



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA QUÍMICA

**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD EN LOS
ACEITES ESENCIALES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS
CÍTRICOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

QUÍMICO

AUTORES: PAULO RODRIGO CABEZAS MALATAY

JHONNATAN GEOVANNY NORIEGA GUEVARA

DIRECTOR: DR. CARLOS PILAMUNGA CAMPUS

Riobamba – Ecuador

2023

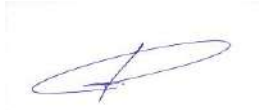
©2023, Cabezas Malatay Paulo Rodrigo & Noriega Guevara Jhonnatan Geovanny

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento siempre y cuando se reconozca el Derecho de autor.

Nosotros, CABEZAS MALATAY PAULO RODRIGO y NORIEGA GUEVARA JHONNATAN GEOVANNY declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos del documento provienen de otras fuentes y se encuentran debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 03 de febrero de 2023.



Paulo Rodrigo Cabezas Malatay

060408650-4




Jhonnatan Geovanny Noriega Guevara

060472521-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA QUÍMICA

El tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, “**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD EN LOS ACEITES ESENCIALES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS CÍTRICOS**”, realizado por los señores: **PAULO RODRIGO CABEZAS MALATAY Y JHONNATAN GEOVANNY NORIEGA GUEVARA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-02-03
Dr. Carlos Pilamunga Capus DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-02-03
PhD. Fabián Ernesto Arias Arias ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-02-03

DEDICATORIA

Este trabajo de Tesis es el fruto de innumerables y arduos sacrificios el cual va dedicado a mis familiares y amigos. Un sentimiento de gratitud a mis amados Padres, Ángel Noriega y Nubia Guevara ya que sus palabras de aliento fueron de una gran inspiración para no rendirme y continuar en este largo camino de aprendizaje y conocimiento. A mi querido hermano Joel Noriega que compartió palabras de consejo y aliento para terminar esta prestigiosa carrera. Agradezco a mi mejor amigo Paulo Cabezas por estar conmigo en todo este proceso de formación académica siendo un excelente apoyo, y, sobre todo, a nuestro Dios Todopoderoso que me colmo de bendiciones en mi vida diaria, especialmente brindándome el coraje, la fuerza, la paciencia, la sabiduría, el tiempo, para continuar como una persona exitosa.

Jhonnatan

Dedico mi trabajo de tesis a mis amados padres Anita y Carlitos, que con su eterna paciencia, amor y esfuerzo me permitieron lograr una de mis más grandes metas, quienes continuamente me brindan su apoyo moral, espiritual, emocional y económico. De igual manera a mi hermano que me ha enseñado el ejemplo de perseverancia y valentía de igual manera dedico mi trabajo a la mayoría de los docentes que me supieron guiar y enseñarme a las malas todos sus conocimientos que me hoy en día los aplico y puedo superar cualquier reto que se me presente y decirme que “siempre me enredo mi vida y que siempre elijo el camino más difícil para cumplir mis metas, pero sobre todo nunca me rindo y que en el fondo de mi ser soy brillante” a ellos mis queridos profesores muchas gracias.

Paulo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme tener una buena experiencia dentro de mi universidad, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y en cada proyecto. Gracias a mi universidad por haberme permitido formarme y convertirme en un profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación que deja como producto terminado a este joven graduado. Y que dejan como recuerdo este trabajo de tesis el cual perdurará dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar. Este momento es muy especial que espero, perdurará en el tiempo, no solo en las mentes de las personas el cual agradecí, sino también en aquellos que invirtieron su tiempo para echarle una mirada a este proyecto de tesis.

Jhonnatan

Gracias a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa quienes han creído siempre en mí, gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, gracias a mi padre por siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida, gracias a mi hermano por cada consejo que guiarán en cada proceso de mi vida.

A todos ellos dedico el presente trabajo, porque han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida. Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de este trabajo de tesis.

Paulo

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	viii
INDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Bases teóricas.....	7
1.2.1. Aspectos generales de la naranja y limón.....	7
1.2.2. Producción nacional de naranja <i>Citrus Sinensis</i> y limón <i>Citrus aurantifolia</i>	9
1.2.2.1. Producción de naranja.....	9
1.2.2.2. Producción de limón.....	10
1.2.3. Compuestos activos de la cáscara de naranja.....	11
1.2.4. Aceites esenciales.....	12
1.2.4.1. Características generales.....	12
1.2.4.2. Clasificación.....	13
1.2.4.3. Aplicaciones.....	14
1.2.5. Aceite esencial de naranja.....	14
1.2.5.1. Composición del aceite esencial de cascara de naranja.....	15
1.2.6. Aceite esencial de limón.....	16
1.2.7. Sustancias químicas presente en los aceites esenciales.....	17
1.2.7.1. α -Pinoeno.....	18
1.2.7.2. Linalool.....	20
1.2.7.3. Limoneno.....	20
1.2.8. Métodos de extracción de aceites esenciales.....	21
1.2.8.1. Hidrodestilación.....	22
1.2.8.2. Destilación por arrastre con vapor.....	22
1.2.8.3. Extracción por Soxhlet.....	23
1.2.8.4. Extracción por fluidos supercríticos.....	24
1.2.8.5. Extracción por prensado en frío.....	25
1.2.9. Clasificación de los parámetros analíticos en el control de calidad.....	26

1.2.10. Propiedades organolépticas en los aceites esenciales	27
1.2.10.1. <i>Color</i>	27
1.2.10.2. <i>Olor</i>	27
1.2.10.3. <i>Sabor</i>	28
1.2.11. Propiedades físicas	28
1.2.11.1. <i>Densidad relativa</i>	28
1.2.11.2. <i>Poder rotatorio</i>	29
1.2.11.3. <i>Índice de refracción</i>	30
1.2.11.4. <i>Miscibilidad en etanol</i>	30
1.2.11.5. <i>Punto de congelación</i>	31
1.2.11.6. <i>Punto de inflamación</i>	31
1.2.12. Propiedades químicas	31
1.2.12.1. <i>Índice de acidez</i>	32
1.2.12.2. <i>Índice de éster</i>	33
1.2.12.3. <i>Índice de saponificación</i>	34
1.2.12.4. <i>Índice de acetilo y porcentaje de alcoholes</i>	35
1.2.13. Característica cromatográficas y espectroscópicas utilizadas en los AE	37
1.2.13.1. <i>Espectroscopia ultravioleta-visible</i>	37
1.2.13.2. <i>Espectrometría infrarroja</i>	39
1.2.13.3. <i>Espectrometría de masas</i>	40
1.2.13.4. <i>Cromatografía de gases</i>	41
1.2.13.5. <i>Cuantificación mediante cromatografía de gases acoplado a detector de masas</i>	42
1.3. Bases conceptuales	47
1.4. Bases legales	49
1.4.1. <i>Materias primas vegetales</i>	49
1.4.2. <i>Normativas ISO para los aceites esenciales</i>	49

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO	51
2.1. Tipo de investigación	51
2.1.1. <i>Por el método de investigación</i>	51
2.1.2. <i>Según el objetivo</i>	51
2.1.3. <i>Según el nivel de profundización en el objeto de estudio</i>	51
2.1.4. <i>Según la manipulación de variables</i>	51
2.1.5. <i>Según el tipo de inferencia</i>	52
2.1.6. <i>Según el periodo temporal</i>	52

2.1.7.	<i>Por la condición de estudio</i>	52
2.2.	Diseño de la Investigación	52
2.2.1.	<i>Diseño experimental</i>	53
2.2.1.1.	<i>Identificación de variables</i>	55
2.2.1.2.	<i>Planteamiento de la hipótesis</i>	56
2.2.1.3.	<i>Matriz de consistencia</i>	57
2.2.1.4.	<i>Operacionalización de variables</i>	58
2.2.1.5.	<i>Localización de estudio</i>	60
2.2.1.6.	<i>Población de estudio</i>	60
2.2.1.7.	<i>Tamaño de la muestra</i>	60
2.2.1.8.	<i>Técnica de recolección de datos</i>	60
2.3.	Parte experimental	60
2.3.1.	<i>Muestreo</i>	60
2.3.2.	<i>Tratamiento de las cascaras</i>	61
2.3.3.	<i>Extracción de aceite esencial</i>	62
2.3.3.1.	<i>Extracción por el método arrastre de vapor con agua</i>	62
2.3.3.2.	<i>Extracción por el método arrastre de vapor con etanol</i>	62
2.3.3.3.	<i>Extracción continua por Soxhlet</i>	63
2.3.4.	<i>Determinación de las características organolépticas</i>	63
2.3.4.1.	<i>Olor</i>	63
2.3.4.2.	<i>Sabor</i>	64
2.3.4.3.	<i>Color</i>	64
2.3.5.	<i>Determinación de las propiedades físicas</i>	64
2.3.5.1.	<i>Determinación de densidad relativa</i>	64
2.3.5.2.	<i>Determinación del índice de refracción</i>	65
2.3.5.3.	<i>Determinación de la miscibilidad en etanol</i>	65
2.3.5.4.	<i>Determinación del punto de congelación</i>	65
2.3.6.	<i>Determinación de las propiedades químicas</i>	65
2.3.6.1.	<i>Determinación del índice de acidez</i>	65
2.3.6.2.	<i>Determinación del índice de esteres</i>	66
2.3.6.3.	<i>Determinación del índice de saponificación</i>	67
2.3.6.4.	<i>Determinación de índice de acetilos y linalool</i>	68
2.3.7.	<i>Determinación del valor CD mediante espectroscopia UV-Vis</i>	69
2.3.8.	<i>Determinación espectroscópica infrarrojo (IR)</i>	70
2.3.9.	<i>Determinación de perfil cromatográfico</i>	70
2.3.9.1.	<i>Determinación de las sustancias volátiles presentes en los aceites esenciales</i>	70
2.3.9.2.	<i>Determinación del porcentaje de D-limoneno y α-pineno presentes</i>	72

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	73
3.1.	Resultados y discusión	73
3.1.1.	<i>Datos experimentales</i>	73
3.1.2.	<i>Parámetros de calidad de los diferentes aceites esenciales</i>	78
3.1.3.	<i>Espectros UV-vis de los aceites esenciales</i>	110
3.1.3.1.	<i>Espectros UV-vis de los AE de naranja marcas comerciales</i>	110
3.1.3.2.	<i>Espectros UV-vis de los AE, extracción arrastre de vapor agua</i>	111
3.1.3.3.	<i>Espectros UV-vis de los AE, extracción arrastre de vapor Etanol</i>	114
3.1.3.4.	<i>Determinación del valor CD en los AE, extracción éter etílico</i>	116
3.1.3.5.	<i>Espectro de los AE de limón marca AURA CAICA</i>	117
3.1.3.6.	<i>Espectros de los AE, extracción arrastre de vapor agua</i>	117
3.1.3.7.	<i>Espectros de los AE, extracción arrastre de vapor con etanol</i>	119
3.1.3.8.	<i>Análisis del valor CD de los diferentes AE</i>	120
3.1.4.	<i>Espectros IR de los aceites esenciales de naranja y limón</i>	123
3.1.5.	<i>Grupos funcionales presentes en los aceites esenciales</i>	126
3.1.6.	<i>Análisis de las sustancias volátiles presentes en los AE</i>	127
3.1.7.	<i>Porcentaje de D-limoneno y α-pineno presente en los AE</i>	161
	CONCLUSIONES	167
	RECOMENDACIONES	170
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Valores nutricionales de la naranja.....	8
Tabla 2-1:	Valor nutricional del limón en 100 g.....	9
Tabla 3-1:	Producción, cosecha y venta de limones en el Ecuador	11
Tabla 4-1:	Composición fisicoquímica aproximada de la cáscara de naranja	11
Tabla 5-1:	Cantidad relativa (%) e identificación de los compuestos volátiles	15
Tabla 6-1:	Componentes mayoritarios detectados en los Aceites Esenciales.....	17
Tabla 7-1:	Características de los AE de naranja y limón.....	17
Tabla 8-1:	Clasificación de terpenos.....	18
Tabla 9-1:	Puntos de inflamación de los AE de naranja y limón.....	31
Tabla 10-1:	Composición de la fracción de cumarinas y psoralenos en AE	39
Tabla 11-2:	Factores a utilizar para la determinación del rendimiento en AE.....	53
Tabla 12-2:	Tratamientos a aplicar para las diferentes extracciones de AE	53
Tabla 13-2:	Matriz de consistencia.....	57
Tabla 14-2:	Operacionalización de variables.....	58
Tabla 16-2:	Diferentes tratamientos para la extracción de AE	62
Tabla 17-2:	Diferentes tratamientos para la extracción de AE	63
Tabla 18-3:	Pesos de las diferentes muestras utilizadas para los diferentes solventes.....	73
Tabla 19-3:	Volúmenes obtenidos de AE de naranja <i>Citrus Sinensis</i>	73
Tabla 20-3:	Pesos diferentes en las muestras de AE de limón.....	74
Tabla 21-3:	Volúmenes obtenidos de AE de limón <i>Citrus Aurantifolia</i>	74
Tabla 22-3:	Promedio de porcentajes de rendimiento en la extracción de AE	75
Tabla 23-3:	Parámetros de calidad del AE de naranja Aura caica	79
Tabla 24-3:	Parámetros de calidad del AE de naranja marca Quimolab	79
Tabla 25-3:	Parámetros de calidad del AE de naranja Rincón del químico.....	80
Tabla 26-3:	Parámetros de calidad del AE de naranja muestra fresca agua	84
Tabla 27-3:	Parámetros de calidad del AE de naranja muestra fresca etanol	84
Tabla 28-3:	Parámetros de calidad del AE de naranja muestra seca agua	88
Tabla 29-3:	Parámetros de calidad del AE de naranja muestra seca etanol	89
Tabla 30-3:	Parámetros de calidad del AE de naranja extracción éter etílico.....	94
Tabla 31-3:	Parámetros de calidad del AE de naranja muestra liofilizada agua.....	96
Tabla 32-3:	Parámetros de calidad del AE de naranja muestra liofilizada etanol.....	97
Tabla 33-3:	Parámetros de calidad del AE de limón marca Aura Caica.....	100
Tabla 34-3:	Parámetros de calidad del AE de limón muestra fresca agua.....	104
Tabla 35-3:	Parámetros de calidad del AE de limón muestra fresca etanol.....	104
Tabla 36-3:	Parámetros de calidad del AE de limón muestra seca agua.....	105

Tabla 37-3: Valores CD obtenidos partir de espectroscopia UV-vis	121
Tabla 38-3: Análisis de los grupos funcionales presentes en los Aceites Esenciales	126
Tabla 39-3: Sustancias volátiles presentes en el AE de naranja Aura Caica	130
Tabla 40-3: Sustancias volátiles presentes del AE de naranja Rincón del químico.....	132
Tabla 41-3: Sustancias presentes en el aceite esencial de naranja marca Quimolab	133
Tabla 42-3: Sustancias volátiles presentes del AE de naranja almacenamiento 8 meses	135
Tabla 43-3: Sustancias volátiles en el AE de naranja muestra fresca agua.....	137
Tabla 44-3: Sustancias volátiles en el AE de naranja muestra fresca etanol	139
Tabla 45-3: Sustancias volátiles en el AE de naranja muestra seca agua	141
Tabla 46-3: Sustancias presentes en el AE de naranja muestra seca etanol.....	143
Tabla 47-3: Sustancias volátiles en el AE de naranja muestra liofilizada agua.....	145
Tabla 48-3: Sustancias volátiles en el AE de naranja muestra liofilizada etanol.....	147
Tabla 49-3: Sustancias volátiles presentes en el AE de naranja éter etílico	148
Tabla 50-3: Sustancias volátiles en el AE de limón marca Aura caica.....	150
Tabla 51-3: Sustancias volátiles en el AE de limón muestra fresca agua	152
Tabla 52-3: Sustancias volátiles en el AE de limón muestra fresca etanol.....	154
Tabla 53-3: Sustancias volátiles en el AE de limón muestra seca agua.....	156
Tabla 54-3: Sustancias volátiles de interés identificadas en los AE “Naranja”	157
Tabla 55-3: Sustancias volátiles de interés identificadas en los AE “Limón”	159
Tabla 69-3: Cuantificación de D-Limoneno y α -Pinoeno	164

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Producción nacional de	10
Ilustración 2-1:	Estructura química	19
Ilustración 3-1:	Estructura química del linalool	20
Ilustración 4-1:	Estructura química del D y L-limoneno.....	21
Ilustración 5-1:	Esquema del proceso de destilación por	22
Ilustración 6-1:	Esquema del proceso de destilación	23
Ilustración 7-1:	Esquema de extracción	24
Ilustración 8-1:	Esquema de extracción por Soxhlet	25
Ilustración 9-1:	Esquema de extracción por prensado.....	26
Ilustración 10-1:	Reacción resumida para obtención de aceite acetilado	35
Ilustración 11-1:	Espectro UV-vis.....	38
Ilustración 12-1:	Esquema de un cromatógrafo de gases	41
Ilustración 13-1:	Curva de Calibración	44
Ilustración 1-2:	Diferentes localizaciones en donde se recolecto las muestras	61
Ilustración 2-2:	Formulación para la	70
Ilustración 3-2:	Localización del centro de investigación y vinculación	71
Ilustración 1-3:	Perfil de las medias marginales en relación al secado	76
Ilustración 2-3:	Perfil de las medias marginales en relación al secado “Estufa”	77
Ilustración 3-3:	Perfil de las medias marginales en relación al secado “Liofilización”	78
Ilustración 4-3:	Diferencias de las propiedades fisicoquímicas en los AE diferentes marcas..	81
Ilustración 5-3:	Diferencias ácido acético y linalool de los AE de naranja.....	82
Ilustración 6-3:	Comparativo aceite naranja Aura Caica y aceite esencial naranja fresca	86
Ilustración 7-3:	Diferencias de ácido acético y linalool en los AE “Naranja”	87
Ilustración 8-3:	Comparativo del AE naranja marcas comerciales vs AE	91
Ilustración 9-3:	Diferencias de ácido acético y linalool en AE de naranja.....	93
Ilustración 10-3:	Comparativo AE de naranja marca Aura Caica vs aceite esencial	98
Ilustración 11-3:	Diferencias de ácido acético y linalool del AE de naranja.....	100
Ilustración 12-3:	Comparativo marca aceite esencial naranja y aceite esencial limón Aura.	102
Ilustración 13-3:	Diferencias de ácido acético y linalool en AE de naranja.....	103
Ilustración 14-3:	Comparativo del AE limón Aura Caica vs AE limón.....	107
Ilustración 15-3:	Diferencias de ácido acético y linalool	109
Ilustración 16-3:	Espectro UV-vis perteneciente al AE de naranja marca Aura	110
Ilustración 17-3:	Espectro UV-vis perteneciente al AE de naranja marca Rincón.....	110
Ilustración 18-3:	Espectro UV-vis perteneciente al AE de naranja marca Quimolab	111
Ilustración 19-3:	Espectro UV-vis perteneciente al AE de naranja muestra fresca.....	111

Ilustración 20-3:	Espectro UV-vis perteneciente al AE naranja muestra fresca	112
Ilustración 21-3:	Espectro UV-vis perteneciente al AE de naranja muestra seca	112
Ilustración 22-3:	Espectro UV-vis perteneciente AE de naranja muestra seca	113
Ilustración 23-3:	Espectro UV-vis perteneciente AE de naranja muestra liofilizada.....	113
Ilustración 24-3:	Espectro UV-vis perteneciente al AE de naranja muestra fresca.....	114
Ilustración 25-3:	Espectro UV-vis perteneciente al AE de naranja muestra fresca.....	114
Ilustración 26-3:	Espectro UV-vis perteneciente al AE de naranja muestra seca	115
Ilustración 27-3:	Espectro UV-vis perteneciente AE de naranja muestra seca	115
Ilustración 28-3:	Espectro UV-vis perteneciente al AE de naranja.....	116
Ilustración 29-3:	Espectro UV-vis perteneciente al AE de naranja repetición 3.....	116
Ilustración 30-3:	Espectro UV-vis perteneciente al AE de limón marca Aura.....	117
Ilustración 31-3:	Espectro UV-vis perteneciente al AE limón muestra fresca.....	117
Ilustración 32-3:	Espectro UV-vis perteneciente AE de limón muestra fresca.....	118
Ilustración 33-3:	Espectro UV-vis perteneciente AE de limón muestra seca replica.....	119
Ilustración 34-3:	Espectro UV-vis perteneciente AE de limón muestra fresca.....	119
Ilustración 35-3:	Espectro UV-vis perteneciente AE de limón muestra fresca.....	120
Ilustración 36-3:	Diferencias de absorbancia que presentan los diferentes AE.....	120
Ilustración 37-3:	Espectros IR de los AE de naranja <i>citrus sinensis</i>	123
Ilustración 38-3:	Espectros IR de los AE de limón	124
Ilustración 39-3:	Cromatograma comparativo por diferentes solventes.....	128
Ilustración 40-3:	Cromatograma perteneciente al AE de naranja marca Aura Caica.....	129
Ilustración 41-3:	Cromatograma perteneciente al AE de naranja marca Rincón del	131
Ilustración 42-3:	Cromatograma perteneciente al AE de naranja marca Quimolab.....	133
Ilustración 43-3:	Cromatograma perteneciente al AE de naranja tiempo de.....	134
Ilustración 44-3:	Cromatograma perteneciente al AE de naranja muestra fresca	136
Ilustración 45-3:	Cromatograma perteneciente al AE de naranja muestra fresca	138
Ilustración 46-3:	Cromatograma perteneciente al AE de naranja muestra seca	140
Ilustración 47-3:	Cromatograma perteneciente al AE de naranja muestra seca	142
Ilustración 48-3:	Cromatograma perteneciente al AE de naranja muestra	144
Ilustración 49-3:	Cromatograma del AE de naranja muestra etanol 70 %	146
Ilustración 50-3:	Cromatograma perteneciente al AE de naranja extracción éter	148
Ilustración 51-3:	Cromatograma perteneciente al AE de limón marca Aura caica	149
Ilustración 52-3:	Cromatograma perteneciente al AE de limón muestra fresca.....	151
Ilustración 53-3:	Cromatograma del AE de limón extracción etanol 70 %	153
Ilustración 54-3:	Cromatograma del AE de limón muestra seca extracción agua.....	155
Ilustración 55-3:	Espectro masas del D-Limoneno solución estándar	162
Ilustración 56-3:	Espectro masas del α -Pineno solución estándar.....	162

Ilustración 57-3:	Espectro masas del D-Limoneno AE naranja <i>citrus sinensis</i>	163
Ilustración 58-3:	Espectro masas del α -Pino AE naranja <i>citrus sinensis</i> muestra	163
Ilustración 59-3:	Espectro masas del D-Limoneno AE limón <i>citrus aurantifolia</i>	164
Ilustración 60-3:	Espectro masas del α -Pino AE limón <i>citrus aurantifolia</i>	164
Ilustración 61-3:	Porcentaje de D-limoneno y α -Pino presentes en los AE de.....	165
Ilustración 62-3:	Porcentaje de D-limoneno y α -Pino presentes en los AE de.....	166

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: RECOLECCIÓN DE RESIDUOS CÍTRICOS DE DIFERENTES LOCALES

ANEXO B: LAVADO Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS ANTES DE OBTENER EL

ANEXO C: EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL MEDIANTE EL EQUIPO ARRASTRE

ANEXO D: EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL MEDIANTE EL EQUIPO SOXHLET

ANEXO E: OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN Y NARANJA

ANEXO F: DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

ANEXO G: DETERMINACIÓN DE LOS DIFERENTES PARÁMETROS FÍSICOS

ANEXO H: DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS

ANEXO I: ANÁLISIS CROMATOGRÁFICOS Y CARACTERÍSTICAS

ANEXO J: PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE ACEITES

ANEXO K: TABLA ANOVA PARA EL ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE RENDIMIENTO

ANEXO L: RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE

CALIDAD EN EL ACEITE ESENCIAL

ANEXO M: ANÁLISIS DE LOS GRUPOS FUNCIONALES PRESENTES EN LOS ACEITES

ANEXO N: CROMATOGRAMAS ACEITES ESENCIALES DE LAS DEMÁS

RESUMEN

Esta investigación tuvo como principal objetivo determinar los parámetros de calidad y porcentaje de rendimiento en los aceites esenciales obtenidos por el método arrastre de vapor extracción con agua, etanol 70 % y éter etílico a partir de residuos de cascara de naranja *Citrus Sinensis* y limón *Citrus Aurantifolia*, residuos recolectados y clasificados de tachos de basura de locales comerciales en donde se preparan alimentos diariamente y contenedores de basura cercanos a la ESPOCH. Los parámetros de calidad determinados fueron las propiedades organolépticas, físicas químicas, determinación de la fracción no volátil mediante espectroscopia UV-vis en una longitud de onda de 270 - 400 nm, identificación de grupos funcionales mediante IR y la identificación de compuestos volátiles y cuantificación de D-limoneno y α -pineno mediante cromatografía de gases GC/MS, se realizó una comparación de resultados con aceites esenciales marcas Aura caica (marca europea), Quimolab (marca nacional) y Rincón del químico (Riobamba). Para el análisis estadístico se utilizó el análisis univariado de varianza bajo un modelo factorial completo, dando como resultado diferencias significativas en el rendimiento con los tres factores: solvente, aceite y secado de muestras, siendo el mejor rendimiento para la muestra fresca extracción agua, en comparación al obtenido con muestra secado al ambiente y muestra por liofilización. Concluyendo que los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra fresca extracción agua y etanol 70 % presentaron resultados similares a los parámetros de calidad de los aceites esenciales de las marcas comerciales. Se recomienda en el estudio de limoneno realizar biotransformaciones con catalizadores biológicos para llevar a cabo transformaciones químicas con actividades biológicas.

Palabras clave: <ACEITE ESENCIAL>, <RESIDUOS>, <CALIDAD>, <NARANJA (*Citrus Sinensis*)>, <LIMÓN (*Citrus Aurantifolia*)>, <RECOLECCIÓN>

0412-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the parameters of quality and percentage of yield in the essential oils obtained by the steam drag method extraction with water, ethanol 70% and ethyl ether from orange peel waste *Citrus Sinensis* and lemon *Citrus Aurantifolia*, waste collected and classified from garbage cans of commercial premises where food is prepared daily and garbage containers near ESPOCH. The quality parameters determined were the organoleptic properties, physical chemistry, determination of the non-volatile fraction by UV-vis spectroscopy at a wavelength of 270 - 400 nm, identification of functional groups by IR, and identification of volatile compounds and quantification of D-limonene and α -pinene by gas chromatography GC / MS, a comparison of results was made with essential oils brands Aura caica (European brand), Quimolab (national brand) and Rincón del químico (Riobamba). For the statistical analysis, the univariate analysis of variance was used under a complete factorial model, resulting in significant differences in performance with the three factors: solvent, oil, and drying of samples being the best performance for the fresh sample extraction water, compared to that obtained with sample dried to the environment and sample by lyophilization. Concluding that the essential oils got from fresh sample extraction water and ethanol 70 % presented similar results to the quality parameters of the essential oils of the commercial brands. It is recommended in the study of limonene to perform biotransformation with biological catalysts to complete chemical transformations with biological activities.

Keywords: <ESSENTIAL OIL>, <RESIDUES>, <QUALITY>, <ORANGE (*Citrus sinensis*) >, <LEMON (*Citrus Aurantifolia*) >, <COLLECTION>



Edison Renato Ruiz Lopez

060395704-4

INTRODUCCIÓN

La agroindustria de cítricos principalmente de la naranja *Citrus sinensis* y limón *Citrus aurantifolia* es de gran escala en el Ecuador generando en la actualidad un promedio de 2203 millones de toneladas de residuos agroindustriales que son generados por fábricas de alimentos del resultado de procesos en el que su materia prima es principalmente vegetales como son los cítricos de naranja y limón en donde su cascara son considerados residuos y son arrojados en tachos de basura junto a otros desechos siendo su destino final vertederos comunes, incentivando así a la contaminación ambiental. El Ecuador es un país megadiverso en flora con una amplia producción de estos cítricos que además cuentan con una gran popularidad y sobre todo son consumidos a nivel nacional. La mayoría de la población ecuatoriana no cuenta con hábitos de reciclaje y separación adecuada de diferentes tipos de desechos provocando así lo dicho anteriormente la contaminación ambiental. Quiroz (2009) explica que “Los aceites esenciales obtenidos de estas cascara de cítricos, aludiendo que se ha intensificado su uso como disolvente y como agente de limpiezas, debido a la presencia de limoneno, que es la sustancia más abundante (95%) y que se utiliza como un sustituto para las sustancias químicas tóxicos, como ácidos y fosfatos trisódicos. Adicionalmente tiene la ventaja de ser biodegradable” (Zema, 2018 p. 56).

El presente trabajo tiene como objetivo determinar los parámetros de calidad en los aceites esenciales obtenidos por el método arrastre de vapor a partir de las cascara de estos cítricos que son recolectados de tachos y contenedores de basura, los parámetros de calidad a determinar son organolépticos (olor, color, sabor), parámetros físicos (densidad relativa, punto de congelación, índice de refracción, solubilidad en etanol), parámetros químicos (índice de acidez, índice de ester, índice de saponificación, índice de acetilo), características espectroscópicas, perfil cromatográfico y así poder finiquitar que dichos aceites esenciales obtenidos de estos residuos de cascara de naranja y limón son óptimos para la utilización como materia prima para la fabricación de diferentes tipos de productos (Quiroz, 2009 p. 69).

Teniendo como finalidad mejorar o incentivar a la producción de aceites esenciales de estos cítricos a gran escala, presentando información elemental y necesaria para conocer que el aceite esencial obtenido presentan excelentes condiciones y calidad para dar un valor agregado a estos aceites esenciales extraído de los residuos obtenidos de la basura ayudando así a fomentar al reciclaje, separación correcta de residuos y explotación controlada de estos desechos sólidos, mejorando el medio ambiente del país y reducir los desechos sólidos en rellenos sanitarios (Zema, 2018 p. 57).

Planteamiento del problema

Enunciado del problema

Miles de toneladas de cascara de naranja *Citrus sinensis* y limón *Citrus aurantifolia* son arrojados en rellenos sanitarios a nivel nacional generando pérdidas económicas y favoreciendo a la contaminación ambiental al no reutilizar los residuos ya mencionados para la obtención de aceites esenciales determinando los parámetros de calidad adecuados y necesarios para recopilar información auténtica de que estos aceites esenciales obtenidos de las cascara de estos cítricos recolectados de la basura son óptimos para el uso en la elaboración de diferentes productos (Quiroz, 2009 p. 70).

“La protección del medio ambiente se ha transformado en un tema prioritario para los sectores gubernamental e industrial, por ello es importante lograr un aprovechamiento racional de los subproductos agroindustriales o residuos orgánicos sólidos presentes en basureros comunes que no son explotados en su totalidad a nivel nacional y mundial; el aprovechamiento racional de los materiales residuales puede brindar rendimientos económicos que pueden contribuir a minimizar los gastos que supone la gestión de residuos. Por lo tanto, es necesaria la realización de estudios que potencien el desarrollo de procesos tecnológicos económicos, eficaces y rentables, que incentiven la utilización de los desechos como una fuente de materias primas adecuadas para la obtención de productos de alto valor agregado” (Navarrete, et al., 2009 p. 25).

En el Ecuador los desechos orgánicos sólidos principalmente de estos cítricos no son aprovechados, en estudios previos se cita que estos residuos se los puede considerar una materia prima no aprovechada por falta de conocimientos para su uso en diferentes tipos de industrias, preexistiendo un sin número de estudios sobre su composición química que se encuentra presente en las cascara de cítricos y a partir de estos residuos se puede extraer aceites esenciales que son utilizados en la elaboración de diversos productos como pueden ser muy simples hasta muy complejos. Al tener una lógica explotación se podrá tener una contribución económica a nivel nacional sabiendo que el país cruza por una crisis económica muy inestable debido a la pandemia que se vive a nivel mundial debido al Covid-19 que ha de generado pérdidas económicas (Quiroz, 2009 p. 61).

“Con el creciente interés y la utilización de los cítricos, la cantidad de desperdicio también está aumentando relativamente, lo que genera una carga ambiental. Desechar los gajos de fruta sin el tratamiento adecuado es peligroso para el entorno debido a su naturaleza indeseable y antihigiénica como es la atracción de moscas y formación de moho que forman micotoxinas como

es las aflatoxinas que en altas cantidades puede producir problemas respiratorios. El procesamiento de la fruta da como resultado la generación de grandes cantidades de desechos, que se alimentan a los animales o se eliminan, lo que aumenta la carga sobre el medio ambiente. La producción de zumo de cítricos conlleva la generación de residuos que suponen prácticamente el 50% de la masa de fruta fresca. Estos desechos incluyen cáscaras (50 a 55 % de la masa total de la fruta), semillas (20 a 40 % de la masa total de la fruta). La eliminación adecuada de los desechos de cítricos requiere una inversión significativa, ya que la eliminación no autorizada conduce a la contaminación del suelo y el agua, lo que destruye aún más el ecosistema acuático” (Zema, 2018 p. 58).

Formulación del problema

¿Los aceites esenciales obtenidos a partir de los residuos de cascara de naranja *citrus sinensis* y limón *citrus aurantifolia* que son recolectados de tachos de basura y contenedores de basura, presentarán parámetros de calidad óptimos?

Justificación

Los aceites esenciales son un conjunto de varias sustancias que están presentes en las cascara de los cítricos siendo los más abundantes el D-limoneno, Mirceno y junto al α -pineno y pueden ser utilizado como principio activo o materia prima para la elaboración de varios productos en diferentes tipos de industrias. Estos aceites esenciales son una alternativa para suprimir un gran número de sustancias química de alto nivel toxico y que no se pueden degradar fácilmente en el medio ambiente. Sus costos de obtención son muy bajos y ayuda a explotar de una manera más limpia los residuos orgánicos que son desechados en rellenos sanitarios a nivel nacional, aportando a la economía y a un medio ambiente más saludable (Cerón, et al., 2011 p. 87).

Se menciona, que los aceites esenciales de cítricos “Se consideran como antidepresivos, sedantes, los aromas terapeutas se cree que este aroma que emanan ayuda a mejorar la comunicación y es muy efectiva en contra de la celulitis, porque ayuda a activar la circulación. Se utiliza además en la industria de cosméticos porque limpia y revive la piel opaca, ayudando la eliminación de excesos de fluidos y toxinas, también es usado por sus propiedades germicidas, repelentes, fungicidas, insecticidas, antioxidantes y anticancerígenas en la producción de fármacos” (Cerón, et al., 2011 p. 88).

En estudio de mercado realizado en Colombia sobre el aceite esencial de naranja como explican Hurtado y Luz (2015), “Los aceites esenciales en el mercado pueden llegar a costar 15 USD los

100 mL, además se menciona que los diferentes compuestos más representativos en el aceite, por ejemplo, el limoneno con una pureza del 97% y que es extraído del mismo aceite esencial de naranja obtenido puede llegar a costar cada 100 mL unos 51.70 USD”. En el Ecuador la producción de aceites esenciales a partir de estos desechos no se realiza (Dufort, 2017 p. 70).

Objetivos

Objetivo general

Determinar los parámetros de control de calidad de los aceites esenciales obtenidos a partir de residuos de cascara de naranja *Citrus sinensis* y limón *Citrus aurantifolia*.

Objetivos específicos

- Obtener para cada uno de los diferentes tratamientos a utilizar el porcentaje de rendimiento de extracción de los aceites esenciales obtenidos a partir de residuos de cascara de naranja *Citrus sinensis* y limón *Citrus aurantifolia*.
- Comparar los parámetros organolépticos y parámetros físico-químicos de los aceites esenciales obtenidos a partir de residuos de cascara de naranja *Citrus sinensis* y limón *Citrus aurantifolia* con aceites esenciales comerciales de los mismos cítricos.
- Determinar el valor CD mediante espectrometría ultra violeta, espectrograma IR y sustancias volátiles mediante GC/MS para cada uno de los aceites esenciales obtenidos por diferentes tratamientos y para los aceites esenciales comerciales.
- Cuantificar mediante cromatografía de gases el porcentaje de D-Limoneno y α -pineno que está presente de los diferentes aceites esenciales obtenidos y comerciales.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

“La agro industrialización de la naranja se concentra principalmente en la producción de jugos. Durante este proceso, entre el 23 y 40 % en peso de la fruta se obtiene como desecho principal, generando un problema ambiental en la disposición de los mismos. La industria argentina de jugos de naranja produce, en promedio, 108.000 toneladas de residuo, mayoritariamente cáscara. Una parte de estos desechos de cáscaras son utilizados como alimento animal, sin embargo, las cáscaras de naranja tienen compuestos como los aceites esenciales y las pectinas que pueden ser aprovechados para generar un mayor valor agregado al proceso” (Olate, 2019 p. 16).

La investigación realizada por la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín se menciona que “Los residuos de cascara de estos cítricos están constituidos por flavelos, albedos y los segmentos de membrana y semillas que tienen potencialidad como material de partida para la elaboración de productos comerciales importantes entre ellos son destacables los aceites esenciales (AE), aceites fijos, fibras, y pectinas. En particular, el epicarpio de los cítricos es una fuente importante de AE, los cuales están constituidos por compuestos volátiles (generalmente destilables por arrastre con vapor) que son responsables de los olores y sabores característicos de algunas plantas. Los AE de los cítricos (mandarina, limón, naranja y lima) tienen una demanda alta, principalmente en la industria de alimentos, farmacéutica, de cosméticos y son utilizados en la preparación de aromatizantes, saborizantes, desinfectantes ambientales y en procesos de síntesis química” (Navarrete, et al., 2009 p. 101).

Otro estudio realizado en la Universidad de San Carlos de Guatemala se menciona el rendimiento y análisis físico-químico del aceite esencial de limón persa *Citrus latifolia*, Tanaka que sus características son muy similares al limón *Citrus aurantifolia* “Al comparar el porcentaje de rendimiento del aceite esencial entre los tres métodos de extracción, el de mayor rendimiento es el de hidrodestilación que es de 2,1655 %, seguido del método de arrastre por vapor directo que es de 1,6147% y por último el método de prensado en frío que es de 1,4128%” (Juan, 2014 p. 22).

“Las cáscaras de limón son constituyentes de sustancias como compuestos bioactivos inherentes presentes en los desechos de cítricos se pueden usar como aditivos alimentarios, encapsulantes, nanopartículas, prebióticos, fuente de pectina, aceite esencial, polifenoles, carotenoides o fibra

dietética. Las cáscaras de cítricos que contienen alrededor del 80 % de agua se pudren rápidamente, invitan a microbios, moscas, moho y producen micotoxinas, etc. Por lo tanto, el uso de cáscaras de cítricos es necesario para la gestión de desechos, no solo para intentar aumentar los ingresos” (Quiroz, 2009).

La extracción de aceites esenciales de cítricos ha sido estudiada por varios autores. Ferhat, extrae aceite esencial a partir de cascara de naranja comparando los rendimientos de los procesos de hidrodestilación y la destilación asistida por microonda (MAD), obteniendo una mayor fracción de compuestos oxigenados mediante este último método, además de obtener un menor daño estructural del material vegetal donde se realizaron estudios comparativo de los aceites esenciales extraídos por destilación con vapor y presión en frío de las cascara y hojas de los cítricos colombianos, mediante análisis de cromatografía de gases de alta resolución usando un detector selectivo de masas, concluyendo en que no existe una diferencia cuantitativa ni cualitativa en la composición entre los aceites esenciales de las cascara de los cítricos obtenidos por los dos métodos (Cerón, et al., 2011 p. 26).

Se menciona, además, que para la cuantificación del aceite esencial de limón *citrus aurantifolia* en cromatografía de gases acoplado a detector de masas se analizó la composición del aceite esencial, “El cual identificó como componentes mayoritarios el D-limoneno para los métodos de extracción de hidrodestilación y arrastre de vapor directo, en el método de prensado en frío no se identificó el limoneno como componente mayoritario debido a que el proceso no se llevó a cabo de una forma idónea por falta de equipo” (Juan, 2014 p. 41).

