super Humedo y Calido
<b>17</b>	131346	9431217	258	Nazaret-Bagua	Super Humedo y Calido
<b>18</b>	131363	9431212	258	Nazaret-Bagua	Super Humedo y Calido
<b>19</b>	126961	9351399	1347	Miraflores-Utcubamba	Semi Humedo y Semi Calido
<b>20</b>	113347	9334589	1195	Palto Yamon-Utcubamba	Semi Humedo y Semi Calido
<b>21</b>	111994	9331968	917	Limonos-Utcubamba	Semi Humedo y Semi Calido
<b>22</b>	109245	9329939	1050	Yamon-Utcubamba	Semi Humedo y Semi Calido
<b>23</b>	109370	9329933	1054	Yamon-Utcubamba	Semi Humedo y Semi Calido
<b>24</b>	109400	9329933	1054	Yamon-Utcubamba	Semi Humedo y Semi Calido
<b>25</b>	215600	9292447	1622	Shucush-R. de Mendoza	Muy Humedo y Semi Calido
<b>26</b>	220456	9294225	1613	Michina-R. de Mendoza	Muy Humedo y Semi Calido
<b>27</b>	221667	9287812	1657	Huambo-R. de Mendoza	Muy Humedo y Semi Calido
<b>28</b>	229522	9279028	1651	Chirimoto-R. de Mendoza	Muy Humedo y Semi Calido

Tabla 11. Usos que le dan al sachá culantro según encuesta etnobotánica

LUGAR	Modo de usos en (%)		cantidad de encuestas aplicadas
	Alimento (%)	Medicina (%)	
<b>Nieva</b>	60.0	40.0	80
<b>Urakusa</b>	50.7	49.3	75
<b>Nazaret</b>	73.3	26.7	75
<b>Yamón</b>	66.7	33.3	60
<b>Palto Yamón</b>	60.0	40.0	75
<b>Michina</b>	58.5	41.5	65

Tabla 12. Datos de la evaluación del aceite esencial de sachá culantro

M	LP	MR	PM	VA	R	GE	IR
1		enero	180	0,05	0,03%	0.8369	1,465
1	Nieva	enero	110	0,04	0,04%	0.8405	1,465
1		enero	3800	1,4	0,04%	0.8406	1,465
2		enero	187	0,03	0,02%	0.8365	1,47
2	Nazaret	enero	127	0,02	0,02%	0.8372	1,473
2		enero	134	0,02	0,01%	0.8364	1,469
3		enero	241	0,04	0,02%	0.8342	1,46
3	Urakusa	enero	248	0,03	0,01%	0.8340	1,468
3		enero	298	0,06	0,02%	0.8346	1,468
4		febrero	364	0,08	0,02%	0.8675	1,475
4	Yamon	febrero	380	0,04	0,01%	0.8663	1,472
4		febrero	380	0,04	0,01%	0.8598	1,475
5		febrero	380	0,08	0,02%	0.8659	1,469
5	Palto Yamon	febrero	378	0,06	0,02%	0.8701	1.467
5		febrero	370	0,07	0,02%	0.8768	1,468
6		febrero	240	0,02	0,01%	0.9011	1,469
6	Michina	febrero	240	0,02	0,01%	0.8983	1,471
6		febrero	260	0,03	0,01%	0.8894	1,472

**MR:** mes de recolección **PM:** peso de la muestra; **VA:** volumen del aceite; **R:** rendimiento  
**GE:** gravedad específica; **IR:** índice de refracción.



### ANEXO 3

Figuras de cromatografía de gases de los componentes del aceite esencial de sachaculantro