La obtención de aceites esenciales a nivel industrial es gracias al estudio científico de las propiedades, composición, aislamiento y la determinación de la estructura. La identificación de los componentes volátiles, que se realizaron en 1926 por los científicos T. Reichstein y H. Staudimger, quienes estudiaron el aroma del café tostado y aislaron e identificaron una serie de compuestos. Las técnicas instrumentales siendo la técnica más utilizada la cromatografía gas-líquido acoplada a un detector de masas (GLC-MS) permite el aislamiento y la identificación de los componentes de aromas con gran facilidad, incluso aquellos que están presentes en pequeña cantidad (Primo, 1998). La cromatografía es un separador ideal, mientras que la espectrometría es excelente para realizar identificaciones (Willard, 1991 p. 121).

“En los últimos 10 años, ha aumentado notablemente el interés en el posible uso de biomoléculas como alternativas de reemplazo a los aditivos alimentarios de origen sintético para evitar el crecimiento de bacterias y hongos. Los aceites esenciales de cítricos y en particular de limón, representan una fuente de alternativas naturales para mejorar la seguridad e inocuidad de los

alimentos. Adicionalmente, el interés en la aplicación de aceites esenciales para el control de patógenos de plantas y postcosecha ha aumentado y su posible papel en la bioconservación de frutas podría ser aplicada” (Montero, 2009 p. 11).

El limoneno es obtenido a partir de los aceites esenciales de cítricos obtenido por destilación por arrastre de vapor, un estudio realizado en la Universidad Central del Ecuador “El limoneno extraído del aceite conforma una materia prima muy versátil para varias industrias, tales como la industria alimenticia, para dar aromas a sus confites, bebidas o especias, la industria de desengrasas, ya que al ser un compuesto biodegradable se vuelve muy apetecido para la elaboración de desengrasantes domésticos, y también para desengrasantes industriales. Este compuesto tiene la propiedad de dispersar pinturas lo que lo convierte también en una materia prima en la industria de pinturas” (Chaves, 2017).

El servicio nacional de aprendizaje SENA de Colombia menciona “Para mantener una calidad constante, es necesario fijar criterios de calidad para cada aceite esencial. El conjunto de estos criterios constituye la norma de calidad. Un adecuado y estricto control de calidad se basa en la determinación de propiedades organolépticas, constantes físicas, propiedades químicas y la combinación de datos analíticos obtenidos con técnicas modernas. El objetivo de la norma de calidad es evitar y controlar adulteraciones en todos los productos terminados o sus materias primas. Las normas de calidad generales de un aceite esencial las establece la legislación de cada país. Se normalizan, por ejemplo, los métodos de análisis y las condiciones de transporte, empaquetado y etiquetado. Generalmente las especificaciones para un determinado aceite esencial suelen ser muy parecidas a las normas establecidas por distintos organismos. Las principales diferencias se encuentran en relación al uso final que vaya a tener la esencia” (Sistema Nacional de Aprendizaje, 2004 p. 29).

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Aspectos generales de la naranja y limón

Naranja

Las naranjas crecen en arboles pequeños, sus hojas presentan flores de color blanco muy aromáticas que son muy sensibles a bajas temperaturas, que consta de un solo tronco en la cual se encuentran como máximo tres a cuatro ramas principales que pueden llegar a una altura de 50 a 80 cm. La naranja es el fruto del naranjo, árbol que pertenece al género *Citrus* de la familia de las Rutáceas, especie *Citrus sinensis*. Esta familia comprende más de 1700 especies, de ellas unas

20 especies tienen frutos comestibles que son abundantes en vitamina C, flavonoides y aceites esenciales (Zema, 2018).

El fruto del naranjo es una baya denominada hesperidio y se forma por crecimiento del ovario de la flor en el interior del fruto está dividido en aproximadamente diez pequeños huecos unidos entre sí y en cuyo interior crecen las semillas y los sacos de zumo. El fruto se divide en tres zonas, la más externa es el exocarpo o flavedo que está formado por una epidermis y que presenta pequeñas vesículas que contienen aceites esenciales, usados en colonias, aromatizantes. La siguiente capa es el mesocarpo o albedo de aspecto esponjoso y de color blanco y, por último, se encuentra el endocarpo o pulpa que es donde se encuentran los sacos de zumo y las semillas (Interempresas Media S.L., 2022).

La naranja tiene una forma redondeada con un diámetro de 6 cm a 10 cm, su color y sabor varía de acuerdo a las variedades. Tiene un importante valor nutricional al ser fuente de fibra y minerales como el potasio, calcio y magnesio, también tiene un alto contenido de vitamina C, lo que hace que su consumo sea elevado (Zema, 2018). A continuación, se presenta la siguiente tabla de valor nutricional que presenta la naranja.

Tabla 1-1: Valores nutricionales de la naranja

Parámetro	Cantidad (mg)
Calcio	36
Hierro	0,3
Yodo	2
Magnesio	12
Zinc	0,18
Sodio	3
Potasio	200
Fósforo	28
Selenio	1
Tiamina	0,1
Vitamina B6	0,06
Vitamina A	40
Folato	37
Vitamina C	50

Fuente: (Lidia, 2018).

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Limón

Los limones persas o conocidos por su nombre científico *Citrus Aurantifolia* (con semilla), *Latifolia* (sin semilla), su árbol puede llegar a tener una altura máxima de 7 metros, sus hojas son

ovaladas, oblongas o elípticas teniendo las siguientes dimensiones de 2,5 cm a 9 cm de largo, además sus hojas son aromáticas similar a la fragancia de su fruto (Serio, 1952 p. 5).

El limón persa pertenece a la familia Rutácea, grupo de las limas, género Citrus, especie *C. x Latifolia* o *Aurantifolia*, el fruto es un hesperidio, ácido de mayor tamaño que los limones criollos, de forma ligeramente ovalado de 5 a 7 cm. de largo y de 4 a 6 cm de diámetro, de coloración verde a verde oscuro a la madurez y cambia a amarillo cuando esta sobre maduro, su peso es de 50 a 100 gr (Carmen, 2014 pp. 30-32).

En el flavedo y albedo son importantes por los pigmentos y los aceites esenciales. Los pigmentos dan su color verde amarillo o anaranjado a los frutos. Antes de madurar predomina el color verde del pigmento clorofila. A medida que la fruta va madurando aparecen los carotenoides, que estaban enmascarados por la clorofila. Pueden utilizarse sustancias que destruyen la clorofila para acelerar la aparición de los carotenoides (desertización). Los principales carotenoides son: caroteno, xantofila y criptoxantina. Endocarpio es de la parte comestible de los cítricos. La parte comestible en el limón oscila del 65 al 70%. El ácido cítrico viene a suponer el 90% de los ácidos totales (cítrico, málico oxálico y ascórbico) (Carmen, 2014 pp. 33-34).

A continuación, se presenta la siguiente tabla de valor nutricional que presenta el limón.

Tabla 2-1: Valor nutricional del limón en 100 g

PARÁMETRO	CANTIDAD (mg)
Cobre	0,065
Calcio	33
Fierro	0,6
Potasio	102
Vitamina C	29,1
Vitamina B5	0,217
Vitamina B6	0,043
Vitamina B1	0,03
Vitamina B2	0.02
Parámetro	Cantidad (µg)
Vitamina B9	8

Fuente: (Editorial de HerbaZest, 2021).

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

1.2.2. Producción nacional de naranja *Citrus Sinensis* y limón *Citrus aurantifolia*

1.2.2.1. Producción de naranja

La participación del Ecuador en el mercado de naranja a nivel mundial es poco significativa, pues el país sólo aportó con el 0,28% del total de la producción mundial en 2004, lo que demuestra que la producción ecuatoriana no tiene influencia alguna sobre el comportamiento de los mercados internacionales, la naranja es el cítrico que más se produce en el Ecuador, pues según cifras del Servicio de Información del Censo Agropecuario (SICA), más del 80% de la producción de cítricos en Ecuador corresponde a la naranja (Heredia, 2008).

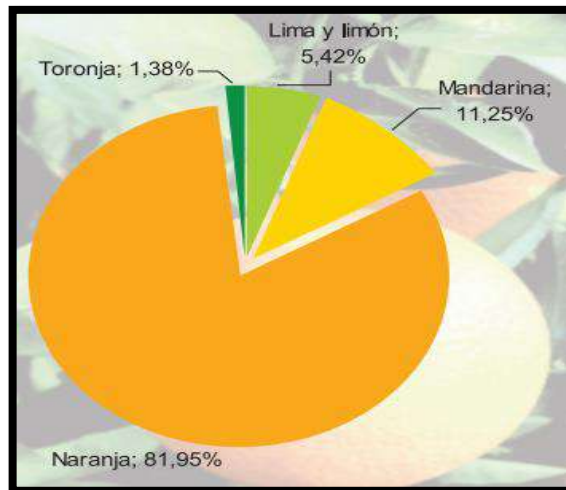


Ilustración 1-1: Producción nacional de cítricos en el Ecuador (SICA)

Fuente: (Heredia, 2008).

La producción nacional de naranja en el año 2017 tuvo un aumento considerable, debido a la sobreproducción, que pasó de 75,333 a 142,546 toneladas, en comparación al año 2016. Este incremento influyó en los precios a nivel mayorista, que disminuyeron en 31 % respecto al 2016. En cuanto al precio internacional promedio, se ubica en USD 22,53 el bushel de 38 libras para 2017 (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2017).

1.2.2.2. Producción de limón

En el Ecuador, el limón Sutil (*Citrus aurantifolia*) es la especie más cultivada. Las distintas empresas cítricas limoneras han pasado por estrategias de expansión en diversas etapas, la industrialización del limón, es una actividad que ha tenido en los últimos años una dinámica exportadora y a la vez generando problemas ambientales. Independientemente, los residuos de cítricos se consideran un riesgo ecológico, junto con otros tipos de residuos. Teniendo en cuenta este riesgo, recientemente se han desarrollado algunas estrategias para reducir sus efectos adversos (Sinclair, 1984).

Ecuador debido a su ubicación territorial se encuentra en una posición favorable para la producción de limón, todas las regiones del país cuentan con ambientes climáticos y ambientales adecuados para el cultivo. Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) en el año 2018 fueron 5,726 hectáreas plantadas 4,619 hectáreas cosechadas, 24,144 de producción en toneladas métricas que generó unas ventas de 23,143 en toneladas métricas (Sinclair, 1984).

Según la FAO, Ecuador en el 2010 y 2011, logró producir 115,2 y 100,6 mil toneladas métricas de cítrico. Datos del Banco Central del Ecuador, señalan que, entre limón Tahití, sutil, y lima se exporto 6.622 toneladas métricas y a diferentes partes del mundo (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013) (Sumba, et al., 2021 pp. 240-257).

Tabla 3-1: Producción, cosecha y venta de limones en el Ecuador

AÑO	SUPERFICIE (HA)		PRODUCCIÓN (TM)	VENTAS (TM)	VARIACIÓN %
	PLANTADA	COSECHADA			
2016	6308	4673	28881	27945	-
2017	8152	5487	30702	29315	6%
2018	5726	4616	24144	23143	-21%

Fuente: (Sumba, y otros, 2021).

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

1.2.3. *Compuestos activos de la cáscara de naranja*

En la cáscara de naranja, la mayor parte de los compuestos volátiles aromáticos están en el flavedo en el cual se encuentra carotenoides los cuales contiene (caroteno, xantofila y criptoxantina de 30 a 300 mg), flavonas 0,08 mg, terpenos 90 mg y fenoles 10 mg; es aquí donde se encuentran dos subproductos importantes de la industria de extracción de cítricos, los aceites esenciales y la esencia de la naranja (Zema, 2018).

Tabla 4-1: Composición fisicoquímica aproximada de la cáscara de naranja

Parámetro	Valor
Sólidos Solubles (°Brix)	7,1 ± 1,2
pH	3,93 ± 0,03
Total, de acidez (g de ácido cítrico/100 mL)	0,29 ± 0,03
Índice de formol	34 ± 2,4
Humedad %	85,9 ± 1,6
Grasa % (DM)	1,55 ± 0,17
Ceniza % (DM)	3,29 ± 0,19
Proteína % (DM)	6,16 ± 0,23
Carbohidratos % (DM)	89,0 ± 1,1

Fibra soluble % (DM)	
Azucres Neutrales	3,8 ± 0,3
Ácido urónico	7,1 ± 0,9
Lignina	3,2 ± 0,4
Pectina % (DM)	17 ± 5

Fuente: (Cerón, et al., 2010).

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

1.2.4. Aceites esenciales

Los aceites esenciales están constituidos por fracciones volátiles y no volátiles, son las sustancias aromáticas naturales responsables de las fragancias de las flores y otros órganos vegetales. Actualmente, sólo se emplea esta definición si se obtienen mediante arrastre en corriente de vapor de agua o por expresión del pericarpio en el caso de los cítricos (Lopez, 2007 pp. 88-91).

1.2.4.1. Características generales

Los aceites esenciales, en general, constituyen del 0,1 al 1% del peso seco de la planta. Son líquidos con escasa solubilidad en agua, solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos. Cuando están frescos, a temperatura ambiente, son incoloros, ya que al oxidarse se resinifican y toman un color amarillento oscuro (lo que se previene depositándolos en recipientes de vidrio de color topacio, totalmente llenos y cerrados perfectamente). La mayoría de los aceites son menos densos que el agua (salvo excepciones como los aceites esenciales de canela, sazafrán y clavo) y con un alto índice de refracción (Lopez, 2007 pp. 88-91).

Los aceites esenciales generalmente son mezclas complejas de hasta más de 300 componentes que pueden ser:

- Compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos)
- Monoterpenos
- Sesquiterpenos
- Fenilpropanos.

En su gran mayoría son de olor agradable, aunque existen algunos de olor relativamente desagradable como por ejemplo los del ajo y la cebolla, los cuales contienen compuestos azufrados (Martinez, 2003).

1.2.4.2. Clasificación

Los aceites esenciales se clasifican con base en diferentes criterios: consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios. De acuerdo con su consistencia los aceites esenciales se clasifican en esencias fluidas, bálsamos y oleorresinas. Las Esencias fluidas son líquidos volátiles a temperatura ambiente. Los Bálsamos son de consistencia más espesa, son poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización, son ejemplos el bálsamo de copaiba, el bálsamo del Perú, Benjuí, bálsamo de Tolú, Estoraque, etc. (Weiss, 1997). Las Oleorresinas tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas (caucho, gutapercha, chicle, balata, oleorresina de paprika, de pimienta negra, de clavel, etc.) (Serio, 1952 p. 54).

De acuerdo con su origen los aceites esenciales se clasifican como naturales, artificiales y sintéticas. Los naturales se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su rendimiento tan bajo son muy costosas. Los artificiales se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes, por ejemplo, la mezcla de esencias de rosa, geranio y jazmín enriquecido con linalool, o la esencia de anís enriquecida con anetol. Los aceites esenciales sintéticos como su nombre lo indica son los producidos por la combinación de sus componentes los cuales son la mayoría de las veces producidos por procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, etc.) (Weiss, 1997 p. 115).

Desde el punto de vista químico y a pesar de su composición compleja con diferentes tipos de sustancias, los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de sustancias que son los componentes mayoritarios. Según esto los aceites esenciales ricos en monoterpenos se denominan aceites esenciales mono terpenoides (p.ej. hierbabuena, albahaca, salvia, etc.). Los ricos en sesquiterpenos son los aceites esenciales sesquiterpenoides (p.ej. copaiba, pino, junípero, etc.). Los ricos en fenilpropanos son los aceites esenciales fenilpropanoides (p.ej. clavo, canela, anís, etc.) (Serio, 1952 p. 59).

Aunque esta clasificación es muy general nos resultará útil para propósitos de estudiar algunos aspectos fitoquímicos de los monoterpenos, los sesquiterpenos y los fenilpropanos, sin embargo, existen clasificaciones más complejas como la de González Patiño que tienen en cuenta otros aspectos químicos (Martínez, 2003).

1.2.4.3. Aplicaciones

En farmacología los aceites esenciales se utilizan en farmacia para la obtención de diversos principios activos (anetol, eugenol) o como excipientes y aromatizantes en la preparación de jarabes, suspensiones, elixires y otras formas farmacéuticas. Asimismo, en la industria de la alimentación, licorería y confitería se suelen utilizar como aromatizantes (Padial, 2022).

En la industria cosmética, se utiliza en perfumería y cosmética los aceites esenciales son utilizados ampliamente. El empleo en perfumería es muy importante debido, evidentemente, a las cualidades olfativas de los aceites esenciales. Ello implica que sean incorporados en un sinnúmero de composiciones: desde perfumes para aguas de colonia hasta fragancias para detergentes de ropa. En cuanto a su empleo en cosmética es, asimismo, importante y se basa en las funciones específicas que algunas esencias presentan sobre la piel, además del uso como aromatizante en diferentes preparaciones cosméticas (Martinez, 2003).

Aroma terapéuticas la relación directa con los aceites esenciales ha surgido la denominada aromaterapia, que es una disciplina dentro de la medicina natural que emplea básicamente aceites esenciales en sus tratamientos. El término aromaterapia fue utilizado por primera vez por el químico francés René Maurice Gatefossé, especializado en los usos cosméticos de las esencias.

Una aportación muy importante de la aromaterapia ha sido la profundización y el desarrollo de los tratamientos antiinfecciosos a partir de aceites esenciales, con los que se obtienen resultados equiparables, en muchos casos, a los de la Antibioticoterapia, pero con menos efectos secundarios y poca aparición de resistencias. En este sentido, hay que destacar la técnica del cromatograma, que confirma experimentalmente el poder antibacteriano y fungicida de los aceites esenciales.

Este procedimiento es semejante al antibiograma (sistema empleado para definir el poder de un antibiótico), pero se sustituyen los antibióticos por aceites esenciales. En nuestro país, la ausencia de una legislación al respecto favorece el desarrollo de aplicaciones fantasiosas que entorpecen el trabajo de los profesionales de la aromaterapia, ya que hay que tener presente que para aplicar aceites esenciales con fines curativos se requiere criterio, prudencia y, sobre todo, unos conocimientos científicos básicos (Martinez, 2003).

1.2.5. Aceite esencial de naranja

El aceite esencial de la cascara de naranja se han identificado más de cien componentes. Sin embargo, el más abundante es el limoneno, que se encuentra en un 95% y es un hidrocarburo

terpénico monocíclico. Existen alrededor de otros treinta hidrocarburos, pero se encuentran en pequeñas cantidades (Quiroz, 2009 pp. 37-39).

Existen varios métodos para la obtención de aceites esenciales, pero uno de los más comunes es la destilación con vapor, sin embargo, este método puede causar daños al aceite al producirse reacciones de oxidación, de hidrolisis y de polimerización. Otro sistema, que generalmente se usa para los cítricos, es el de expresión, que consiste en aplicar una presión alta sobre la cascara para obtener el aceite, en estas condiciones el producto no se expone a temperatura elevadas, por lo que no se daña (Padial, 2022).

La calidad de los aceites esenciales no sólo se puede ver afectada por los métodos de extracción, sino también por otros factores como la variedad de naranja empleada, el clima del lugar de cultivo, la madurez de la fruta y durante su almacenamiento puede afectar la presencia de luz y de oxígeno, pero lo más importante es su conservación a baja temperatura, para evitar alteraciones (Martinez, 2003).

1.2.5.1. Composición del aceite esencial de cascara de naranja

El análisis cromatográfico del aceite esencial permite observar los componentes presentes y su abundancia relativa en el aceite.

Tabla 5-1: Cantidad relativa (%) e identificación de los compuestos volátiles

Tiempo de retención	Nombre Compuesto	Cantidad relativa %
5.212	α -Pino	0,532
7.187	β -felandreno	0,492
8.109	β -mirceno	1,753
9.238	D-Limoneno	90,967
10.794	λ -terpinoleno	1,649
12.554	Octanal	0,199
18.030	Decanal	0,230
19.197	Linalool	1,267
19.534	Octanol	0,532
Compuestos no identificados		2,379

Fuente: (Cerón, et al., 2010).

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Los compuestos mayoritarios del aceite esencial corresponden a los mono terpenos, es decir unidades terpénicos de 10 carbonos (C-10), y los sesquiterpenos, unidades terpénicos de 15 carbonos (C-15) no oxigenados, tal como se observa en la tabla 5, donde los monoterpenos limoneno, mirceno, pino, terpinoleno son los más representativos, contribuyendo al 97,621 del

total del aceite. En este punto es importante resaltar que la técnica de extracción con vapor de agua obtiene un porcentaje relativo alto de monoterpenos los cuales causan la rápida degradación del aceite, siendo necesario evaluar otros procesos de extracción donde se obtengan sustancias volátiles de mayor peso molecular, es decir aceites ricos en sustancias con más de 15 carbonos en su molécula (Cerón, et al., 2011).

1.2.6. Aceite esencial de limón

El aceite esencial de limón se puede obtener de la cutícula de la cáscara del limón o de destilar el limón completo, siendo el proveniente de este último el de mayor calidad. Precisamente en el flavedo, dentro de los estratos inmediatamente debajo de la epidermis, se encuentran, irregularmente distribuidas, las celdas conteniendo el aceite esencial, Estas celdas con un diámetro de 0,4 a 0,6 mm, no tienen paredes propias del tipo de corriente, sino están limitadas por restos degradados de elementos celulares. Por otra parte, no presentan comunicación alguna con los tejidos que lo rodean (Haro, 2012).

La compleja mezcla de componentes del aceite esencial de limón está representada mayoritariamente por estructuras derivadas del isopreno, de naturaleza terpénico (Guenther, 2019), entre las que el hidrocarburo limoneno es el más abundante como en el resto de los aceites esenciales de cítricos.

Los derivados oxigenados de dichos terpenos no son mayoritarios, sin embargo, tienen gran importancia en el característico aroma del aceite esencial (Laencina, et al., 1999). Incluye, por tanto, mezclas de hidrocarburos terpénico, sesquiterpenos, alcoholes, aldehídos, cetonas, esterés, ácidos, residuos no volátiles, incluido alcanfor (Hunter, et al., 1980). El uso de técnicas como HPLC y GC, hace que el estudio de los componentes se realice en base a los que pueden ser identificados con cada una. Así mediante HPLC se lleva a cabo el estudio de los componentes de la fracción no volátil, identificándose cada vez mayor número de éstos, como se verá más adelante. Lo mismo ocurre con la cromatografía de gases que refleja la compleja composición de los componentes más volátiles del aceite esencial logrando cada vez mayor número de componentes identificados, como sucede en la presente memoria.

Tabla 6-1: Componentes mayoritarios detectados en los AE

Compuesto	Porcentaje de abundancia relativa (t ^R , min) *	
	<i>C. Aurantifolia</i>	
	HD	MWHD
α -pineno	1,68-9,00	1,77-9,00
β -mirceno	1,00-12,01	1,09-12,10
Limoneno	69,28-13,36	78,80-13,34
Linalool	14,60-18,14	17,89-18,09

* Tiempo de retención (t^R) y abundancia relativa (%) de los aceites esenciales, identificados por comparación con espectro de masas de referencia de la base de datos NIST - 2008. ** Todos los resultados presentaron diferencias estadísticas significativas a un nivel de confianza (P < 0,05)

Fuente: (Esther, y otros, 2017).

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

El aceite esencial de limón y naranja contiene más del 90 % de D-limoneno, componente mayoritario en su composición normal y, además, en menor proporción poseen una gran cantidad de terpenos (Weiss, 1997) Los aceites esenciales deben cumplir con ciertas características, en la siguiente tabla se indican las características de los aceites esenciales de la naranja y el limón.

Tabla 7-1: Características de los aceites esenciales de naranja y limón.

Propiedades físico-químico	Naranja	Limón
Color	Naranja / Incoloro	Amarillo / Incoloro
Olor	Típico del fruto	Típico del fruto
Aspecto	Brillante	Brillante
Densidad a 20 °C	0.84 - 0.85	0.851 - 0.855
Índice de refracción a 20 °C	1.410 - 1.4770	1.4743 - 1.4757
Rotación óptica a 20 °C	92 - 99	57.9 - 62.3
Residuo fijo %	2 - 4.5	2.2 - 2.5
Solubilidad en alcohol de 90%	9 - 14.5	8.5 - 19
Aldehídos %	1 - 2.5	2.2 - 3.8

Fuente: (Sánchez, 2003).

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Los aceites esenciales de cítricos son insolubles en agua, pero se hacen más solubles cuando se emplean en bajas concentraciones usando alcohol como disolvente. En ocasiones, forman soluciones oscuras que se aclaran con dificultad. De aquí que sea deseable eliminar los terpenos y sesquiterpenos. Para ello se pueden aplicar dos métodos, por destilación fraccionada a presión reducida, o la extracción de los compuestos oxigenados más solubles. (Quiroz, 2009 p. 88)

1.2.7. Sustancias químicas presente en los aceites esenciales

Al ser mezclas complejas y muy variables de constituyentes estas pertenecen de manera casi exclusiva, a dos grupos caracterizados por orígenes biogénicos distintos, estos son: el grupo de los terpenoides y el grupo de los compuestos aromáticos derivados del fenilpropano, mucho

menos frecuentes. También pueden contener diversos productos procedentes de procesos de degradación que afectan a constituyentes no volátiles (Bruneton, 2001 p. 121).

A continuación, se presenta los terpenos más representativos presentes en los aceites esenciales de cítricos.

Terpenoides

Vardar et al. (2003) menciona en su investigación que los monoterpenos son los principales componentes de los aceites esenciales de vegetales que darán la fragancia característica de cada planta o fruto. Están formados por una estructura base de isopreno y, cuando tienen elementos adicionales, comúnmente oxígeno, son llamados terpenoides (Vázquez, et al., 2007 pp. 306-313). Se presentará a continuación la siguiente tabla donde se encuentra la calificación de los terpenos que son determinados por el número de isoprenos o número de carbonos que están presentes.

Tabla 8-1: Clasificación de terpenos

Clase	Numero de carbonos	Compuestos
Monoterpenos	10	Geraniol, limoneno, alcanfor, α -pineno
Sesquiterpenos	15	Cedrol, azulenos, farnesol
Diterpenos	20	Vitamina A, fitol, ácido abiético y giberélico
Triterpenos	30	Escualeno, lanosterol, colesterol
Tetraterpenos	40	Carotenoides
Politerpenos	$(C_{10}H_{16})_n$	Caucho

Fuente: (Grzona, 2015).

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

1.2.7.1. α -Pineno

El α -pineno es el miembro más importante del grupo o serie del pinano. Se encuentra en sus formas (+) y (-) en todas las esencias de trementina y forma parte de los aceites esenciales provenientes de numerosas especies vegetales, por lo tanto, es probablemente el terpeno más abundantemente distribuido en la naturaleza y es además un producto de importancia industrial, pues por ser fácilmente asequible y barato, es la base de la mayor parte de las síntesis en la familia de los terpenoides. (Grzona, 2015 p. 17)

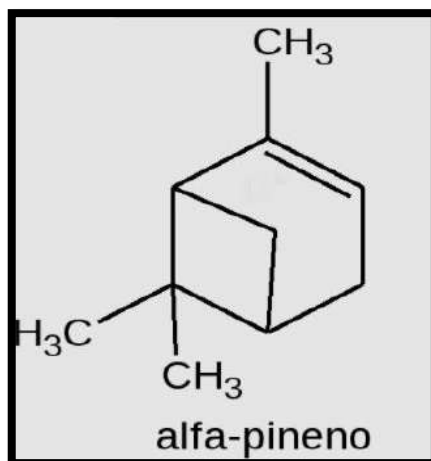


Ilustración 2-1: Estructura química del α -pineno

Fuente: (Heredia, 2008).

El anillo de cuatro miembros de α -pineno hace que sea un hidrocarburo reactivo, propenso a reordenamientos del esqueleto, tales como la transposición de Wagner Meerwein. Entre las principales reacciones de interés pueden mencionarse:

- Hidratación de α -pineno mediante catálisis ácida, constituye un método importante de síntesis de alcoholes; desde el punto de vista comercial los derivados más importantes son α , β y γ terpineol.
- Hidrogenación catalítica de α -pineno, es un ejemplo de reacción altamente estereoselectiva, obteniendo como productos los estereoisómeros cis y trans pinano.
- Conversión de α -pineno en p-cimeno mediante una reacción de deshidrogenación-aromatización.
- Oxidación selectiva de α -pineno que produce importantes materiales destinados a la industria farmacéutica y de fragancias, principalmente verbenona.
- Isomerización catalítica heterogénea de α -pineno, conduce a la formación de canfeno, limoneno y otros isómeros utilizados en la síntesis de productos de alto valor agregado. (Grzona, 2015 p. 18)

Sus principales usos son utilizados en la manufactura de alcanfor, insecticidas, solventes, plastificantes, bases para perfumes, aceite de pino sintético, terpineol, terpinoleno, acetato de terpinilo y dipenteno.

1.2.7.2. Linalool

Se encuentra en el aceite esencial en forma natural es común en muchas flores, plantas aromáticas y frutos. Su olor floral con un toque mentolado le ha conferido cierto valor para su uso en productos aromáticos. Este monoterpeno también es conocido como β -linalool, linalyl alcohol, óxido delinaloyl, p-linalool, allo-ocimeno y 2,6-dimethyl-2,7-octadien-6-ol. Es un reactivo químico intermediario necesario para producir otras sustancias como la vitamina E (Casabianca, et al., 1997 p. 17).

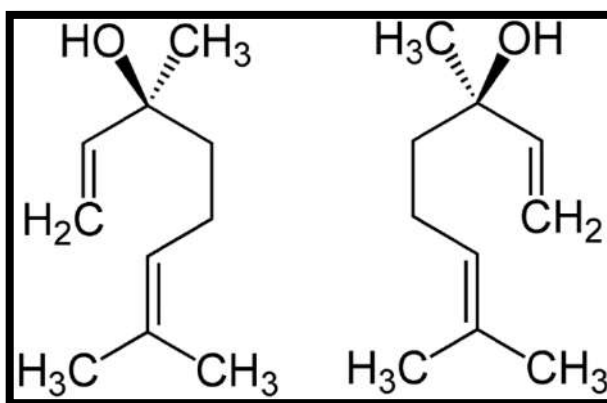


Ilustración 3-1: Estructura química del linalool

Fuente: (Grow, Madame, 2020).

Sus principales usos del linalool se utilizan en productos alimentarios, en productos de limpieza, en cosméticos y en productos de higiene personal. También se utiliza en productos de droguería como pinturas, barnices y adhesivos (Padial, 2021 pp. 135-136).

1.2.7.3. Limoneno

Es un monoterpeno que se extrae del AE presente en el flavedo de los cítricos, éste da el olor característico a los mismos. Pertenece al grupo de los limonoides, estos constituyen una de las más amplias clases de alimentos funcionales y fitonutrientes, funcionando como antioxidantes. El limoneno es quiral, es decir que posee un carbono asimétrico. Por lo cual existen dos isómeros ópticos: el d-limoneno y el l-limoneno. La nomenclatura IUPAC correcta es R-limoneno y S-limoneno, respectivamente, pero se emplean más los prefijos D y L o incluso alfa y beta. Como son dos isómeros el D-limoneno tiene un olor distinto al L-limoneno, es decir mientras el D-limoneno huele a naranja, el L-limoneno huele a limón (Virot, 2008 pp. 147-152).

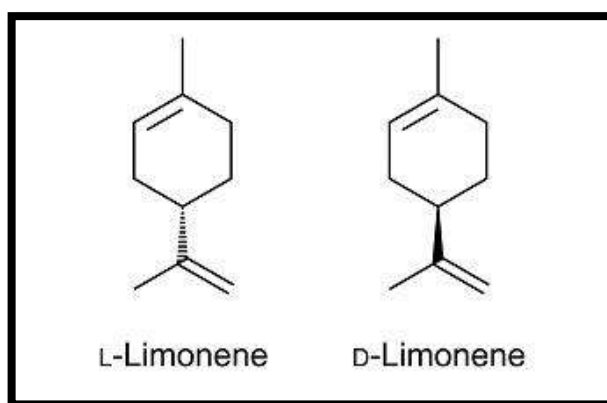


Ilustración 4-1: Estructura química del D y L-limoneno
 Fuente: (Grow, Madame, 2020).

En Síntesis, Orgánica, se utiliza limoneno como material de partida para obtener carvona. La carvona es un compuesto, de alto valor añadido, que se emplea en la industria farmacéutica y en la alimentaria (con propiedades antimicrobiales y antifúngicas).

Los usos que se da al limoneno son los siguientes:

- El D-limoneno es un excelente desengrasante es utilizado para la fabricación de productos de limpieza como detergentes líquidos para ropa o trastes con la ventaja de que es un compuesto biodegradable por lo que los productos que usan D-limoneno se consideran amigables con el medio ambiente.
- Su aroma es percibido por algunos insectos como tóxico por lo que el limoneno se usa en repelentes de insectos o en insecticidas para moscas, pulgones, cucarachas, ácaros, avispas entre otros.
- En la industria de pinturas y recubrimientos el limoneno se usa como disolvente de pinturas, resinas, tintas, pigmentos y en la fabricación de adhesivos.
- El limoneno es un ingrediente de fragancias por su aroma cítrico.
- En la industria alimenticia se usa por su aroma o en la fabricación de saborizantes.
- También es usado en la industria cosmética y farmacéutica.

1.2.8. Métodos de extracción de aceites esenciales

La extracción con disolventes es la técnica de separación de un compuesto a partir de una mezcla sólida o líquida, aprovechando las diferencias de solubilidad de los componentes de la mezcla en un disolvente adecuado. Constituye una de las técnicas de separación de compuestos más utilizada en el laboratorio químico. Los aceites esenciales de cítricos pueden ser extraídos por diferentes

métodos, pero en algunos casos los métodos que se presentaran a continuación varían con su porcentaje de rendimiento (ISUU, 2020).

1.2.8.1. Hidrodestilación

Hidrodestilación es el más viejo procedimiento para el aislamiento de los aceites esenciales. Se práctica hasta ahora por que tiene algunas ventajas. En conformidad con este procedimiento la materia prima está permanentemente en contacto con agua de destilación (Reategui, 2005).

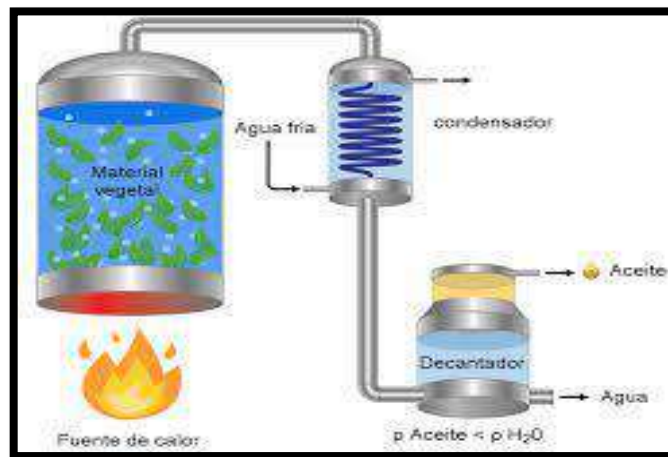


Ilustración 5-1: Esquema del proceso de destilación por arrastre con vapor de agua.

Fuente: (Reategui, 2005).

Durante el proceso los compuestos volátiles se difunden dentro de las células vegetales en agua. El orden de destilación de compuestos depende primero de la polaridad de la molécula y no de su volatilidad. Así que los compuestos oxigenados de los aceites esenciales son primer destilado comparativamente con los compuestos hidrocarbonatos. Los compuestos oxigenados presentan también una velocidad de difusión más alta que los compuestos hidrocarbonados (Reategui, 2005).

1.2.8.2. Destilación por arrastre con vapor

La destilación por arrastre con vapor es una técnica utilizada para la separación de sustancias orgánicas insolubles en agua y ligeramente volátiles, de otros productos no volátiles que se encuentra en la mezcla (Quiroz, 2009).

Las sustancias arrastrables con vapor son inmiscibles en agua, tienen presión de vapor baja y punto de ebullición alto. Cuando se tienen mezcla de líquidos que no son miscibles entre sí, se tiene un tipo de destilación que sigue la ley de Dalton sobre las presiones parciales (Durts, et al., 1985 p. 56).

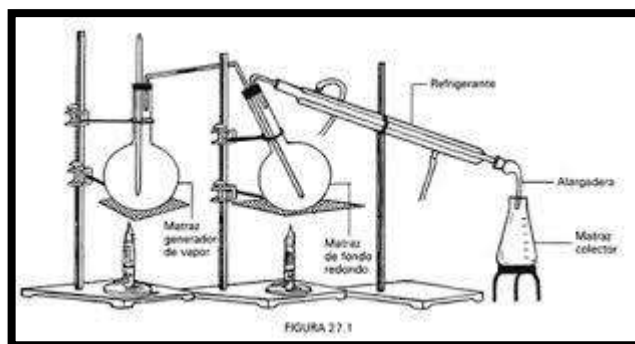


Ilustración 6-1: Esquema del proceso de destilación Arrastre con vapor de agua.

Fuente: (Dufort, 2017).

En este procedimiento el vapor de agua está generado dentro de caldera de vapor. De esta manera el calentamiento del material vegetal es uniforme, la degradación del aceite esencial será eliminada por que el material vegetal no tiene ningún contacto con la pared recalentada del destilador y el flujo del vapor podría ser dirigido donde más conviene (Dufort, 2017 p. 65).

La destilación en corriente de vapor se hace en dos modalidades:

- Con vapor directo.
- Con vapor indirecto.

El equipo se compone de: destilador, condensador y el vaso separador. Estos equipos son de gran capacidad (Reategui, 2005).

1.2.8.3. Extracción por Soxhlet

Es una técnica muy utilizada hoy en día, además se considera en algunos países como una técnica amigable con el medio ambiente y es reconocida por la Agencia de Protección Medioambiental (EPA) de los Estados Unidos. Es una combinación de extracción y destilación que permite la recuperación del disolvente. Se emplea en el aislamiento de los aceites esenciales, de sus fuentes naturales por medio de la extracción con disolventes orgánicos, es un proceso muy eficaz en la extracción sólida – líquido, donde la sustancia a extraer se encuentra en estado sólido y el extracto es un líquido. Una de las desventajas de este sistema es que requiere grandes volúmenes de disolvente y es un proceso lento (Quiroz, 2009).

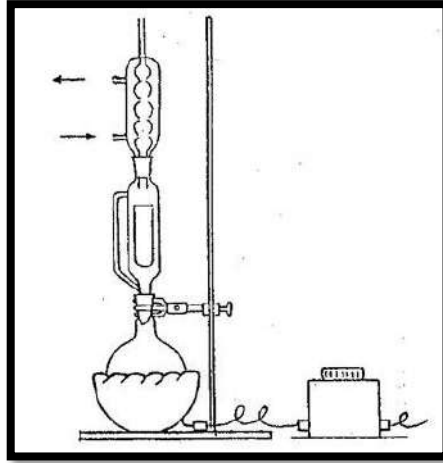


Ilustración 7-1: Esquema de extracción por Soxhlet

Fuente: (Fariás, 2016).

Es el matraz se coloca el disolvente, se llena el dedal con la materia vegetal, cortada en trozos pequeño y se coloca en la cámara de extracción. El disolvente debe alcanzar el punto de ebullición y los vapores generados deberán condensarse en el refrigerante para caer sobre la materia vegetal, en el momento en que la cámara de extracción se llena con el disolvente, este cae, por diferencia de gravedad, al matraz, Este proceso se repite continuamente, de manera que cada vez se extrae cantidad de aceite (Quiroz, 2009).

1.2.8.4. Extracción por fluidos supercríticos

Esta técnica es utilizada para la extracción de aceites esenciales (aromas y fragancias), medicinales naturales, pesticidas naturales, tabaco libre de nicotina, café y té descafeinado, productos libres de colesterol y en el tratamiento de residuos orgánicos industriales este proceso es utilizado para extraer el aceite esencial de cascara de cítricos (Ruiz, et al., 2007 p. 33).

Un fluido supercrítico cuando está sometido a condiciones superiores a su presión y temperatura crítica tiene una gran capacidad de solvatación que unido a la enorme dificultad que presenta, les permite penetrar a través de matrices porosas aportando al fluido supercrítico una gran versatilidad. Los fluidos más utilizados son: CO_2 , H_2O , C_2H_4 , C_3H_8 , Xe , N_2O . (Lopez, et al., 2005 p. 65).

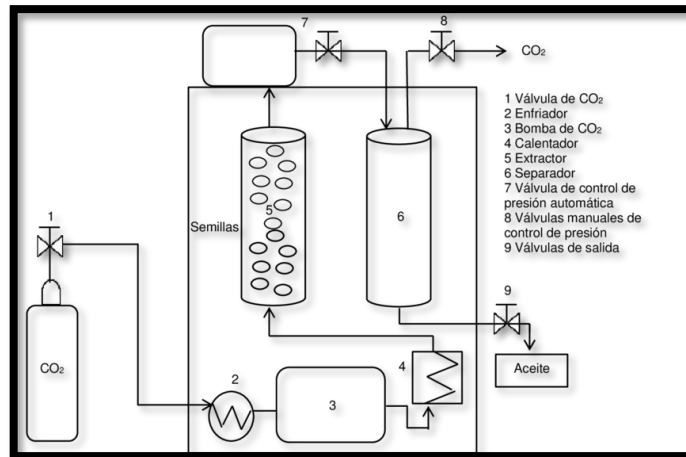


Ilustración 8-1: Esquema de extracción por Soxhlet

Fuente: (Farías, 2016).

Los equipos en el proceso son un extractor de alta precisión, una válvula de reducción, un separador de baja presión y una bomba para elevar la presión del solvente reciclado. El proceso se inicia al colocar la mezcla (un sólido molido) en el extracto, hacia donde se alimenta el fluido supercrítico con la ayuda de una bomba de alta presión (100 a 400 bar), el fluido supercrítico comprimido es calentado hasta la temperatura de extracción (30°C a 60 °C). Cuando ingresa en el extractor se disuelven los componentes de extraer. La mezcla fluidos – extracto es enviada a un separador (150 a 50 bar), con paso previo a través de una válvula de reducción, para disminuir temperaturas y presión, de esta manera el extracto precipita espontáneamente en el separador, mientras el fluido supercrítico, libre de cualquier extracto, es reciclado al proceso (Ruiz, et al., 2007 p. 35).

1.2.8.5. Extracción por prensado en frío

El sistema de extracción por prensado en frío está basado en el prensado de la materia vegetal de la cual se va extraer el aceite, a temperaturas que fluctúan entre los 10 °C a 20 °C, para evitar la evaporación y pérdida del aceite. A temperatura ambiente de 24 °C a 26 °C la fracción de la prensa hace que la temperatura de los líquidos se eleve hasta 60°C a 65°C, a esta temperatura algunos componentes del aceite esencial podrán volatilizarse (Zema, 2018 p. 16).

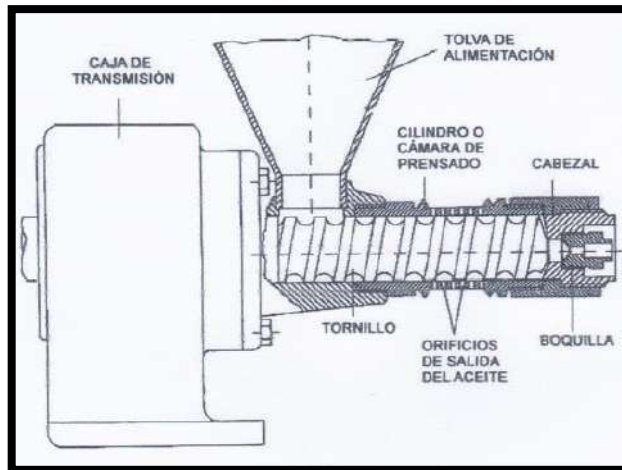


Ilustración 9-1: Esquema de extracción por prensado en frío

Fuente: (ISUU, 2020).

El material vegetal es sometido a presión a través de presas tipo batch o en forma continua, los equipos utilizados pueden ser un tornillo sin fin de alta o baja presión un extractor expeler, un extracto centrifugo, un extractor centrifugo, un extracto decanter y rodillos de prensa. (Quiroz, 2009). En pocas palabras se puede decir que se basa en que cada partícula de la semilla o fruto retiene en su interior y su objetivo es lograr que este salga hacia el exterior (ISUU, 2020).

1.2.9. Clasificación de los parámetros analíticos utilizados en el control de calidad en los aceites esenciales

Para la utilización de los aceites esenciales es necesario cumplir con ciertos parámetros de calidad debido a que el uso de estos compuestos en las personas es muy importante, ya que estamos hablando de la salud. Es importante establecer el análisis de los componentes de los aceites esenciales y los parámetros necesarios para establecer la calidad de estos (Dufort, 2017 p. 32).

Además, otro punto impostarte al tomar es el estado en el que se encuentre la materia prima, por ejemplo: se toma los residuos de las cascaras de los cítricos estos deben ser revisados en primera instancia se encuentren en buen estado, caracterizados de su color libre de otro tipo de residuos ajenos a este (Dufort, 2017 p. 32).

Se menciona a continuación los objetivos, del porqué de aplica el control de calidad en los aceites esenciales y son los siguientes:

- Asegura la identificación del material es decir confirmar que corresponde a la parte de la planta y la especie vegetal.

- Hay que asegurar que se encuentra en las condiciones adecuadas de comercialización en lo que se refiere a su estado de conservación y pureza es decir que no ha sufrido alteraciones, adulteraciones ni excede los límites de materiales extraños u otros contaminantes.
- Asegura que contiene la cantidad adecuada de aceites esenciales y que su composición es la correcta. En caso de su uso medicinal, puede ser conveniente el análisis de otros grupos de principios activos. (Dufort, 2017)

1.2.10. Propiedades organolépticas en los aceites esenciales

Se describe el olor, color, sabor y aspecto de los aceites esenciales obtenidos, puesto que estas características físicas contribuyen a la definición de la calidad y además orienta sobre las posibles aplicaciones industriales. (Sistema Nacional de Aprendizaje, 2004 pp. 54-55)

1.2.10.1. Color

Los aceites esenciales tienen su propia vibración y cada vibración se relaciona con un tono o color específico. Inspeccionar el color y la claridad de un aceite esencial puede ser útil para determinar si un aceite esencial es potencialmente problemático. Algunos aceites se vuelven más oscuros a medida que envejecen. El aceite esencial que envejece también puede parecer turbio y puede volverse más viscoso (espeso). El aspecto de los aceites esenciales varía de ser incoloro a ser cualquier color del arco iris. Muchas veces el color del aceite apunta a sus cualidades terapéuticas. Aceites como la naranja y el limón son de color ámbar o amarillo y estos colores brillantes son los considerados colores felices y pueden ayudar a una persona para impulsar el ánimo (Zema, 2018).

1.2.10.2. Olor

La olfatometría es una técnica sensorial de medición de olores más utilizada a nivel internacional, para determinar la concentración de olor y a partir de eso, el impacto que pueden ocasionar ciertos olores a la población para esto un olor puede estar compuesto por una sustancia o un grupo de ellas aquellas mezcla de sustancias olorosas es el caso más frecuente, la sinergia o antagonismo que se produce en la mezcla de sustancias, son difíciles de evaluar a través de métodos químicos analíticos convencionales. Cuando el olor se produce a una baja concentración puede resultar imperceptible por un instrumento de medición, pero sí puede ser perceptible por la nariz humana, este método se puede utilizar como una técnica para identificar adulteraciones en los aceites esenciales, las sustancias volátiles presentes en los aceites son aquellas que se olfatean y sirven para determinar su concentración siendo un olor fuerte de alta concentración u olor suave si este

es de menor concentración o diferente olor (rancio) puede ser objeto de adulteración (Ministerio del Medio Ambiente, 2017).

1.2.10.3. Sabor

El sabor es percibido por las diferentes papilas gustativas principalmente en la lengua y esto es un estímulo causado por los componentes de alto peso molecular llamados oleorresinas. Estos componentes deben entrar en contacto con las papilas gustativas y no son volátiles. A los aceites esenciales se los pueden percibir simultáneamente y a este estímulo se le llama Sabor (combinación de olor y sabor). Las cáscaras de naranja tienen componentes tanto aromáticos como gustativos. Los componentes del gusto se perciben solo cuando entra en contacto con nuestra lengua. Tiene algo de ácido (dorso de la lengua), amargo (lengua rara) y el aroma se percibe por las yemas olfativas (cavidad nasal). Sin embargo, si no existen reglas definidas en cuanto a la posología a seguir (en general, 1-2 gotas por toma son suficientes), hay que tener en cuenta que los aceites esenciales no tienen un sabor que se pueda catalogar de agradable y que, además, hay que evitar la más mínima quemadura al sistema digestivo que los va a absorber (Dufort, 2017)

1.2.11. Propiedades físicas

Es aquella que se observa en la sustancia sin que se provoque un cambio en su composición química. Algunas de propiedades físicas son la densidad, la solubilidad, poder rotatorio y puntos de inflamación y congelación (se requiere equipos de laboratorio para mediarlas). Cuando las propiedades han sido determinadas (observada), la sustancia mantiene su identidad (Picado, et al., 2012 p. 30).

1.2.11.1. Densidad relativa

La densidad relativa es la comparación de la densidad de una sustancia con la densidad de otra tomándola como una referencia y además la densidad se lo puede definir como la cantidad de masa que existe en un determinado volumen de una sustancia a una temperatura dada sus unidades en las que se expresa es g/mL. El método más utilizado para determinar la densidad es por el método picnométrico descrito por la Norma Técnica ISO 279, se utiliza un picnómetro normal o con el termómetro acoplado (Querubina, 2007 p. 89).

El picnómetro ha de estar a la temperatura ambiente. Se llena el picnómetro hasta el borde superior del tubo capilar y se introduce el termómetro, se pesa y se anota la temperatura de la determinación (Querubina, 2007 p. 90).

Ecuación 1-1: Densidad

$$\rho_{20} = 0,99718 \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0}$$

Dónde:

P_0 : se designa como el peso en gramos del picnómetro vacío.

P_1 : se designa como el peso en gramos del picnómetro lleno con agua destilada a 20 °C.

P_2 : se designa como el peso en gramos del picnómetro lleno con aceite esencial a 20°C.

1.2.11.2. Poder rotatorio

Este parámetro se realiza con la Norma Técnica ISO 592 que describe el método para determinar los parámetros de pureza del aceite esencial, y si se trata o no del aceite que estamos buscando. Dado que los aceites esenciales son sustancias ópticamente activas, tienen la propiedad de rotar la luz polarizada que incide sobre ellos. El poder rotatorio específico, de un aceite esencial, es el ángulo sobre el cual rotaría el plano de polarización de la luz si éste atravesara un espesor de 1 dm de una solución convencional de aceite esencial que contuviera 1 g de sustancia activa por mililitro. Se expresa en grados y minutos, a una temperatura conocida, generalmente 20°C, y en relación a una longitud de onda de luz señalada. Está dado por la siguiente expresión:

Ecuación 2-1: Poder rotatorio

$$(\alpha) \frac{20^\circ\text{C}}{D} = \frac{A_X V}{L_X P}$$

Dónde:

A: se designa como el ángulo de rotación observado en grados.

L: se designa como el espesor atravesado en dm.

V: se designa como el volumen de la solución en mL.

P: se designa como es el peso de la sustancia disuelta en gramos.

1.2.11.3. Índice de refracción

Se determina con la norma ISO 280 para aceites esenciales se utiliza como una propiedad física simple que determina la pureza y calidad de un aceite esencial. El índice de refracción de una sustancia dada es la relación entre la velocidad de un rayo de luz en el vacío y la velocidad de la luz a través de la sustancia. Por conveniencia práctica se refiere a la relación aire sustancia, es igualmente la relación del seno del ángulo de incidencia al seno del ángulo de refracción y su valor numérico obtenido dependerá de la temperatura en que se encuentra. Según Pérez (2006), los aceites esenciales poseen un índice de refracción elevado, con un promedio de 1,5.

1.2.11.4. Miscibilidad en etanol

Los aceites esenciales pueden ser miscibles ligeramente en agua o ser solubles totalmente en etanol en menores o mayores graduaciones, un aceite esencial puede ser soluble en altas graduaciones o alcohol absoluto si en el aceite esencial predominan compuestos terpénicos y sesquiterpénicos además los aceites esenciales pueden presentar solubilidades en etanol de bajas graduaciones y esto se debe porque en el aceite esencial predominan compuestos oxigenados como son cetonas o aldehídos que serán solubles en etanol diluido, siendo este parámetro uno de los más importantes para identificar adulteraciones o la calidad del aceite esencial además puede ser utilizado como un diseño para la formación de mesclar o dosificación, especialmente para preparaciones líquidas. La determinación del número de volúmenes de alcohol diluido, a una graduación dada, que se requieren para la completa solubilización de un volumen de esencia, es una ayuda rápida en la evaluación de su calidad (Querubina, 2007 p. 98).

Se procede de la siguiente manera, se coloca exactamente 1mL de aceite esencial en una probeta de tapón esmerilado y se añade etanol de una determinada dilución en proporciones pequeñas sirviéndose de una bureta. Después de cada adición se agita enérgicamente y se observa el resultado. Una vez lograda la disolución clara, se anota la cantidad de alcohol añadida y se continúa añadiendo hasta completar los 10 mL, observando si se produce algún enturbiamiento posterior (Querubina, 2007 p. 98).

Se utilizan mezclas alcohólicas de 50 a 95% (v/v), empezando por las de mayor graduación, descendiendo de cinco en cinco grados. Si el aceite es soluble en 10 volúmenes de una graduación dada "G", se determinará su solubilidad en la inmediata disolución alcohólica superior "G+5". Por el contrario, si es muy soluble en menos de un volumen de esa mezcla alcohólica, se determinará en la siguiente graduación inferior "G-5" (Querubina, 2007 p. 99).

1.2.11.5. Punto de congelación

El punto de congelación es una propiedad física simple que ayuda a la determinación de la calidad del aceite esencial principalmente de cítricos o también se puede utilizar como un método para la separación de sustancias mediante los diferentes puntos de congelación. El punto de congelación de un aceite esencial se determina de la siguiente manera, se somete el aceite esencial a la temperatura de -50°C , si el aceite esencial solidifica a temperaturas mayores a -50°C se concluye que el aceite esencial es de mala calidad o puede presentar adulteraciones y si al contrario si el aceite esencial no solidifica a -50°C y permanece en estado líquido se concluye que el aceite esencial es de buena calidad (Querubina, 2007 p. 101).

1.2.11.6. Punto de Inflamación

El punto de inflamación es una propiedad física que consiste en determina la temperatura más baja en la que se produce la evaporación de un aceite esencial produciendo una mezcla inflamable junto al aire a presión atmosférica sirviendo como una evaluación para conocer la inflamación de una sustancia. Casi todos los aceites esenciales tienen lo que se conoce como punto de inflamación. Sin embargo, para los aceites esenciales con un punto de inflamación inferior a 80°C , debe mezclarlos en su punto de inflamación y, por debajo de los 70°C , debe asegurarse de revolver durante unos minutos para facilitar el proceso de unión. Por lo general, se recomienda que mezcle la mayoría de los aceites esenciales cuando el producto esté ligeramente por debajo de una cierta temperatura esto asegura que se una de manera efectiva al producto para brindar un buen aroma y mantener sus propiedades curativas. Los aceites esenciales deben almacenarse en un lugar fresco y oscuro (UNE 11018- 2017).

Tabla 9-1: Puntos de inflamación de los aceites esenciales de naranja y limón

Nombre del aceite esencial	Nombre botánico	País de origen	Punto de inflamación
Limón	Citrus limonum	Estados Unidos/Ecuador	49°C
Naranja Dulce	Citrus aurantium	Estados Unidos/Ecuador	46°C

Fuente: (Zema, 2018).

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

1.2.12. Propiedades químicas

Una propiedad química es la que solo puede ser observada mediante la alteración de la composición química de la sustancia: dicha alteración consiste en un cambio de la identidad de la sustancia, que se convierte en otra u otras sustancias diferentes (con distinta fórmula química). El

cambio en la composición química ocurre mediante un proceso que se denomina reacción química; en la mayoría de los casos, requiere la presencia de una segunda sustancia para que se lleve a cabo (Picado, et al., 2012).

1.2.12.1. Índice de acidez

La mayoría de los aceites esenciales contienen sólo pequeñas cantidades de ácidos libres. Por consiguiente, el contenido de ácido se suele indicar como un número de ácido en lugar de como un porcentaje calculado como un ácido específico. El número de ácido de un aceite se define como el número de miligramos de hidróxido potásico necesario para neutralizar los ácidos libres en 1 g. de aceite. Para determinar el número de ácidos, se deben emplear álcalis diluidos ya que muchos de los ésteres (por ejemplo, los formatos) normalmente presentes en los aceites esenciales son capaces de saponificación incluso en el frío en presencia de álcalis fuertes. Además, los fenoles reaccionan con los hidróxidos alcalinos, haciendo necesario utilizar indicadores especiales (como el rojo fenol) para aceites que contienen grandes cantidades de cuerpos fenólicos. El número de ácidos de un aceite a menudo aumenta a medida que envejece, especialmente si el aceite se almacena incorrectamente; procesos como la oxidación de aldehídos y la hidrólisis de ésteres aumentan el número de ácidos. Los aceites que se han secado completamente y que están protegidos del aire y de la luz apenas cambian la cantidad de ácidos libres (Guenther, 2019 p. 39).

Ecuación 3-1: Índice de acidez

$$IA = \frac{5,61 * V(mL \text{ de } 0.1N \text{ KOH})}{m}$$

Ecuación 4-1: Índice de acidez

$$IA = \frac{56.1 * V * [C]}{m}$$

Ecuación 5-1: Porcentaje de acidez libre

$$\% HAc = \frac{PM * V(mL \text{ de } 0.1N \text{ KOH})}{100 * m}$$

Dónde:

56,1: se designa como loa miliequivalentes de KOH expresados en mg.

V: se designa como el volumen de K(OH) en mL requerido para neutralizar los ácidos libres.

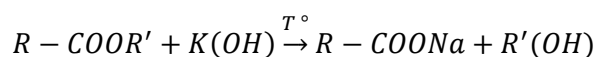
m: se designa como los gramos pesados de aceite esencial.

[C]: se designa como la concentración molar de la solución acuosa de K(OH).

PM: se designa como el peso molecular de ácido que se requiere calcular.

1.2.12.2. Índice de éster

El índice de esteres es un valor apropiado para describir aceites esenciales o grasas que son mezclas de esteres glicéridos y se determina por saponificación por calor, como muchos ésteres de los aceites esenciales son ésteres de ácidos monobásicos, el proceso de saponificación puede representarse por la siguiente reacción (Serio, 1952 p. 51).



Donde R y R' puede ser radicales alifáticos, aromáticos o alicíclicos. El éster también puede expresarse por el número de éster, que se define como el número de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para saponificar los ésteres presentes en 1 g. de aceite. El uso del número de éster es especialmente conveniente cuando se desconoce el éster presente en el aceite, ya que un conocimiento del peso molecular del éster no es necesario. Este método es aplicable a una amplia gama de aceites esenciales excepto a los que contienen lactonas o altos porcentajes de aldehídos o fenoles (Guenther, 2019).

Ecuación 6-1: Índice de esteres

$$IE = \frac{28,05 * (V_0 - V_1)}{m}$$

Dónde:

V₀: se designa como el volumen en mL del ácido sulfúrico acuoso requerido para neutralizar el exceso de K(OH) en la corrida del blanco.

V₁: se designa como el volumen en mL del ácido sulfúrico acuoso estandarizado requerido para neutralizar el exceso de K(OH) en la corrida de la muestra.

m: se designa como los gramos pesados de aceite esencial.

28,05: se designa como los mg de K(OH) equivalente 1mL de ácido sulfúrico

Se puede calcular el porcentaje de esteres con la siguiente fórmula suponiendo que el éster es monobásico, para ésteres de dibásicos ácidos (ftalato de dimetilo) y alcoholes dihidroxilados (di

acetato de glicol), el contenido de éster se divide por 2; para ácidos tribásicos (trietilocitrato) y trihidroxi alcoholes (triacetina), por 3. (Guenther, 2019)

Ecuación 7-1: Porcentaje de esteres

$$\% \text{ ester} = \frac{(V_0 - V_1) * PM}{20(m)}$$

Donde:

V₀: se designa como el volumen en mL del ácido sulfúrico acuoso requerido para neutralizar el exceso de K(OH) en la corrida del blanco.

V₁: se designa como el volumen en mL del ácido sulfúrico acuoso requerido para neutralizar el exceso de K(OH) en la corrida de la muestra.

a: se designa como el número de mL de hidróxido de sodio de 0,5 N utilizado en la saponificación.

PM: se designa como el peso molecular del éster.

m: se designa como el peso en gramos de la muestra.

Se menciona además por Guenther (2019) que “Los números de éster se utilizan con frecuencia para aceites que contienen cantidades muy pequeñas de éster como el aceite de pimienta negra, un numero alto de ésteres se concluye que suele ser indicativo de adulteración. El número de éster puede convertirse fácilmente en un contenido de éster, expresado como porcentaje en peso, mediante la siguiente fórmula si el radical ácido del éster es monobásico”.

Ecuación 8-1: Porcentaje para esteres utilizando el índice de esteres

$$\% \text{ ester} = \frac{PM * IE}{561,04}$$

Si el ácido es dibásico, el resultado debe dividirse por 2; si es tribásico, por 3. Además, si el radical alcohol contiene dos grupos hidroxilo, el resultado debe ser dividido por 2; si tres grupos hidroxilo, por 3 (Guenther, 2019 p. 66).

1.2.12.3. Índice de saponificación

El índice de saponificación es una medida de ácidos grasos libres y combinados que existen en la grasa y es directamente proporcional a su masa molecular media: cuanto menor sea la proporción de ácidos grasos de cadena corta, tanto mayor será el índice de saponificación. El IS representa

los mg de KOH necesarios para la saponificación de 1 g de grasa y se utiliza para comprobar su pureza (Coronel & Piedra, 2014).

A partir del cálculo del IS podemos inferir el índice de ésteres (IE) que es una cantidad apropiada para describir grasas y aceites, que son mezclas de ésteres glicéridos. Expresa los mg de KOH necesarios para saponificar sólo la grasa neutra. Resulta útil para determinar el peso molecular medio de los triglicéridos o de los ácidos grasos presentes (Connors, 1981 p. 45). La fórmula usada para calcular el índice de saponificación es

Ecuación 9-1: Índice de saponificación

$$IS = \frac{56.1 (V_0 - V_1) * [C]}{m}$$

Dónde:

56,1: se designa como los miliequivalentes de KOH expresados en mg.

V_1 : se designa como el volumen de la solución de ácido sulfúrico empleado en la titulación de la muestra en mL.

V_0 : se designa como el volumen de la solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación del blanco en mL.

[C]: se designa como la concentración molar de la solución acuosa de ácido sulfúrico.

m: se denomina los gramos pesados de la muestra.

1.2.12.4. Índice de acetilo y porcentaje de alcoholes

El método usado, consiste en transformar los alcoholes en los correspondientes ésteros acéticos (acetatos), mediante ebullición con anhídrido acético y determinar luego el índice de saponificación del producto acetilado (Serio, 1952 p. 55). Los procesos químicos básicos involucrados en esta determinación pueden ser resumidos por las siguientes ecuaciones:

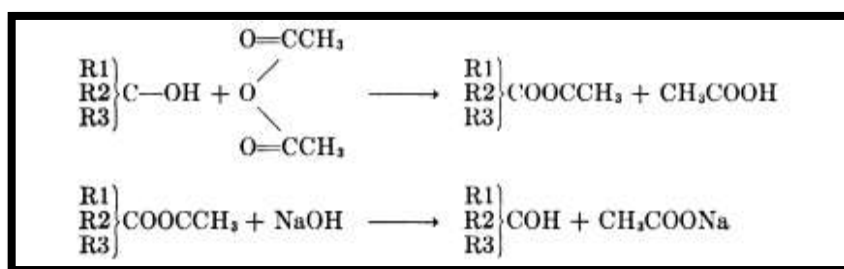


Ilustración 10-1: Reacción resumida para obtención de aceite acetilado
Fuente: (Guenther, 2019).

Donde R1, R2 y R3 pueden ser un átomo de hidrógeno, un átomo alifático, aromático o radical alicíclico. Su finalidad principal es la determinar la riqueza de grupos OH (alcoholes) mediante el índice de acetilo; y posteriormente, de forma empírica, calcular el contenido en alcoholes (Sistema Nacional de Aprendizaje, 2004).

Ecuación 10-1: Índice de acetilos

$$I. Ac. = \frac{28,05 * (V_0 - V_1)}{m}$$

Dónde:

V₀: se designa como el volumen en mL del ácido sulfúrico acuoso requerido para neutralizar el exceso de K(OH) en la corrida del blanco.

V₁: se designa como el volumen en mL del ácido sulfúrico acuoso requerido para neutralizar el exceso de K(OH) en la corrida de la muestra acetilada.

m: se designa como el peso, en gramos, del aceite acetilado usado en la saponificación.

28,05: se designa como los mg de K(OH) equivalente 1mL de ácido sulfúrico

El cálculo de resultado es: si el aceite original contiene una cantidad insignificante de constituyentes saponificables, el alcohol libre puede calcularse mediante la fórmula siguiente.

Ecuación 11-1: Porcentaje de alcohol

$$\text{Porcentaje de alcohol en el aceite original} = \frac{a * PM}{20(s - 0.021a)}$$

Donde:

a: se denomina el número de mL de solución de hidróxido de sodio 0,5 N necesaria para la saponificación del aceite acetilizado.

s: se denomina peso de aceite acetilizado en gramos utilizado en la saponificación.

PM: se denomina el peso molecular del alcohol.

Determinación de Alcoholes Terpénico Terciarios. La mayoría de los alcoholes terciarios sufren una descomposición parcial o completa y deshidratación cuando se trata con anhídrido acético. En el caso de que un aceite contenga un gran porcentaje de alcoholes tan fácilmente deshidratados, se requieren técnicas especiales. El método Glichitch de formulación para la estimación de alcoholes fácilmente deshidratados se ha empleado con éxito para la determinación de linalool y terpineol, esta prueba se utilizará además para otros aceites esenciales que contengan linalool,

además del propio linalool, es necesario un factor de corrección con aceites que contienen una cantidad significativa de ésteres. Para tales aceites, se recomienda la siguiente fórmula estándar. (Guenther, 2019)

Ecuación 12-1: Porcentaje de linalool

$$\% alcohol = \frac{N * \frac{PM}{2}}{P - (N * 0,021)}$$

Donde:

N: se designa como el número de mL de K (OH) alcohólica utilizada en la saponificación.

P: se designa como el peso del aceite esencial acetilada en gramos.

PM: se designa como el peso molecular del alcohol considerado.

0,021: es el factor de corrección debido a la introducción del grupo acetilo en la esencia primitiva.

1.2.13. Característica cromatográficas y espectroscópicas utilizadas en los aceites esenciales

Los monoterpenos y sesquiterpenos es un buen número se puede cuantificar químicamente a partir de los datos cromatográfico especialmente cuando se aplica cromatografía de gases acoplado a un detector de masas ayudando a determina las sustancias volátiles presentes en los aceites esenciales, otros métodos espectroscopios importantes para determinar la legitimidad de un aceite esencial son las siguientes: infrarrojo, ultravioleta y resonancia magnética nuclear. (Sinclair, 1984 p. 37).

1.2.13.1. Espectroscopia ultravioleta-visible

La espectroscopia UV-VIS se utiliza para determinar el índice o línea CD esta técnica esta descrita por las normas ISO 4,735 para la calidad de los aceites esenciales, que es un parámetro útil para determinar la fracción no volátil del aceite esencial que generalmente está constituida por ceras, parafinas, cumarinas, furocumarinas y componentes de elevado peso molecular y parece estar relacionado con el tiempo que está el aceite en contacto con la corteza durante la expresión, ya que a mayor tiempo aumentan los materiales de desecho (Sinclair, 1984 p. 88).

El valor CD se determina por la distancia entre la máxima absorción y el punto que corta la tangente entre el mínimo y el punto de inflexión de la curva. Los valores anormalmente altos podrían indicar una contaminación con aceites de diverso origen, por el contrario, valores muy bajos determinarían una mayor presencia de terpenos (Querubina, 2007 p. 105).

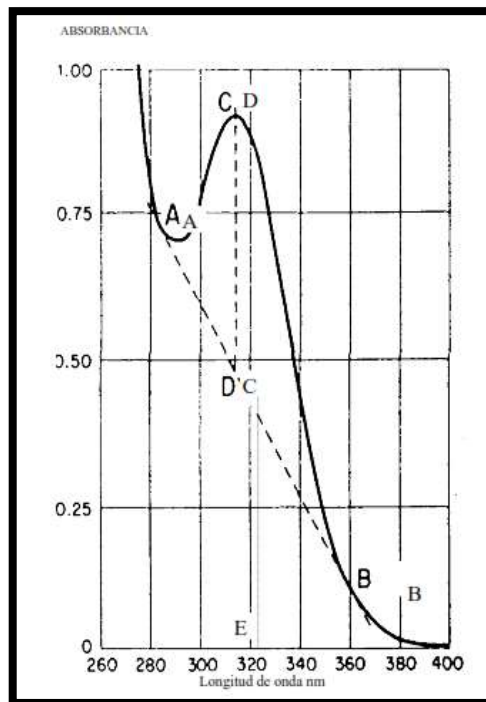


Ilustración 11-1: Espectro UV-vis
Fuente: (Querubina, 2007).

En los aceites esenciales de cítricos están constituidos en su mayor parte por cumarinas, furocumarinas, y el citral, determina el comportamiento característico en la zona de absorción del ultravioleta y ha sido utilizado para la puesta a punto de métodos de valoración de la calidad y para contribuir a determinar el origen geográfico, la tecnología empleada, la época de producción e incluso, a desvelar las sofisticaciones que escapan al análisis tradicional (Di Giacomo, et al., 1994 p. 87).

El método Cultrera, comúnmente conocido como “método Palermo”, consiste en la medida del porcentaje de la transmitancia entre longitudes de onda comprendidas entre 270 y 340nm, en intervalos de 10nm, de una disolución de aceite esencial al 0,05%(v/v) en alcohol etílico de 95°. Para los aceites esenciales puros, los valores de transmisión a diferentes longitudes de onda poseen valores comprendidos entre límites bien definidos (Querubina, 2007 p. 105).

El método Sale (1953), o “método americano”, mide la curva de absorbancia de una disolución en etanol de 95 °, de aceite esencial al 0,25%, en un intervalo de longitud de onda comprendido entre 270 y 390nm. En el caso de la bergamota, la disolución se hace al 0,1%, debido al alto contenido en cumarinas y furocumarinas de su aceite esencial (Querubina, 2007 p. 105).

El valor CD, como ya se ha dicho anteriormente, está influenciado por la acción, más o menos drástica, que se ejerce sobre la corteza durante el procesamiento, y obviamente de la adición de

terpenos, sobre todo de naranja que se pueden encontrar con facilidad. Es posible añadir sustancias, que presentan un espectro de absorción semejante al de los aceites esenciales, pero esto puede considerarse superado, desde la aplicación en el estudio el aceite esencial de las técnicas de cromatografía -siempre más sofisticadas-, que permiten la individuación de las sustancias extrañas al propio aceite esencial (Di Giacomo, et al., 1994 p. 88).

En el aceite esencial de limón los compuestos oxigenados heterocíclicos no volátiles, responsables del espectro característico de absorción en UV del aceite esencial del limón son estructuras de composición química bien conocida. Cada uno de ellos posee un punto diferente de máxima absorción en UV, dependerá pues de la concentración en la que se encuentre cada uno la variación en la absorción que aparezca en el espectro y por tanto podría ser un método útil de detección de anomalías la determinación de las variaciones de las concentraciones de los distintos compuestos oxigenados heterocíclicos presentes, de forma natural en el aceite esencial de limón a lo largo de la campaña. La composición que estos autores determinan en cumarinas y psoralenos es la mostrada en la Tabla (Querubina, 2007 p. 108).

Tabla 10-1: Composición de la fracción de cumarinas y psoralenos en aceites esenciales de limón.

Componente	ppm
Bergamotina	2,200
5-geraniloxi-7-metoxicumarina	1,600
isoimperatorina	180
5-isopenteniloxi-7-metoxicumarina	80
? (UV cumarina sustituida en 7)	10
citropteno	650
8-geranioxipsoraleno	750
felofterina + isoimperatorina	90
5-isopennteniloxi-8-epoxiisopentiloxipsoraleno	220
? (UV mal definido)	-
oxipeucedanina	1,100
byakangelicol	450
hidrato de oxipeucedanina	260
byakangelicina	70

Fuente: (Querubina, 2007).

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

1.2.13.2. Espectrometría infrarroja

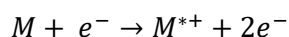
Las técnicas de espectroscopia infrarroja (IR) permiten conocer los principales grupos funcionales de la estructura molecular de un compuesto y son muy utilizadas actualmente por la industria. Tienen múltiples aplicaciones en agricultura, medioambiente, biotecnología, alimentación,

medicina o textiles, por citar algunos ejemplos. Comprende las longitudes de onda (λ) entre 780 nm y 106 nm y está dividida en tres regiones: IR cercano (NIR), donde se producen las absorciones debidas a sobretonos y la combinación de las bandas fundamentales, IR lejano (FIR), donde se producen las absorciones debidas a cambios rotacionales e IR medio (MIR), donde tienen lugar las vibraciones fundamentales, siendo esta región utilizada para la determinación estructural de compuestos orgánicos (Guenther, 2019).

Se obtiene el espectro infrarrojo en un intervalo de número de onda comprendido entre 4.000 y 626 cm^{-1} utilizando una celda óptica de cloruro de sodio de 0,025mm de espesor. El aceite esencial de limón ha sido estudiado por este método por Pennisi y Di Giacomo (1965) en limón italiano, Navarro (1962), aplica esta técnica junto a la determinación en UV, para desenmascarar adulteraciones, Bellanato et al. (1971) determinan las diferencias entre los procedentes de Italia, USA y España, y por último Carmona et al. (1974) estudian los espectros infrarrojos de las distintas fracciones del aceite esencial, para observar mejor los componentes minoritarios, ya que en el espectro total, la mayoría de las bandas corresponden al limoneno (Querubina, 2007 p. 108).

1.2.13.3. Espectrometría de masas

Se utiliza para la determinación de estructuras orgánicas y está relacionada con física y la química de las moléculas. La espectrometría de masa se basa en el choque de electrones de alta energía, que originan la ionización de las moléculas cuando colisiona con las muestras, es decir que la espectrometría se basa en los iones que se forma en un espectrómetro de masa, que puede detectar y ser registrado. Luego estos iones pueden identificarse, debido a la información estructural proporcionada (Durts, et al., 1985 p. 66).



Donde, M representa la molécula de analito y M^{*+} es su ion. Los positivos producidos por el choque de electrones son atraídos a través de la rendija hacia la primera placa de aceleración mediante una pequeña diferencia de potencial (por lo regular 5 V) que se aplica entre esta placa y las placas repulsoras, en los instrumentos de sector magnético se aplica a las placas aceleradoras potenciales elevados (10^3 a 10^4 V) que permiten a los iones alcanzar sus velocidades finales antes de entrar en el analizador de masas. Las fuentes comerciales para impacto de electrones son más complejas y pueden utilizar campos electrostáticos o magnéticos adicionales para manipular el haz de electrones o de iones (Skoog, et al., 2008 p. 557).

1.2.13.4. Cromatografía de gases

La cromatografía se define de forma general como el método de separación de especies químicas que están relacionadas entre sí: Además, se puede emplear para la identificación cualitativa y para la determinación cuantitativa de las es especies separadas (Skoog, et al., 2008 p. 558).

Existen dos tipos de cromatografías de gases: La cromatografía gas - líquido (CGL) y la cromatografía gas – sólida (CGS). La primera tiene gran aplicación en todos los campos de la ciencia; su denominación se suele abreviar a cromatografía de gases (CG), el aceite esencial en una columna de diámetro pequeño y longitud importante, como son las columnas capilares de pared recubierta (WCOT), permite la separación e identificación de los componentes de mezclas muy complejas como es el aceite esencial, y de una forma absolutamente sencilla, ya que al ser un producto de elevada volatilidad, puede ser sometido a ésta técnica sin necesidad de tener que actuar sobre la muestra, y evitando, por tanto, toda alteración en el producto original, cosa que no es usual en la mayoría de los métodos de fraccionamiento e identificación (Querubina, 2007). La segunda se basa en una fase estacionaria sólida en que la retención semipermanente de las moléculas activas o polares y a la obtención de picos de elución con colas muy notables. La formación de las colas es resultado de la naturaleza no lineal del proceso de absorción. Por lo tanto, esta técnica no ha encontrado una gran aplicación excepto para la separación de ciertas especies gaseosas de bajo peso molecular (Skoog, et al., 2008 p. 558).

En la cromatografía gas-líquido el analito se divide entre una fase móvil gaseosa y una fase líquido-inmovilizada sobre la superficie de un relleno sólido inerte o en las paredes de un tubo capilar, por primera vez en 1941 por Martin y Synge, quienes también perfeccionaron la cromatografía de distribución líquido – líquido (Skoog, et al., 2008 p. 558).

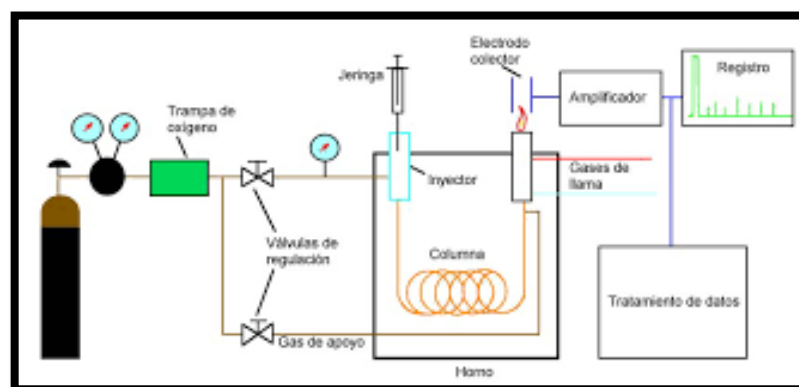


Ilustración 12-1: Esquema de un cromatógrafo de gases

Fuente: (Bolívar, 2018).

1.2.13.5. Cuantificación de aceites esenciales mediante cromatografía de gases acoplado a detector de masas

La cuantificación siempre ha sido un campo de estudio intensivo en química analítica. El enfoque convencional es el modelo de calibración univariado para un solo analito. Esencialmente, consiste en la correlación de las respuestas instrumentales con las concentraciones del analito objetivo. En la cromatografía de gases (GC), la respuesta instrumental es el área del pico, que se puede estimar mediante integración convencional (Querubina, 2007 p. 110).

Cuantificación de componentes

Para determinar la concentración de los compuestos se emplea la cuantificación mediante factor de respuesta. Mediante el método cromatográfico que realiza la determinación experimental del factor de respuesta de los compuestos mayoritarios a tres concentraciones diferentes de los patrones de D-limoneno y α -pineno, junto a una concentración fija de hexano, añadiendo una repetición más para alcanzar las 3 repeticiones por patrón. De este modo se calculó el factor de respuesta experimental de cada uno de estos compuestos respecto de dicho estándar interno (Querubina, 2007 p. 111).

La cuantificación del resto de compuestos se realiza de acuerdo con las orientaciones propuestas en el Simposio Internacional de Aceites Esenciales (ISEO 2016) por (Cachet, et al., 2016), en el que se aplica a los porcentajes de las áreas de los picos la corrección correspondiente al factor de respuesta de cada compuesto, calculado mediante la aplicación de ecuaciones empíricas basadas en parámetros termodinámicos y en la estructura molecular de cada compuesto (Querubina, 2007 p. 111).