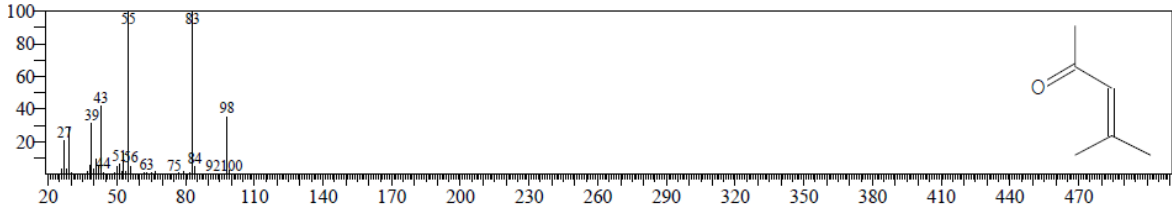


Figura 6. Cromatografía de gas de 3-penten-2-one, 4-methyl

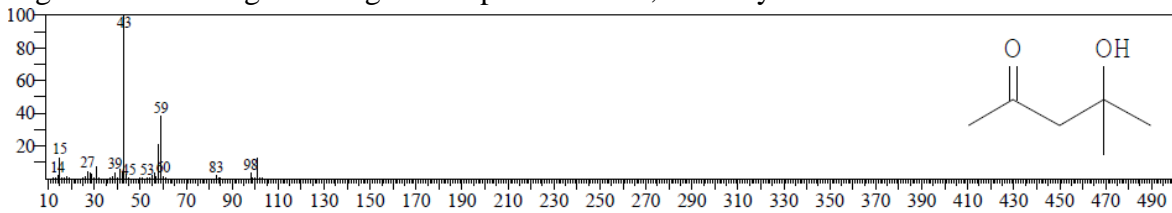


Figura 7. Cromatografía de gas de 2-pentanone, 4-hydroxy-4-methyl

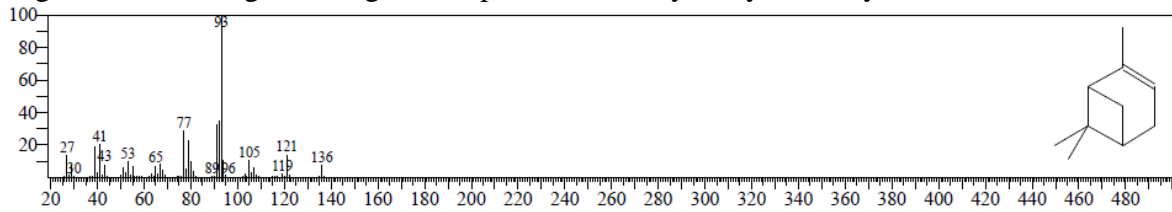


Figura 8. Cromatografía de gas de alpha-pinene

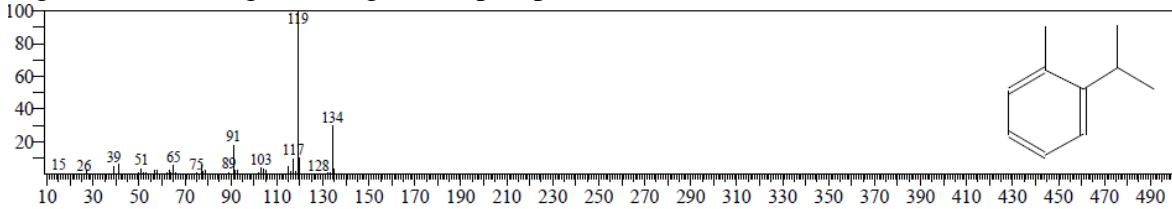


Figura 9. Cromatografía de gas de o-Cymene

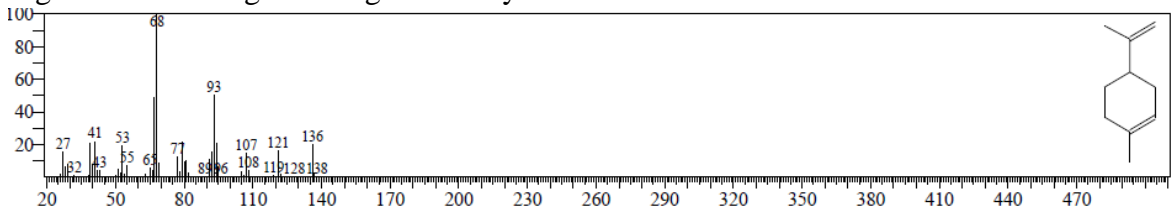


Figura 10. Cromatografía de gas de D-limonene

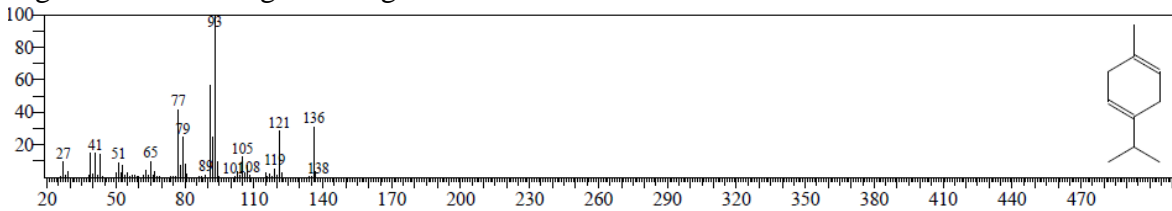


Figura 11. Cromatografía de gas de gamma-Terpene

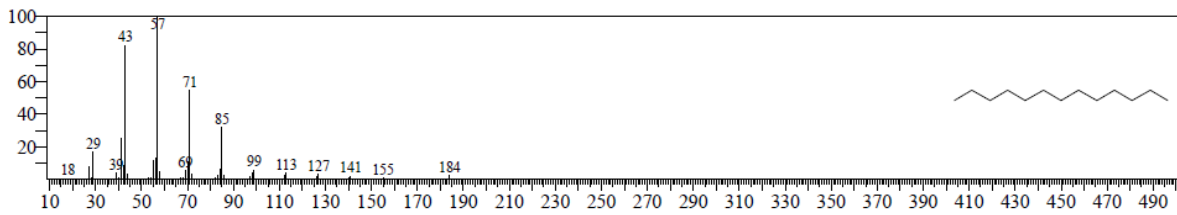


Figura 12. Cromatografía de gas de Tridecane

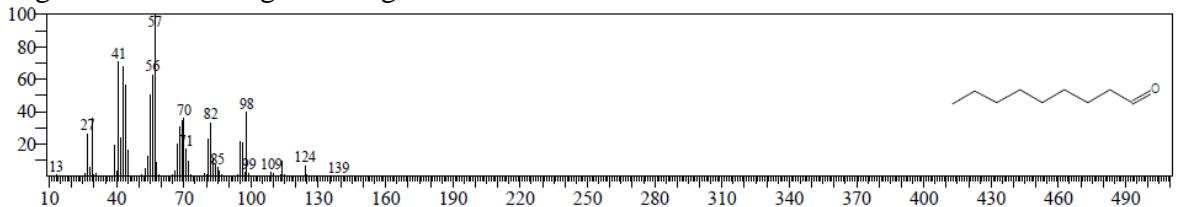


Figura 13. Cromatografía de gas de nonanal

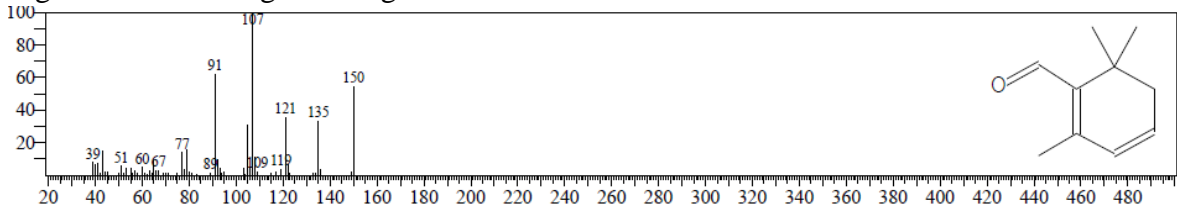


Figura 14. Cromatografía de gas de 1,3-Cyclohexadiene-1-carboxaldehyde,2,6,6

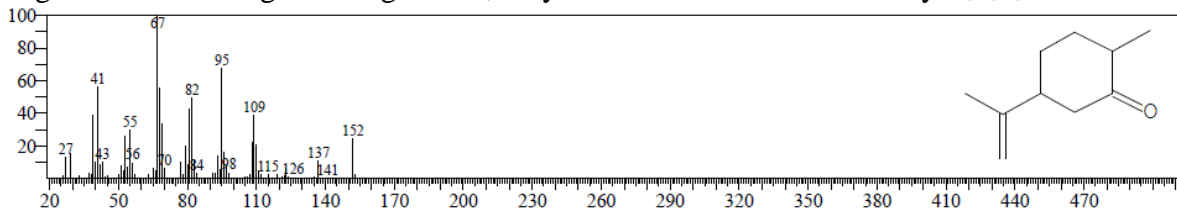


Figura 15. Cromatografía de gas de Cyclohexanone, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)

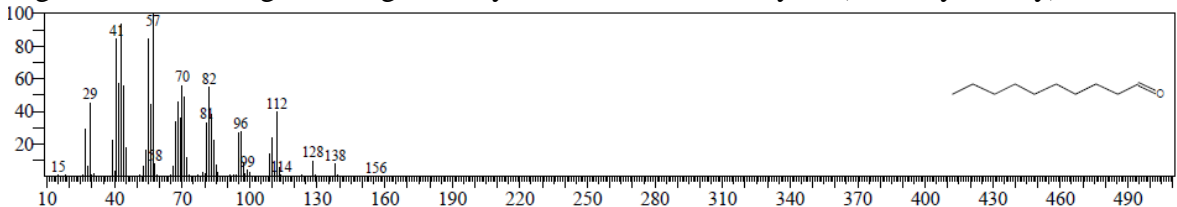


Figura 16. Cromatografía de gas de Decanal

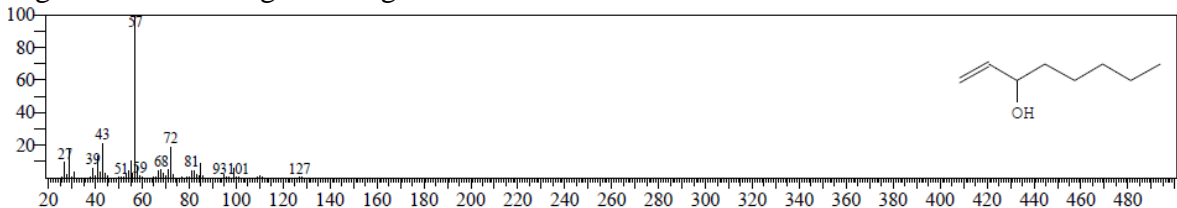


Figura 17. Cromatografía de gas de 1-Octen-3-ol

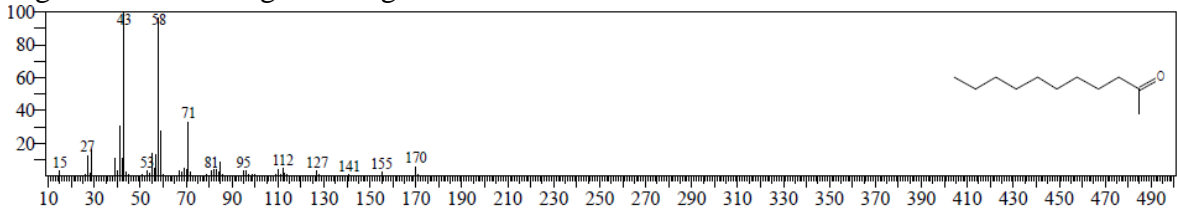


Figura 18. Cromatografía de gas de 2-Undecanone

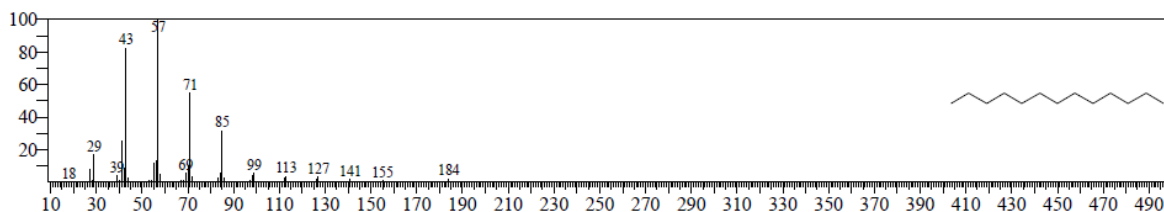


Figura 19. Cromatografía de gas de Tridecane

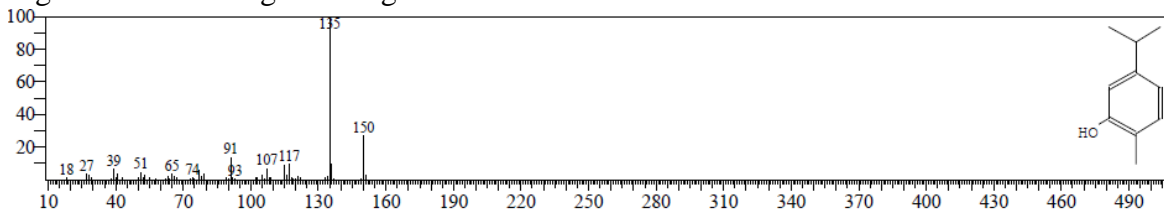


Figura 20. Cromatografía de gas de Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethy)

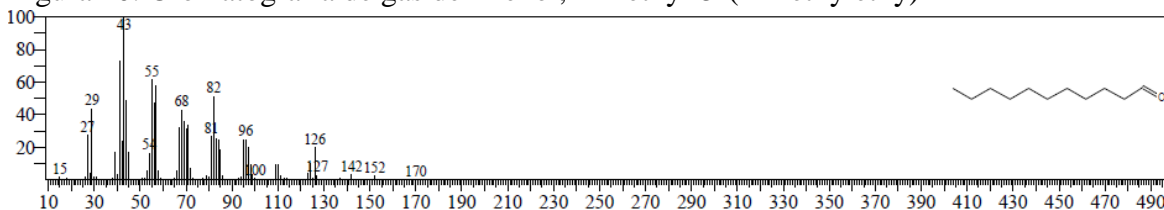


Figura 21. Cromatografía de gas de Undecanal

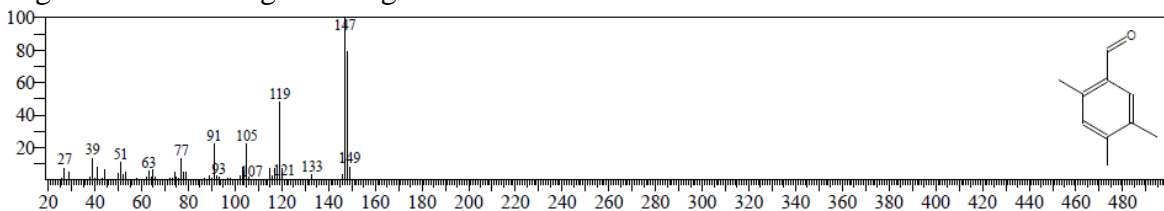


Figura 22. Cromatografía de gas de Benzaldehyde, 2, 4, 5-trimethyl

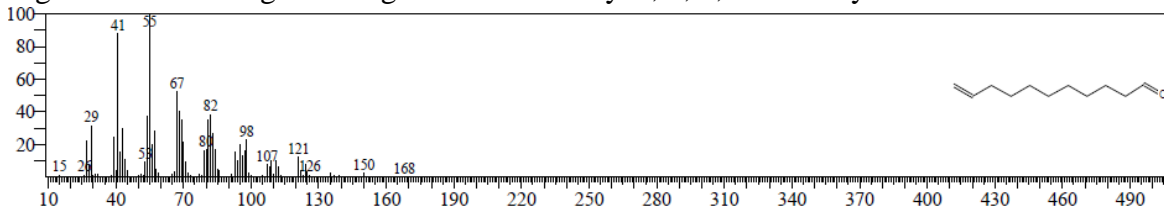


Figura 23. Cromatografía de gas de Undecenal

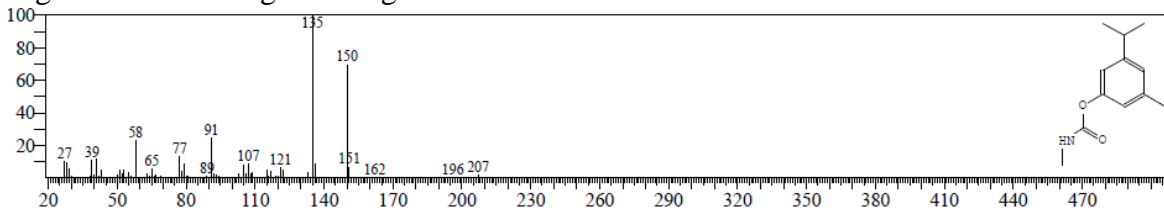


Figura 24. Cromatografía de gas de Phenol, 3-methyl-5-(1-methylethyl)-Methyl

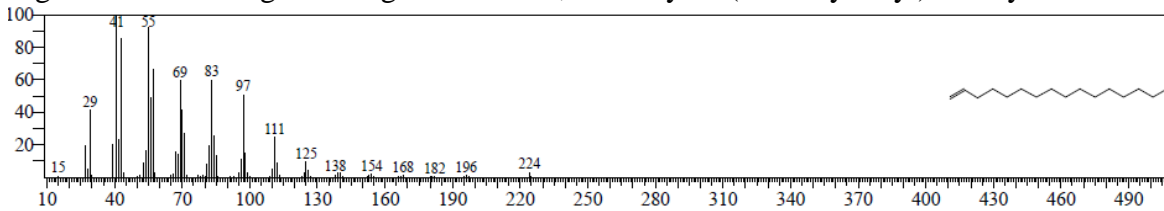


Figura 25. Cromatografía de gas de cetene

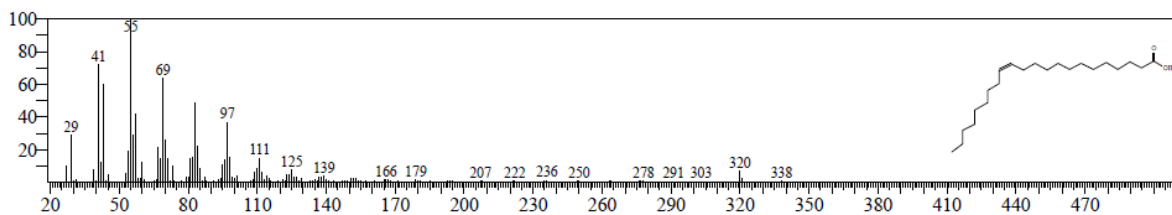


Figura 26. Cromatografía de gas de Erucic acid

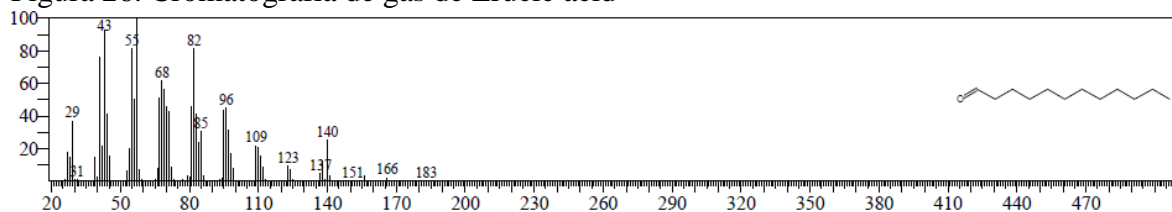


Figura 27. Cromatografía de gas de Dodecanal

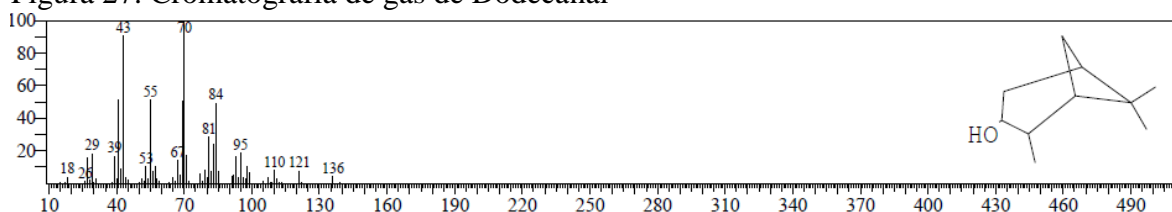


Figura 28. Cromatografía de gas de Bicyclo [3,1,1] heptan-3-ol,2,6,6-trimethyl

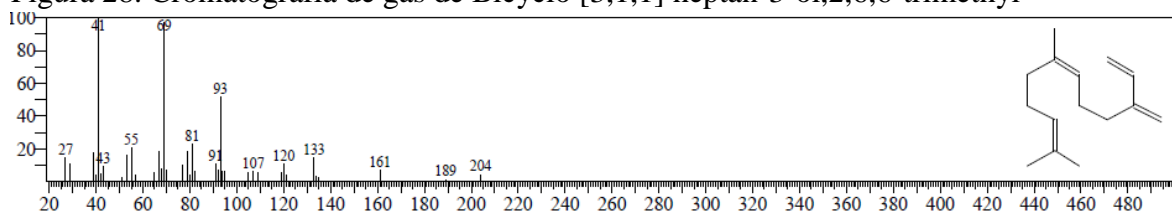


Figura 29. Cromatografía de gas de cis-beta-farnesene

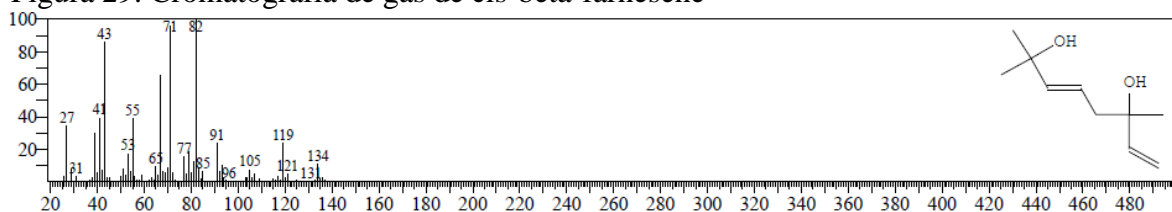


Figura 30. Cromatografía de gas de 3,7-octadiene-2,6-diol-dimethyl

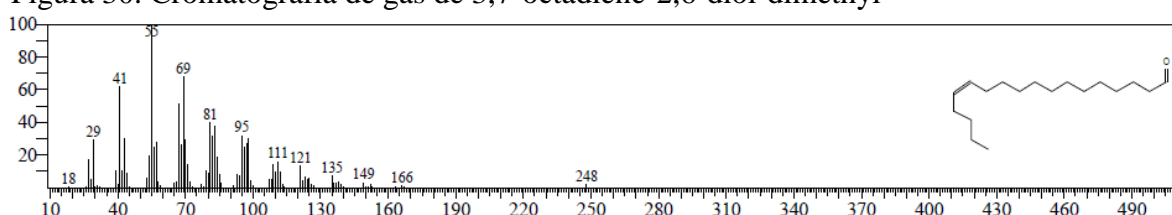


Figura 31. Cromatografía de gas de 13-Octadecenal (z)