La calibración es el proceso que permite confirmar que la señal medida por un instrumento es correcta. Se refiere al aseguramiento de que un instrumento y/o aparato funciona correctamente. La estandarización es el proceso por el que se determina experimentalmente la relación entre la señal y la cantidad de analito. Los métodos de estandarización pueden dividirse en dos tipos: los que utilizan estándares externos y los que utilizan estándares añadidos a la muestra.

Estándares externos: son los que utilizan uno o varios patrones externos que contienen concentraciones conocidas de analito. Se denominan así porque se separan y analizan separadamente de las muestras.

Estándares añadidos: se dividen a su vez en dos categorías: los que se denominan estándar interno y los de adición estándar. Los dos requieren añadir una cantidad conocida de estándar a cada muestra que se analiza.

Estándar interno: requiere adicionar el patrón a la muestra, así como a la disolución blanco. El estándar debe ser lo suficientemente diferente químicamente al analito, para que cuando se le detecte en el mismo experimento, no interfiera en el análisis y lo suficientemente similar para que tenga el mismo comportamiento. El estándar interno puede añadirse antes de la preparación de la muestra o antes de la medida.

Adición estándar: son cantidades fijas de analito que se añaden a cada muestra, después de una medida inicial, la medida se vuelve a realizar después de cada adición. Las adiciones y las medidas normalmente se llevan a cabo una o dos veces, y por extrapolación, se averigua la concentración de analito presente en la muestra al comienzo. La adición de los patrones, en este proceso, se realiza después de haber completado la preparación de la muestra. Para estandarizar un método se determina el valor de k ($k = S_{ref}/C_s$, siendo S_{ref} la señal y C_s la concentración conocida del analito) midiendo la señal de una o más referencias, para cada una de las cuales contiene una cantidad conocida de analito (Valcarcel, 1994 p. 203).

Curva de calibrado normal

Existen dos facetas de calibración en el análisis cualitativo, la calibración instrumental y la calibración metodológica, en la calibración instrumental: se realiza con estándares que no contienen el analito y se utiliza para asegurar el funcionamiento del instrumento empleado (Valcarcel, 1994 p. 204).

La calibración metodológica: se realiza con estándares que contienen el analito para establecer una relación entre las características fisicoquímicas del analito y las señales del instrumento para un proceso analítico se relaciona la señal y características del analito, de modo que la calibración se realiza al obtener la señal de respuesta como función de la concentración conocida del analito. Se representan los datos obtenidos y se obtiene la gráfica de la señal corregida frente a la concentración del analito. Lo normal es que la gráfica tienda a una línea recta, donde a medida que aumenta la concentración, la señal de respuesta es mayor (pendiente positiva). En el modelo de curva de calibración lineal, la pendiente vendrá dada por la ecuación matemática:

$$y = mx + b$$

Siendo: m la pendiente, x la concentración e y la señal de respuesta.

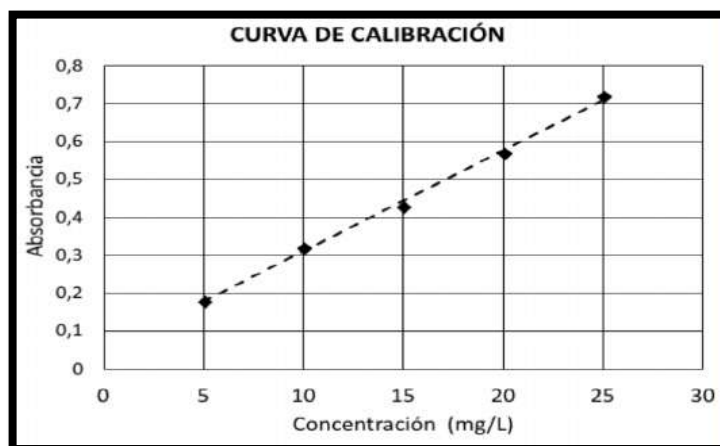


Ilustración 13-1: Curva de Calibración

Fuente: (Valcarcel, 1994).

La sensibilidad de calibración es la pendiente de la curva de calibrado. Por tanto, en una curva de calibrado lineal la sensibilidad es siempre la misma y no va a depender de la concentración, ya que para que se cumpla $y = mx + b$, las concentraciones deben tener una incertidumbre insignificante (Valcarcel, 1994 p. 204).

Preparación de patrones y obtención de los cromatogramas

Cuando se quiere cuantificar un compuesto presente en una muestra por el método del patrón externo, los pasos a seguir son los siguientes:

Preparar una serie de disoluciones de concentraciones crecientes, del patrón correspondiente al compuesto a cuantificar. El intervalo de concentraciones ha de ser similar a la concentración del analito en la muestra problema.

Inyectar el mismo volumen de cada una de las disoluciones patrón en el cromatógrafo, así como del extracto de la muestra. De esta forma tendremos los distintos cromatogramas de los patrones (un cromatograma para cada disolución patrón) y el cromatograma de la muestra.

Interpretación del cromatograma y cuantificación del analito

En el cromatograma de cada disolución patrón y en el cromatograma de la muestra saldrá el pico correspondiente al analito. El tiempo de retención del pico del analito será el mismo en todos los cromatogramas; sin embargo, el área será diferente dependiendo de la concentración de analito (Valcarcel, 1994 p. 207).

Para poder cuantificar el analito en la muestra con los datos del cromatograma se realiza lo siguiente:

- Lo primero que habrá que hacer es una tabla con la concentración de analito y el área correspondiente a cada concentración.
- Con estos datos se construirá la recta de calibrado, mediante la representación del área del pico frente a la concentración del compuesto.
- Con la ecuación de la recta podemos calcular la concentración de analito sustituyendo “y” por el área del pico del analito en el cromatograma de la muestra y despejando “x” que corresponde a la concentración de analito.

Validación para la cuantificación del aceite esencial

El método analítico para cuantificar los componentes del aceite esencial se validó bajo los criterios para la validación de métodos fisicoquímicos expedidos por la comisión de control analítico y ampliación de cobertura de la Secretaría de Salud (Universidad de Guadalajara, 2011 p. 30). Se determinó linealidad, límite de detección, límite de cuantificación y precisión para la validación del sistema. Para finalmente validar el método, se determinó exactitud, precisión y robustez.

Límite de detección Para determinar el límite de detección del sistema se utilizaron los valores obtenidos en la curva de calibración. La pendiente y la ordenada al origen se obtuvieron a partir del análisis de regresión. Primero, se estimaron los errores aleatorios en la dirección calculando el estadístico $S_{y/x}$ con la siguiente fórmula:

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum_i (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - 2}}$$

Donde:

\hat{Y}_i : Valor de la respuesta calculada

Y_i = valor de la respuesta

n = número de mediciones

Después, se determinó la desviación estándar de la ordenada al origen (S_a)

$$S_a = S \frac{y}{x} \sqrt{\frac{\sum_i x_i^2}{n \sum_i (x_i - \bar{x}_i)^2}}$$

Donde:

S_a = Desviación estándar de la ordenada al origen

\bar{x}_i = Media

x_i = valor de cada medición

n = número de mediciones

Para finalmente, estimar el límite de detección con la siguiente fórmula:

$$LD = \frac{3.3 \times S_a}{m}$$

Donde:

LD = Límite de detección

S_a = Desviación estándar de la ordenada al origen

m = Pendiente de la curva de calibración

Límite de cuantificación

Para determinar el límite de cuantificación del sistema se utilizaron los valores obtenidos en la curva de calibración. La pendiente y la ordenada al origen se obtuvieron a partir del análisis de regresión.

$$LQ = \frac{10 \times S_a}{m}$$

Donde:

LQ = Límite de cuantificación

S_a = Desviación estándar de la ordenada al origen

m = Pendiente de la curva de calibración

1.3. Bases conceptuales

Cítricos

Se le da el nombre de cítricos a todas las especies de los géneros Citrus, Fortunella y Ponirus. De todas las especies frutales tropicales y subtropicales, los cítricos son los más estudiados y los más cultivados mundialmente (Ellen, et al., 2000 p. 24).

Extracción

Son los diferentes métodos que se aplican para la separación de una sustancia o varias que se desea utilizar como materia prima o como objeto de estudio y están presentes en muestras sólidas o líquidas (Limber, 2009 p. 74).

Punto de ebullición

Es una propiedad física en la que la temperatura a la cual la presión de vapor del líquido (presión que ejerce la fase gaseosa sobre la fase líquida en un sistema cerrado a determinada temperatura) se iguala a la presión que rodea al líquido. Al ocurrir esto, el líquido se transforma en gas (Ferruz, 2005 p. 75).

Aceite esencial

Los aceites esenciales son producidos por las plantas, estas sustancias son consideradas metabolitos secundarios lipofílicos son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética (perfumes y aromatizantes), de alimentos (condimentos y saborizantes) y farmacéutica (saborizantes). Son de elevado peso molecular ya que está constituido por más de 100 diferentes sustancias químicas (Martinez, 2003 p. 18).

Parámetros de control calidad

Estos parámetros se dividen en parámetros físicos, químicos, espectroscópicos o cromatográfico, dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas que se desea analizar y sus propiedades físicas aportando información verdadera; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización diferentes metodologías para la determinación o estudio de sustancias (Orozco, et al., 2005 p. 113).

Residuos

Los residuos se definen en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) como aquellos materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido o semisólido, líquido o gaseoso y que se contienen en recipientes o depósitos; pueden ser susceptibles de ser valorizados o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la misma Ley (Nieves, et al., 2005 p. 25).

Absorbancia

Es un concepto más relacionado con la muestra puesto que nos indica la cantidad de luz absorbida por la misma, y se define como el logaritmo de $1/T$, en consecuencia: $A = \log 1/T = -\log T = -\log I_t / I_0$. Cuando la intensidad incidente y transmitida son iguales ($I_0 = I_t$), la transmitancia es del 100% e indica que la muestra no absorbe a una determinada longitud de onda, y entonces A vale $\log 1 = 0$. La cantidad de luz absorbida dependerá de la distancia que atraviesa la luz a través de la solución del cromóforo y de la concentración de éste (Nieves, et al., 2005 p. 27).

Sustancias estándar

Es aquella solución o disolución de un elemento o sustancia cualquiera que tiene una concentración conocida y es utilizado para una estandarización o una valoración ayudando a identificar la concentración real de una sustancia que está sujeta a estudios (Querubina, 2007 p. 130).

Solución alcohólica

Es aquella mezcla homogénea donde un soluto se disuelve principalmente con un alcohol especialmente se utilizar etanol, con el fin de agregar a otra sustancia que no es soluble en agua u

otro solvente, pero si es soluble en alcohol y así generando resultados precisos que no generan errores por la diferencia de polaridad entre sustancias (Quiroz, 2009 p. 24).

Análisis volumétrico

Se conoce también con el nombre de titulación o valoración y es método analítico cuantitativo utilizado a nivel de laboratorio que ayuda a la determinación de concentración de un analito a partir de un reactivo de concentración conocida. Los análisis volumétricos más utilizados en química analítica son acido-base o viceversa que consiste en la neutralización de exceso de la base o el ácido (Querubina, 2007 p. 131).

Punto de inflexión

El punto de inflexión de una función matemática es aquel punto en el que la gráfica que la representa cambia de concavidad. Es decir, pasa de ser cóncavo a ser convexo, o viceversa (Weatreicher, 2021).

Inyección Split

Es usado universalmente en GC, este inyector divide la muestra vaporizada en dos partes: una minoritaria que se transfiere a la columna y otra mayoritaria que se expulsa del inyector por la válvula de split. Un inconveniente de la inyección en split es la discriminación por masa molecular si la muestra contiene compuestos con un amplio espectro de pesos moleculares (Camacho, 2018).

1.4. Bases legales

1.4.1. Materias primas vegetales

De acuerdo con la monografía de la Farmacopea Europea, las materias primas vegetales pueden estar frescas, marchitas, secas, enteras, magulladas o en polvo, a excepción de las frutas del género Citrus, que deben procesarse siempre frescas (Quiroz, 2009 p. 26).

1.4.2. Normativas ISO para los aceites esenciales

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada

organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo.

ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

- ISO/TR 210, Aceites esenciales: Reglas generales de embalaje, acondicionamiento y almacenamiento.
- ISO/TR 211, Aceites esenciales: Normas generales para el etiquetado y marcado de los contenedores.
- ISO 212, Aceites esenciales: Muestreo.
- ISO 279, Aceites esenciales: Determinación de la densidad relativa a 20 °C - Método de referencia.
- ISO 280, Aceites esenciales: Determinación del índice de refracción.
- ISO 592, Aceites esenciales: Determinación de la rotación óptica.
- ISO 875, Aceites esenciales: Evaluación de la miscibilidad en etanol.
- ISO 1242, Aceites esenciales: Determinación del valor ácido.
- ISO 1271, Aceites esenciales: Determinación del índice de carbonilo. Método de la hidroxilamina libre.
- ISO 4715, Aceites esenciales: Evaluación cuantitativa de los residuos de la evaporación.
- ISO 4735, Aceites de limón: Determinación del valor CD por análisis de espectrometría ultravioleta.
- ISO 11024-1, Aceites esenciales — Orientación general sobre los perfiles cromatográfico para la representación de las normas. Parte 1: Preparación de los perfiles cromatográfico para la presentación de las normas.
- ISO 11024-2, Aceites esenciales — Utilización de los perfiles cromatográfico de las muestras de los aceites esenciales. Parte 2: Utilización de los perfiles cromatográfico de las muestras de los aceites esenciales.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. *Por el método de investigación*

El presente trabajo de titulación se designa como una investigación mixta, siendo estos cualitativos y cuantitativos, esto se debe a que las variables a estudiar son observables y medibles, en las características cualitativas que están presentes en el trabajo son las propiedades organolépticas (olor, color y sabor). Por otra parte, las características cuantitativas presentes en el trabajo son el rendimiento de obtención, propiedades físicas (densidad, índice de refracción, solubilidad, etc.); propiedades químicas (índice acidez, esteres, saponificación, acetilo); valor CD obtenido mediante espectroscopia UV-Vis, IR, perfil cromatográfico determinado por cromatografía de gases acoplado a detector masas (Querubina, 2007).

2.1.2. *Según el objetivo*

La investigación es de tipo aplicada, porque se pondrá en práctica técnicas y métodos ya establecidos anteriormente por otros autores sumando a esto los conocimientos adquiridos en la formación académica, permitiendo determinar con éxito así los parámetros de control de calidad en los aceites esenciales de naranja y limón obtenidos de residuos (Querubina, 2007).

2.1.3. *Según el nivel de profundización en el objeto de estudio*

Es de tipo explicativa, ya que se busca determinar cuál de los aceites esenciales obtenidos presentan mejor rendimiento de obtención de aceite esencial y mejores o iguales parámetros de calidad comparados con aceites esenciales comerciales y así estudiando el efecto que tendrán al manipular o combinación de las diferentes variables a estudiar.

2.1.4. *Según la manipulación de variables*

Es una investigación de tipo experimental debido a que las variables a estudiar se tendrán un completo control sobre ellas manipulando cada una de estas y conociendo cual combinación dará el mejor rendimiento de obtención de aceite esencial.

2.1.5. Según el tipo de inferencia

Nuestra investigación es de tipo deductiva, donde se va a seguir una serie de pasos lógicos que nos permita determinar las conclusiones, a partir de una serie de principios ayudando a identificar cuál de los aceites esenciales obtenidos a partir de residuos de cascaras de cítricos que fueron recolectados de basureros presentarán características similares o superiores al comparar resultados con aceites esenciales comerciales.

2.1.6. Según el periodo temporal

Es una investigación de tipo transversal, se realizará en un determinado tiempo con la finalidad de alcanzar los objetivos establecidos.

2.1.7. Por la condición de estudio

La investigación se llevará a nivel de laboratorio, ya que se tendrá control sobre las variables de estudio queriendo saber el mejor rendimiento de obtención de los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* y limón *citrus aurantifolia* en la cual se aplicará un tratamiento previo de las muestras con la utilización de tres solventes diferentes y a si recolectar resultados mediante la experimentación, siendo extraídos sus residuos cascaras recolectadas en basureros o contenedores comunes.

2.2. Diseño de la Investigación

La presente investigación, según la manipulación de variables, es de tipo experimental. Se analizará y manipularán las variables bajo un estricto control de las variantes externas, los residuos de cascaras serán recolectadas de basureros de locales donde se venden alimentos diariamente y de contenedores comunes en la ciudad de Riobamba. El primer paso es tratar de utilizar diferentes tipos de muestra cómo serán cascaras frescas, secas, liofilizada y la aplicación de tres diferentes solventes (agua, etanol 70%, éter etílico) para la extracción de aceite esencial.

Subsiguientemente se realizará el análisis estadístico aplicando el diseño experimental adecuado donde se determinará cual aceite esencial de naranja o limón tiene mejor rendimiento de obtención aplicando diferentes tratamientos con las variables establecidas.

2.2.1. Diseño experimental

El diseño experimental se lo define como un análisis estadístico preciso que estudia una gran variedad de efectos o situaciones que ocurren en una investigación, permitiendo cuantificar las causas y efectos que lo producen al manipular las variables a estudiar y dependerá de los factores y niveles a estudiar. Por esto, en la presenta investigación se aplicará el análisis univariado de varianza en base a un modelo factorial completo que nos ayudará a identificar cuál de las extracciones dará un mejor rendimiento o si existe una gran variación entre tratamientos.

Tabla 11-2: Factores a utilizar para la determinación del rendimiento de obtención de aceite esencial

FACTORES			
Factor A: tratamiento de muestras	Factor B: Solventes	Replicas	Obtención de resultados
- Muestras Frescas - Muestras secas - Muestras liofilizadas	- Agua - Etanol 70% - Éter etílico	3 réplicas con cada muestra y solvente.	Determinación de rendimiento de obtención de aceite esencial.

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 12-2: Tratamientos a aplicar para las diferentes extracciones de aceites esenciales

Tratamientos	A	B
Extracciones 1	Muestras frescas	- Agua - Etanol 70% - Éter etílico
Extracciones 2	Muestras secas	- Agua - Etanol 70% - Éter etílico
Extracciones 3	Muestras liofilizadas	- Agua - Etanol 70% - Éter etílico

Fuente: Cabezas y Noriega, 2022.

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Se define como las ciertas observaciones se suponen influenciadas por dos factores diferentes, a y b, admitiendo el primero k niveles y n el segundo. Para cada una de las k, n combinaciones posibles de ambos factores se realizan p observaciones, obteniéndose una matriz de resultados de la forma.

$$\begin{pmatrix}
 y_{111}, & y_{112}, & \dots, & y_{11p} \\
 y_{121}, & y_{122}, & \dots, & y_{12p} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots
 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} y_{k,n-1,1}, y_{k,n-1,2}, \dots, y_{k,n-1,p} \\ y_{k,n,1}, y_{k,n,2}, \dots, y_{k,n,p} \end{pmatrix}$$

Donde Y_{ijr} es el valor observado en la r -ésima réplica realizada al aplicar el i -ésimo nivel de a , factor fila, y el j -ésimo de b , factor columna.

Ecuación 1-2: Modelo que se ajusta

$$y_{ijr} = m + a_i + b_j + (ab)_{ij} + u_{ijr},$$

Siendo m la media global, a_i y b_j los coeficientes asociados a sus respectivos niveles, $(ab)_{ij}$ las interacciones y u_{ijr} los errores aleatorios independientes, distribuidos normalmente, con media nula y varianza común σ^2 .

Ecuación 2-2: Hipótesis adicionales son

$$\sum_{i=1}^k a_i = \sum_{j=1}^n b_j = \sum_{i=1}^k (ab)_{ij} = \sum_{j=1}^n (ab)_{ij} = 0$$

El modelo propuesto incorpora ciertos parámetros que es necesario estimar:

Ecuación 3-2: La media global m , cuyo estimador es

$$\hat{m} = \bar{y}_{...} = \frac{1}{knp} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^p y_{ijr}$$

Ecuación 4-2: Los coeficientes a_i asociados al factor alfa

$$\hat{a}_i = \bar{y}_{i...} - \bar{y}_{...} = \frac{1}{np} \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^p y_{ijr} - \hat{m}$$

Ecuación 4-2: Los coeficientes b_j asociados al factor beta

$$\hat{b}_j = \bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...} = \frac{1}{kp} \sum_{i=1}^k \sum_{r=1}^p y_{ijr} - \hat{m}$$

Ecuación 5-2: Los coeficientes $(ab)_{ij}$ asociados a las interacciones entre los factores

$$(ab)_{ij} = \widehat{\bar{y}_{ij.}} - \hat{a}_i - \hat{b}_j - \hat{m}$$

Ecuación 6-2: La varianza común, cuyo estimador insesgado es la varianza residual

$$S_R^2 = \frac{1}{k n(p-1)} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^p (y_{i j r} - \hat{m} - \hat{a}_i - \hat{b}_j - (\widehat{a b})_{i j})^2$$

Los contrastes de interés se reducen a chequear si realmente las respuestas se ven influenciadas por los efectos a y b, así como de sus interacciones.

En el primer caso, la hipótesis nula es

- H_{0a} : "el efecto fila es nulo: $a_i = 0$, para todo i "

frente a la alternativa:

- H_{1a} : "alguno de los niveles del efecto a no es nulo".

Ecuación 7-2: El estadístico de contraste es

$$A = \frac{n p}{s_R^2(k-1)} \sum_{i=1}^k \hat{a}_i^2$$

Que se distribuye como una $F_{k-1, kn(p-1)}$ de Snedecor.

2.2.1.1. Identificación de variables

Variable independiente

- Métodos de obtención
- Solventes
- Muestras

Variables dependientes

- Rendimiento
- Características físicas
- Características químicas
- Características espectroscópicas
- Perfil cromatográfico

2.2.1.2. Planteamiento de la hipótesis

Las propiedades organolépticas, físicas-químicas, espectroscópicas y perfil cromatográfico de los aceites esenciales de naranja *Citrus Sinensis* y limón *Citrus Aurantifolia* obtenidos a partir de residuos de cascaras recolectados de basureros y contenedores de basura, presentan resultados iguales o superiores al ser comprados con los resultados obtenidos de los aceites esenciales comerciales de los mismos cítricos de las marcas reconocidas AURA CAICA y QUIMOLAB, RINCÓN DEL QUÍMICO.

2.2.1.3. Matriz de consistencia

Tabla 13-2: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p>General ¿Los aceites esenciales obtenidos a partir de los residuos de cascara de naranja y limón presentaran elevados rendimientos de extracción con buenas características de calidad como una fuente de rentabilidad al establecer un valor agregado?</p>	<p>General Determinar los parámetros de control de calidad de los aceites esenciales obtenidos a partir de residuos de cascara de naranja Citrus sinensis y limón Citrus aurantifolia</p>	<p>General Los aceites esenciales obtenidos a partir de residuos de cascara de naranja y limón presenta una rentabilidad al tener un valor agregado.</p>	<p>Dependiente Parámetros de calidad Indicadores Químicos, Físicos Independiente Métodos de obtención Indicadores Arrastre de vapor, Método Soxhlet</p>
<p>Específico 1 ¿El porcentaje de rendimiento de extracción de aceite esencial tendrá similitud entre las diferentes muestras y solventes a utilizar para la obtención de aceite esencial de los residuos de cascara de naranja y limón?</p>	<p>Específico 1 Obtener para cada uno de las diferentes muestras y diferentes solventes a utilizar el porcentaje de rendimiento de extracción de los aceites esenciales de los residuos de cascara de naranja Citrus sinensis y limón Citrus aurantifolia.</p>	<p>Específico 1 Los diferentes aceites esenciales extraídos de los residuos de cascara de naranja Citrus sinensis y limón Citrus aurantifolia presentan similitud en su porcentaje de rendimiento de extracción de aceite esencial.</p>	<p>Dependiente Rendimiento Indicadores % Independiente Muestras secado, Solventes Indicadores Frescas, Ambiente, Liofilización Etanol, Agua, Éter etílico</p>
<p>Específico 2 ¿Los parámetros organolépticos, físicos y químicos de los aceites esenciales obtenidos de los residuos de cascara de naranja y limón presentaran similitud con al comparar con aceites esenciales de naranja y limón comerciales?</p>	<p>Específico 2 Comparar los parámetros físicos, químicas y organolépticas de los aceites esenciales obtenidos a partir de residuos de cascara de naranja Citrus sinensis y limón Citrus aurantifolia con aceites esenciales comercial de los mismos cítricos.</p>	<p>Específico 2 Los parámetros físicos, químicos y organolépticas obtenidos de los aceites esenciales de residuos de cascara de naranja y limón tienen semejanzas con respecto a los parámetros organolépticos, físico y químicos de aceites esenciales comerciales.</p>	<p>Dependiente Parámetros Organolépticas, químicos y físicos Indicadores Color, sabor, olor, Densidad Punto congelación, Índice de refracción, Solubilidad en etanol. Índice de saponificación, acides, alcoholes. Independiente Aceites comerciales</p>
<p>Específico 3 ¿Los aceites esenciales extraídos a partir de diferente tipo de muestra y</p>	<p>Específico 3 Determinar el valor CD mediante espectrometría ultravioleta,</p>	<p>Específico 3 Los aceites esenciales obtenidos a partir de residuos de cascara de naranja y limón</p>	<p>Dependiente Espectroscopia IR, UV-Vis y cromatográfica</p>

solventes de los residuos de cascará de naranja y limón se podrá determinar el valor CD mediante espectrometría ultravioleta, espectrograma IR y perfil cromatográfico?	espectrograma IR y perfil cromatográfico de cada uno de los aceites esenciales obtenidos por diferentes métodos de secado y diferentes solventes	presentan las mismas carteristas con respecto al valor CD determinado mediante espectrometría ultravioleta, espectrograma IR y perfil cromatográfico de cada uno de los aceites esenciales obtenidos por diferentes métodos de secado y diferentes solventes.	Indicadores Longitud de onda, tiempo de retención, absorbancia <u>Independiente</u> Muestras Indicadores Cascara de naranja y cascara de limón
---	--	---	--

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

2.2.1.4. Operacionalización de variables

Tabla 14-2: Operacionalización de variables

Variables	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Métodos/instrumentos
Independiente Parámetros de Calidad en aceites esenciales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Normas SENA de Colombia ➤ Normas ISO 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Organolépticas ➤ Químicas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Color, Olor,Sabor ➤ Índice de acidez ➤ Índice deEsteres ➤ Índice de Saponificación ➤ Índice de Fenoles ➤ Índice de acetilo 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Métodos: Definición de calidad ➤ Instrumentación: Olfato, Vista,Examinar. ➤ Método: Determinar su neutralidad ➤ Instrumentación: Titulación ácidobásico ➤ Método: Determinar su neutralidad ➤ Instrumentación: Titulación ácidobásico ➤ Método: Hidrolisis básica de ácidosgrasos ➤ Instrumentación: Titulación ácidobásico ➤ Método: Determinar la capacidad dereacción en pH básico ➤ Instrumentación: Centrifugación y Decantación ➤ Método: Determinar grupos OH ➤ Instrumentación: Ebullición y Decantación

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Físicas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Índice de Refracción ➤ Densidad 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Método: Determinación de IR ➤ Instrumentación: Refractómetro digital ➤ Método: Picnómetro ➤ Instrumentación: Balanza analítica y picnómetro
--	--	---	--	--

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

2.2.1.5. Localización de estudio

El presente trabajo de investigación se desarrollará en los laboratorios de productos naturales, investigación y análisis instrumental en la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior de Chimborazo ubicada en la Panamericana Sur km 1 1/2 del Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

2.2.1.6. Población de estudio

Para la investigación, la población de estudio se considera los residuos de cascara de naranja *Citrus sinensis* y limón *Citrus aurantifolia* que son arrojados a basureros comunes donde se preparan alimentos diariamente y contenedores de basura que se encuentran cerca de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y lugares populares de la ciudad de Riobamba.

2.2.1.7. Tamaño de la muestra

Se trabajó con 1500 g de cascara de naranja y con 2000 g de cascara de limón para muestra fresca y seca en la muestra liofilizada con 450 g y en la extracción éter etílico con 350 g que serán utilizados para cada uno de los tratamientos que se aplicará en nuestra investigación con el objetivo de tener suficiente aceite esencial para determinar los demás análisis requeridos.

2.2.1.8. Técnica de recolección de datos

El método que se utilizará es el muestreo aleatorio simple, que se realiza mediante la toma de una porción representativa para la investigación.

2.3. Parte experimental

2.3.1. Muestreo

Se recolectó alrededor de 1000 a 2000 gramos diariamente de residuos de cascara de naranja *Citrus Sinensis* y limón *Citrus Aurantifolia* de basureros de diferentes establecimientos comerciales donde se preparan alimentos diariamente en diferentes ubicaciones de la ciudad de Riobamba, conjuntamente también se recolectó los residuos de cascara de contenedores de basura que se encuentran aledaños a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Una característica fundamental e importante que se tomó en cuenta al recolectar las cascara fueron las siguientes: su coloración fue propia de la fruta, excelente estado, no presentaron daños y los

que presentaron en pequeñas cantidades fueron removidos. El siguiente paso fue limpiar las cascaras de los cítricos retirando las impurezas o restos de materia vegetal que se encuentran en los segmentos de los cítricos, para finalizar se realizó la limpieza con abundante agua para así remover los restos de tierra u otras sustancias orgánicas que se encuentren impregnadas en las cascaras y sean removidas completamente a continuación se procedió a retirar la pulpa junto con sus semillas quedando solo la cascaras totalmente limpias. Las cascaras fueron trituradas por separado la de limón con la de naranja, la trituración se realizó con una licuadora industrial marca Oster, en este paso no se agregó ningún solvente.

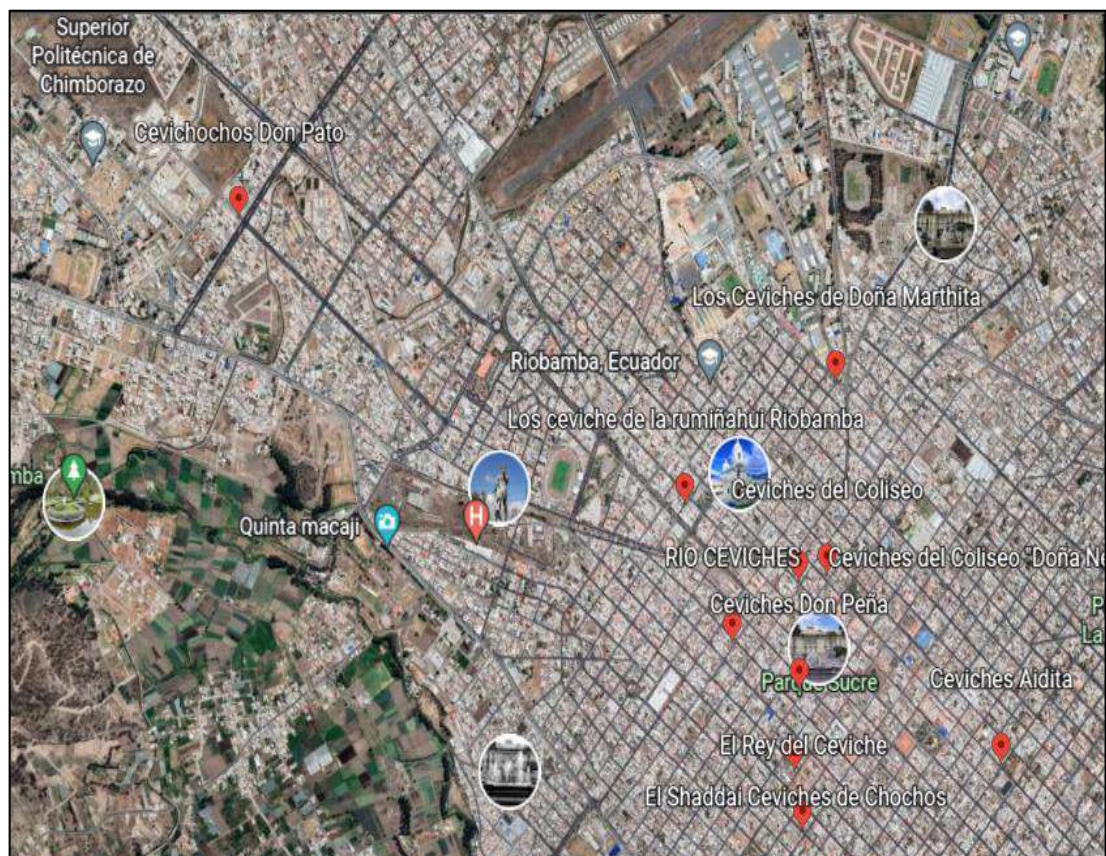


Ilustración 1-2: Diferentes localizaciones en donde se recolecto las muestras

Fuente: Google Maps, 2022.

2.3.2. Tratamiento de las cascaras

Las cascaras de naranja *Citrus Sinensis* y limón *Citrus Aurantifolia*, se utilizó muestras frescas, seca utilizando un secado por estufa con recirculación de aire y deshidratadas por el método de liofilización, para los diferentes tratamientos se utilizarán los siguientes solventes agua, etanol al 70 % y éter etílico para las extracciones de aceite esencial.

2.3.3. Extracción de aceite esencial

2.3.3.1. Extracción por el método arrastre de vapor con agua

La técnica utilizada para la extracción de aceite esencial fue por arrastre por vapor para este método se utilizó una trampa de dean – stark con acople esmerilado de dimensiones 24/40 conjuntamente unido aun condensador refrigerante tipo lineal que ayudó condensando los vapores, en un balón de ebullición de 6 litros marca PYREX se colocó aproximadamente 1500 gramos de cascara trituradas de naranja o 2000 gramos de cascara trituradas de limón se agrega 3 litros de solvente cubriendo toda la muestra, se llevó a ebullición por 1 hora con la ayuda de una plancha eléctrica de calentamiento. El aceite esencial recolectado se purifico eliminando cualquier rastro de solvente o impurezas mediante un embudo de decantación y se trasvasando aun frasco color ámbar de 30 mL para su almacenamiento.

2.3.3.2. Extracción por el método arrastre de vapor con etanol al 70%

Para la extracción de aceite esencial con etanol se utilizó los mismo materiales descritos anteriormente, optando por realizar una solución de 1,5 litros de etanol al 70% y se llevó a ebullición, se acumuló todo el solvente con aceite esencial extraído en un vaso de precipitación de 2000 mL adicionalmente se agregó aproximadamente 300 mL de agua destilada al solvente acumulado se dejó reposar por un día, concluido este tiempo se eliminó la fase acuosa trasparente y la solución resultante se trasvaso a un embudo de decantación de 500 mL y dejar reposar nuevamente por 72 horas y se observó dos fases posteriormente se desechó la fase acuosa trasparente y se recolecto el aceite esencial. El aceite esencial recolectado se purifico y se eliminó cualquier rastro de solvente o partículas extrañas, trasvasando el aceite esencial obtenido a frascos ámbar de 30 mL.

Tabla 16-2: Diferentes tratamientos para la extracción de aceite esencial

TRATAMIENTO	MUESTRAS	SOLVENTES
T1	Muestras frescas	Agua destilada
T2	Muestras secas	Agua destilada
T3	Muestras liofilizadas	Agua destilada
T4	Muestras frescas	Etanol al 70%
T5	Muestras secas	Etanol al 70%
T6	Muestras liofilizadas	Etanol al 70%

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

2.3.3.3. Extracción continua por Soxhlet

Para la extracción con éter etílico se realizó por el método extracción continua por Soxhlet, el primer paso fue realizar dedales de 8 cm de largo con papel filtro, se pesó aproximadamente 70 gramos de cascaras trituradas y se colocó en el dedal este paso se repitió varias veces hasta completar un peso aproximadamente de 300 g de muestra para poder mejorar el rendimiento de extracción para cada dedal con muestra se cubrió su superficie con algodón y se colocó el dedal dentro del extractor de 500 mL y se acoplo a este un balón de ebullición de 500 mL, se adiciono 500 mL de éter etílico dentro del extractor, el solvente paso al balón de ebullición a través del sifón del extractor, completado este proceso se calentó a baño maría y a temperatura menor a los 50 °C empezó la extracción por 30 minutos y el solvente haya recirculado 3 veces por la muestra se procede a cambiar de dedal con la misma muestra hasta completar los 300 g completado el proceso el solvente se quedó en el extractor y se observó en la base del balón una sustancia de color amarillo intenso para poder lograr extraerlo, se retiró el balón con la sustancia amarillenta y con poco solvente agitando suavemente se trasvaso a un frasco color ámbar de 30 mL se dejó destapado por 5 minutos al aire libre volatilizado el exceso de éter etílico se retornó a tapar el frasco permaneciendo solo la sustancia amarilla.

Tabla 17-2: Diferentes tratamientos para la extracción de aceite esencial

TRATAMIENTO	MUESTRAS	SOLVENTES
T7	Muestras frescas	Éter etílico
T8	Muestras secas	Éter etílico
T9	Muestras liofilizadas	Éter etílico

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

2.3.4. Determinación de las características organolépticas

2.3.4.1. Olor

Se utilizó el método de olfatometría sensorial por medio del olfato, para ello se agito suavemente el embace del aceite esencial a olfatear, se destapo el frasco y con suaves movimientos de la mano durante 5 segundos se acercó la nariz y se empozo a olfatear, conjuntamente se procedió analizar los olores de cada uno de los aceites esenciales de naranja y limón.

2.3.4.2. Sabor

Se determinó el sabor de los aceites esenciales colocando un aproximado de 2 a 3 gotas en la lengua con la ayuda de un gotero y se procedió a analizar sus sabores.

2.3.4.3. Color

La apreciación visual se realizó para cada uno de los aceites esenciales se colocó aproximadamente 5 mL de aceite esencial en un vaso de precipitación de 10 mL y se realizó la observación minuciosa de color o presencia de impurezas presentes en los aceites esenciales.

2.3.5. Determinación de las propiedades físicas

2.3.5.1. Determinación de densidad relativa

Se determinó la densidad relativa a 20 °C para los diferentes aceites esenciales, se utilizó la norma ISO 279, utilizando un picnómetro de 10 mL se lo limpio correctamente y se lo seco en una estufa a 50 °C por 20 minutos, pasado ese tiempo se le dejo enfriar a temperatura ambiente se procede a limpiar el exterior del picnómetro con una paño seco libre de fibras con la ayuda de guantes se procedió hacer la primera medición colocando el picnómetro vacío con su capilar en una balanza analítica anotando el peso del picnómetro vacío, a continuación se llena el picnómetro con agua destilada hasta el borde del picnómetro se colocó el capilar se secó la superficie del picnómetro y se procedió a medir su peso, para la última medición se procedió secando el picnómetro en la estufa ya secado y enfriado se llenó el picnómetro con aceite esencial se colocó el capilar se secó la parte externa del picnómetro y se procedió a pesar. Para determinar la densidad relativa de los diferentes aceites esenciales se utilizó la siguiente formula.

Ecuación 8-2: Calculo para la determinación del índice de acidez

$$\rho_{20} = 0,99718 \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0}$$

Dónde:

P₀: se denomina el peso en gramos del picnómetro vacío.

P₁: se denomina el peso en gramos del picnómetro lleno con agua destilada a 20 °C.

P₂: se denomina el peso en gramos del picnómetro lleno con aceite esencial a 20°C.

2.3.5.2. Determinación del índice de refracción

Para determinar el índice de refracción de los aceites esenciales se utilizó el equipo marca KYOTO RA-620, utilizando la técnica descrita por la norma ISO 280, se inició realizando una calibración del equipo con agua destilada a 20 °C, realizado la calibración se colocó dos gotas de aceite sobre el prisma y se procedió hacer las lecturas.

2.3.5.3. Determinación de la miscibilidad en etanol

Se aplicó la norma ISO 875 para determinar la solubilidad de los aceites esenciales donde se procedió preparando soluciones de etanol al 96 %, 90%, 85%, 80%, se inició colocando 1mL de aceite esencial en un tubo de ensayo y mediante una bureta de 10 mL en proporciones pequeñas se añadió etanol en cada adición se agitaba por 30 segundos, se observó una disolución clara y se procedió a notar el volumen que se gastó de etanol y se continuo añadiendo etanol hasta que se completó los 10 mL para observar si hay entubamiento posterior. Para determinar su graduación, si el aceite esencial presento una solubilidad menos de un volumen se lo denomino G-5 y si su solubilidad es mayor se denomina como G+5.