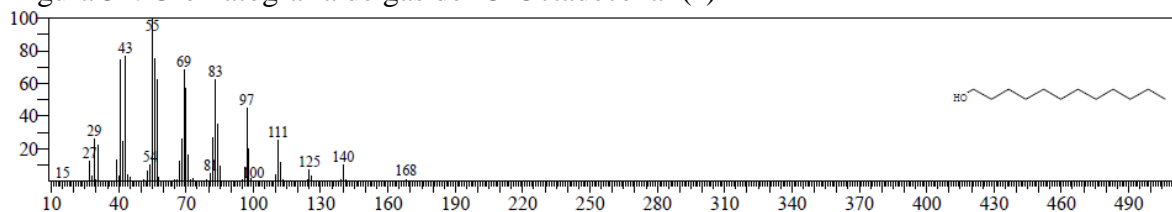


Figura 32. Cromatografía de gas de 1-dodecanol

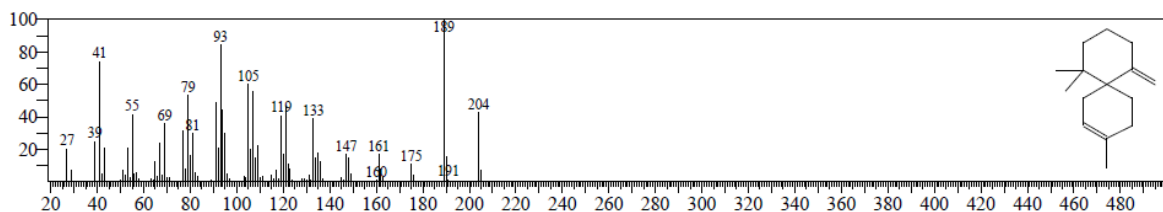


Figura 33. Cromatografía de gas de Spiro[5,5] undec-2-ene,3,7,7-trimethyl-11-m

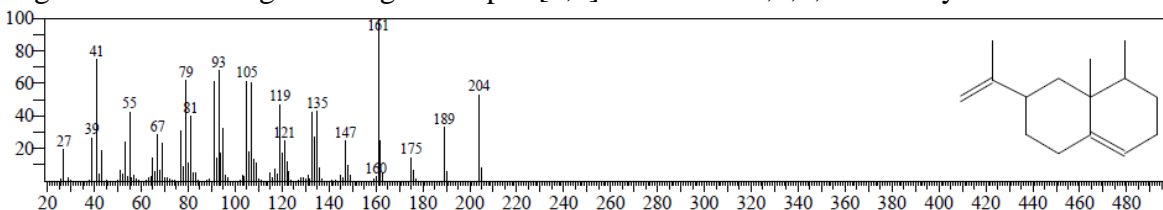


Figura 34. Cromatografía de gas de Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8<sup>a</sup>-octahydro-1,8

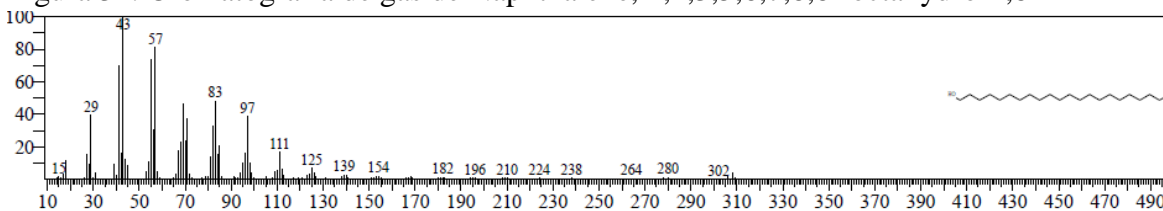


Figura 35. Cromatografía de gas de Behenic alcohol

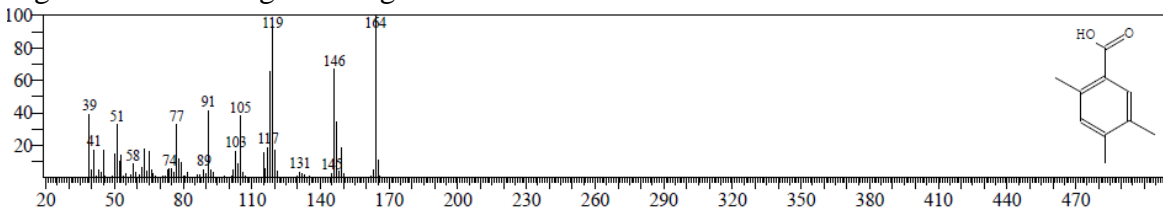


Figura 36. Cromatografía de gas de Benzoica cid,2,4,5-trimethyl

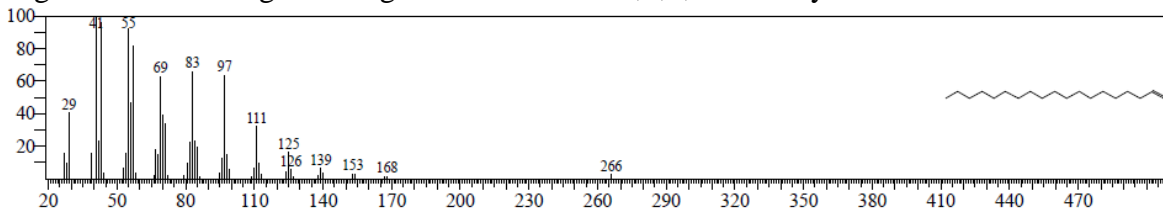


Figura 37. Cromatografía de gas de 1-nonadecene

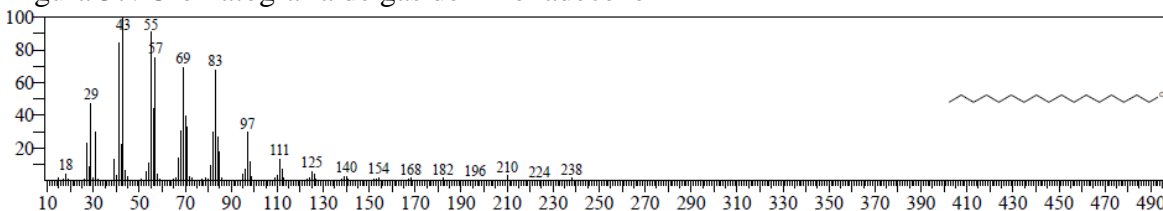


Figura 38. Cromatografía de gas de n-heptadecanol

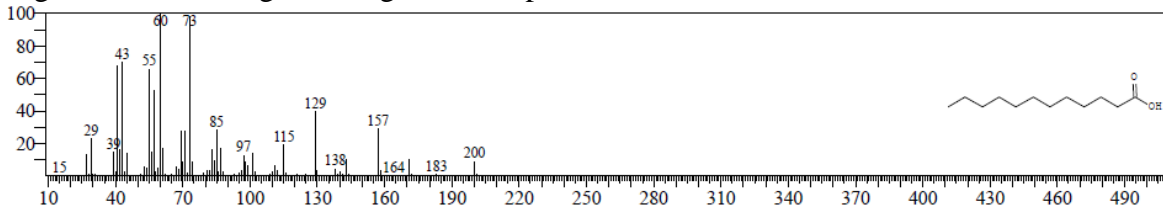


Figura 39. Cromatografía de gas de ácido dedocanoico-1

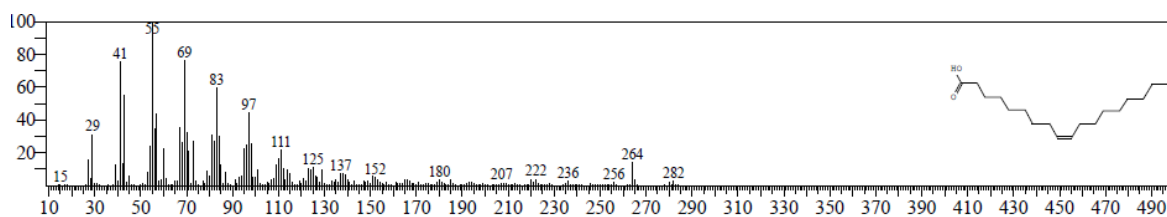


Figura 40. Cromatografía de gas de ácido oleico

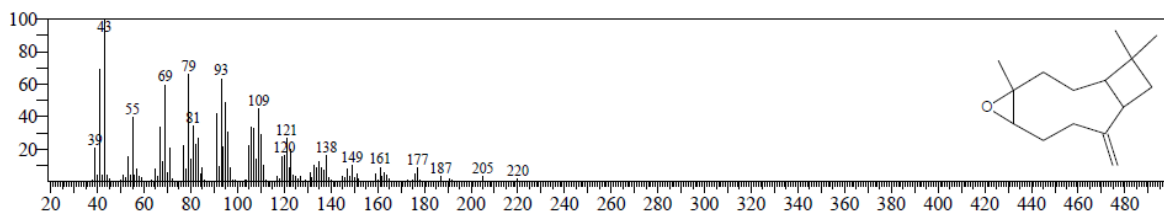


Figura 41. Cromatografía de gas de coryphillene oxide

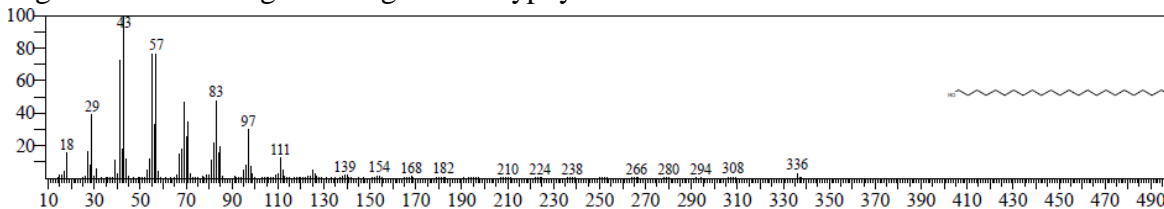


Figura 42. Cromatografía de gas de n-tetracosanol-1

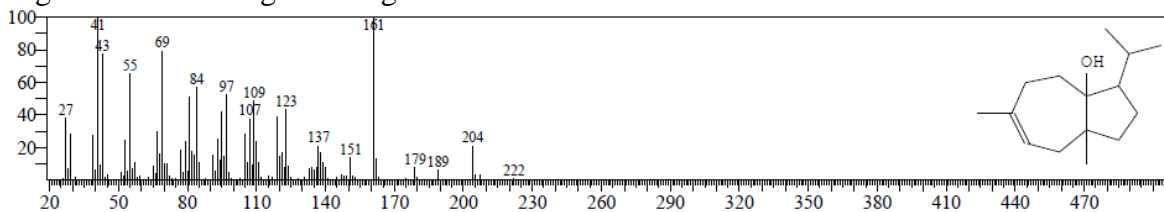


Figura 43. Cromatografía de gas de carotol

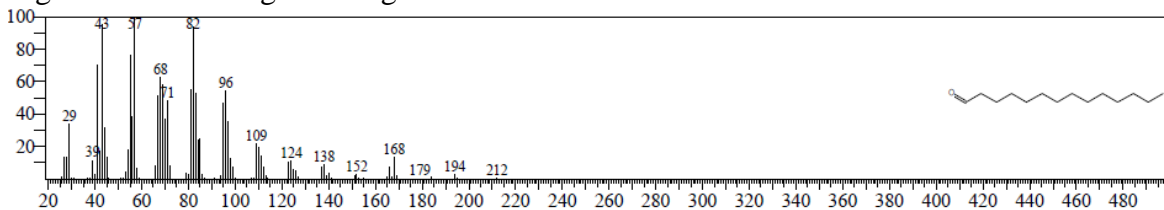


Figura 44. Cromatografía de gas de tetradecanal

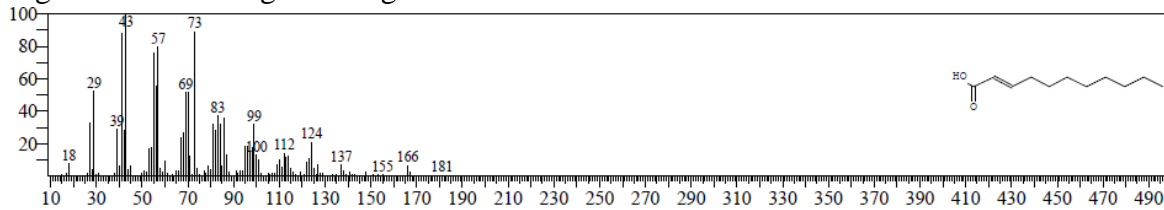


Figura 45. Cromatografía de gas de trans-2-undecenoic acid

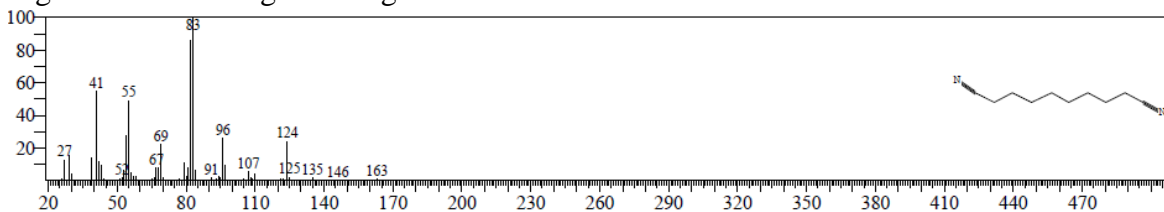


Figura 46. Cromatografía de gas de decanedinitrile

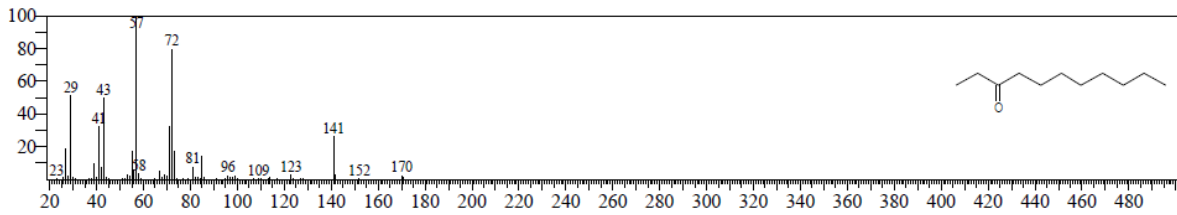


Figura 47. Cromatografía de gas de 3-undecanone

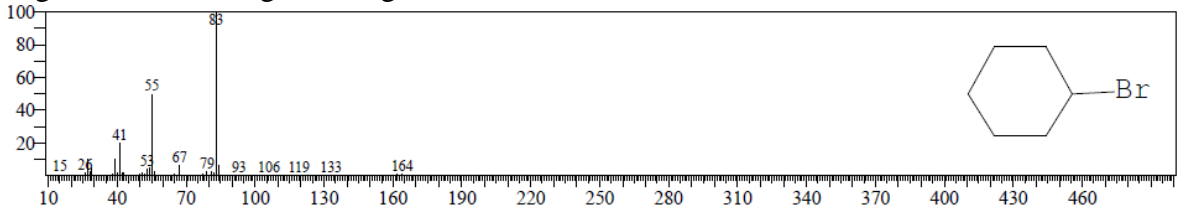


Figura 48. Cromatografía de gas de cyclohexane, bromo

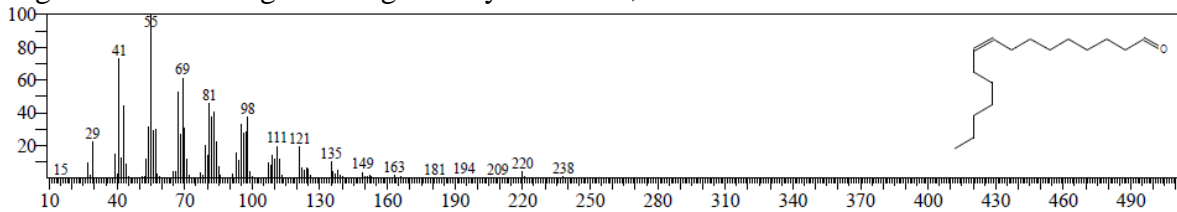


Figura 49. Cromatografía de gas de cis-9-hexadecenal

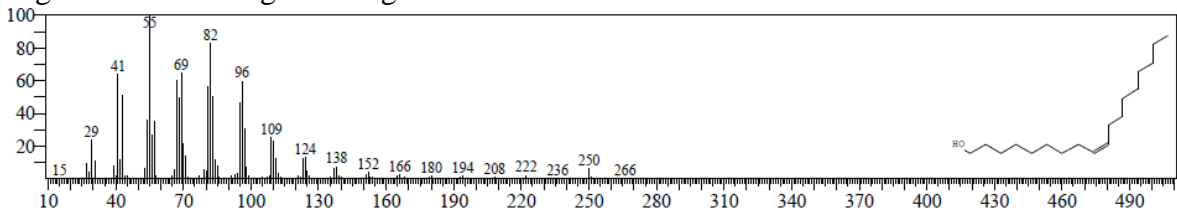


Figura 50. Cromatografía de gas de 9-octadecen-1-ol(z)