2.3.5.4. Determinación del punto de congelación

Se procedió colocando todos los aceites esenciales en una nevera, se midió la temperatura con la ayuda de un pirómetro verificando que la temperatura este en -50 °C y se dejó los aceites esenciales por 24 horas pasado este tiempo los aceites esenciales que se solidificaron fueron aislados y se anotó la temperatura de cambio, a continuación con los aceites esenciales no solidificados se colocó tres gotas de aceite esencial en un recipiente de vidrio y se rego una pequeña cantidad de nitrógeno líquido, se observó que el aceite esencial este completamente solidificado y se midió la temperatura.

2.3.6. Determinación de las propiedades químicas

2.3.6.1. Determinación del índice de acidez

Se realizó la valoración con la técnica descrita por Guenther para la neutralización de ácidos libres, se inició pesando con exactitud 2 g de aceite esencial en un matraz Erlenmeyer de 150 mL y se añadió 30 mL de etanol al 96% contiguo con 2 gotas de una solución alcohólica de fenolftaleína al 1 % y se procedió a titular con una solución acuosa de hidróxido de potasio a 0,1 M con la ayuda de una bureta de 10 mL se hizo gotear lentamente (una gota cada 10 segundos)

se agito suavemente el matraz Erlenmeyer hasta el cambio de coloración a un rosa pálido que fue el punto final de la valoración. Además, se hace una valoración de blanco con las mismas condiciones realizadas, donde se añadió los 30 mL de etanol al 96 % con dos gotas de fenolftaleína sin aceite esencial y se procedió a titular con la solución acuosa de hidróxido de potasio. Se puede utilizar una de las siguientes ecuaciones para determinar los siguientes resultados.

- Ecuación 9-2: Calculo para la determinación índice de acidez

$$IA = \frac{5,61 * (V_0 - V_1)}{m}$$

- Ecuación 10-2: Calculo determinación índice de acides con solución de KOH estandarizado

$$IA = \frac{56.1 * V * [C]}{m}$$

- Ecuación 11-2: Calculo para la determinación del porcentaje de acidez libre

$$\% \text{ Acidez libre} = \frac{PM * (V_0 - V_1)}{100 * m}$$

Dónde:

56,1: se designa como los miliequivalentes de KOH expresados en mg.

V_0 : se designa como el volumen en mL de la solución acuosa de hidróxido de potasio 0.1M requerido para neutralizar los ácidos libres en la corrida del blanco.

V_1 : se designa como el volumen en mL de la solución acuoso de hidróxido de potasio requerido para neutralizar los ácidos libres en la corrida de la muestra.

m: se designa como los gramos pesados de aceite esencial.

[C]: se designa como la concentración molar de la solución acuosa estandarizada de hidróxido de potasio.

PM: se designa como el peso molecular de ácido que se requiere calcular.

2.3.6.2. Determinación del índice de esteres

Se realizó la saponificación con calor con la técnica descrita por Guenther, en un balón de ebullición se 200 mL se pesó con exactitud 1,5g de aceite esencial se añadió 50 mL de etanol al 96% con 2 gotas de la solución alcohólica de fenolftaleína al 1% y se neutralizo los ácidos libres como se describió en la determinación del índice de acidez con la solución acuosa de hidróxido de potasio a 0.1M, el paso siguiente que se efectúo fue añadir 10 mL de una solución acuosa de hidróxido de potasio 0.5M con la ayuda de una pipeta volumétrica, se coloca un condensador refrigerante y se procedió a calentar a baño María y a reflujo por 1 hora, se deja enfriar por 15

minutos a temperatura ambiente y se procede a titular el exceso de álcali con una solución acuosa de ácido sulfúrico 0,5M agitando suavemente hasta que la coloración rosada desaparezca y se anotó el volumen de ácido utilizado. La valoración del blanco se realizó en las mismas condiciones realizadas anteriormente y se anotó el volumen de ácido utilizado.

- Ecuación 12-2: Cálculo para la determinación índice de esteres

$$IE = \frac{28,05 * (V_0 - V_1)}{m}$$

- Ecuación 13-2: Cálculo para la determinación porcentaje de esteres

$$\% \text{ ester} = \frac{(V_0 - V_1) * PM}{20(m)}$$

Dónde:

V_0 : se designa como el volumen en mL del ácido sulfúrico acuoso requerido para neutralizar el exceso de hidróxido de potasio en la corrida del blanco.

V_1 : se designa como el volumen en mL del ácido sulfúrico acuoso requerido para neutralizar el exceso de hidróxido de potasio en la corrida de la muestra.

m : se designa como los gramos pesados de aceite esencial.

PM : se designa como el peso molecular del éster

2.3.6.3. Determinación del índice de saponificación

La determinación del índice de saponificación se realizó una suma entre en índice de acidez y el índice de esteres descrito por las normas SENA de Colombia para la determinación de parámetros de calidad en los aceites esenciales siendo la ecuación a utilizar la siguientes.

- Ecuación 14-2: Cálculo para el índice de saponificación

$$IS = IE + IA$$

Además, se puede utilizar la siguiente ecuación para el cálculo del índice de saponificación a partir de los volúmenes para la saponificación obtenidos en el índice de esteres.

- Ecuación 15-2: Cálculo para el índice de saponificación con la concentración estandarizada del ácido

$$IS = \frac{56,1 * (V_0 - V_1) * [C]}{m}$$

Dónde:

56,1: se designa como los miliequivalentes de KOH expresados en mg.

V₀: se designa como el volumen en mL del ácido sulfúrico acuoso estandarizado requerido para neutralizar el exceso de KOH en la corrida del blanco.

V₁: se designa como el volumen en mL del ácido sulfúrico acuoso estandarizado requerido para neutralizar el exceso de KOH en la corrida de la muestra.

m: se designa como los gramos pesados de aceite esencial.

[C]: se designa como la concentración molar del ácido sulfúrico 0,5M estandarizada.

2.3.6.4. *Determinación de índice de acetilos y linalool*

Determinación de índice de acetilos

Se aplicó la técnica descrita por Guenther y se inició pesando exactamente 10g de aceite esencial se colocó en un balón de ebullición de 250 mL añadiendo 10 mL de anhídrido acético junto con 2g de acetato de sodio y se colocó un condensador refrigerante y se hizo hervir por 1 hora a reflujo en un baño de aceite de vaselina con la ayuda de una plancha eléctrica que superaba los 350 °C y observando que el acetato de sodio se disolviera para que refleje en el tiempo establecido, se dejó que el balón de ebullición se enfrié por 15 minutos a temperatura ambiente y por medio de la parte superior refrigerante se agregó lentamente 50 mL de agua destilada y se procedió de nuevo a calentar por 15 minutos para destruir el exceso de anhídrido acético esta solución se pasó a un embudo de decantación de se procedió agregar 50 mL de agua y agitando rápidamente hasta que se observó las dos fases se realizaron en total 4 lavados y se procedió a eliminar la fase acuosa procediendo a trasvasar el aceite esencial acetilado y agregando una pequeña cantidad de sulfato de sodio anhídrido para deshidratar el aceite esencial acetilado y se procedió hacer un filtrado, obtenido el aceite esencial acetilado se procedió a pesar y anotar su valor. Se realizó una neutralización de los ácidos libres pero esta vez se añadió 200 mL de etanol al 96%, 2 gotas de fenolftaleína titulando con la solución acuosa de hidróxido de potasio 0.1M, el último paso a realizar fue la saponificación con el mismo tratamiento descrito anteriormente en la determinación del índice de esteres y también se realizó el análisis del blanco en las mismas condiciones para la saponificación. La ecuación utilizada para determinar el valor del índice de acetilo fue la siguiente.

- Ecuación 16-2: Cálculo para el índice de acetilos

$$I. Ac. = \frac{28,05 * (V_0 - V_1)}{m}$$

Dónde:

V₀: se designa como el volumen en mL del ácido sulfúrico acuoso requerido para neutralizar el exceso de álcali o hidróxido de potasio en el blanco.

V₁: se designa como el volumen en mL del ácido sulfúrico acuoso requerido para neutralizar el exceso de álcali o hidróxido de potasio en la muestra acetilada.

m: se designa como el peso, en gramos, del aceite acetilado usado en la saponificación.

Determinación del porcentaje de linalool

Para determinar el porcentaje de linalool se utilizó la ecuación descrita por el autor (Serio, 1952) para aceites esenciales que contengan linalool en la cual se utiliza el factor de corrección 0,021 debido a que en la reacción tubo la introducción del grupo funcional acetilo en el aceite esencial principal a estudiar.

Ecuación 17-1: Cálculo para el porcentaje de linalool

$$\% alcohol = \frac{N * \frac{PM}{2}}{P - (N * 0,021)}$$

Donde:

N: se designa como el número de mL de hidróxido de potasio utilizado en la saponificación.

P: se designa como el peso del aceite esencial acetilada en gramos.

PM: se designa como el peso molecular del alcohol considerado.

0,021: es el factor de corrección debido a la introducción del grupo acetilo en la esencia primitiva.

2.3.7. Determinación del valor CD mediante espectroscopia UV-Vis

La determinación del valor CD se realizó con el espectrómetro UV-Vis de la marca Thermo Scientific Evolution 220 y siguiendo la técnica descrita por la norma ISO 4.735, ajustando el equipo en el rango de longitud de onda de 270 nm a 400 nm, se procedió a preparar la solución pesando exactamente 250 mg de aceite esencial y se agregó en 100 mL de etanol al 96% agitando suavemente para que se homogenice, con la ayuda de una celda de cuarzo se colocó aproximadamente 3 mL y se realizó la medición de absorbancia del blanco (etanol al 96%) y

luego la medición de absorbancia de la solución preparada en el mismo rango de longitud de onda. Para calcular el valor CD de las mediciones realizadas se guardó los archivos en formato CCV para utilizarlo en el software Excel y se procedió a caruncular el punto de inflexión para ellos se realizó la primera derivada y segunda derivada a partir de los datos de absorbancias obtenidos del aceite a estudiar, los resultados obtenidos se graficaron y se escogió el punto más alto de la curva o intersección siendo la longitud de onda del punto de inflexión y se procedió a realizar el cálculo como describe el autor Albaladejo “se establece por el recorrido entre la máxima absorción y el punto que corta la tangente entre el mínimo y el punto de inflexión de la curva” (Querubina, 2007).

```

10 INPUT "Abs max"; YM
20 INPUT "λmax"; XM
30 INPUT "Abs min"; YA
40 INPUT "Abs inf"; YB
50 INPUT "λmin"; XA
60 INPUT "λinf"; XB
70 A=(YA-YB)/(XA-XB)
80 B= YB- A . XB
90 PRINT "Parametro A="; A
100 PRINT "ParametroB="; B
110 Y= A . XM + B
120 YF= YM-Y
130 (L) PRINT "CD="; YF
140 RETURN

```

Ilustración 2-2: Formulación para la determinación del valor CD

Fuente: (Querubina, 2007).

2.3.8. *Determinación espectroscópica infrarrojo (IR)*

Los aceites esenciales fueron completamente puros y se realizó la determinación de grupos funcionales con la ayuda del espectrómetro de infrarrojo de la marca JASCO FT/IR-4100 en el rango de número de onda de 560 cm⁻¹ a 4000 cm⁻¹.

2.3.9. *Determinación de perfil cromatográfico*

2.3.9.1. *Determinación de las sustancias volátiles presentes en los aceites esenciales*

Este análisis se lo llevo cabo en centro de investigación de la Universidad Estatal de Bolívar ubicado en la ciudad de Guaranda, el equipo utilizado fue de la marca Agilent Technologies

7890A acoplado a un detector de masas 5977A MSD las siguientes condiciones cromatográficas para la determinación de compuestos volátiles fue “utilizar la columna HP-5MS con una longitud de 30 m con un diámetro de 0.25 mm, el espesor de la fase estacionaria de 0.25 mm, el gas portador fue Helio, inyección split 50:1 con una jeringa de 10 μL FN 23-26/42/HP, para la programación de la temperatura del horno de la columna 3 minutos a 50°C, de 50°C-250°C con rampa de 30 $^{\circ}\text{C min}^{-1}$, 250-320 $^{\circ}\text{C}$ con rampa de 25 $^{\circ}\text{C min}^{-1}$. Para la determinación de los compuestos volátiles se hizo una comparación de los espectrogramas obtenidos por el detector de masas con la base de datos NIST 98 Mass Spectral Library y otras fuentes bibliográficas” (Nieves, et al., 2005)

Para la preparación de la muestra se realizó una relación 100/1000, agregando en un vial 100 μL de muestra con 1000 μL de Hexano se homogenizó bien, se prefirió utilizar hexano en vez de dicloro metano debido a una mejor definición de los picos cromatográficos que proporcionó altos valores de abundancia relativa de los espectros de masas.

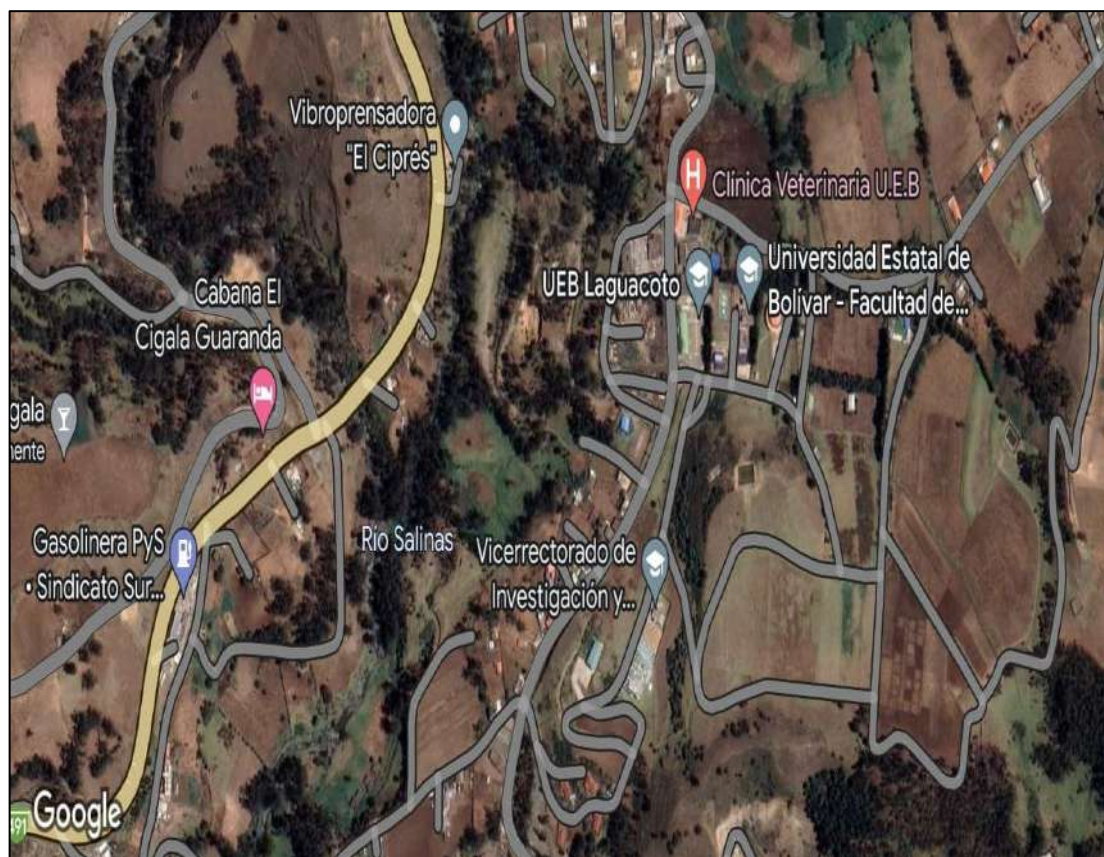


Ilustración 3-2: Localización del centro de investigación y vinculación

Fuente: Google Maps, 2022.

2.3.9.2. *Determinación del porcentaje de D-limoneno y α -pineno presente en los aceites esenciales*

Para la cuantificación de D-limoneno se utilizó un estándar con una pureza del 96 % marca Alfa Aesar y α -pineno con una pureza del 98 % marca Acros Organics. La técnica utilizada para cuantificación fue la descrita por Esteban Davidowski, donde se procedió a realizar una curva de calibración para cada sustancia para ellos se procedió a realizar una disolución 10:1 con hexano, después se procedió a realizar a tomar una alícuota de la primera disolución en una relación 2:1 y así sucesivamente hasta tener en total 4 disoluciones.

Para realizar en análisis de los patrones y de los aceites esenciales se realizó en las mismas condiciones en las que se realizó la identificación de sustancias volátiles, el equipo utilizado fue de la marca Agilent Technologies 7890A acoplado a un detector de masas 5977A MSD se utilizó la columna HP-5MS con una longitud de 30 m con una diámetro de 0.25 mm, el espesor de la fase estacionaria de 0.25 mm, el gas portador fue Helio, inyección split 50:1 con una jeringa de 10 μ L FN 23-26/42/HP, para la programación de la temperatura del horno de la columna 3 minutos a 50°C, de 50°C-250°C con rampa de 30 °C min⁻¹, 250-320 °C con rampa de 25°C min⁻¹. (Nieves, et al., 2005)

“La cantidad de D-limoneno y α -pineno en cada muestra se cuantifico trazando una curva de calibración usando las respuestas del instrumento. El análisis de regresión lineal de la curva de calibración se usó para calcular la concentración de D-limoneno en las muestras”. (Davidowski, et al., 2009)

CAPÍTULO III

3. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Resultados y discusión

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis*, limón *citrus aurantifolia* obtenidos a partir de cascaras que fueron clasificadas y recolectadas de tachos de basura y contenedores de basura de la ciudad Riobamba, utilizando diferentes tratamientos de muestra siendo tres tipos de muestras (fresca, seca y liofilizada) con extracción de tres solventes (agua, etanol 70%, éter etílico) sumando a esto el método de extracción utilizado por arrastre de vapor (agua y etanol 70 %) y extracción continua por soxhlet con éter etílico. Dichas extracciones se realizaron por triplicado para conocer su porcentaje de rendimiento de obtención. Para corroborar un mejor estudio de estos aceites esenciales se procedió a determinar sus parámetros de calidad siendo estas propiedades organolépticas, físicas, químicas, espectroscópicas y perfil cromatográfico comparando los resultados obtenidos con resultados de aceites esenciales de diferentes marcas.

3.1.1. Datos experimentales

Tabla 18-3: Pesos de las muestras utilizadas de aceite esencial de naranja *Citrus Sinensis*

SOLVENTE	MUESTRA FRESCA		MUESTRA SECA		MUESTRA LIOFILIZADA	
	Replicas	Pesos (g)	Replicas	Pesos (g)	Replicas	Pesos (g)
Agua	R1	1542,52	R1	1760,51	R1	450,268
	R2	1548,43	R2	1760,53	R2	454,725
	R3	1544,94	R3	1760,94	R3	456,541
Etanol 70%	R1	1542,89	R1	1749,83	R1	450,651
	R2	1540,65	R2	1742,07	R2	451,651
	R3	1547,48	R3	1748,51	R3	450,025
Éter etílico	R1	301,498	R1	302,841	R1	304,518
	R2	305,548	R2	300,536	R2	301,984
	R3	304,948	R3	301,548	R3	300,784

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 19-3: Volúmenes de aceite esencial de naranja *Citrus Sinensis* a partir de diferente muestra y solvente

SOLVENTE	MUESTRA FRESCA		MUESTRA SECA		MUESTRA LIOFILIZADA	
	Replicas	Volumen	Replicas	Volumen	Replicas	Volumen

Agua	R1	34,0 mL	R1	24,5 mL	R1	5,6 mL
	R2	32,0 mL	R2	37,0 mL	R2	6,0 mL
	R3	33,0 mL	R3	37,0 mL	R3	8,0 mL
Etanol 70%	R1	28,0 mL	R1	19,0 mL	R1	1,5 mL
	R2	21,0 mL	R2	36,0 mL	R2	1,0 mL
	R3	25,0 mL	R3	34,0 mL	R3	1,0 mL
Éter etílico	R1	0 mL	R1	0 mL	R1	0 mL
	R2	0 mL	R2	0 mL	R2	0 mL
	R3	0 mL	R3	0 mL	R3	0 mL

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 20-3: Pesos de las diferentes muestras utilizadas en las extracciones de aceite esencial de limón *Citrus Aurantifolia*

SOLVENTE	MUESTRA FRESCA		MUESTRA SECA		MUESTRA LIOFILIZADA	
	Replicas	Pesos (g)	Replicas	Pesos (g)	Replicas	Pesos (g)
Agua	R1	2202,99	R1	750,3695	R1	158,014
	R2	2247,38	R2	752,4901	R2	159,651
	R3	2200,85	R3	750,0028	R3	156,659
Etanol 70%	R1	2399,38	R1	750,6544	R1	158,651
	R2	2398,65	R2	750,4856	R2	158,001
	R3	2398,89	R3	751,6825	R3	158,620
Éter etílico	R1	158,023	R1	158,056	R1	158,635
	R2	158,009	R2	158,005	R2	159,258
	R3	158,004	R3	158,089	R3	152,005

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 21-3: Volúmenes obtenidos de aceite esencial de limón *Citrus Aurantifolia* a partir de diferente muestra y solvente

SOLVENTE	MUESTRA FRESCA		MUESTRA SECA		MUESTRA LIOFILIZADA	
	Replicas	Volumen	Replicas	Volumen	Replicas	Volumen
Agua	R1	5.0 mL	R1	1,6 mL	R1	0 mL
	R2	2.4 mL	R2	1,1 mL	R2	0 mL
	R3	4.0 mL	R3	1,0 mL	R3	0 mL
Etanol 70%	R1	4.0 mL	R1	0 mL	R1	0 mL
	R2	1.6 mL	R2	0 mL	R2	0 mL
	R3	1.7 mL	R3	0 mL	R3	0 mL
Éter etílico	R1	0 mL	R1	0 mL	R1	0 mL
	R2	0 mL	R2	0 mL	R2	0 mL
	R3	0 mL	R3	0 mL	R3	0 mL

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

La tabla 18-3 naranja y tabla 20-3 limón se da a conocer los pesos de las muestras utilizadas para el proceso de extracción; en la tabla 19-3 y tabla 21-3 se da a conocer los volúmenes de obtención de aceite esencial de naranja y limón respectivamente.

Tabla 22-3: Promedio de rendimiento de aceites esenciales de cascara de naranja *Citrus Sinensis* y limón *Citrus Aurantifolia*

ACEITE DE NARANJA			
Solvente	Muestra fresca	Muestra seca	Muestra liofilizada
Agua	1,77 ± 0,06%	1,50 ± 0,35%	1,13 ± 0,12%
Etanol 70%	1,30 ± 0,20%	1,43 ± 0,38%	0,23 ± 0,04%
Éter etílico	0%	0%	0%
ACEITE DE LIMÓN			
Solvente	Muestra fresca	Muestra seca	Muestra liofilizada
Agua	0,17 ± 0,04%	0,20 ± 0,001%	0%
Etanol 70%	0,40 ± 0,42%	0%	0%
Éter etílico	0%	0%	0%

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En la tabla 22-3 indica los promedios de porcentaje de rendimiento de los diferentes aceites esenciales extraídos en donde se indican los rendimientos de obtención para el aceite esencial de naranja siendo el tratamiento muestra fresca con agua como solvente de mejor rendimiento con un valor de $1,77 \pm 0,06\%$, seguido por la muestra seca con agua como solvente con $1,50 \pm 0,35\%$ y muestra fresca con etanol $1,30 \pm 0,20\%$ y un 0 % para la extracción con éter etílico para todos sus tratamientos. En la extracción de aceite esencial de limón se observa valores de porcentajes de rendimiento inferiores a comparación del aceite esencial de naranja siendo el mayor $0,20 \pm 0,001\%$ para el tratamiento muestra seca con agua como solvente, seguido por el tratamiento muestra fresca con agua como solvente de $0,17 \pm 0,04\%$ y el tratamiento muestra fresca con etanol de $0,40 \pm 0,42\%$ con una variación amplia esto se debe a que en la réplica 1 se tiene un volumen de obtención de 4,0 mL debido a que en este tratamiento se usó etanol al 90% para la extracción y los que presentan 0 % de rendimiento son los tratamiento muestra liofilizada, muestra seca con etanol y extracción con éter etílico.

El análisis de varianza aplicado a los promedios de extracción indica diferencias significativas en los tres factores fijos: Los cuales son: solvente (agua y alcohol), aceite esencial (naranja y limón) y secado de muestras (muestras frescas, muestras seca y muestras liofilizada), dichas diferencias se puede verificar en la tabla ANOVA (ANEXO K) en la cual se revelo diferencias significativas en todos los efectos principales, es decir, hay significancias bilaterales inferiores a 0.05 con los tres factores fijos: solvente, aceite y secado de muestras.

Los efectos combinados, a su vez, son significativos con las combinaciones: solvente y aceite, aceite y secado de muestras, y, solvente, aceite y secado de muestras. Estos resultados revelan que, tanto el solvente, como el aceite y la mezcla, modifican el porcentaje de rendimiento de obtención de aceite esencial.

El estadístico R^2 de 0.929 indica que los factores seleccionados son capaces de predecir el 92,9% de la varianza del rendimiento de obtención de aceite esencial. Por lo tanto, el modelo es factible para una regresión múltiple.

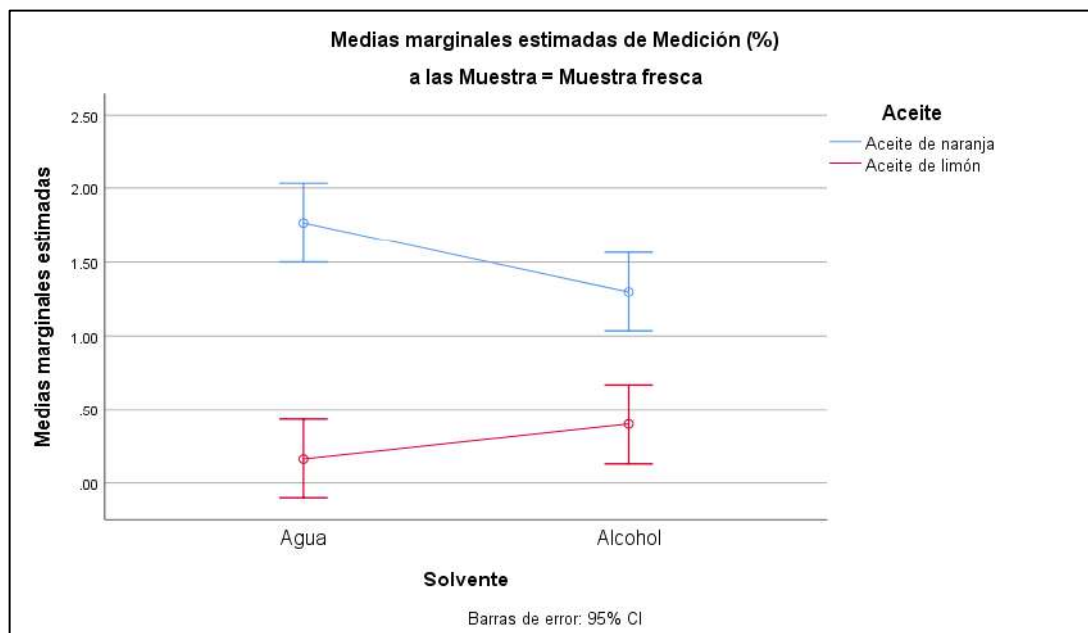


Ilustración 1-3: Perfil de las medias marginales en relación con el secado de muestras frescas
Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En el Gráfico 1-3 se puede observar que, en el tratamiento de secado (muestras frescas), el porcentaje de rendimiento de obtención de aceite esencial decrece cuando el aceite de naranja pasa del solvente agua a alcohol. En comparación, al aceite de limón donde su porcentaje de rendimiento aumenta cuando el aceite de limón pasa de agua a alcohol. Esto ocurre ya que al utilizar el agua como solvente se obtiene una ventaja importante en pureza del aceite, puesto que las propiedades del agua no perjudican al aceite, mientras que el alcohol le da una fragancia más fina además de un color más vivo al aceite esencial, así como también aumenta su atractivo para ciertas aplicaciones.

Los resultados (medias marginales del factor: Secado de muestras ANEXO K) registran diferencias significativas en las medias marginales, donde la muestra fresca influye en la cantidad de aceite obtenido, mostrando los mejores resultados en comparación a las otras muestras por secado, ya que la relación de rendimiento de la muestra fresca frente a la media es de: 0.908; dentro del límite inferior es de: 0.775 y dentro del límite superior es de 1.041. Esto nos indica que el rendimiento de los aceites esenciales depende mucho del método de extracción de aceite esencial.

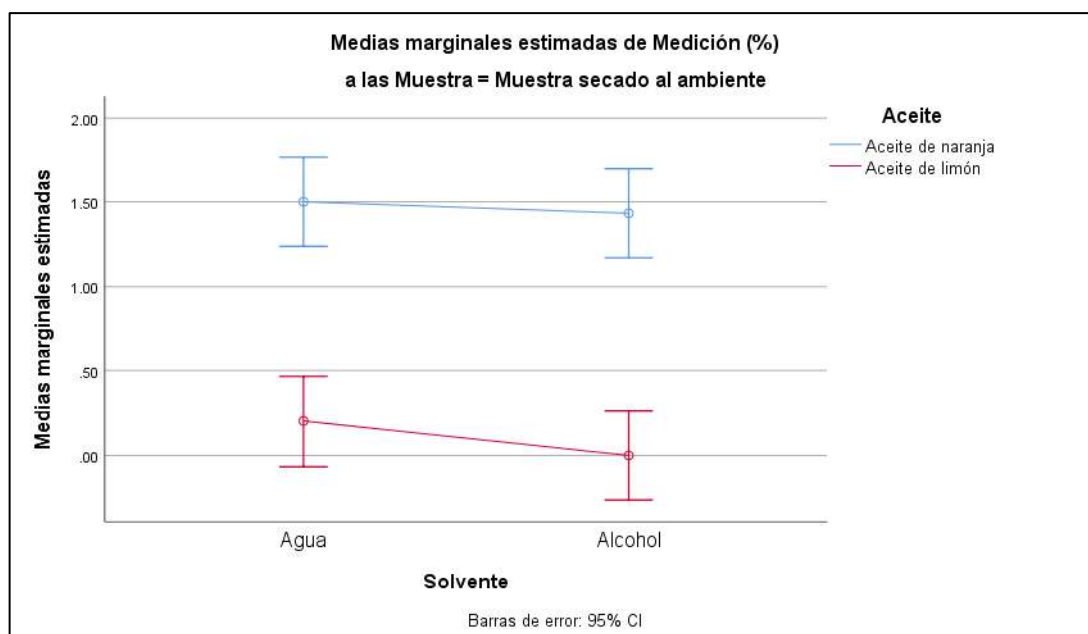


Ilustración 2-3: Perfil de las medias marginales en relación con el secado por estufa de recirculación

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En el Gráfico 2-3 se puede apreciar que, en el tratamiento de secado (muestras al ambiente), el porcentaje de rendimiento de obtención de aceite esencial disminuye de una manera significativa cuando el aceite de naranja pasa del solvente agua a alcohol. En el aceite de limón su reducción es mayor cuando el aceite pasa de agua a alcohol. Esto se debe al secado de la muestra el cual reduce significativamente el rendimiento del aceite esencial. De la misma forma sucede en el aceite esencial de limón ya que tienen un menor residuo no volátil por lo que su rendimiento es sumamente bajo.

Los resultados (medias marginales del factor: secado de muestras ANEXO K) se aprecia diferencias significativas en las medias marginales, donde la muestra seca al ambiente influye en la cantidad de aceite obtenido, mostrando bajos resultados en comparación a las otras muestras por secado, ya que la relación de rendimiento de la muestra seca frente a la media es de: 0.783; dentro del límite inferior es de: 0.650 y dentro del límite superior es de 0.916. Esto nos indica que el rendimiento de los aceites esenciales no es muy viable por sus valores, ya que los diferentes tratamientos aplicados en la investigación influyen mucho en la cantidad de aceite obtenido.

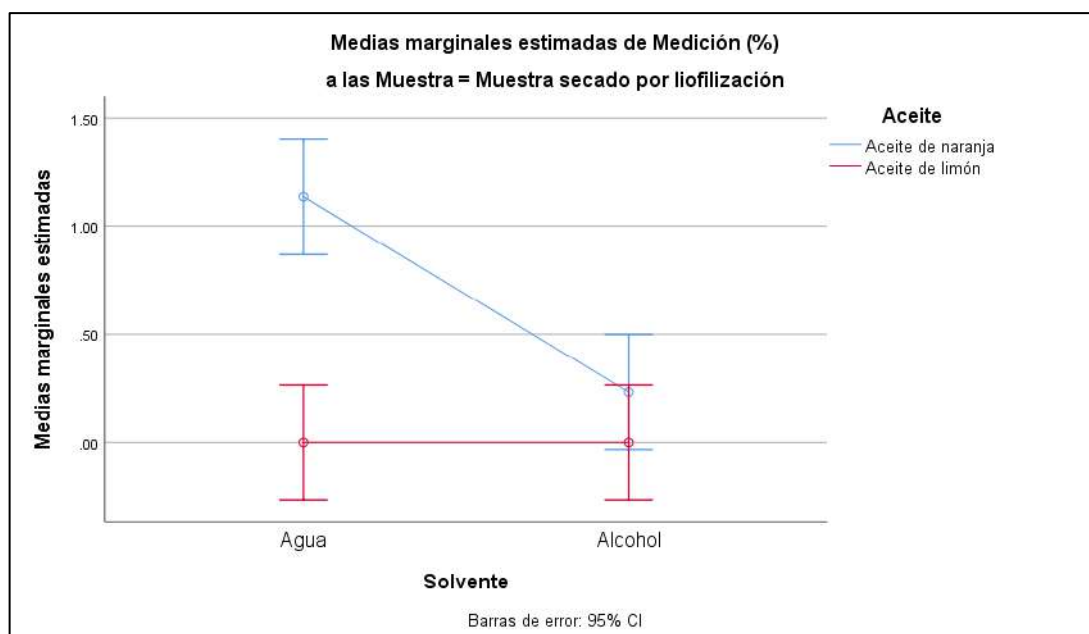


Ilustración 3-3: Perfil de las medias marginales en relación con el secado por liofilización

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En el Gráfico 3-3 se puede apreciar que, en el tratamiento de secado (muestras por liofilización), el porcentaje de rendimiento de obtención de aceite esencial de naranja disminuye considerablemente cuando pasa del solvente agua a alcohol. En el aceite de limón el rendimiento permanece constante.

Los resultados (medias marginales del factor: secado de muestras ANEXO K) se aprecia diferencias significativas en las medias marginales, donde la muestra seca por liofilización influye en la cantidad de aceite obtenido, mostrando valores bajos en comparación a las otras muestras por secado, ya que la relación de rendimiento de la muestra seca frente a la media es de: 0.342; dentro del límite inferior es de: 0.209 y dentro del límite superior es de 0.475. Esto nos indica que las características de los aceites esenciales no son favorables por bajo rendimiento.

3.1.2. *Parámetros de calidad de los diferentes aceites esenciales de naranja Citrus Sinensis y limón Citrus Aurantifolia*

Se realizó la determinación de los parámetros de calidad para cada uno de los aceites esenciales obtenidos y se procedió además a realizar una comparación de resultados con los obtenidos en la determinación de los parámetros de calidad de aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* marca Aura Caica, Quimolab, Rincón del Químico y para el aceite de limón *citrus aurantifolia* obtenidos se comparó resultados con el aceite esencial de limón marca Aura Caica, los análisis se realizaron aplicando las normas ISO para aceites esenciales y las normas SENA de Colombia. Para las

propiedades físicas y químicas de los aceites esenciales obtenidos por arrastre de vapor se realizaron tres replicas para cada tratamiento y se procedió a determinar el promedio para cada uno de sus parámetros con sus respectivas varianzas (ver ANEXO J).

Tabla 23-3: Parámetros de calidad obtenidos del aceite esencial de naranja marca Aura caica

PROPIEDADES	PARÁMETROS	RESULTADOS
Características organolépticas	Olor	Dulce propio de la fruta
	Sabor	Amargo, picante
	Color	Amarrillo
Características físicas	Densidad relativa 20°C	0,8582 g/mL
	Índice de refracción	nD: 1,4744
		Brix: 73,64%
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol al 96% (1:5) "G-5" No soluble en etanol al 90%
Punto de congelación	No presenta solidificación a -50°C Solidificación a -120 °C	
Características químicas	Índice de acidez	1,3840 mg KOH / g muestra
	% Ácido acético	0,14%
	Índice de éster	6,3683 mg KOH / g muestra
	Índice de saponificación	7,7523 mg KOH / g muestra
	Índice de acetilo	5,9893 mg KOH / g muestra
	% Linalool	16,54%

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 24-3: Parámetros de calidad obtenidos del aceite esencial de naranja marca Quimolab

PROPIEDADES	PARÁMETROS	RESULTADOS
Características organolépticas	Olor	Dulce no propio de la fruta
	Sabor	Insípido
	Color	Anaranjado transparente
Características físicas	Densidad relativa 20°C	0,8513 g/mL
	Índice de refracción	nD: 1,4683
		Brix: 71,19%
	Miscibilidad en etanol	No soluble en etanol al 96%
Punto de congelación	Solidificación a -20°C	
Características químicas	Índice de acidez	100,686 mg KOH / g muestra
	% Ácido acético	10,95%
	Índice de éster	72,671 mg KOH / g muestra
	Índice de saponificación	173,357 mg KOH / g muestra
	Índice de acetilo	0 mg KOH / g muestra
	% Linalool	0%

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 25-3: Parámetros de calidad obtenidos del aceite esencial de naranja marca Rincón del químico

PROPIEDADES	PARÁMETROS	RESULTADOS
Características organolépticas	Olor	Dulce propio de la fruta
	Sabor	Amargo, picante
	Color	Amarillo
Características físicas	Densidad relativa 20°C	0,8568 g/mL
	Índice de refracción	nD: 1,4795
		Brix: 73,84%
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol al 96% (1:9) "G+5" No soluble en etanol al 90%
Punto de congelación	No presenta solidificación a -50°C Solidificación a -120 °C	
Características químicas	Índice de acidez	18,0025 mg KOH / g muestra
	% Ácido acético	0,38 %
	Índice de éster	8,8521 mg KOH / g muestra
	Índice de saponificación	26,8546 mg KOH / g muestra
	Índice de acetilo	7,7187 mg KOH / g muestra
	% Linalool	8%

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

La Tabla 23-3, Tabla 24-3, Tabla 25-3, pertenecen a los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* de las diferentes marcas comerciales. En las propiedades organolépticas se tiene como diferencia al aceite esencial de la empresa ecuatoriana Quimolab la cual presento un color anaranjado a diferencia de las otras marcas que presentaron un color amarillo, además se identificó que este aceite esencial tiene un olor que no es propio de la fruta e insoluble en etanol al 96%, la solubilidad se realizó tomando 1 mL del aceite esencial, la marca Aura Caica (Italia) fue soluble en 5 mL de etanol 96% siendo su graduación (G+5) y de la marca del Rincón del químico (Riobamba) fue soluble en 9 mL de etanol al 96 % siendo su graduación (G+5). El punto de congelación de la marca Quimolab fue de -20 °C y esto se debe a las sustancias de elevado peso molecular que fueron identificados mediante cromatografía de gases (ver Tabla 54-3) en los otros aceites esenciales (Aura caica, Rincón del químico ver Tabla 24-3 y 25-3) no solidificaron a -50 °C sientos estos aceites esenciales de buena calidad, las norma SENA de Colombia menciona “Para que un aceite esencial sea de buena calidad no debe solidificar a la temperatura de -50 °C”, identificando que el aceite esencial de la marca Quimolab presenta adulteraciones.

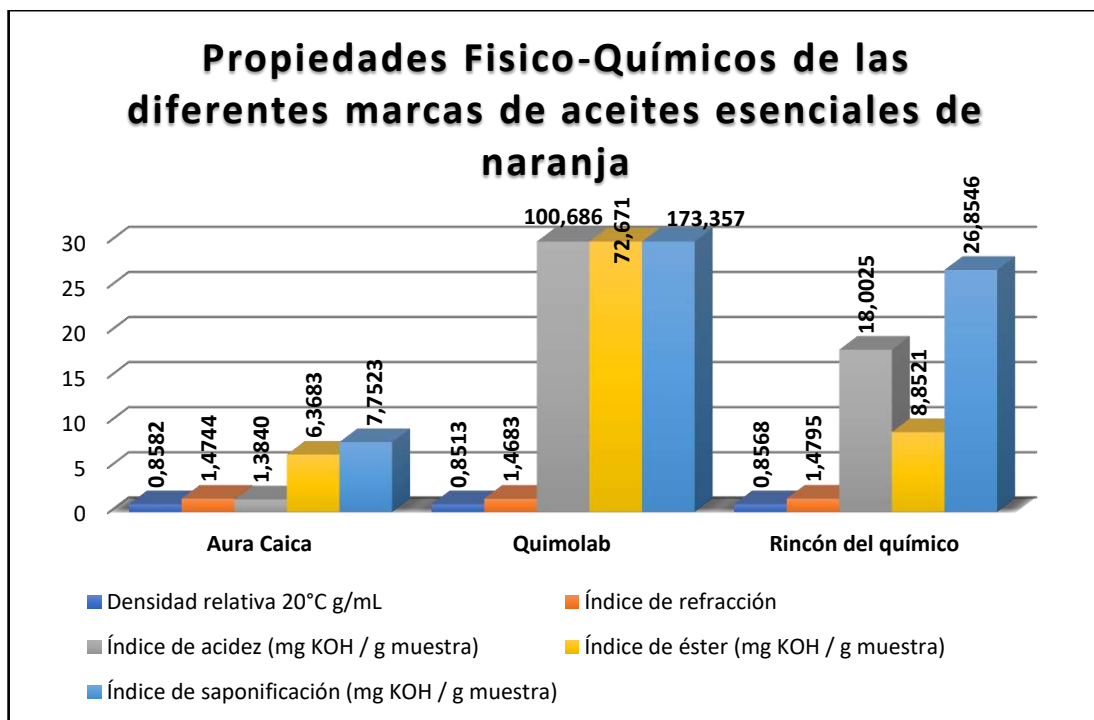


Ilustración 4-3: Diferencias de las propiedades fisicoquímicas en los aceites esenciales de naranja diferentes marcas

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

El Grafico 4-3 pertenece a los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* de las tres marcas analizadas donde se muestran algunas comparaciones de las propiedades físico-químicas, la densidad relativa determinado a 20 °C (norma ISO 279, Aceites esenciales), se observa que los valores oscilan entre 0,8513 – 0,8582 g/mL teniendo una diferencia significativa reportado por Raúl (2019) que presento valores que oscila entre 0,83-0,84 g/mL indicando que la variación se puede deberse a cambios del clima, temperatura o latitud en las que se determinó la densidad relativa.

El índice de refracción (ISO 280, Aceites esenciales) determinado para cada una de las marcas oscila entre 1,4683 – 1,4795, el valor 1,4683 perteneciente al aceite esencial de la marca Quimolab y esta variación podría ser a la presencia de fenoles u otras sustancias que pueden estar presentes en el aceite esencial, los valores de índice de refracción 1,4744 (Aura caica) y 1,4795 (Rincón del químico) tienen similitud con lo reportado por Raúl (2019) con un valor 1,47 identificando que estas dos marcas presentaron elevada pureza.

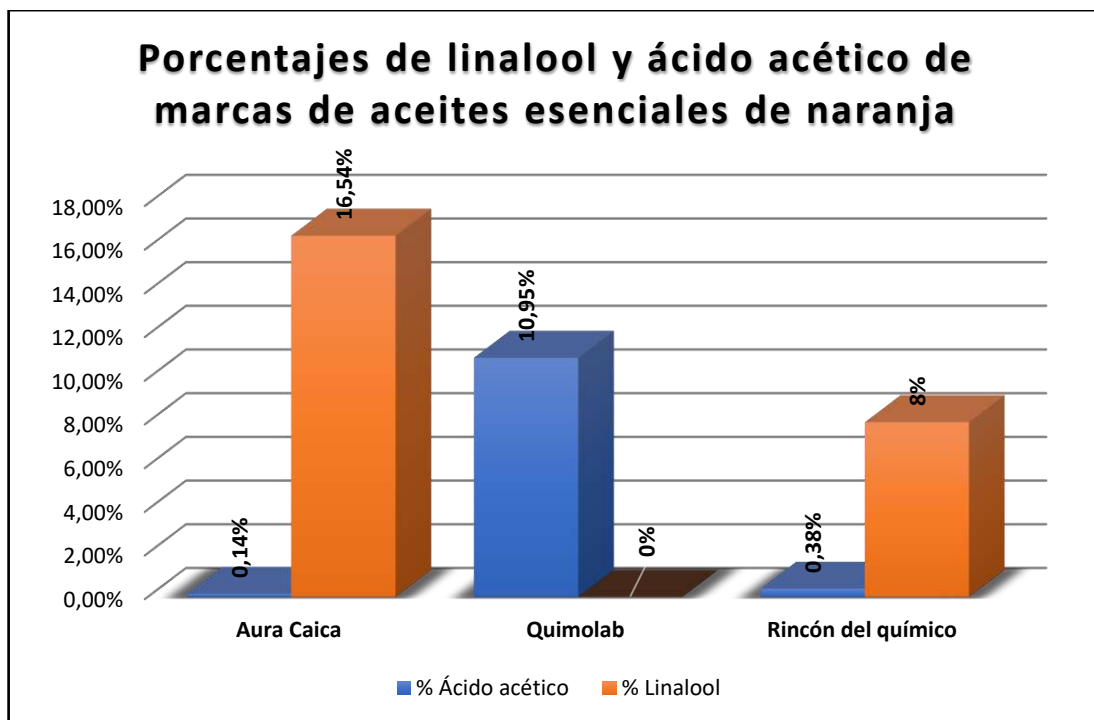


Ilustración 5-3: Diferencias ácido acético y linalool de los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* diferentes marcas

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En el Gráfico 5-3 se observa las diferencias de porcentajes de ácido acético que fueron calculados a partir del índice de acidez y linalool a partir del índice de acetilo, el índice de acidez se calculó con Ecuación 3-1 y el porcentaje de ácido acético con la Ecuación 5-1, sus índices de acidez oscila entre 1,384 – 100,686 mg KOH/g muestra (ver Gráfico 4-3), necesitando 100,686 mg de KOH para neutralizar los ácidos libres presentes en 1 gramo de aceite esencial marca Quimolab y su porcentaje de ácido acético de 10,95% identificando que el aceite esencial podría deberse a adulteraciones o un envejecimiento acelerado por un inadecuado almacenamiento donde estuvo expuesto a luz solar la cual puede desencadenando una serie de reacciones como son la oxidación de aldehído y cetonas como también la hidrolisis de esteres, para que un aceite esencial se conserve de mejor manera se debe almacenar en un frasco de vidrio color ámbar (ISO/TR 210, Aceites esenciales), en el aceite esencial marca Rincón del químico tuvo un índice de acidez de 18,0025 mg de KOH necesarios para neutralizar los ácidos libres en 1 gramo de muestra con un porcentaje de ácido acético de 0,38% este valor obtenido se debió a que el aceite esencial presento un envejecimiento leve que podría ser causado por el inadecuado almacenamiento en que se encontró el aceite esencial, el aceite esencial marca Aura caica que tuvo un índice de acidez menor de 1,384 mg de KOH necesarios para neutralizar los ácidos libres con un porcentaje de ácido acético de 0,14% siendo esta marca el que tuvo un correcto almacenamiento (frasco de vidrio color ámbar ISO/TR 210, Aceites esenciales).

Para el cálculo del índice esteres se utilizó la Ecuación 6-1 y se obtuvo los siguientes resultados 72,671 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo totalmente esterificado de aceite esencial marca Quimolab teniendo mayor peso molecular medio de ácidos grasos presentes en el aceite esencial, el de marca Rincón del químico tuvo un valor de 8,8521 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo totalmente esterificado y el aceite esencial marca Aura Caica tuvo un valor de 6,3683 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo totalmente esterificado de muestra (ver Gráfico 4-3) presentando un menor peso molecular medio de ácidos grasos presentes en el aceite esencial.

El índice de saponificación se calculó con las ecuaciones Ecuación 9-1 y Ecuación 14-2 en ambos casos el resultado será el mismo. Obteniendo los siguientes resultados 173,357 mg de KOH fueron necesarios para saponificar un gramo de aceite esencial marca Quimolab se podría suponer que contiene un menor peso molecular promedio de ácidos grasos libres y combinados y determinado que el aceite esencial presenta adulteraciones a comparación de la marca Rincón del químico que tuvo un valor de 26,8546 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de aceite y para el aceite esencial marca Aura Caica que presentó un valor de 7,7523 mg necesarios para saponificar 1 gramo de muestra siendo este aceite esencial el que presentó la mejor pureza a comparación de las dos marcas analizadas (ver Gráfico 4-3).

La determinación del índice de acetilos se realizó con la Ecuación 10-1 y posteriormente la determinación del porcentaje de linalool con la Ecuación 11-1, en el Grafico 5-3 se puede observar los diferentes porcentajes de linalool presente en los aceites esenciales de las diferentes marcas, el aceite esencial marca Quimolab presentó adulteraciones teniendo un índice acetilos de 0 mg KOH / g muestra con un porcentaje de linalool del 0% y estas afirmaciones se pueden confirmar a partir de cromatografía de gases donde se presenta las sustancias volátiles presentes en el aceite esencial (ver Tabla 54-3) siendo sustancias muy diferentes y de elevado peso molecular, la marca Rincón del químico presenta un índice de acetilos de 7,7187 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de producto acetilado con un porcentaje de linalool de 8%, la marca Aura caica presenta un índice de acetilo de 5,9893 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de producto acetilado y porcentaje de linalool de 16,54% presentando este aceite esencial una mejor fragancia estos valores altos se debe al método de extracción utilizado pudiendo ser por prensado en frío donde aumentó el número de sustancias volátiles y no volátiles, en la marca Rincón del químico su porcentaje fue inferior debido por un envejecimiento por un almacenamiento inadecuado (envase de plástico y exposición a la luz solar).

Tabla 26-3: Parámetros de calidad obtenidos del aceite esencial de naranja muestra fresca extracción agua

PROPIEDADES	PARÁMETROS	RESULTADOS
Características organolépticas	Olor	Dulce propio de la fruta
	Sabor	Amargo
	Color	Trasparente
Características físicas	Densidad relativa 20°C	0,8426 ± 0,0031g/mL
	Índice de refracción	nD: 1,4720 ± 0,00046
		Brix: 72,67 ± 0,0018%
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol al 96% (1:2) "G-5" No soluble en etanol al 90%
Punto de congelación	No presenta solidificación a -50°C Solidificación a -120 °C	
Características químicas	Índice de acidez	0,8270 ± 0,0045 mg KOH / g muestra
	% Ácido acético	0,08 ± 0,0001%
	Índice de éster	6,4746 ± 0,12 mg KOH / g muestra
	Índice de saponificación	7,3016 ± 0,12 mg KOH / g muestra
	Índice de acetilo	1,2710 ± 0,066 mg KOH / g muestra
	% Linalool	3,50 ± 0,28%

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 27-3: Parámetros de calidad obtenidos del aceite esencial de naranja muestra fresca extracción etanol 70%

PROPIEDADES	PARÁMETROS	RESULTADOS
Características organolépticas	Olor	Dulce intenso propio de la fruta
	Sabor	Amargo
	Color	Trasparente
Características físicas	Densidad relativa 20°C	0,8465 ± 0,0098g/mL
	Índice de refracción	nD: 1,4731 ± 0,0014
		Brix: 73,14 ± 0,58%
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol al 96% (1:1,8) "G-5" No soluble en etanol al 90%
Punto de congelación	No presenta solidificación a -50°C Solidificación a -120 °C	
Características químicas	Índice de acidez	0,5572 ± 0,0024 mg KOH / g muestra
	% Ácido acético	0,05 ± 0,0001%
	Índice de éster	5,8578 ± 0,50 mg KOH / g muestra
	Índice de saponificación	6,2487 ± 0,21 mg KOH / g muestra
	Índice de acetilo	1,6392 ± 0,078 mg KOH / g muestra
	% Linalool	5,19 ± 1,7% mg KOH / g muestra

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* obtenido a partir de muestra fresca por el método arrastre de vapor (ver ANEXO J) se puede observar sus parámetros de calidad obtenidos en las Tablas 26-3 (extracción agua ANEXO J-I) y Tabla 27-3 (extracción con alcohol ANEXO J-II).

Las propiedades organolépticas de los aceites esenciales extraídos con agua y etanol 70% se diferencian en su color siendo estos totalmente transparentes a diferencia de los aceites esenciales de las marcas Aura Caica y Rincón del químico que presento un color amarillo esta diferencia puede deberse a la técnica utilizada para la extracción de aceite esencial, donde se cree que el método utilizado por estas dos empresas fue el método prensado en frío en la investigación realizada por (Jairo, 2019) donde se aplicó esta técnica el aceite esencial obtenido fue de color Naranja-verduzca. Su olor es propio de la fruta en el aceite esencial extracción agua teniendo similitud con las dos marcas comerciales, el aceite esencial extracción etanol 70 % tuvo un olor muy intenso (propio de la fruta) a comparación de los otros aceite esenciales esto se debe a que el etanol es un buen solvente para la extracción de compuestos volátiles hidrófilos y no para compuestos no volátiles se puede evidenciar mediante cromatografía de gases (ver Tabla 57-3 compuesto volátiles aceite esencial naranja extracción etanol 70%) donde se pueden observar la ausencia de compuestos no volátiles como es el citral.

La densidad relativa a 20°C (ISO 279, Aceites esenciales) de los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra fresca tienen los siguientes valores: el aceite esencial extracción agua fue de 0,8426 g/mL y en la extracción etanol 70 % de 0,8465 g/mL teniendo una mínima diferencia al comparar con las marca Aura caica y Rincón del químico que está en el rango de 0,8513 – 0,8582 g/mL esto se debe a que el aceite esencial de estas marcas presenta mayor masa debido a la presencia a un mayor número de sustancias (ver en las Tablas 52-3 y Tabla 53-3) obtenidos por el método que se cree de utilizado para la extracción (prensado en frío) dando un mejor rendimiento de obtención de aceite esencial.

El índice de refracción (ISO 280, Aceites esenciales) para el aceite esencial muestra fresca extracción agua fue de 1,4720 y en la extracción con etanol 70 % fue de 1,4731 siendo sus valores similares a los aceites esenciales marca Aura caica y Rincón del químico con valores que oscilan entre 1,4744 - 1,4795 y por los autores Raúl y Jairo (2019) siendo en conjunto aceites esenciales de alta pureza.

La solubilidad de los aceites esencial obtenidos a partir de muestra fresca se utilizó la norma ISO 875 a 20 °C, utilizando 1 mL de aceite esencial, en la extracción con agua se necesitó un volumen de 2 mL de etanol al 96 % siendo su graduación (G-5), en la extracción etanol 70 % se necesitó un volumen de 1,8 mL de etanol al 96 % siendo su graduación (G-5) teniendo similitud con la solubilidad en los aceites esenciales marca Rincón del químico que tuvo una solubilidad de 9 mL de etanol 96 % siendo su graduación (G+5) y de la marca aura caica de 5 mL de etanol 96 % siendo su graduación (G-5), ninguno de estos aceite esencial fueron solubles en etanol al 90 % ya

que en los aceites esenciales predominan los compuestos terpénicos y sesquiterpenos siendo solo solubles en etanol de mayor graduación.

El punto de congelación en los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra fresca extracción con agua y etanol 70 % siendo estables o no solidificaron a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ siendo la misma temperatura en la que no solidifico los aceites esenciales de las marcas Aura caica y Rincón del químico, determinado que son aceites esenciales de buena calidad y no presentan adulteraciones.

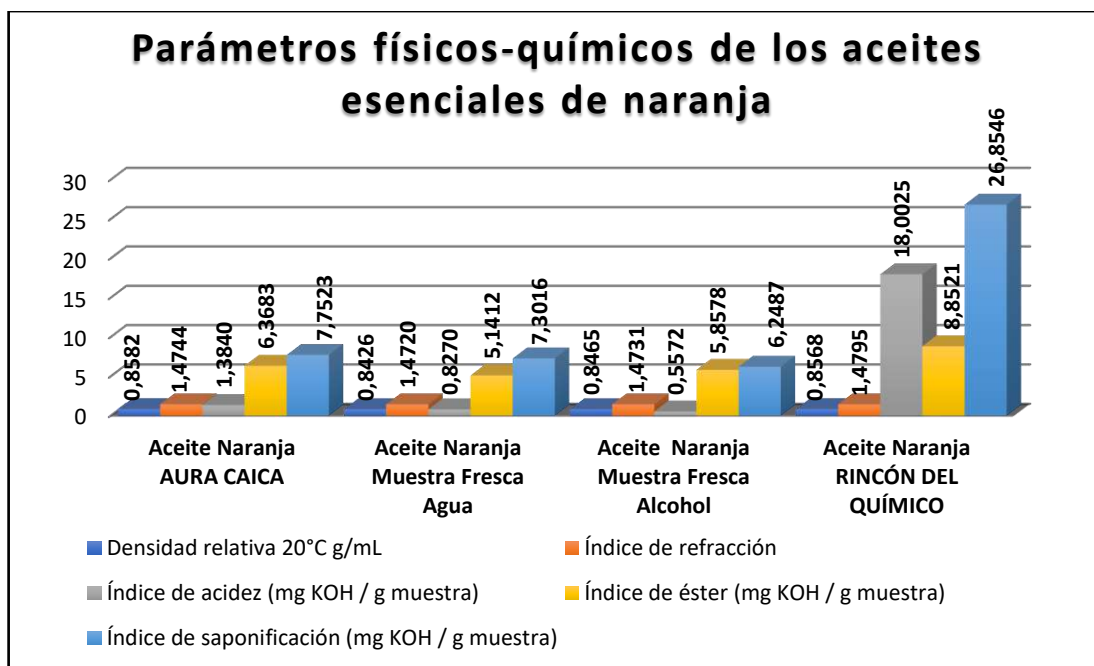


Ilustración 6-3: Comparativo aceite naranja Aura Caica versus aceite esencial naranja muestra fresca

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En el Grafico 6-3 se puede observar algunas de las propiedades físico-químicas de los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra fresca extracción agua y etanol 70 % los cuales son comparados con las propiedades físico-químicas de los aceites esenciales marca Aura caica y Rincón del químico, el índice acidez del aceite esencial extracción agua se obtuvo un valor de 0,8270 mg de KOH necesarios para neutralizar los ácidos libres presentes en 1 gramo de muestra con un porcentaje de ácido acético de 0,08 % (ver Gráfico 7-3) y en la extracción con etanol 70% se tuvo un valor de 0,5572 mg de KOH necesarios para neutralizar los ácidos libres presentes en 1 gramo de muestra con un porcentaje de ácido acético de 0,05 % (ver Tabla 7-3) estos resultados son menores a comparación de las marcas comerciales que presentaron índices de acidez de 1,3840 - 18,0025 mg KOH / g muestra, esta diferencia se debe a que los aceites esenciales extraídos por arrastre de vapor extraen más compuesto volátiles que compuestos no volátiles,

sumando esto por un correcto almacenamiento ya que estos aceites esenciales fueron almacenados en frasco ámbar por un tiempo prolongado antes de realizar los análisis químicos.

El índice de esteres los aceite esencial obtenidos a partir de muestra fresca extracción con agua fue de 6,4746 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo totalmente esterificado de muestra, en la extracción con etanol 70 % tuvo un índice de 5,8578 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo totalmente esterificado de muestra teniendo menor peso molecular medio de ácidos grasos presentes en el aceite esencial al comprar con el aceite esencial marca Aura caica que tuvo un valor de 6,3683 mg KOH / g muestra.

En el índice de saponificación para el método de extracción por arrastre de vapor presentó los siguientes valores, en el aceite esencial extracción con agua con un valor de 7,3016 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de muestra y para la extracción etanol 70 % con un valor de 6,2487 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo muestra estos aceites contiene un menor peso molecular promedio de ácidos grasos libres y combinados a comparación de aceite esencial marca Aura caica con un valor de 7,7523 mg KOH / g muestra y una gran diferencia con el índice de saponificación para el aceite esencial marca Rincón del químico con un valor de 26,8546 mg KOH / g muestra e identificando que la extracción con etanol 70 % presenta mayor pureza y mayor compuestos terpénicos.

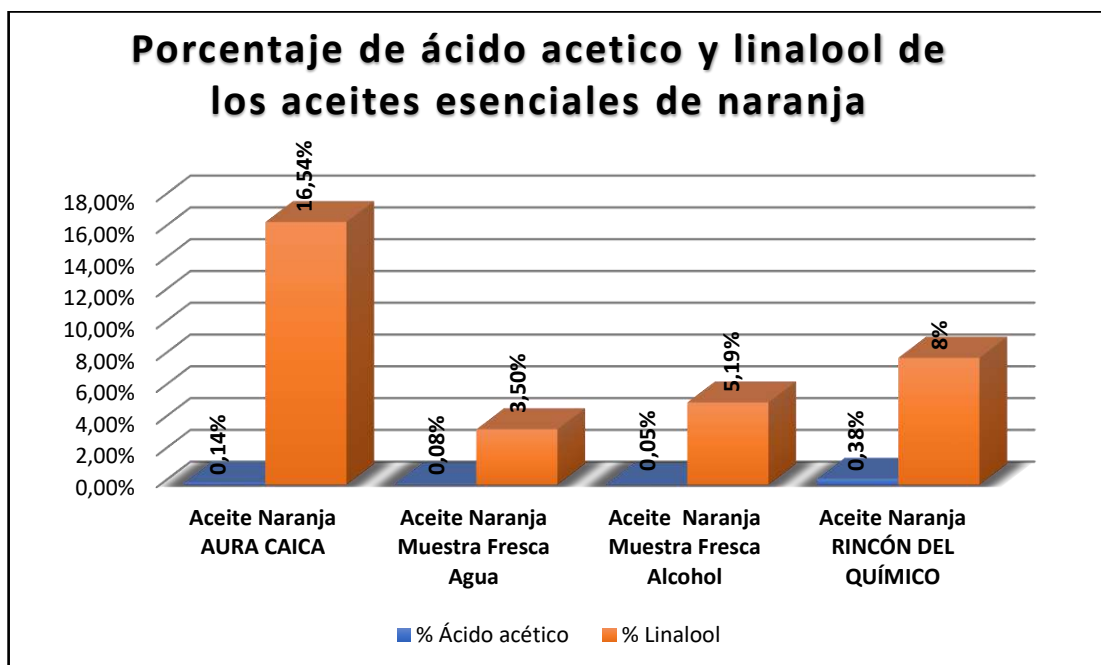


Ilustración 7-3: Diferencias de ácido acético y linalool en los aceites esenciales de naranja marca *Aura Caica* vs aceite esenciales muestra fresca

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En el índice acetilos los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra fresca y extracción por arrastre de vapor tuvieron resultados inferiores a comparación de los aceites esenciales de la marca Aura caica (ver Gráfico 7-3), en el aceite esencial extracción agua tuvo un valor de 1,2710 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de producto acetilado con un porcentaje de linalool de 3,50 %, en la extracción con etanol 70 % tuvo un valor de 1,6392 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de producto acetilado y por ende el mejor porcentaje de linalool para este método de extracción siendo su valor de $5,19 \pm 1,7\%$ mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de producto acetilado teniendo una variación alta debido a que en la repetición 1 (ver ANEXO J-II) tuvo un índice de acetilo de 1,5484 mg KOH/g muestra, porcentaje de linalool de 7,17 % esto se debe a que en la réplica 1 la extracción se realizó con etanol al 85% teniendo un mejor rendimiento para este solvente (ver Tabla 19-3), estableciendo que el etanol a mayores graduaciones es un buen solvente de extracción de aceite esencial con una mayor fragancia o un aceite esencial constituido solo de compuestos volátiles como se puede observar en las Figuras 9 y Figura 10 que pertenece a la determinación de fracción no volátil por el método valor CD mediante espectrometría UV-vis donde se puede observar que no presenta absorbancia y está relacionado con la presencia de compuestos volátiles.

Tabla 28-3: Parámetros de calidad obtenidos del aceite esencial de naranja muestra seca extracción agua

PROPIEDADES	PARÁMETROS	RESULTADOS
Características organolépticas	Olor	Leve propio de la fruta
	Sabor	Levemente amargo
	Color	Trasparente
Características físicas	Densidad relativa 20°C	$0,8406 \pm 0,003$ g/mL
	Índice de refracción	nD: $1,4719 \pm 0,0002$
		Brix: $72,64 \pm 0,11\%$
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol al 96% (1:1,2) "G-5" Soluble en etanol al 90% (1:1) "G-5" Soluble en etanol al 85% (1:1,5) "G-5" No soluble en etanol al 80%
Punto de congelación	No presenta solidificación a -50°C Solidificación a -120 °C	
Características químicas	Índice de acidez	$0,5504 \pm 0,004$ mg KOH / g muestra
	% Ácido acético	$0,05 \pm 0,0001\%$
	Índice de éster	$6,5105 \pm 0,11$ mg KOH / g muestra
	Índice de saponificación	$7,0610 \pm 0,14$ mg KOH / g muestra
	Índice de acetilo	$1,0272 \pm 0,024$ mg KOH / g muestra
	% Linalool	$2,6 \pm 0,15\%$

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 29-3: Parámetros de calidad obtenidos del aceite esencial de naranja muestra seca extracción etanol 70 %

PROPIEDADES	PARÁMETROS	RESULTADOS
Características organolépticas	Olor	Rancio
	Sabor	Levemente amargo
	Color	Trasparente
Características físicas	Densidad relativa 20°C	0,8396 ± 0,0021 g/mL
	Índice de refracción	nD: 1,4721 ± 0,00033
		Brix: 72,69 ± 0.09%
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol al 96% (1:1,8) "G-5" Soluble en etanol al 90% (1:2,2) "G-5" Soluble en etanol al 85% (1:4,1) "G-5" No soluble en etanol al 80%
Punto de congelación	No presenta solidificación a -50°C Solidificación a -120 °C	
Características químicas	Índice de acidez	0,8322 ± 0,0063 mg KOH / g muestra
	% Ácido acético	0,08 ± 0,001%
	Índice de éster	5,5868 ± 0,05 mg KOH / g muestra
	Índice de saponificación	6,4190 ± 0,05 mg KOH / g muestra
	Índice de acetilo	0,8204 ± 0,01 mg KOH / g muestra
	% Linalool	1,5 ± 0,01%

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Las Tablas 28-3 (extracción agua) y Tabla 29-3 (extracción etanol 70 %) pertenecen a los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* obtenidos a partir de muestra seca por el método arrastre de vapor, estos aceites esenciales presentaron una gran diferencia en sus parámetros de calidad al comparar con los parámetros de calidad de los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra fresca y de la marca Aura caica. En las propiedades organolépticas se puede observar diferencias, su olor en la extracción agua presenta una fragancia leve parecido al de la fruta y en la extracción con etanol 70 % presento una olor rancio, estos cambios se puede deber a la perdida de compuestos terpénicos que se evaporaron durante el secado de la cascara, su sabor fue levemente amargo en ambas extracciones a comparación de la extracción con muestra fresca y Aura caica que presenta sabores amargos, en su color es igual a la extracción con muestras fresca siendo estos totalmente trasparente y diferente a las marcas Aura caica, Rincón del químico presentando un color amarillo. Determinado que estos aceites esenciales obtenidos a partir de muestra seca son de baja calidad.

En las propiedades químicas y físicas obtenido a partir de muestra seca extraído con agua (ver ANEXO J-III) y extracción con etanol 70% (ver ANEXO J-IV), en la densidad relativa determinada a 20 °C en la extracción con agua presento un valor de 0,8406 g/mL teniendo una diferencia mínima a la densidad relativa obtenido en el aceite esencial muestra fresca extracción agua de 0,8426 g/mL esto nos quiere decir que los aceites esenciales son similares en su densidad

pero diferente a la densidad del aceite esencial marca Aura caica con una valor de 0,8582 g/mL este cambio se debió a el método de extracción que aumentó significativamente otras sustancias, para la extracción con etanol 70 % con una densidad relativa inferior de 0,8396 g/mL comprando con la densidad relativa obtenido a partir del aceite esencial muestra fresca extracción etanol 70 % de 0,8465 g/mL, determinando que las muestras secas tienen una pérdida de sustancias volátiles y no volátiles para verificar esta suposición se puede observar el espectro UV-vis donde no presenta absorbancia (ver figura 6-3) estableciendo que estos aceites esencial son de baja calidad.

En el índice de refracción para estos aceites esenciales obtenidos a partir de muestra seca está en el rango de 1,4744 - 1,4795 siendo iguales a los aceites obtenidos a partir de muestras frescas y marcas Aura caica, Rincón del químico, obteniendo los siguientes resultados, en la extracción con agua tuvo un valor de 1,4719 y para la extracción con etanol 70 % con índice de refracción de 1,4721 siendo estos aceites esenciales de elevada pureza, pero de calidad baja.

La solubilidad en etanol presento una gran diferencia, siendo estos aceites esenciales obtenido a partir de muestras seca solubles en etanol al 96 %, etanol diluido 85 % e insolubles en etanol al 80 % (ver Tablas 28-3 extracción agua y Tabla 29-3 extracción etanol 70 %) a comparación de los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra fresca y marcas comerciales (Aura caica, Rincón del químico) que fueron solubles solo en etanol 96%, identificando que los aceites esenciales obtenidos a partir de muestras seca predominan los compuestos oxigenados que son solubles en etanol diluido y no compuestos terpénicos y sesquiterpenos que son solubles solo en etanol de latas graduaciones siendo un aceite esencial de baja calidad.

El punto de congelación en los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra seca, no solidificaron a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, siendo esta temperatura igual para los aceites esenciales ya estudiados que tampoco solidificaron a esa temperatura, estos aceites esenciales obtenidos a partir de muestra seca no presentan buena calidad, pero tampoco presentan adulteraciones las sustancias que conforman el aceite esencial obtenido son propias de las cascaras.

En el Grafico 8-3 se puede observar la comparación de las propiedades físico-químicas de los aceites esenciales de las dos marcas comerciales y los aceites esenciales obtenidos a partir de muestras seca en donde se puede observar la variación de resultados que presentan estos aceites esenciales.

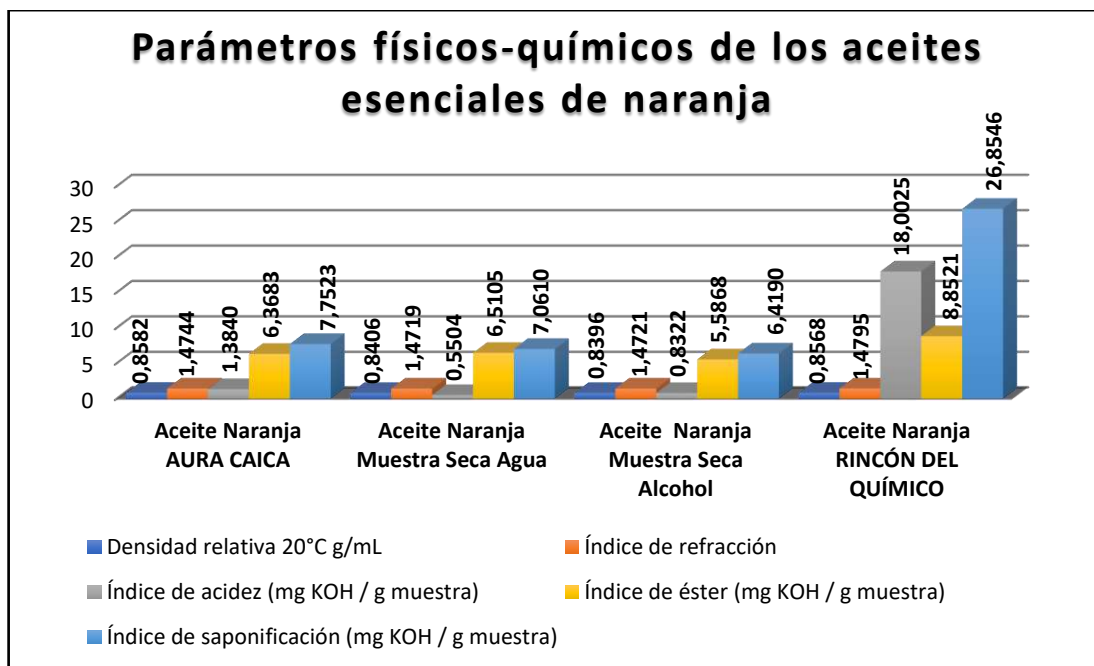


Ilustración 8-3: Comparativo aceite esencial naranja marcas comerciales vs aceite esencial naranja muestra seca

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

El índice de acidez de los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra seca presentan los siguientes valores, en la extracción con agua presento un índice de acidez de 0,5504 mg de KOH necesarios para neutralizar los ácidos libres presentes en 1 gramo de muestra con un porcentaje de ácido acético de 0,05% (ver Gráfico 9-3) si se compara este resultado con el índice de acidez del aceite esencial muestra fresca extracción agua que tuvo un valor de 0,8270 mg KOH / g muestra presentando diferencias y esto a causa del secado de muestra ya que pierde la mayoría de sus sustancias y también tiene perdidas de ácidos libre durante el secado sumando a esto su correcto almacenamiento si al comparar el índice de acidez de la marca Aura caica 1,3840 mg KOH / g muestra este resultado es mayor (ver Gráfica 8-3) teniendo la creencia de que este aceite esencial fue extraído por el método prensado en frío donde aumenta el número de compuestos con ello los ácidos libres. En la extracción con etanol 70 % presento un índice de acidez de 0,8322 mg de KOH necesarios para neutralizar los ácidos libres presentes en 1 gramo de muestra con un porcentaje de ácido acético de 0,08 % (ver Gráfico 9-3) siendo un valor alto al comprar con el aceite esencial muestra fresca extracción etanol 70 % que tuvo un índice de acidez de 5,8578 mg KOH / g muestra, se cree que esta diferencia está relacionado con el tiempo en el que se realizó el secado la cascara de naranja empezó a descomponerse junto a ella las sustancias presentes en la cascara generando así otros sustancias que fueron extraídos por el etanol y no por el agua presentando esta diferencia de resultados.

El índice de esteres para los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra seca extracción con agua tuvo un valor de 6,5105 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo totalmente

esterificado de muestra siendo un valor similar obtenido en el aceite esencial muestra fresca agua con un índice de esteres de 6,4746 mg de KOH / g muestra y de la marca Aura caica que presento un índice de esteres de 6,3683 mg KOH/g muestra, determinado que los esteres presentes en la cascara de naranja permanecen en gran parte durante el secado y otros pueden sufrir reacciones de hidrolisis, en la extracción con etanol 70 % tuvo un índice de esteres de 5,5868 mg de KOH necesarios saponificar 1 gramo totalmente esterificado de muestra siendo un índice menor a los obtenidos en la extracción muestra fresca agua, marca Aura caica (6,3683 mg KOH / g muestra) y Rincón del químico (8,8521 mg KOH / g muestra) y un valor similar en el aceite esencial muestra fresca extracción etanol 70 % con un índice de esteres de 5,8578 mg KOH / g muestra, determinando que el etanol es un buen solvente para la extracción de compuestos volátiles.

En el índice de saponificación para los aceites esenciales obtenidos a partir de muestras seca presento los siguientes resultados; en la extracción agua tuvo un índice de saponificación de 7,0610 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de muestra presentando una pequeña variación con respecto al aceite esencial muestra fresca extracción agua que tuvo un índice de 7,3016 mg y presentando una diferencia notable al comprar con el aceite esencial Aura caica que tuvo un índice de saponificación de 7,7523 mg KOH / g muestra conteniendo mayor peso molecular promedio de ácidos grasos libres y combinados, determinado que el aceite esencial obtenido a partir de muestras seca son de pureza alta a comparación del aceite esencial marca Rincón del químico con un valor de 26,8546 mg KOH/g (ver Gráfico8-3) este aceite esencial se cree que presenta un envejecimiento leve por un inadecuado almacenamiento, en la extracción con etanol 70 % presento un índice de saponifican de 6,4190 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de muestra y no presenta mucha diferencia con el aceite esencial muestra fresca extracción etanol 70 % que tuvo un índice de 6,2487 mg KOH / g muestra.

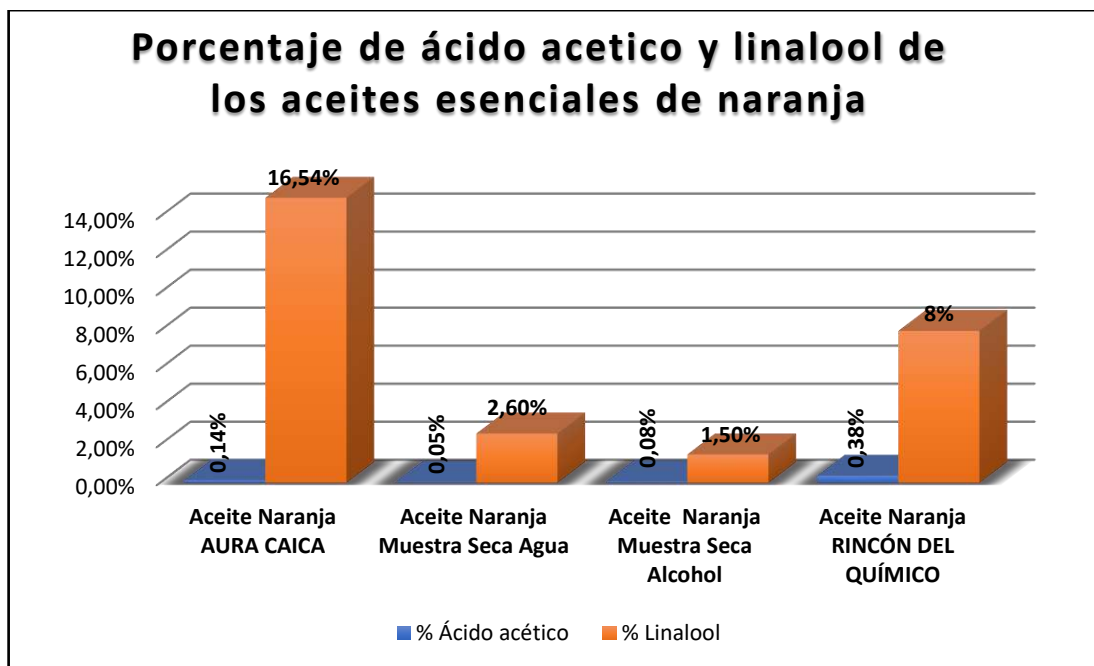


Ilustración 9-3: Diferencias de ácido acético y linalool de los aceites esenciales de naranja marca Aura Caica vs aceite esenciales de naranja muestra seca
Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

El índice de acetilos de la obtención de aceite esencial partir de muestra seca, se pueden observar en la Tabla 28-3 (extracción agua) y Tabla 29-3 (extracción etanol 70 %) donde la extracción con agua presento un valor de 1,0272 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de producto acetilado con un porcentaje de linalool de 2,60 % (ver Gráfica 9-3), para extracción con etanol se tiene una diferencia teniendo un índice de acetilo de 0,8204 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de producto acetilado con un porcentaje de linalool de 1,50 % (ver Gráfica 9-3), estos valores obtenidos a partir de muestra seca son inferiores a comparación de los aceites esenciales muestra fresca que presento resultados en el rango 1,2710 - 1,6392 mg KOH/g muestra acetilado y donde se obtendrá un mayor porcentaje de linalool presentando una mejor fragancia a comparación de muestra seca que tiene una fragancia leve y rancia. Determinado que estos aceites esenciales obtenidos a partir de muestra seca no son de buena calidad y esto se debe a la perdida de la mayoría de sus sustancias durante el secado creyendo que se pierde fracción volátil como también fracción no volátiles como se puede observar en el espectro de absorción UV-vis donde no presenta absorbancia (ver Figura 6-3) por la pedida de compuestos volátiles pero si presenta un número menor de fracción volátil, sumándose esto a la descomposición de la cascara durante el tiempo de secado.