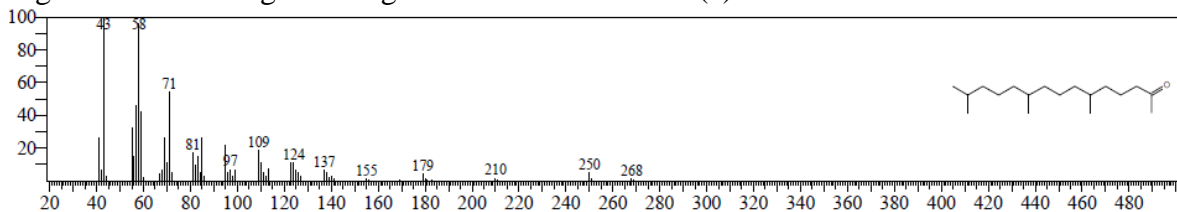


Figura 51. Cromatografía de gas de 2-pentadecanone, 6,10,14-trimethyl

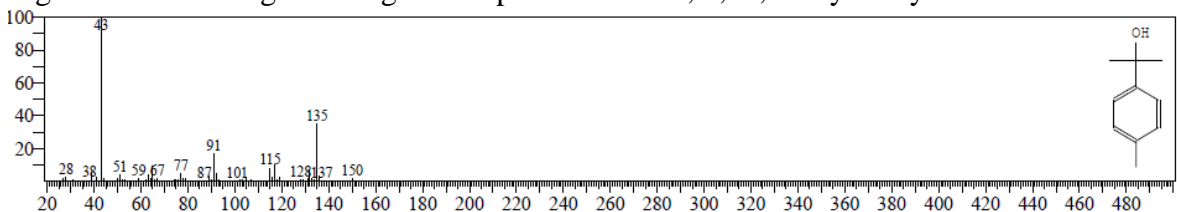


Figura 52. Cromatografía de gas de benzenemethanol, alpha.,alpha., 4-trimethyl

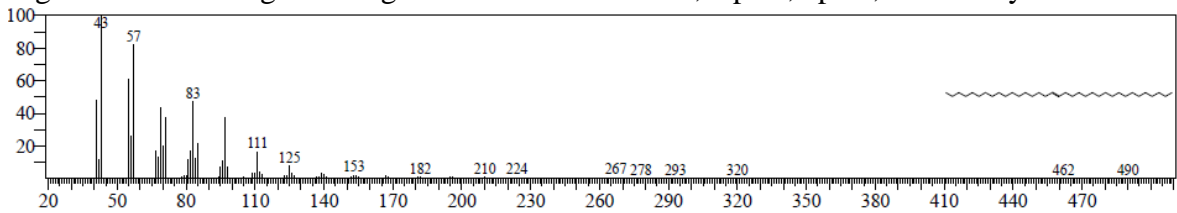


Figura 53. Cromatografía de gas de 17-pentatriacontene

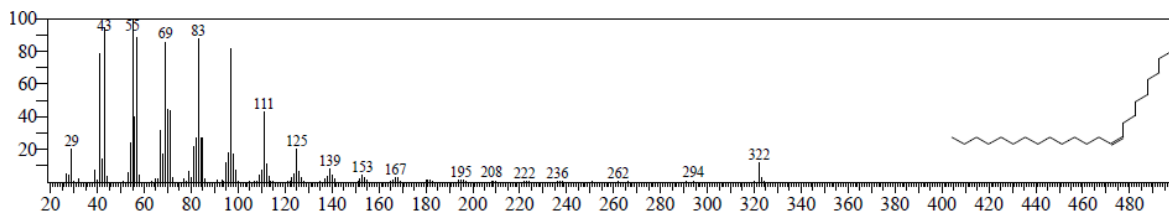


Figura 54. Cromatografía de gas de 9-tricosene (z)

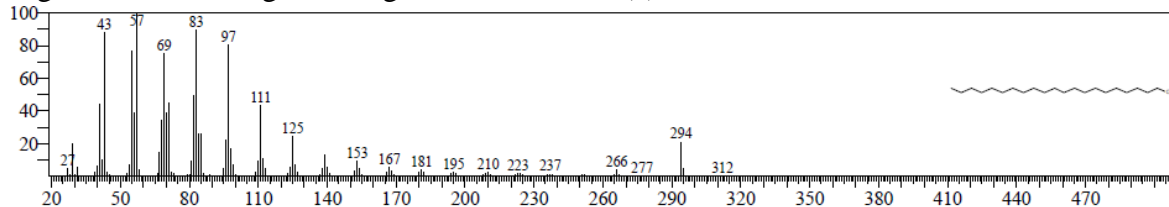


Figura 55. Cromatografía de gas de 1-hencicosanol

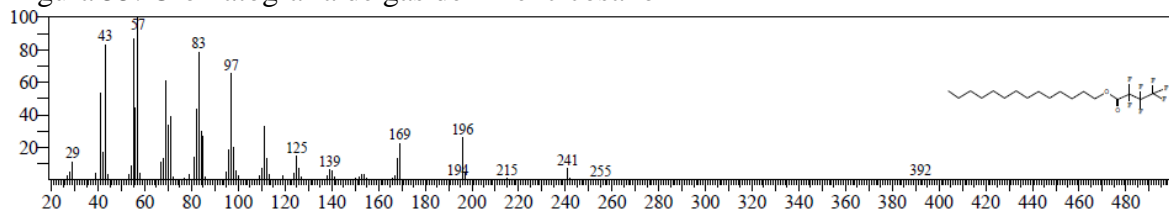


Figura 56. Cromatografía de gas de Heptafluorobutyric acid, n-tetradecyl ester

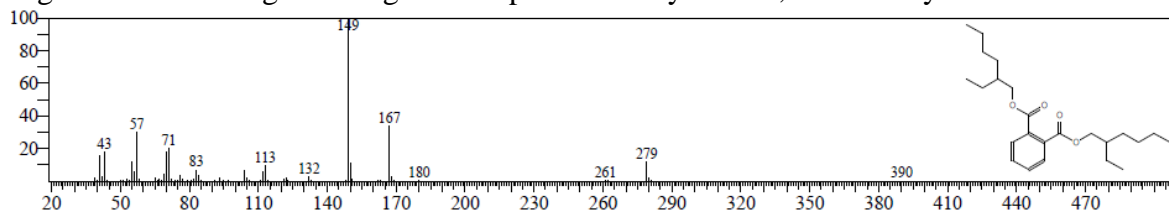


Figura 57. Cromatografía de gas de Bis (2-ethylhexyl) phthalate

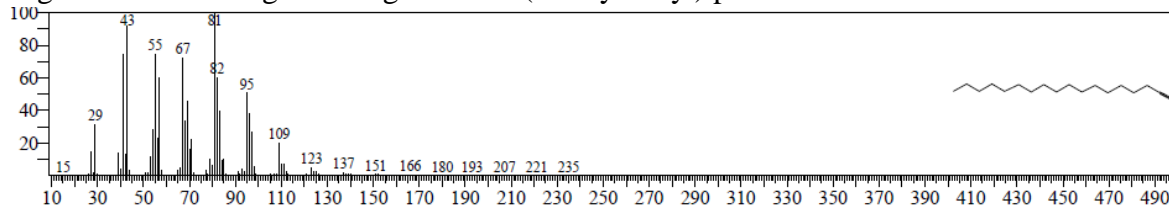


Figura 58. Cromatografía de gas de 1-Octadecyne

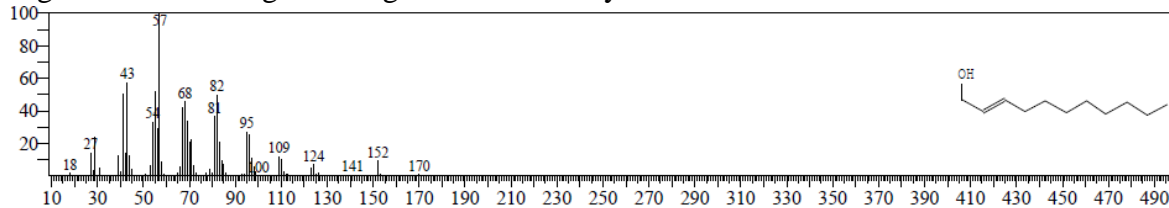


Figura 59. Cromatografía de gas de trans-2-undecen-1-ol

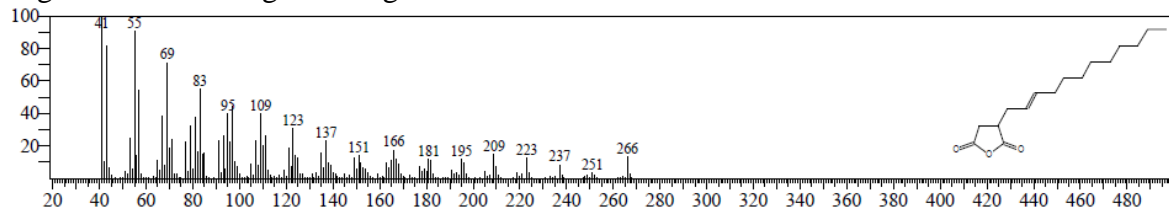


Figura 60. Cromatografía de gas de 2-dodecen-1-y 1(-) succinic anhydride



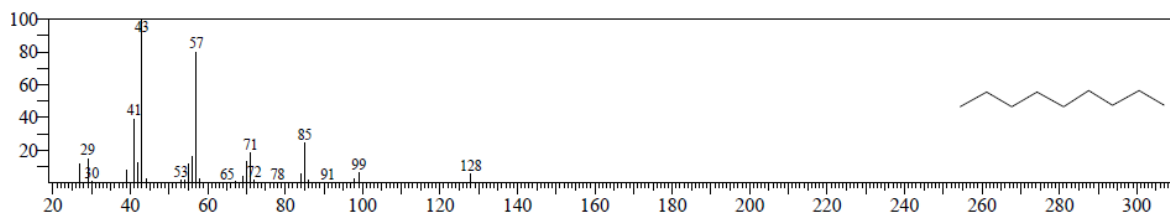


Figura 61. Cromatografía de gas de nonane

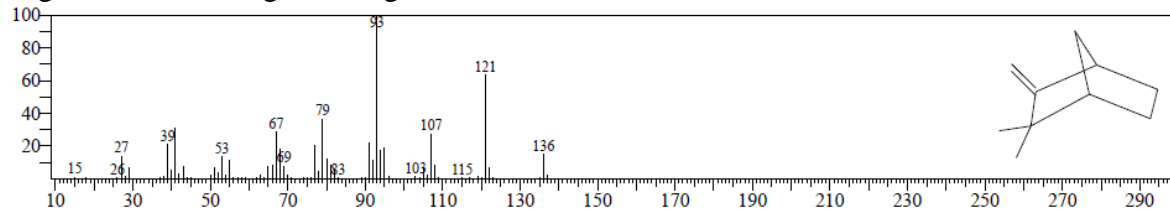


Figura 62. Cromatografía de gas de camphene

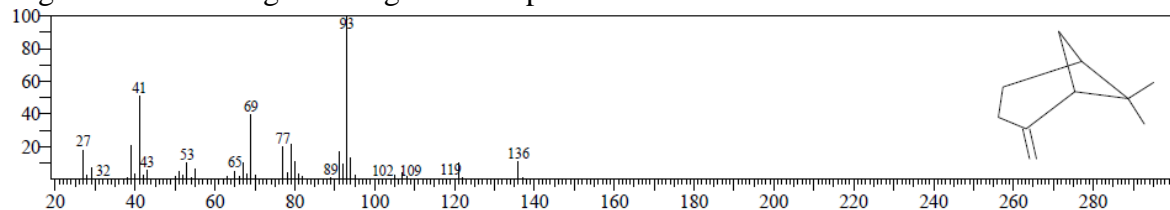


Figura 63. Cromatografía de gas de beta-pinene

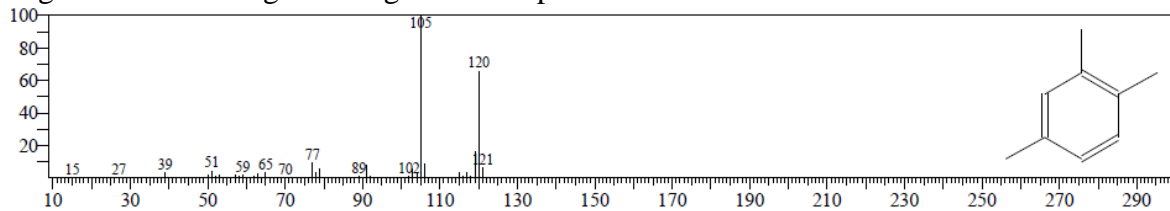


Figura 64. Cromatografía de gas de bemzene,1,2,4-trimethyl

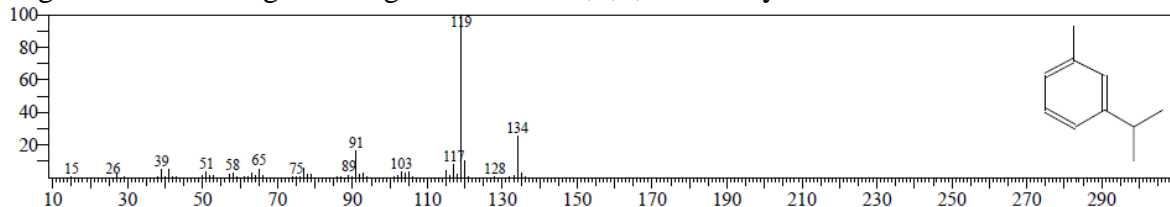


Figura 65. Cromatografía de gas de benzene,1-methyl-3-(1-methylethyl)

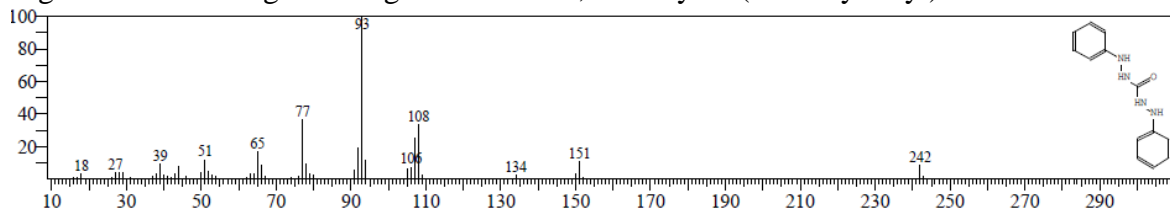


Figura 66. Cromatografía de gas de diphenylcarbazide

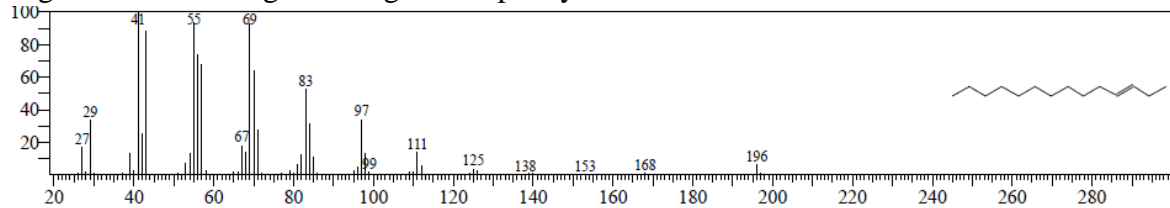


Figura 67. Cromatografía de gas de 3-tetradecene (E)

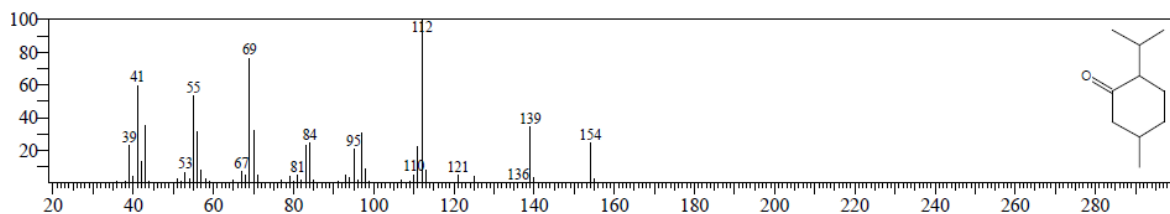


Figura 68. Cromatografía de gas de ciclohexanone,5-methyl-2-(1-methyl)

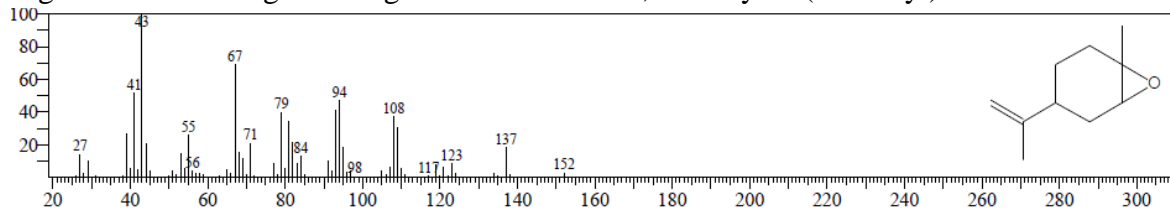


Figura 69. Cromatografía de gas de 7-oxabicyclo [4,1,0] heptane, 1-methyl-4-(1-m)