Tabla 30-3: Parámetros de calidad en el aceite esencial de naranja extracción éter etílico

PROPIEDADES	PARÁMETROS	RESULTADOS
Características organolépticas	Olor	Rancio
	Sabor	Insípido
	Color	Amarillo intenso
Características físicas	Densidad relativa 20°C	2,4077 ± 0,511 g/mL
	Índice de refracción	nD: 1,3684 ± 0,0032
		Brix = 22,70 ± 1,87%
	Miscibilidad en etanol	Parcialmente soluble en etanol al 96% presenta turbidez
Punto de congelación	Solidifica a temperatura ambiente	
Características químicas	Índice de acidez	17,4843 ± 0,30 mg KOH / g muestra
	% Ácido acético	1,8 ± 0,001%
	Índice de éster	1,6183 ± 0,07 mg KOH / g muestra
	Índice de saponificación	19,1387 ± 0,1 mg KOH / g muestra
	Índice de acetilo	0,4412 ± 0,04 mg KOH / g muestra
	% Linalool	0,83 ± 0,3 %

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

La extracción de aceite esencial con éter etílico se realizó mediante la extracción continua por soxhlet y sus parámetros de calidad obtenidos se pueden observar en la Tabla 30-3. En las propiedades organolépticas presento los siguientes cambios, presento un color amarillo intenso (ver ANEXO E) muy diferente al color amarillo que presentaron las marca Aura caica y Rincón del químico este cambio se produce debido a que el éter etílico extrae compuestos de elevado peso molecular o compuestos no volátiles como se puede evidenciar mediante espectroscopia UV-vis donde se tuvo una absorbancia similar a al aceite esencial marca Aura caica (ver Gráfico 15-3).

En la densidad relativa tuvo un valor de 2,4077 g/mL observando que el aceite obtenido tiene un parecido a una grasa ya que fue totalmente solido a temperatura ambiente y se puede observar la perdida de compuestos volátiles esto se evidencia en su perfil cromatográfico (ver Figura 47-3) y por su valor de densidad relativa se cree que tiene compuestos de mayor peso molecular a comparación de los aceites esenciales muestra fresca que tiene un rango de densidad de 0,8426 - 0,8465 g/mL y de las marcas comerciales en un rango de 0,8513 – 0,8582 g/mL (ver Gráfico 10-3).

Su índice de refracción para la extracción con éter etílico fue de 1,3684 siendo un aceite esencial de baja pureza al comprar los índices de refracción de los aceites esenciales muestra fresca que oscilan sus valores entre 1,4720 - 1,4731. Determinando que este método aplicado en la extracción servirá como un estudio de colorantes naturales debido a su coloración intensa y su densidad

relativa que es de un valor alto y no como una técnica para la extracción de aceite esenciales con éter etílico. La solubilidad en etanol al 96 % presento turbidez siendo parcialmente soluble y esto se debe a que predominan los compuestos no volátiles de elevado peso molecular. Su punto de congelación fue muy diferente a los demás aceites esenciales analizados que no solidificaron a - 50 °C mientras que la extracción con éter etílico solidifico a temperatura ambiente.

En el Grafico 10-3 se puede observar una comparación de los parámetros de calidad del aceites esenciales obtenido por éter etílico y muestra liofilizada con los parámetros de calidad del aceite esencial marca Aura caica, en las propiedades químicas de la extracción con éter etílico su índice de acidez tuvo un valor de 17,4843 mg de KOH necesario para neutralizar los ácidos libres presentes 1 gramo de muestra con un porcentaje de ácido acético 1,80 % (ver Gráfico 11-3) prestando una pequeña variación con el índice de acidez de la marca Rincón del químico que tuvo un valor de 18,4725 mg KOH / g muestra que presento un número similar de ácidos libres con respecto a la extracción con éter etílico y un menor número de ácidos libres en el aceite esencial marca Aura caica con un valor de 1,3840 mg KOH / g muestra y muestra fresca siendo sus valores de índice de acidez que oscilan entre 0,5572 - 0,8270 mg KOH / g muestra. El éter etílico es un buen método para la extracción de compuestos no volátiles.

El índice de esterés para la extracción con éter etílico presento el siguiente valor 1,6183 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo totalmente esterificado de muestra comparando con las marcas comerciales tiene valores altos 6,3683 mg KOH / g muestra Aura caica y 8,8521 mg KOH / g muestra (Rincón del químico) y en los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra fresca 6,4746 mg KOH / g muestra (extracción agua) y 5,8578 mg KOH/ g muestra (extracción etanol 70 %), la extracción con éter etílico presento un número menor de grasa neutra saponificada y se puede evidenciar con su índice de esterés obtenido a comparación de los aceites esenciales analizados que tiene un mayor número de grasa neutra saponificada.

En el índice de saponificación para la extracción con éter etílico presento el siguiente resultado 19,1387 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de muestra al comprar con el índice de saponificación de la marca Rincón del químico que tuvo un valor de 26,8546 mg KOH/ g muestra siendo estos resultados los más altos obtenidos de los aceite esenciales analizados presentando una baja pureza si al compramos el índice de saponificación de la marca Aura caica que tuvo un valor de 7,7523 mg KOH / g muestra presentando una pureza alta y seguido por los aceites esenciales muestra fresca que oscilan su resultados 5,8578 - 7,3016 mg KOH / g muestra siendo estos aceites con índices de saponificación menores debido a la usencia de ácidos grasos libres y combinados.

El índice de acetilos es otro parámetro que presento diferencias en este método de extracción y solvente presento un índice de acetilos de 0,4412 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de producto acetilado con un porcentaje de linalool de 0,83 % (ver gráfico 11-3) donde se puede determinar que hay una pérdida considerable de compuestos volátiles, si estos resultados obtenidos por este método y solvente se comparan con el obtención de aceite esencial a partir de muestra seca estos presenta mejores porcentajes de linalool de 1,5 - 2,6 % y un número mayor de sustancias volátiles. Determinado así que la extracción por soxhlet con éter etílico presento una sustancia de color amarillo muy intenso, con un olor rancio, con una densidad relativa muy alta, con una baja pureza y se puede pretender que este método es mejor para el estudio de tintes.

Tabla 31-3: Parámetros de calidad obtenidos del aceite esencial de naranja muestra liofilizada extracción agua

PROPIEDADES	PARÁMETROS	RESULTADOS
Características organolépticas	Olor	Leve propio de la fruta
	Sabor	Ligeramente amargo
	Color	Trasparente
Características físicas	Densidad relativa 20°C	0,8346 ± 0,0035 g/mL
	Índice de refracción	nD: 1,4716 ± 0,0001
		Brix: 72,55 ± 0,025%
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol al 96% (1:0,3) "G-5" Soluble en etanol al 90% (1:0,7) "G-5" Soluble en etanol al 85% (1:1,5) "G-5" No soluble en etanol al 80%
Punto de congelación	No presenta solidificación a -50°C Solidificación a -120 °C	
Características químicas	Índice de acidez	1,0989 ± 0,0017 mg KOH / g muestra
	% Ácido acético	0,11 ± 0,0001%
	Índice de éster	6,4844 ± 0,051mg KOH / g muestra
	Índice de saponificación	7,5833 ± 0,050 mg KOH / g muestra
	Índice de acetilo	1,1281 ± 0,25 mg KOH / g muestra
	% Linalool	2,2 ± 0,025 %

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En las Tablas 31-3 y Tabla 32-3 pertenecen a los aceite esenciales obtenidos a partir de muestra liofilizada donde también se utilizó los solventes agua y etanol 70 % y presento parámetros de calidad similares a los obtenidos en los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra seca, donde se determinó que la extracción de aceite esencial a partir de muestra liofilización presento porcentajes de rendimientos menores debido a la perdida de aceite que sufre durante la liofilización de la muestra.

Tabla 32-3: Parámetros de calidad en el aceite esencial de naranja muestra liofilizada extracción etanol 70 %

PROPIEDADES	PARÁMETROS	RESULTADOS
Características organolépticas	Olor	Leve propio de la fruta
	Sabor	Ligeramente amargo
	Color	Trasparente
Características físicas	Densidad relativa 20°C	0,8354 ± 0,0044g/mL
	Índice de refracción	nD: 1,4718 ± 0,0001
		Brix: 72,4 ± 0,001%
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol al 96% (1:0,1) "G-5" Soluble en etanol al 90% (1:0,5) "G-5" Soluble en etanol al 85% (1:1) "G-5" No soluble en etanol al 80%
Punto de congelación	No presenta solidificación a -50°C Solidificación a -120 °C	
Características químicas	Índice de acidez	0,9866 ± 0,071mg KOH / g muestra
	% Ácido acético	0,1 ± 0,014%
	Índice de éster	6,7866 ± 0,10 mg KOH / g muestra
	Índice de saponificación	7,7732 ± 0,096 mg KOH / g muestra
	Índice de acetilo	1,3027 ± 0,12 mg KOH / g muestra
	% Linalool	2,4 ± 0,15%

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Las propiedades organolépticas de los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra liofilizados extracción con agua (ver tabla 31-3) y extracción etanol 70 % (ver tabla 32-3) presentaron un olor leve propio de la fruta teniendo similitud con el aceite esencial obtenido a partir de la muestra seca agua, se puede determinar que al realizar el proceso de liofilización muchos de las sustancias presentes en las cascara son removidas durante la sublimación cuando se aplica calor en condiciones de vacío, su sabor fue ligeramente amargo debido a la pérdida de sustancias y su color transparente siendo similar a los aceite esenciales obtenidos a partir de muestra fresca y seca típico de este método de extracción.

La densidad relativa determinada a 20 °C de los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra liofilizada presento un valor de 0,8346 g/mL extracción agua y 0,8354 g/mL extracción etanol 70 % siendo estos resultados obtenido parecidos a la densidad relativa obtenido a partir de muestra seca 0,8406 g/mL extracción agua (ver tabla 28-3) y 0,8396 g/mL extracción etanol (ver tabla 29-3), esta densidad relativa determinada en los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra liofilizada está relacionado con la pérdida de sustancias como es la fracción volátil y especialmente de fracción no volátil donde no se presenta absorbancia en su espectro UV-vis (ver Figura 8-3).

La solubilidad en etanol de los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra liofilizada para las extracciones en agua y etanol 70 % fue su soluble en 1 mL de aceite esencial en etanol al 96 % con una graduación de (G-5), soluble en etanol al 90 % con una graduación de (G-5), soluble en etanol al 85 % con una graduación de (G-5) e insoluble en etanol al 80 % (ver Tabla 31-3 y Tabla 32-3), se determinó que los compuestos predominantes en los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra liofilizada son compuestos oxigenados ya que estos son solubles en etanol de baja graduaciones teniendo las mismas características que los aceites esenciales obtenidos a partir de muestras seca y diferente a los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra fresca y marca Aura caica donde predominan compuestos terpénicos y sesquiterpenos siendo solubles en etanol de alta graduación etanol 96 %.

El punto de congelación de los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra liofilizada para las extracciones con agua y etanol 70 % no presentaron solidificación a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ siendo esta temperatura igual a los demás aceites esenciales muestra fresca, muestra seca, marca Aura caica y rincón del químico.

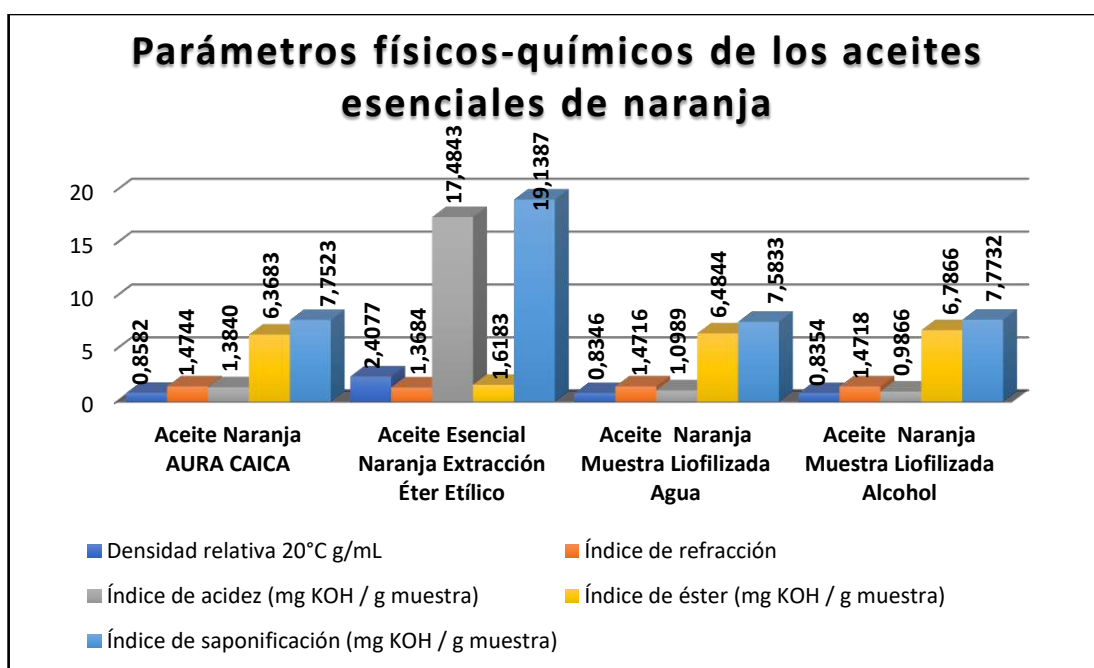


Ilustración 10-3: Comparativo aceite esencial de naranja marca Aura Caica vs aceite esencial naranja diferentes tratamientos

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Algunos parámetros químicos de los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra liofilizada se pueden observar en el Gráfico 10-3 donde se tienen algunas diferencias que presentan estos análisis con los resultados obtenidos a partir del aceite esencial marca Aura caica. En el índice de

acidez del aceite esencial obtenido a partir de muestra liofilizada extracción agua tuvo un valor de 1,0989 mg de KOH necesarios para neutralizar los ácidos libres presentes en 1 gramo de muestra con un porcentaje de ácido acético de 0,11 % (ver Gráfico 11-3), extracción con etanol 70 % un valor de 0,9866 mg de KOH necesarios para neutralizar los ácidos libres presentes en 1 gramo de muestra con un porcentaje de ácido acético de 0,10 % (ver Gráfico 11-3) al comparar estos resultados obtenidos con el aceite esencial marca Aura caica que tuvo un valor de 1,3840 mg KOH / g muestra presentando una pequeña variación e identificando que el aceite esencial obtenido a partir de muestra liofilizada presenta pérdida de sustancias durante el proceso de liofilizado, mientras que se cree que la extracción de aceite esencial por el método de prensado en frío presenta valores de índice de acidez alto como se observa en la marca Aura caica (ver Gráfico 10-3) y los que presentaron los índices de acidez más bajos fue el aceite esencial obtenido a partir de muestra fresca que presentó valores de 0,5572 - 0,8270 mg KOH / g muestra.

En los índices de ésteres de los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra liofilizada presentaron los siguientes valores, en la extracción agua su valor fue 6,4844 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo totalmente esterificado de muestra, en la extracción con etanol 70 % presentó un índice de ésteres de 6,7866 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo totalmente esterificado de muestra (ver Gráfico 10-3), estos resultados obtenidos presenta una pequeña variación al comprar con el índice de ésteres de la marca Aura caica 6,3683 mg KOH/ g muestra.

El índice de saponificación en los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra liofilizada extracción con agua tuvo un valor de 7,5833 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de muestra y en la extracción con etanol 70 % con un valor de 7,7732 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de muestra estos resultados tienen una pequeña variación al comparar con la marca Aura caica que tuvo un valor de 7,7523 mg KOH / g muestra (ver Gráfica 11-3) en ambos casos los aceites esenciales son de pureza alta y seguidos por los aceites esenciales muestra fresca que oscilan sus resultados 5,8578 - 7,3016 mg KOH / g muestra siendo estos aceites con índices menores debido a la ausencia de ácidos grasos libres y combinados.

En el índice de acetilos para los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra liofilizada en la extracción con agua tuvo un valor de 1,1281 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de producto acetilado con un porcentaje de linalool de 2,20 %, en la extracción con etanol 70 % tuvo un valor 1,3027 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de producto acetilado con un porcentaje de linalool de 2,4 % (ver Gráfico 11-3) determinado que el proceso de liofilización presentó pérdida de compuestos volátiles mínima a comparación de la muestra seca en la cual los aceites esenciales obtenidos presentan un porcentaje de linalool de 1,5 – 2,6 % y los que

presentan los mejores porcentaje de linalool fue los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra fresca con porcentajes de 3,5 – 5,19% que fueron extraídos por arrastre de vapor y marca Aura caica con un porcentaje de linalool de 16,54 % estas variaciones se debe a las técnicas de extracción utilizadas, solventes y tratamiento de muestra utilizado para la obtención de aceites esenciales.

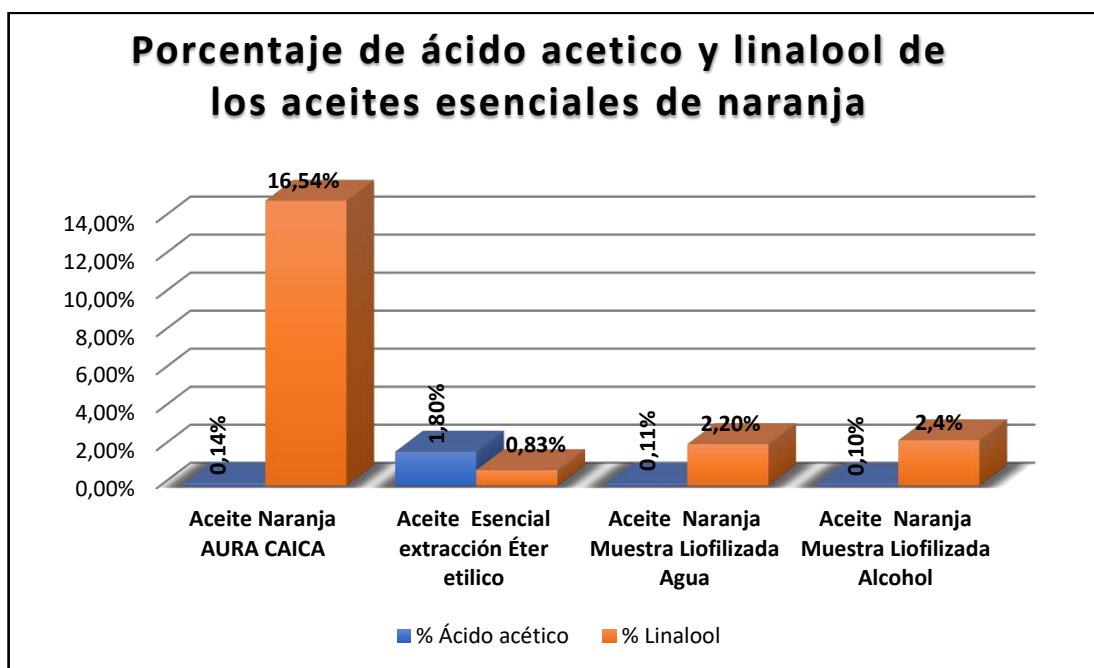


Ilustración 11-3: Diferencias de ácido acético y linalool del aceite esencial de naranja marca Aura Caica vs naranja muestra diferentes

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 33-3: Parámetros de calidad obtenidos del aceite esencial de limón marca Aura Caica

PROPIEDADES	PARÁMETROS	RESULTADOS
Características organolépticas	Olor	Propio de la fruta
	Sabor	Amargo, levemente picante
	Color	Amarillo pálido
Determinaciones físicas	Densidad relativa 20°C	0,8632 g/mL
	Índice de refracción	nD: 1,4743
		Brix: 73,58 %
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol al 96% (1:6,5) "G+5" No soluble en etanol al 90%
Punto de congelación	No presenta solidificación a -50°C Solidificación a -120 °C	
Índice químico	Índice de acidez	1,4007 mg KOH / g muestra
	% Ácido acético	0,14 %
	Índice de éster	6,4082 mg KOH / g muestra
	Índice de saponificación	7,8089 mg KOH / g muestra
	Índice de acetilo	6,4813 mg KOH / g muestra
	% Linalool	17,90 %

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En la Tabla 33-3 pertenece a los parámetros de calidad determinados a partir del aceite esencial de limón marca Aura caica siendo estos resultados como una referencia para la comparación de los parámetros de calidad determinados en los aceites esenciales de limón *Citrus aurantifolia* la extracción de aceite esencial se utilizó con el método arrastre de vapor. En las propiedades organolépticas se puede evidenciar los siguientes resultados; su olor fue agradable propio de la fruta, su sabor fue levemente amargo, presento además un color amarillo pálido esta coloración se puede deber a la técnica aplicada para la extracción de aceite esencial donde se cree que fue por el método prensado en frío y donde presenta un mayor número de fracción no volátil como se puede observar el espectro UV-vis (ver Figura 15-3) donde presenta absorbancia y como lo reporta Albaladejo, (1999) donde se aplica esta técnica y el aceite esencial obtenido presenta una coloración amarilla-verdosa.

Las propiedades físicas presente en el aceite esencial de limón marca Aura caica presento una densidad relativa determinada a 20 °C de 0,8632 g/mL teniendo una pequeña variación con respecto a la densidad relativa a 25 °C reportado por Rivas, (2018) con un valor de 0,8719 g/mL teniendo mayor masa que el aceite esencial de naranja marca Aura caica donde presenta una densidad relativa a 20 °C de 0,8582 g/mL debido a que presenta un menor número de sustancias en el aceite esencial de naranja (ver Tabla 52-3 sustancias volátiles presentes en el aceite esencial de naranja).

El índice de refracción en el aceite esencial de limón marca Aura caica presento un valor de 1,4743 (ver Tabla 33-3) siendo un valor similar reportado por Albaladejo, (1999) que tuvo un rango de 1,4732 – 1,4722 y también es similar al aceite esencial de naranja Aura caica que presento un índice de refracción de 1,4744 (ver Gráfico 12-3), determinado que el aceite esencial de limón marca Aura caica presenta una elevada pureza.

La solubilidad del aceite esencial limón en etanol al 96 % fue en un volumen 6,5 mL teniendo una graduación de (G+5) e insoluble en etanol al 90 % (ver Tabla 33-3), al comparar la solubilidad reportado por Rivas, (2018) siendo soluble en etanol al 96 % en volumen 0,3 mL y siendo similar a la solubilidad del aceite esencial de naranja marca Aura caica donde fue soluble en etanol al 96 % e insoluble en etanol al 90 %, el aceite esencial marca Aura caica presento mayor número de compuestos terpénicos y sesquiterpenos que solo son solubles solo en etanol de alta graduación y siendo un aceite esencial de alta calidad.

El punto de congelación del aceite esencial de limón, no presento solidificación a -50 °C siendo la misma temperatura para todos los aceites esenciales de naranja marca Aura caica, muestra

fresca, seca y liofilizada, determinado que el aceite esencial de limón no presenta adulteraciones y es de buena calidad.

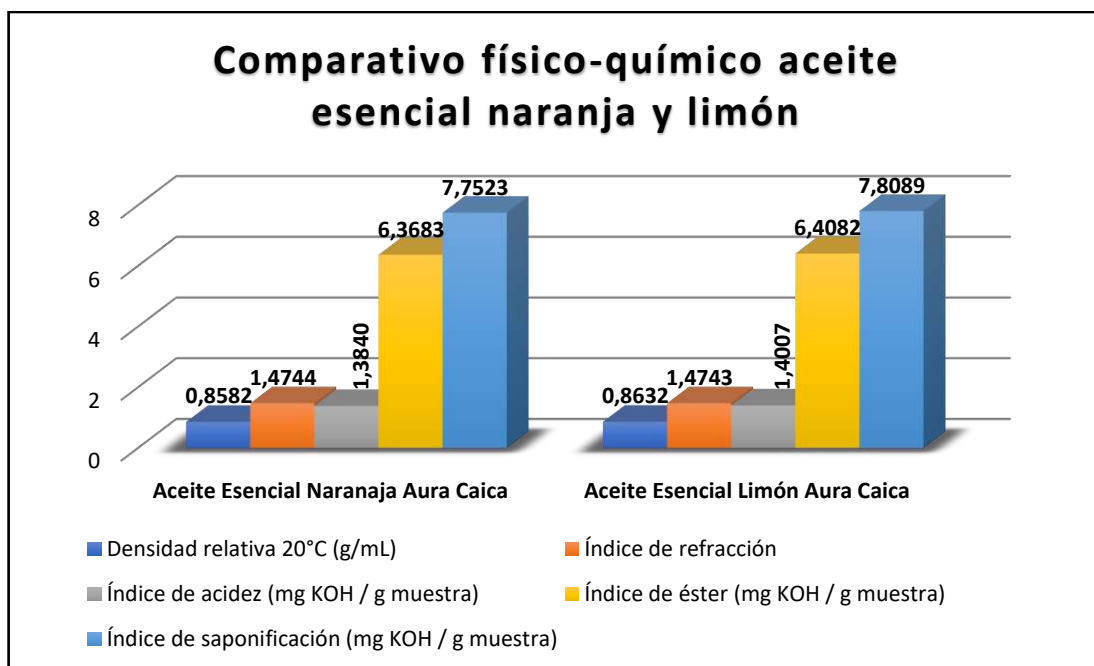


Ilustración 12-3: Comparativo marca aceite esencial naranja y aceite esencial limón Aura Caica

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En el Gráfico 12-3 se puede observar algunos parámetros físicos-químicos de los aceites esenciales de naranja *Citrus sinensis* y del aceite esencial de limón marca Aura caica en donde se puede observar que algunos de sus parámetros determinados tienen diferencias mínimas.

En los parámetros químicos del aceite esencial de limón Aura caica presento los siguientes resultados, el índice de acidez tuvo un valor de 1,4007 mg de KOH necesarios para neutralizar los ácidos libres presentes en 1 gramo de muestra con un porcentaje de ácido acético de 0,14 % al compararnos con el aceite esencial de naranja marca Aura caica presenta similitud ya que tuvo un índice de acidez de 1,4744 mg KOH / g muestra con un porcentaje de ácido acético de 0,14 % (ver Gráfico 13-3), el aceite esencial de limón Aura caica presento un número mínimo de ácidos libres indicando que el aceite esencial es de buena calidad y no presenta un envejecimiento acelerado esto se debe a que el aceite esencial estaba almacenado correctamente en su botella color ámbar conservándose de mejor manera.

El índice de esteres en el aceite esencial de limón marca Aura caica tuvo un valor de 6,4082 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo totalmente esterificado de muestra teniendo una

pequeña variación con el aceite esencial de naranja marca Aura caica que tuvo un valor de 6,3816 mg KOH/ g muestra.

El índice de saponificación para el aceite esencial de limón marca Aura caica tuvo un valor 7,8089 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de muestra teniendo un valor similar al aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* marca Aura caica que tuvo un índice de saponificación de 7,7523 mg de KOH/g muestra teniendo un número menor de ácidos grasos y combinados, además siendo el aceite esencial de limón un aceite con una elevada pureza.

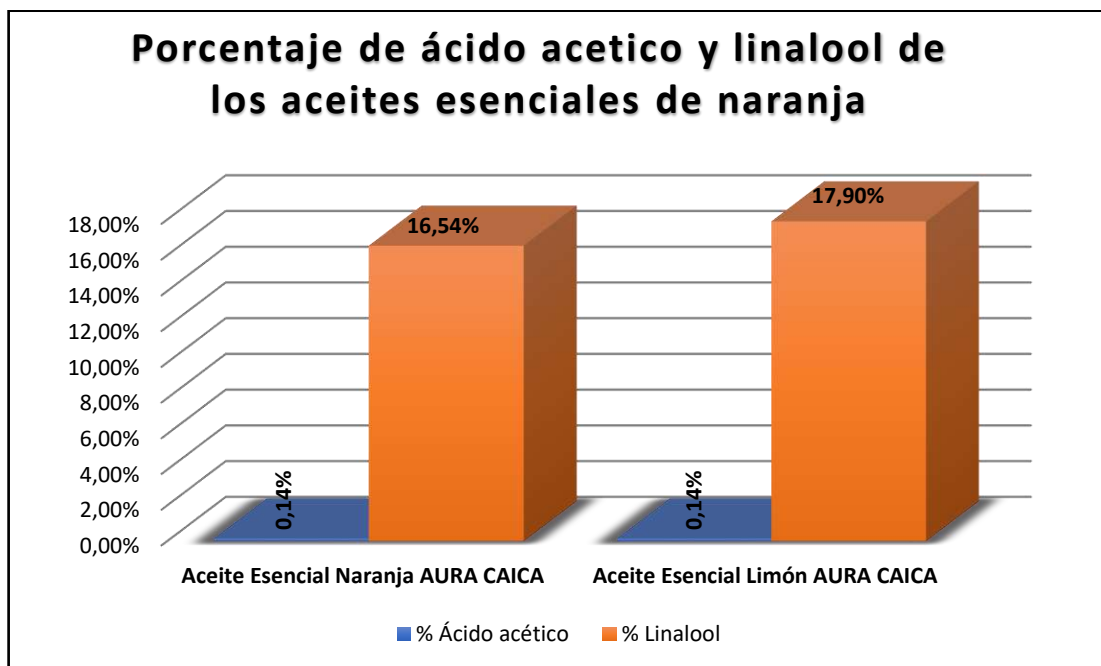


Ilustración 13-3: Diferencias de ácido acético y linalool de los aceites esenciales de naranja y limón marca Aura Caica

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En el índice de acetilos el aceite esencial de limón marca Aura caica presento un valor de 6,4813 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de producto acetilado con un porcentaje de linalool de 17,90 % (ver Gráfico 13-3) siendo este valor mayor al aceite esencial de naranja *citrus sinensis* que tuvo un índice de acetilos de 5,9893 mg KOH / g muestra con un porcentaje de linalool de 16,54 %, siendo el aceite esencial de limón el que presenta un olor más intenso a comparación de los aceites esenciales de naranja analizados esto se debe a la menor presencia de compuestos volátiles que presenta la naranja y un número mayor fracción volátil como no volátil en el aceite esencial de limón Aura caica como se puede observar en su perfil cromatográfico (ver Figura 48-3)

Tabla 34-3: Parámetros de calidad obtenidos del aceite esencial de limón muestra fresca extracción agua

PROPIEDADES	PARÁMETROS	RESULTADOS
Características organolépticas	Olor	Intenso propio de la fruta
	Sabor	Amargo
	Color	Trasparente
Determinaciones físicas	Densidad relativa 20°C	0,8552 ± 0,0013 g/mL
	Índice de refracción	nD: 1,4756 ± 0.00001
		Brix: 74,12 ± 0,015%
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol al 96% (1:0,5) "G-5" No soluble en etanol al 90%
Punto de congelación	No presenta solidificación a -50°C Solidificación a -120 °C	
Índice químico	Índice de acidez	1,7690 ± 0,15 mg KOH / g muestra
	% Ácido acético	0,18 ± 0,01%
	Índice de éster	5,4718 ± 0,094 mg KOH / g muestra
	Índice de saponificación	7,2892 ± 0,070 mg KOH / g muestra
	Índice de acetilo	9,2757 ± 0,11 mg KOH / g muestra
	% Linalool	25,1 ± 0,7%

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 35-3: Parámetros de calidad obtenidos del aceite esencial de limón muestra fresca extracción etanol 70 %

PROPIEDADES	PARÁMETROS	RESULTADOS
Características organolépticas	Olor	Muy intenso propio de la fruta
	Sabor	Intenso, Amargo
	Color	Trasparente
Determinaciones físicas	Densidad relativa 20°C	0,8601 ± 0,0045g/mL
	Índice de refracción	nD: 1,4775 ± 0,008
		Brix: 75,96 ± 0,038%
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol al 96% (1:0,6) "G-5" No soluble en etanol al 90%
Punto de congelación	No presenta solidificación a -50°C Solidificación a -120 °C	
Índice químico	Índice de acidez	1,3809 ± 0,010 mg KOH / g muestra
	% Ácido acético	0,14 ± 0,0001 %
	Índice de éster	2,7730 ± 0,019 mg KOH / g muestra
	Índice de saponificación	4,1539 ± 0,029 mg KOH / g muestra
	Índice de acetilo	5,2719 ± 0,083 mg KOH / g muestra
	% linalool	14,2 ± 0,4 %

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 36-3: Parámetros de calidad obtenidos del aceite esencial de limón muestra seca extracción agua

PROPIEDADES	PARÁMETROS	RESULTADOS
Características organolépticas	Olor	Rancio
	Sabor	Ligeramente amargo
	Color	Verde pálido
Determinaciones físicas	Densidad relativa 20°C	0,8466 ± 0,0043 g/mL
	Índice de refracción	nD: 1,4736
		Brix: 73,97 ± 0,58%
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol al 96% (1:0,1) "G-5" Soluble en etanol al 90% (1:1) "G-5" Soluble en etanol al 85% (1:1,5) "G-5" Soluble en etanol al 80% (1:2,5) "G-5"
Punto de congelación	No presenta solidificación a -50°C Solidificación a -120 °C	
Índice químico	Índice de acidez	1,5302 ± 0,054 mg KOH / g muestra
	% Ácido acético	0,15 ± 0,0001%
	Índice de éster	1,9595 ± 0,049 mg KOH / g muestra
	Índice de saponificación	3,4894 ± 0,079 mg KOH / g muestra
	Índice de acetilo	2,4556 ± 0,29 mg KOH / g muestra
	% Linalool	9,75 ± 0,019%

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Las propiedades organolépticas de los aceites esenciales de limón *citrus aurantifolia* fueron obtenidos con el método arrastre de vapor con muestra fresca extracción agua (ver Tabla 34-3), extracción etanol 70 % (ver Tabla 35-3) y muestras seca extracción agua (ver Tabla 36-3). El olor en el aceite esencial de limón *citrus aurantifolia* extracción agua fue intenso propio de la fruta pero en la extracción con etanol 70 % su olor fue más intenso y esto se debe a que el etanol es una buen solvente para la extracción de compuestos no volátiles y se puede evidenciar mediante su perfil cromatográfico (ver Tabla 65-3) donde se identificó un total de 40 sustancias presentes en el aceite esencial de limón *citrus aurantifolia* extracción etanol 70 % y la extracción con agua a partir de muestra seca presento un olor rancio por la pérdida de sustancias durante el proceso de sacado e identificando que los aceites esenciales que presentan una buena calidad fue el aceite esencial obtenido a partir de muestra fresca extracción agua y con mejor fragancia la extracción con etanol 70 %.

El color para los aceites esenciales de limón *citrus aurantifolia* obtenidos a partir muestra fresca extracción agua y etanol 70 % fueron totalmente trasparente teniendo similitud con las extracciones de aceite esencial de naranja *citrus sinensis* que también fueron transparentes, concluyendo que los aceites esenciales obtenidos por el método por arrastre de vapor serán totalmente transparentes y son diferentes al aceite esencial de limón marca Aura caica que presento

un color amarillo pálido esta diferencia de color se debe a la técnica de extracción utilizada donde esta marca presento mayor fracción no volátil obteniendo mayor absorbancia mediante espectroscopia UV-vis (ver Figura 15-3) que los aceites esenciales obtenidos por arrastre de vapor no presento absorbancias teniendo menor fracción no volátil (ver Figuras 16-3 y Figura 19-3). En el aceite esencial obtenido a partir de muestra seca extracción agua presento un color verde pálido y esto se debió al tiempo de extracción que se expuso la muestra y presentando una mínima absorbancia (ver Figura 18-3).

En las propiedades físicas del aceite esencial de limón muestra fresca extracción agua tuvo una densidad relativa a 20 °C de 0,8552 g/mL teniendo un valor similar en el método arrastre de vapor reportado por (Espinel, 2020) de 0,8572 g/mL, en la extracción con etanol 70 % tuvo una densidad de 0,8601 g/mL esta diferencia de densidades está relacionada con la masa ya que el aceite esencial extracción etanol 70 % tiene un número mayor de sustancias como se puede observar en su tabla de sustancias volátiles identificadas (ver Tabla 65-3) esto se produce porque el etanol es un buen solvente para la extracción de un numero alto de sustancias volátiles y está relacionado directamente con su olor ya que fue el único aceite esencial de todos los analizados el que presenta un aroma intenso y es similar al aceite esencial de limón marca Aura caica que tuvo una densidad relativa de 0,8632 g/mL debido a la técnica de extracción que aumenta los compuestos no volátiles. En el aceite esencial obtenido a partir de muestra seca extracción agua presento una densidad relativa de 0,8466 g/mL determinando que este aceite esencial tiene una pérdida de sustancias durante el proceso de secado y siendo un aceite esencial de muy baja calidad.

El índice de refracción para los aceites esenciales de limón *citrus aurantifolia* obtenidos a partir de muestra fresca extracción agua tuvo un valor de 1,4756 en la extracción etanol 70 % tuvo un índice de refracción de 1,4775 y para el aceite esencial obtenido a partir de muestra seca extracción agua un valor de 1,4736 teniendo valores similares al aceite esencial de limón marca Aura caica que tuvo un índice de refracción de 1,4743 (ver Gráfico 14-3) y también parecidos a los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* que sus resultados oscilan 1,4744 - 1,4720; presentando una pureza alta y no presenta adulteraciones.

La solubilidad en etanol para los aceites esenciales de limón *citrus aurantifolia* obtenidos a partir de muestra fresca extracción agua fue soluble en un volumen 0,5 mL de etanol al 96 % teniendo una graduación (G-5) e insoluble en etanol al 90 %, en la extracción etanol 70 % fue soluble en un volumen de 0,6 mL de etanol 96 % con una graduación (G-5) e insoluble en etanol 90 % teniendo el mismo caso que el aceite esencial de limón marca Aura caica donde fue solo soluble en etanol al 96 % y esto se debe a que los aceites esenciales predominan los compuestos terpénicos y sesquiterpenos que son solubles solo en etanol de altas graduaciones. En el caso del aceite

esencial obtenido a partir de muestra seca extracción agua que fue soluble en 0,1 mL de etanol al 96 % con una graduación (G-5), soluble en etanol 90 % en un volumen 1 mL con una graduación (G-5), soluble en etanol 85 % en un volumen 1,5 mL e soluble en etanol 80 % en un volumen de 2,5 mL teniendo predominancia de compuestos oxigenados que son solubles en etanol de bajas graduaciones o diluido.

El punto de congelación para los aceites esenciales de limón obtenidos a partir de muestra fresca extraídos con agua, etanol 70 % y muestra seca extracción agua no solidifican a -50 °C teniendo la misma temperatura que el aceite esencial de limón y naranja marca Aura caica y determinado que estos aceites esenciales no presentan adulteraciones ya que conservan en gran parte las sustancias presentes en la cascara de naranja.