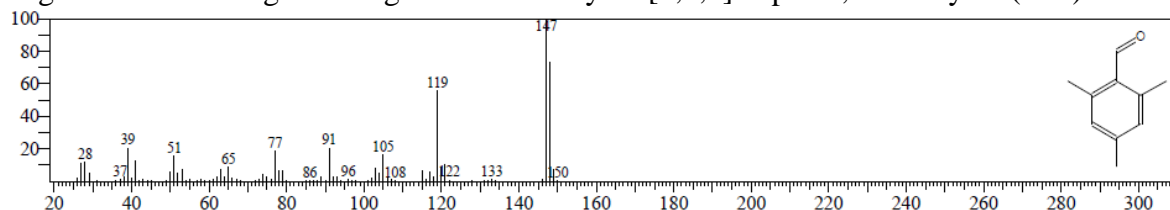


Figura 70. Cromatografía de gas de benzaldehyde,2,4,6-trimethyl

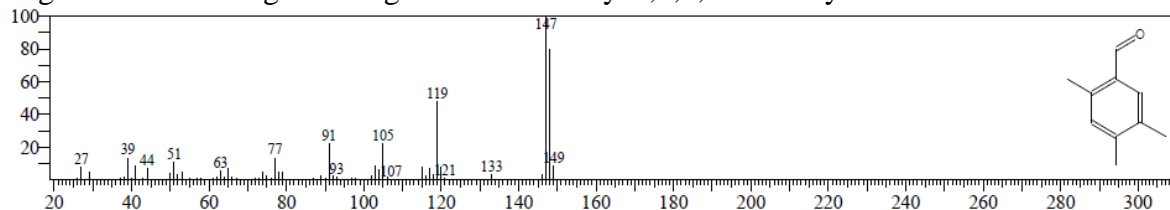


Figura 71. Cromatografía de gas de benzaldehyde,2,4,5-trimethyl

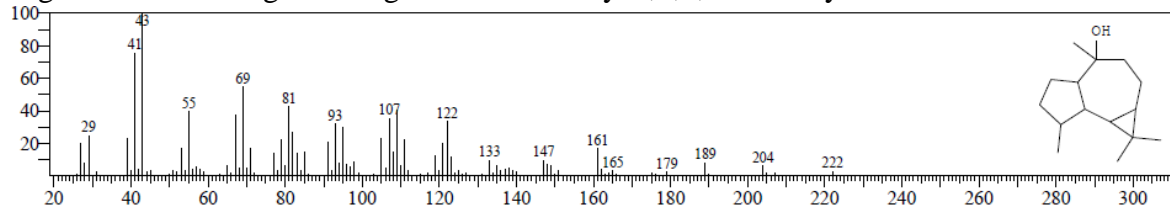


Figura 72. Cromatografía de gas de lenol

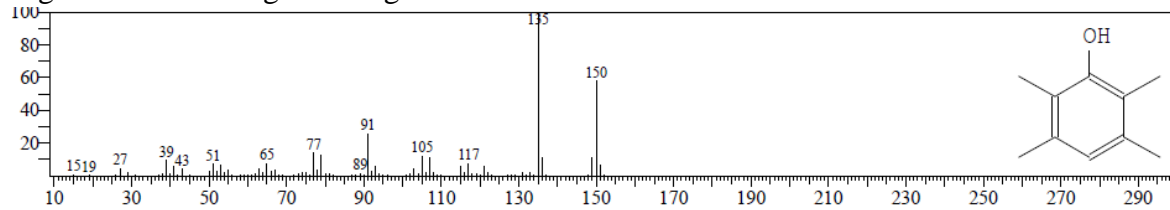


Figura 73. Cromatografía de gas de phenol-2,3,5,6-tetramethyl

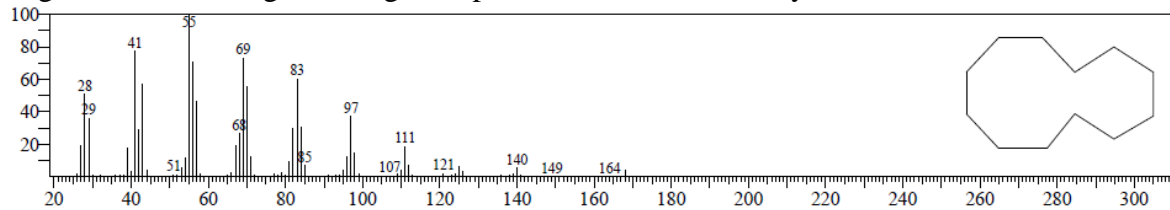


Figura 74. Cromatografía de gas de cyclododecane

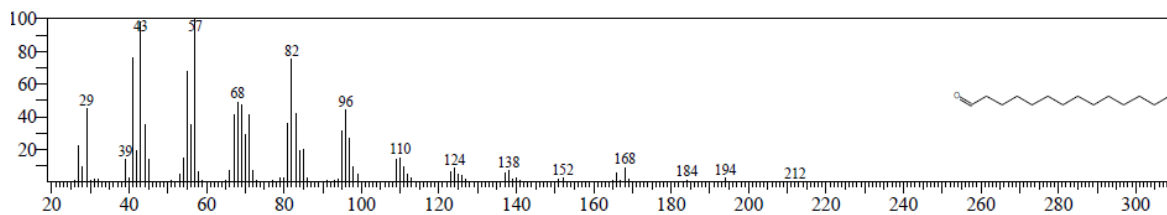


Figura 75. Cromatografía de gas de tetradecanal

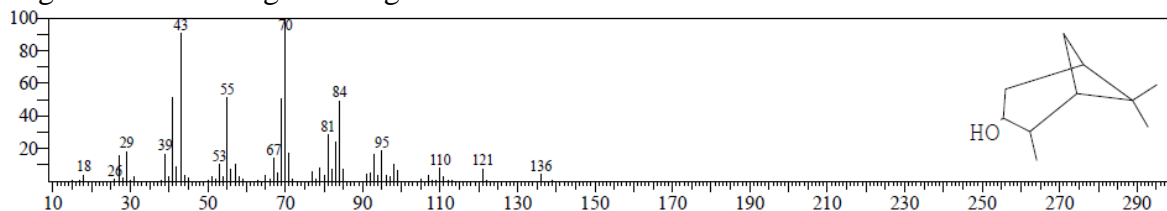


Figura 76. Cromatografía de gas de bicyclo[3,3,1]heptan-3-ol,2,6,6-trimethyl

#### ANEXO 4.

Fotos obtenidas del desarrollo del proyecto de tesis



Figura 77. Planta de sachá culantro



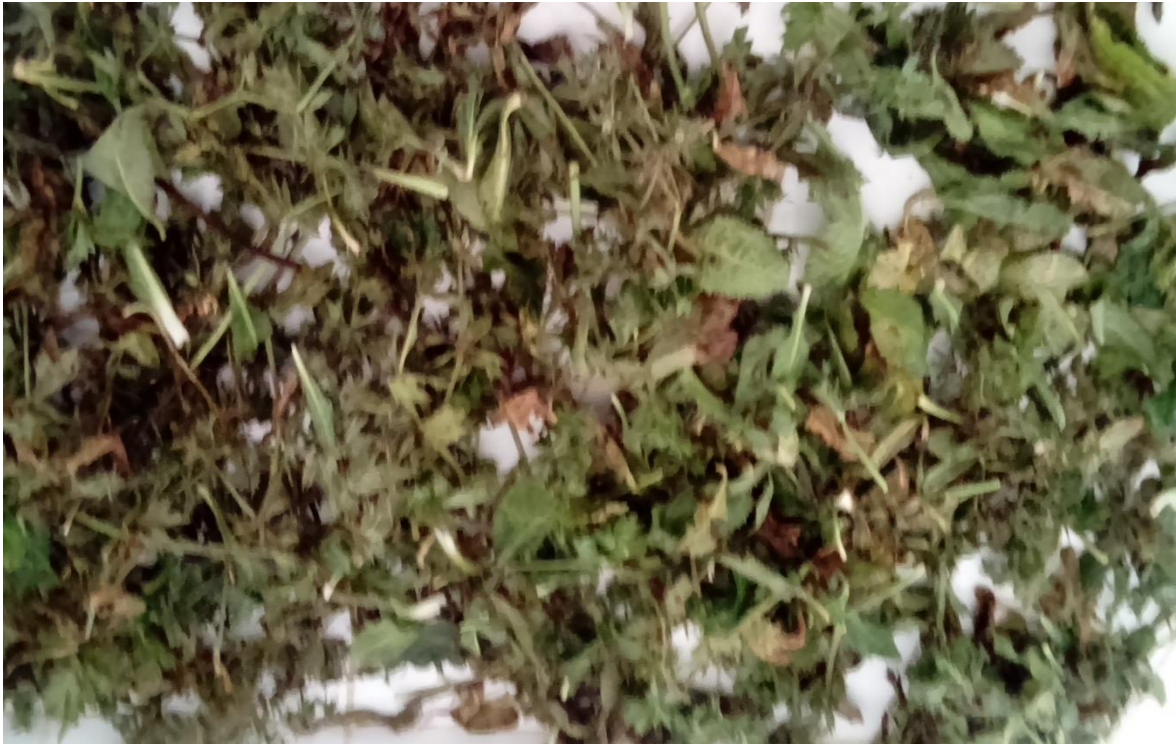


Figura 78. Muestras de sachá culantro en el laboratorio de ingeniería agroindustrial



Figura 79. Muestra preparadas para extracción



Figura 80. Extracción de aceite esencial – equipo de destilación por arrastre con vapor de agua



Figura 81. Decantación del aceite esencial





Figura 82. Pesado de sulfato de sodio anhidro para el secado del aceite esencial



Figura 83. Aceite esencial obtenido