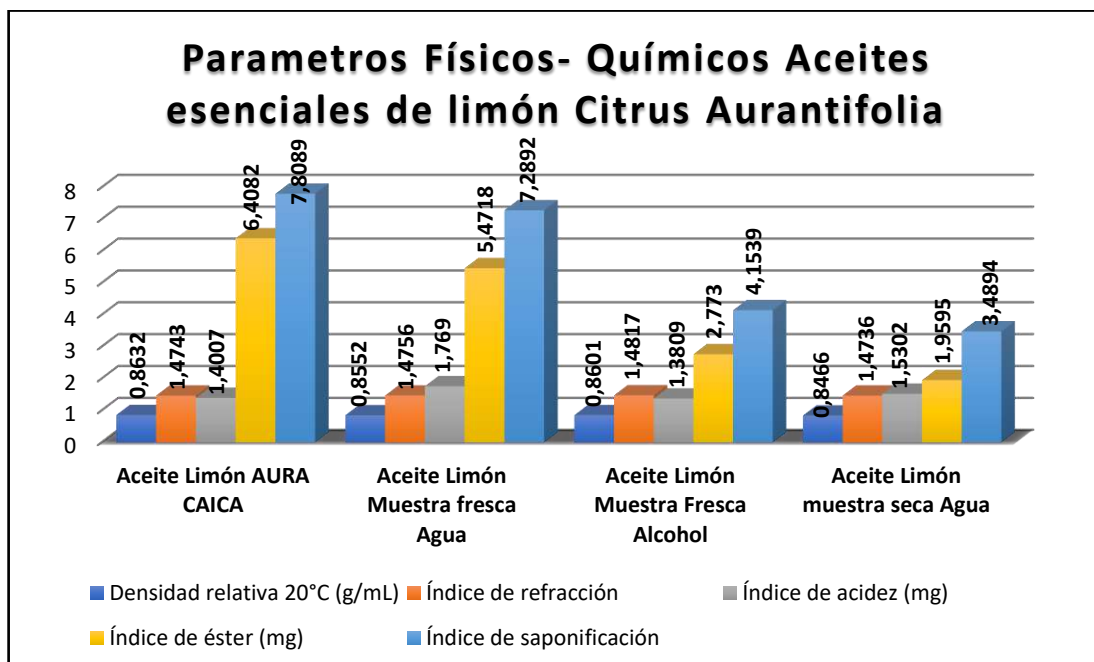


Ilustración 14-3: Comparativo aceite esencial limón Aura Caica vs aceite esencial limón obtenidos *citrus aurantifolia*

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Las propiedades químicas de los aceite esenciales de limón *citrus aurantifolia* obtenidos a partir de muestra fresca extracción agua presento un índice de acidez de 1,7690 mg de KOH necesarios para neutralizar los ácidos libres presentes 1 g muestra con un porcentaje de ácido acético de 0,18 %, en la extracción con etanol 70 % presento un índice de acidez de 1,3809 mg de KOH necesarios para neutralizar los ácidos libres presentes 1 g muestra con un porcentaje de ácido acético de 0,14 % teniendo menor número de ácidos libres pero mayor sustancias volátiles, el por eso de su gran aroma, presentando una pequeña variación con el índice de acidez del aceite esencial de limón marca Aura caica que tuvo un valor de 1,4007 mg KOH / g muestra siendo el aceite esencial del limón *citrus aurantifolia* extracción agua el que presenta más ácidos libres (ver Gráfico 14-3) en

ambas extracciones sus ácidos libres son menores y siendo aceites esenciales de alta calidad, en la obtención de aceite esencial de limón a partir de muestra seca extracción agua presento un índice de acidez de 1,5302 mg de KOH necesarios para neutralizar los ácidos libres presentes 1 gramo de muestra con un porcentaje de ácido acético de 0,15%, este resultado obtenido se debe a la pérdida de sustancias que presenta durante el proceso de secado (ver Gráfico 15-3).

El índice de esteres para el aceite esencial de limón extracción agua tuvo un valor de 5,4718 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo totalmente esterificado de muestra, en la extracción etanol 70 % tuvo un índice de esteres de 2,7730 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo totalmente esterificado de muestra teniendo un menor peso molecular medio de los ácidos grasos presentes en el aceite esencial de limón *citrus aurantifolia* como se dijo anteriormente el etanol solo extraerá compuestos volátiles y un índice de esteres mayor para el aceite esencial de limón marca Aura caica que obtuvo un índice de esteres 6,4082 mg KOH / g muestra y esto se debe a su técnica de extracción utilizada donde tendrá mayor peso molecular medio de los ácidos grasos presentes en el aceite. El índice de ésteres para el aceite esencial muestra seca tuvo un valor de 1,9595 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo totalmente esterificado de muestra este valor se debe a la pérdida de sustancias durante el proceso de secado de la muestra.

En el índice de saponificación para el aceite esencial de limón *citrus aurantifolia* extracción agua presento un valor de 7,2892 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de muestra teniendo similitud al aceite esencial de limón marca Aura caica que tuvo un índice de saponificación de 7,8089 mg KOH / g muestra o un número similar de ácidos grasos y combinados presentes en el aceite esencial, en la extracción con etanol 70 % con un valor menor de 4,1539 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de muestra en ambos casos los aceites esenciales presentan elevada pureza y buena calidad de aceite esencial (ver Gráfico 14-3). En la obtención de aceite esencial muestra seca se tuvo un índice de saponificación de 3,4894 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de muestra este resultado es menor, pero esto se debe a la pérdida de sustancias durante el proceso de secado de muestra teniendo una alta pureza, pero una baja calidad del aceite esencial.

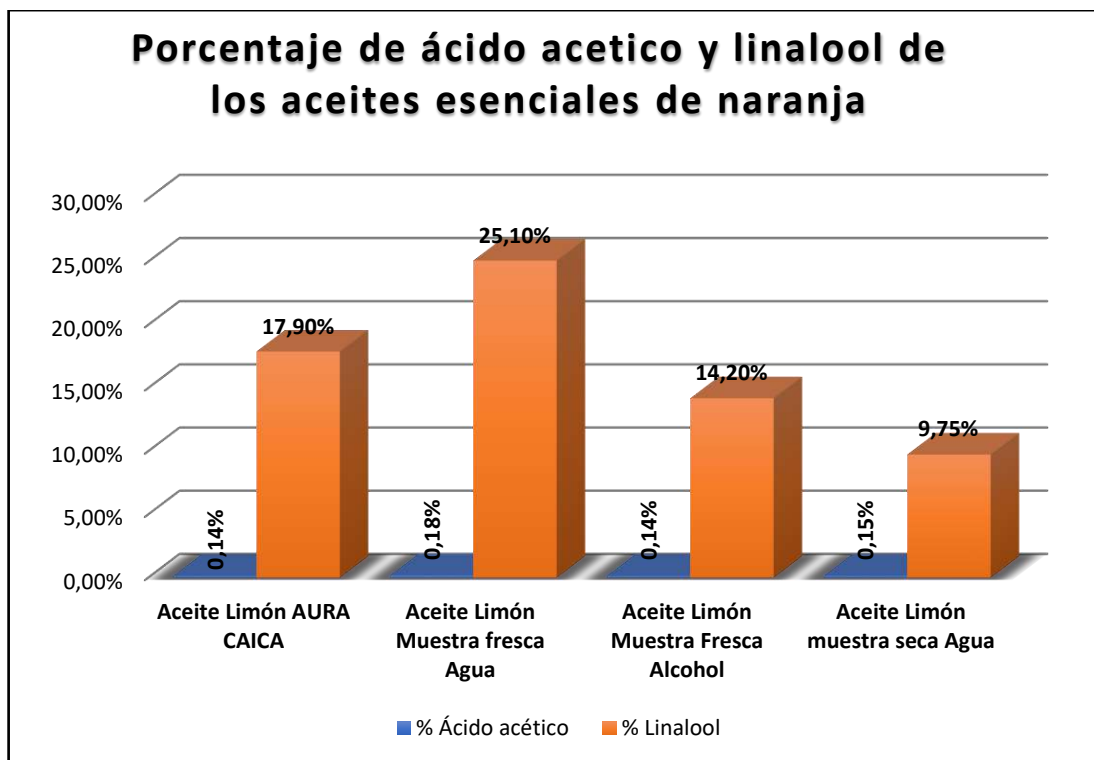


Ilustración 15-3: Diferencias de ácido acético y linalool

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En el índice de acetilos para el aceite esencial de limón *citrus aurantifolia* obtenido a partir de muestra fresca extracción agua se tuvo un valor de 9,2757 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de producto acetilado con un porcentaje de linalool de 25,10 % siendo un valor mayor a comparación del aceite esencial de limón marca Aura caica que tuvo un índice de acetilo de 6,4813 mg KOH / g muestra porcentaje de linalool de 17,90 %, en la extracción con etanol al 70 % se tuvo índice de acetilos de 5,2719 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de producto acetilado con un porcentaje de linalool de 14,20 %. En el aceite esencial obtenido a partir de muestras seca extracción agua se obtuvo un valor índice de acetilos menor de 2,4556 mg de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de producto acetilado con un porcentaje de linalool de 9,75 %, como se dijo anteriormente esto es causado por el secado de muestra donde pierde gran parte de sus sustancias y determinado que los aceites esenciales obtenidos a partir de muestras fresca presentan mejor calidad que el aceite esencial obtenido a partir de muestra seca donde se observa algunas diferencias como fue su olor, propiedades químicas y físicas.

3.1.3. Espectros UV-vis de los aceites esenciales

3.1.3.1. Espectros UV-vis de los aceites esenciales de naranja maracas comerciales

En esta sección se analizará las absorbancias que presentan cada uno de los aceites esenciales para determinar el valor CD que dará una información sobre la presencia de compuestos no volátiles (ceras, parafinas, cumarinas, furocumarinas y componentes de elevado).

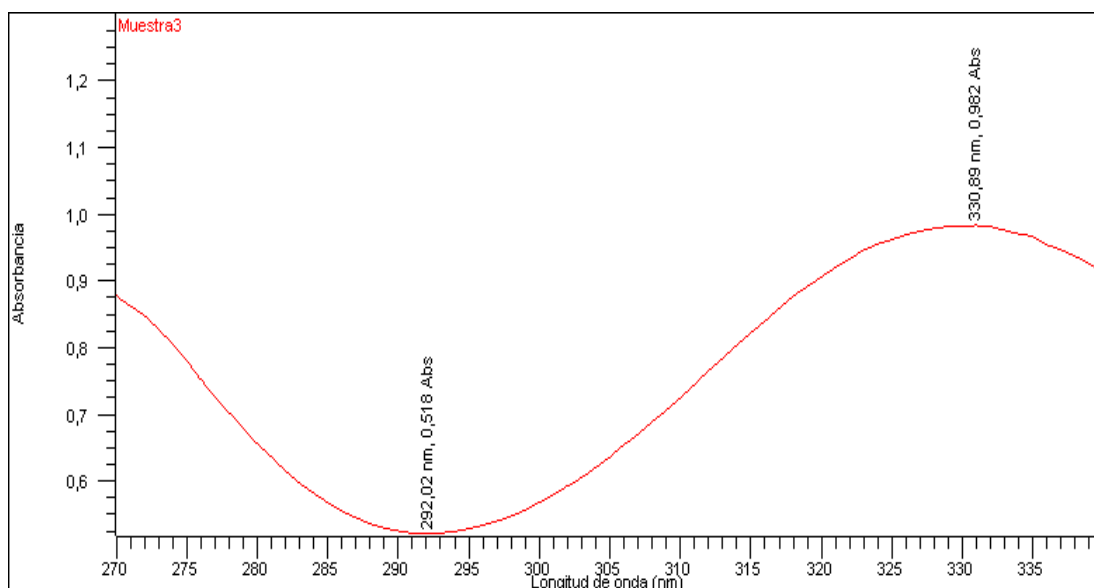


Ilustración 16-3: Espectro UV-vis perteneciente al aceite esencial de naranja marca Aura Caica

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

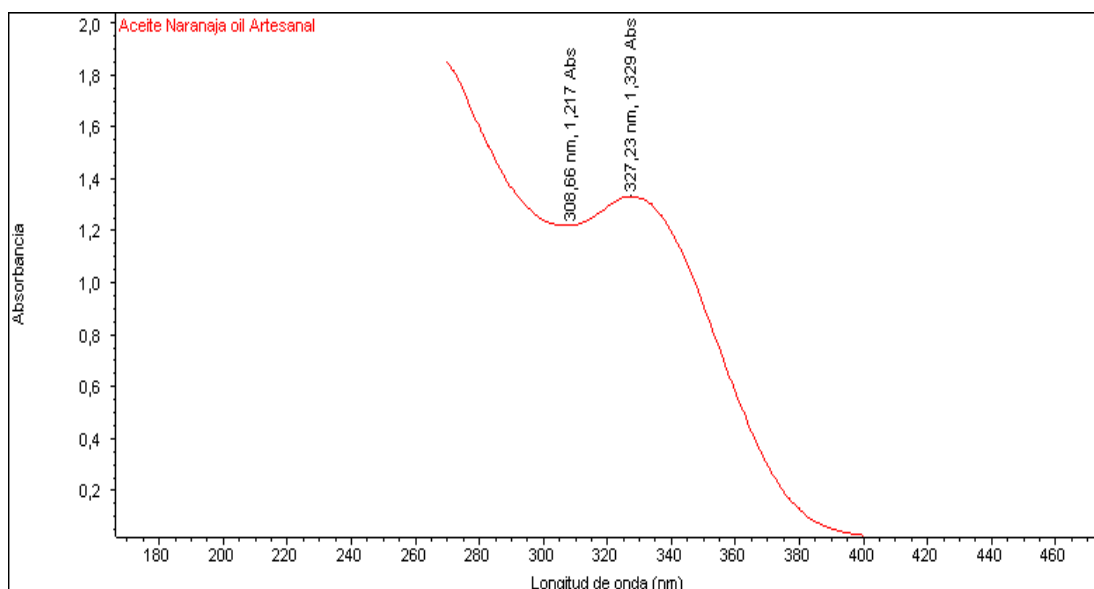


Ilustración 17-3: Espectro UV-vis perteneciente al aceite esencial de naranja marca Rincón del químico

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

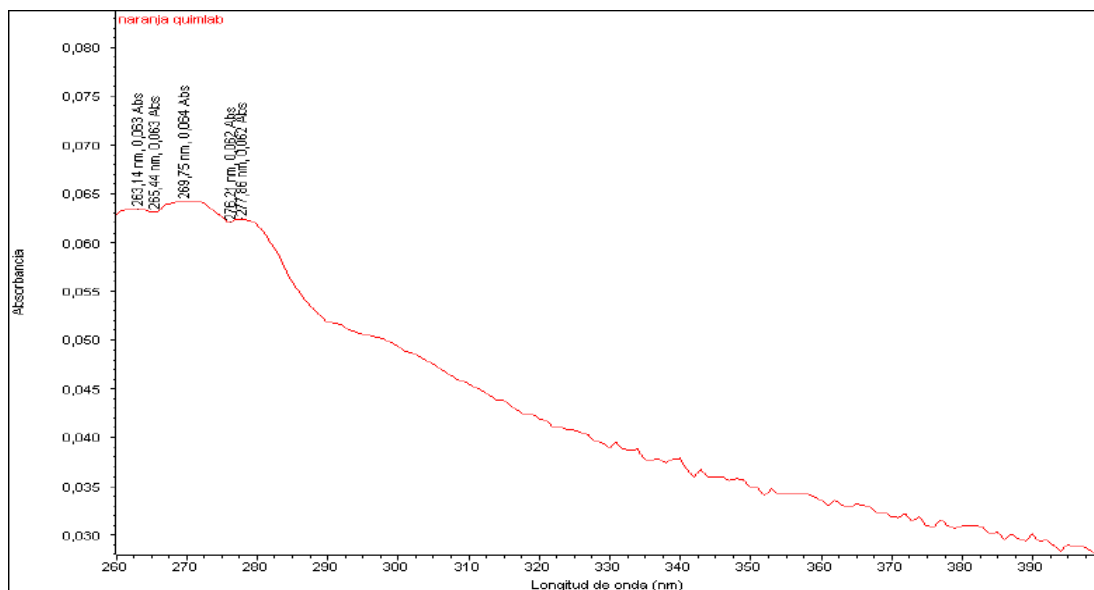


Ilustración 18-3: Espectro UV-vis perteneciente al aceite esencial de naranja marca Quimolab
Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

3.1.3.2. *Espectros UV-vis de los aceites esenciales de naranja extracción arrastre de vapor con agua*

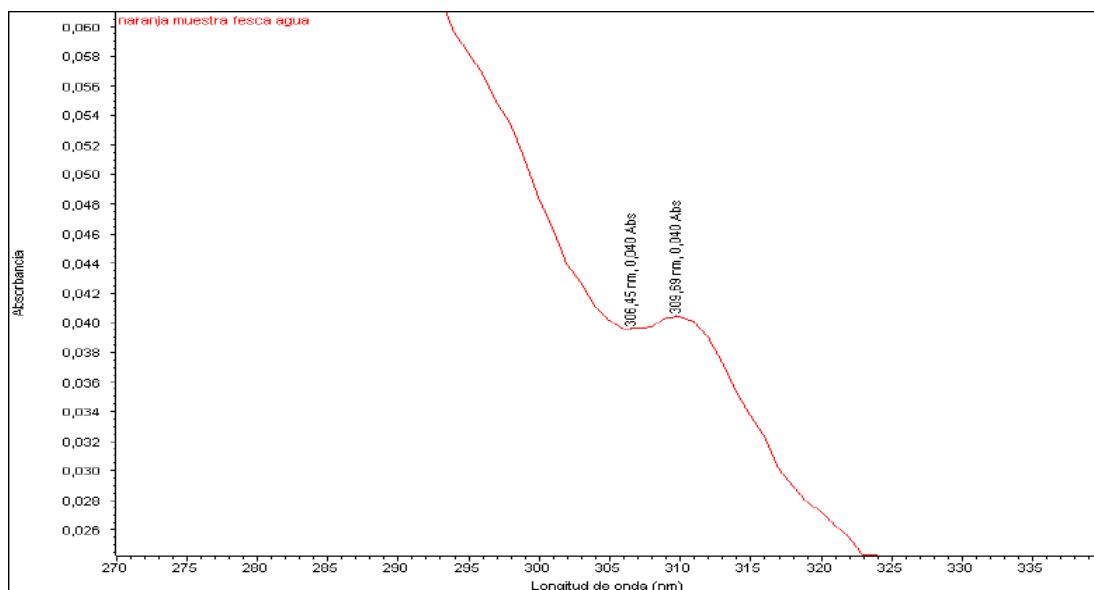


Ilustración 19-3: Espectro UV-vis perteneciente al aceite esencial de naranja muestra fresca
Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En la Figura 4-3 se puede observar que el aceite esencial de naranja *citrus sinensis* replica 1 presenta una mínima absorbancia a comparación del aceite esencial marca Aura caica que presenta una máxima absorbancia 0,982 en una longitud de onda 330 nm y una mínima absorbancia 0,518 en una longitud de onda 292 nm, esta diferencia se debe al método aplicado y

solvente en la obtención de aceite esencial siendo por arrastre de vapor extracción con agua y presento muy poca fracción no volátil pero mayor fracción volátil el por eso de su color transparente mientras que la marca Aura caica presenta mayor fracción no volátil que se manifiesta en el espectro UV-vis (ver Figura 1-3) y está relacionado directamente con el método de extracción utilizado se cree que fue por prensado en frio para mejorar el rendimiento de obtención.

Lo mismo sucede en la réplica 3 (ver Figura 5-3) donde no presenta absorbancia determinando que predomina los compuestos volátiles como son los terpenos.

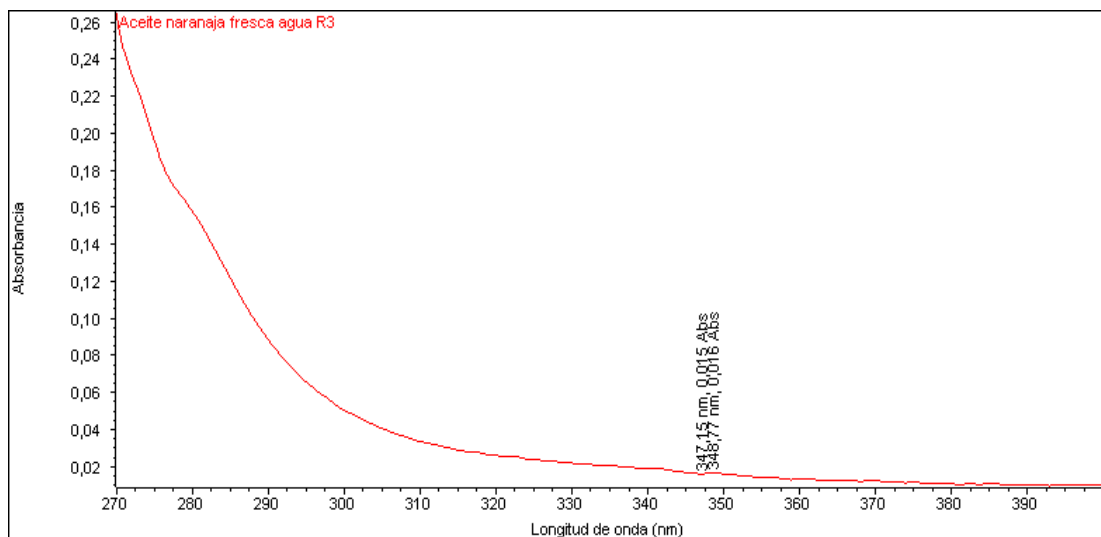


Ilustración 20-3: Espectro UV-vis perteneciente al aceite esencial naranja muestra fresca replica 3

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

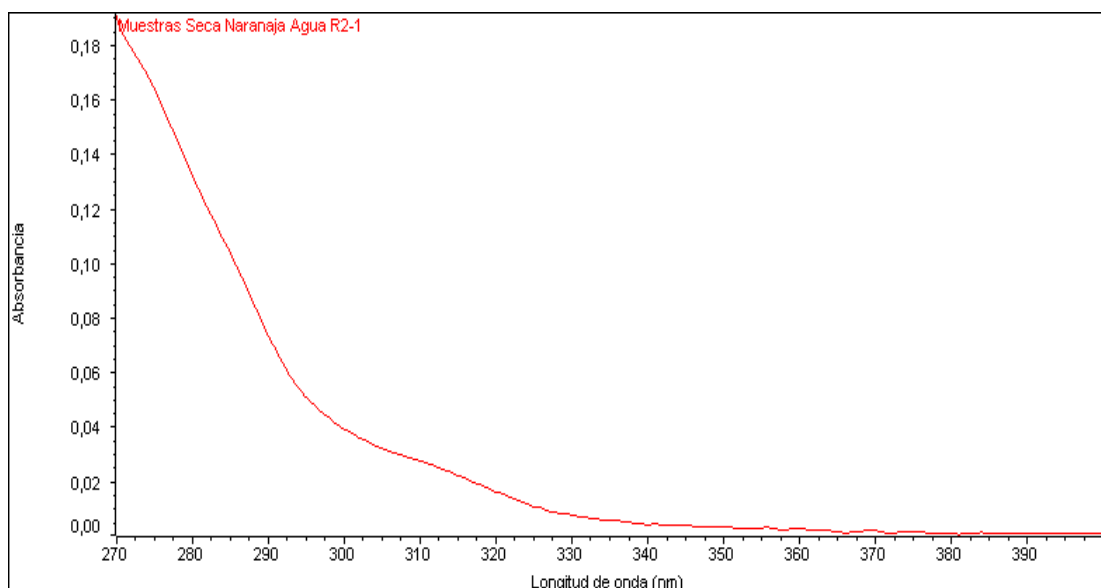


Ilustración 21-3: Espectro UV-vis perteneciente al aceite esencial de naranja muestra seca

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

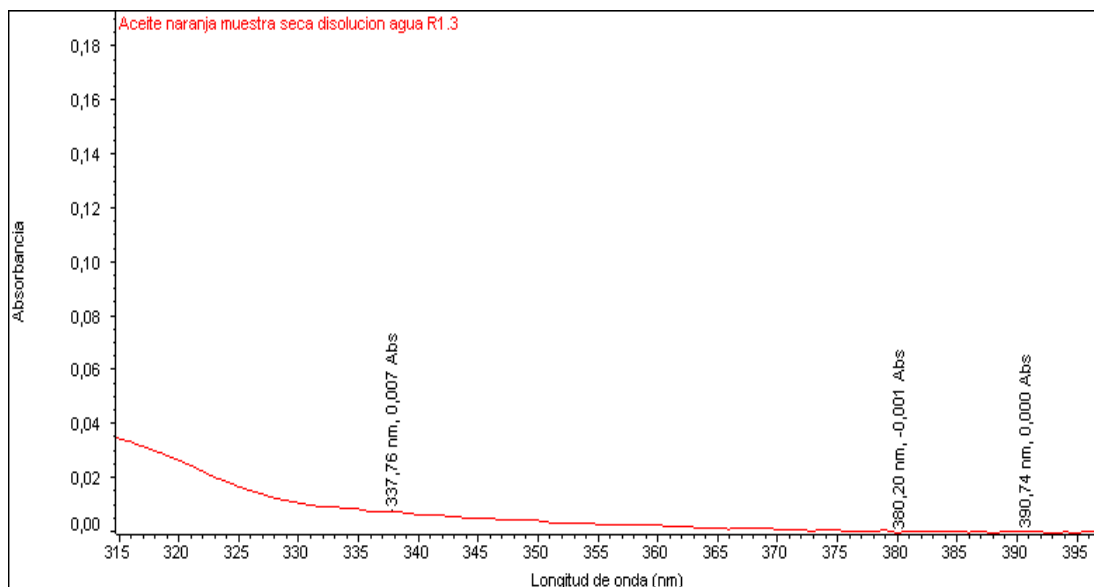


Ilustración 22-3: Espectro UV-vis perteneciente aceite esencial de naranja muestra seca replica 3

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

El aceite esencial obtenido a partir de muestra seca extracción agua (arrastre de vapor) no presenta ninguna absorbancia (ver Figura 6-3 y 7-3) y esto se debe a la pérdida de sustancias especialmente fracción no volátil que se perdió durante el proceso de secado siendo la causa principal la alta temperatura adición a esto la descomposición de la cascara y también está relacionado con las propiedades organolépticas, físicas-químicas donde se encontró diferencias con los aceites esencial obtenidos a partir de muestra fresca.

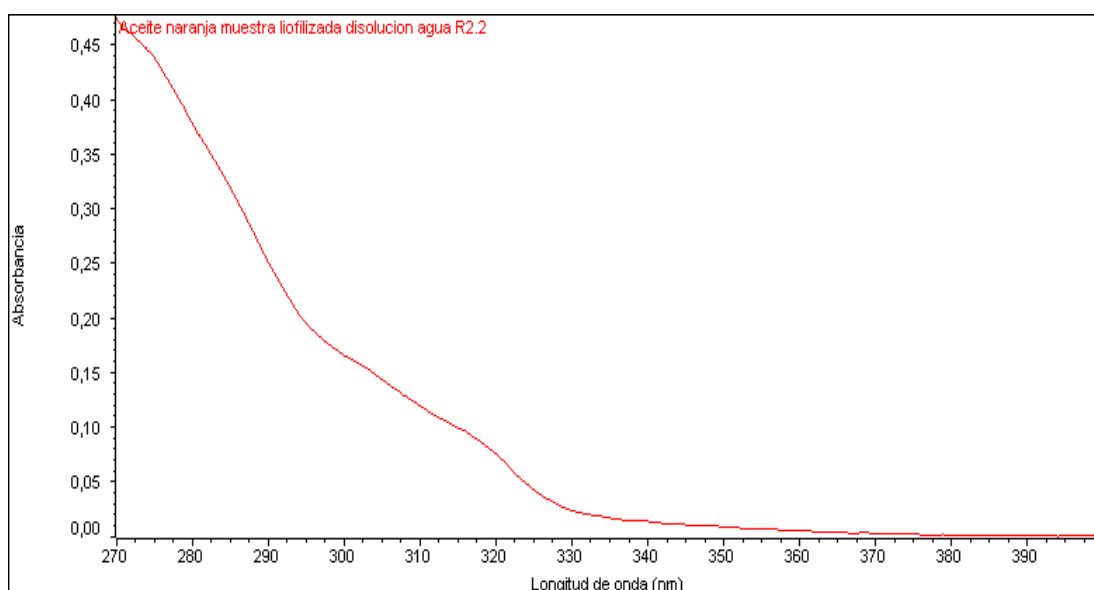


Ilustración 23-3: Espectro UV-vis perteneciente aceite esencial de naranja muestra liofilizada replica 2

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

3.1.3.3. Espectros UV-vis de los aceites esenciales de naranja extracción arrastre de vapor con Etanol 70%

En la extracción con etanol al 70 % para las muestras analizadas no presento absorbancias esto se podría relacionar que los aceites esenciales presentan más fracción volátil que no volátil, además se puede observar sus propiedades físicas-químicas presentando valores menores, pero sin perder calidad y pureza sobre todo en las extracciones a partir de muestra fresca.

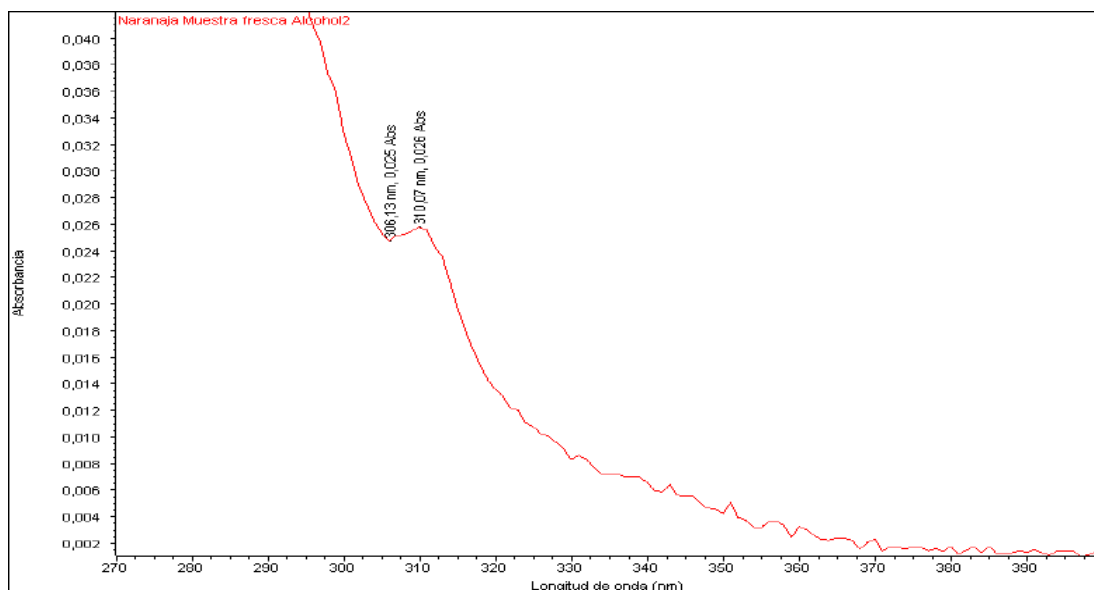


Ilustración 24-3: Espectro UV-vis perteneciente al aceite esencial de naranja muestra fresca
Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

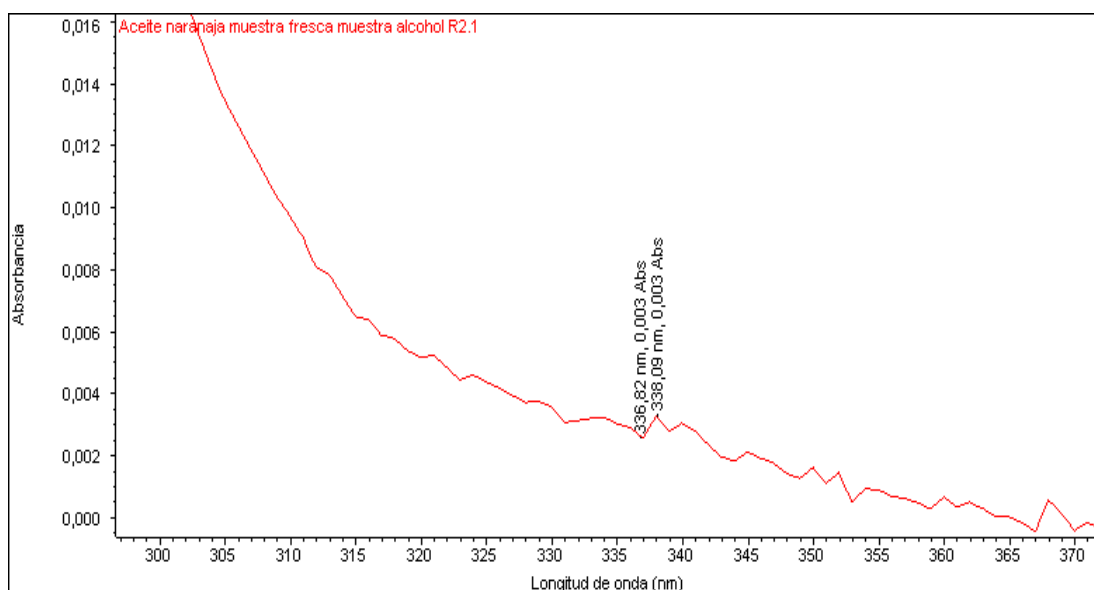


Ilustración 25-3: Espectro UV-vis perteneciente al aceite esencial de naranja muestra fresca
replica 2
Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En las extracciones de aceite esencial de naranja *citrus sinensis* muestra fresca extracción etanol 70 % se puede observar los espectros UV-vis en las Figuras 11-3 y 12-3 se observa que estos aceites esenciales no presentan absorbancias por la usencia de fracción no volátil, pero existe mayor fracción volátil, esto se puede evidenciar en el cromatograma (ver Figura 42-3) donde hay la ausencia de citral y en las propiedades físico – químicas se observa mejores aromas y menor número de ácidos libres.

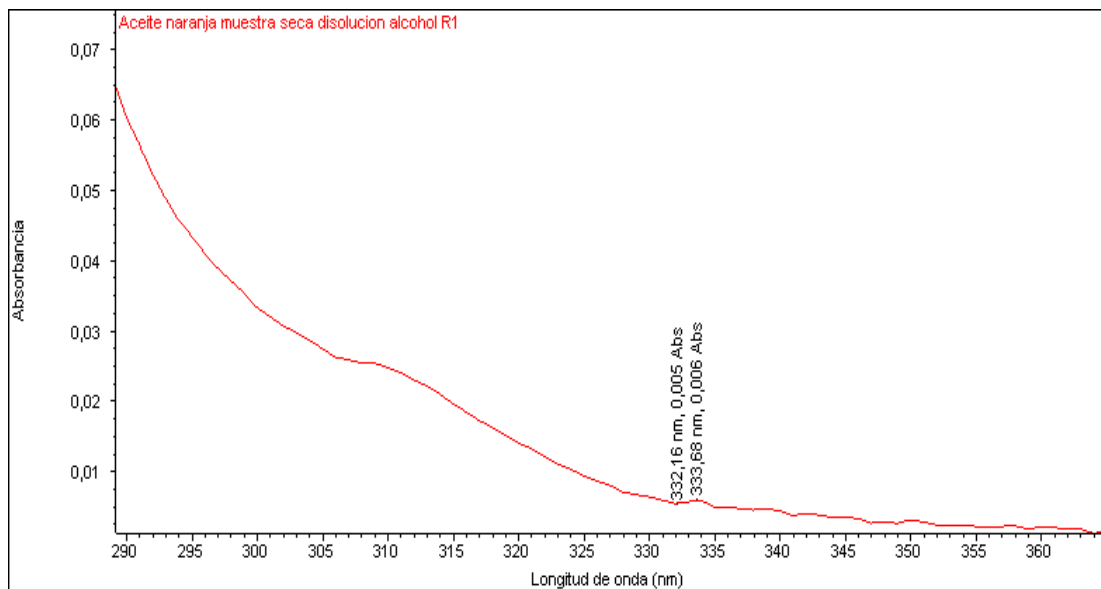


Ilustración 26-3: Espectro UV-vis perteneciente al aceite esencial de naranja muestra seca

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

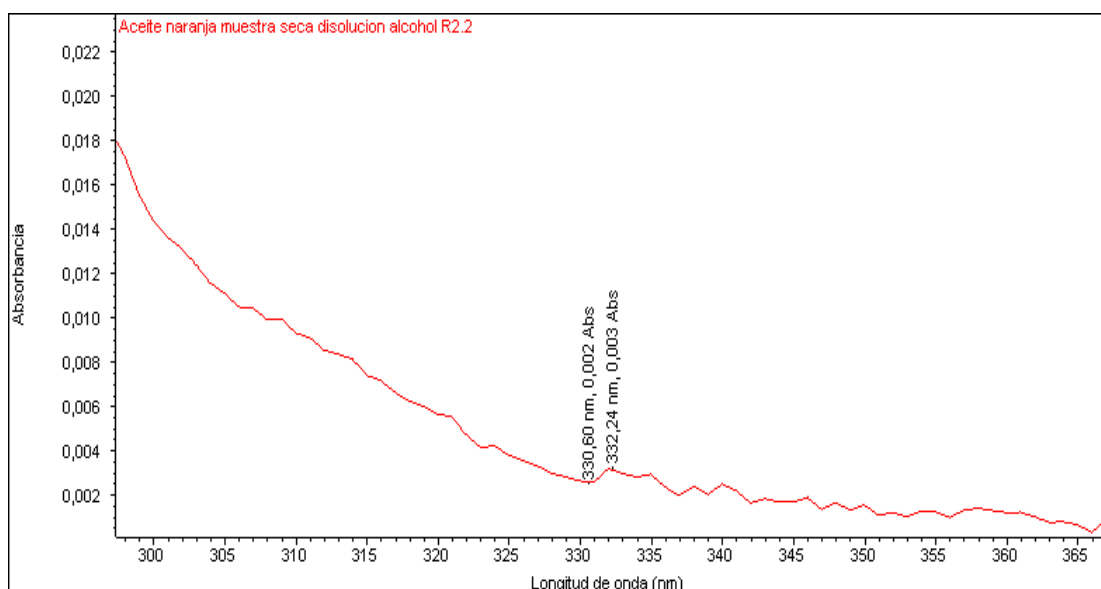


Ilustración 27-3: Espectro UV-vis perteneciente aceite esencial de naranja muestra seca replica 2

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

3.1.3.4. Determinación del valor CD en los aceites esenciales de naranja extracción con éter etílico

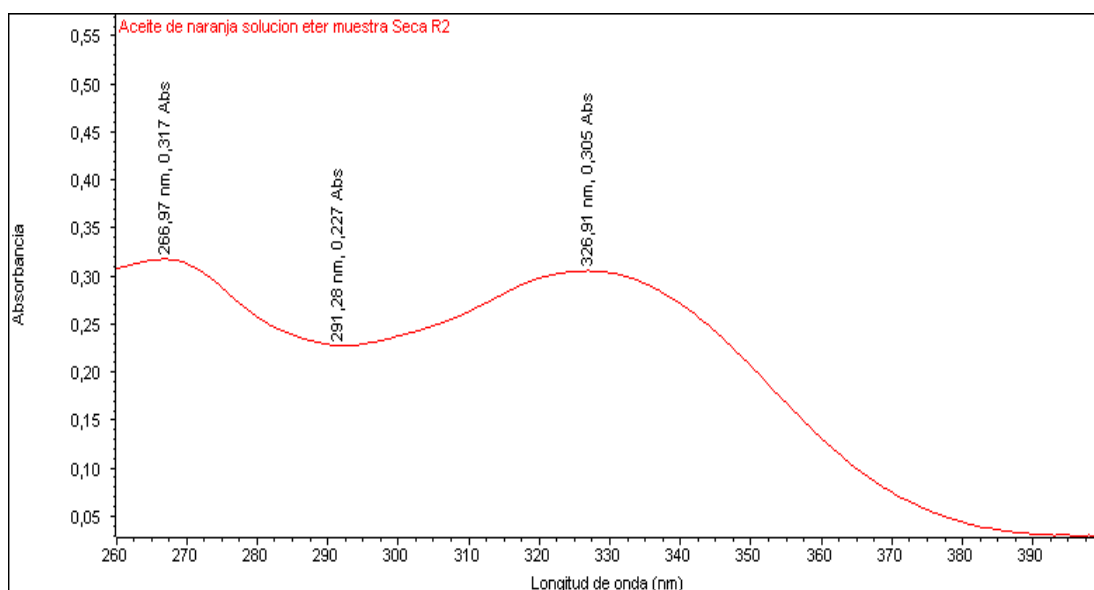


Ilustración 28-3: Espectro UV-vis perteneciente al aceite esencial de naranja

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

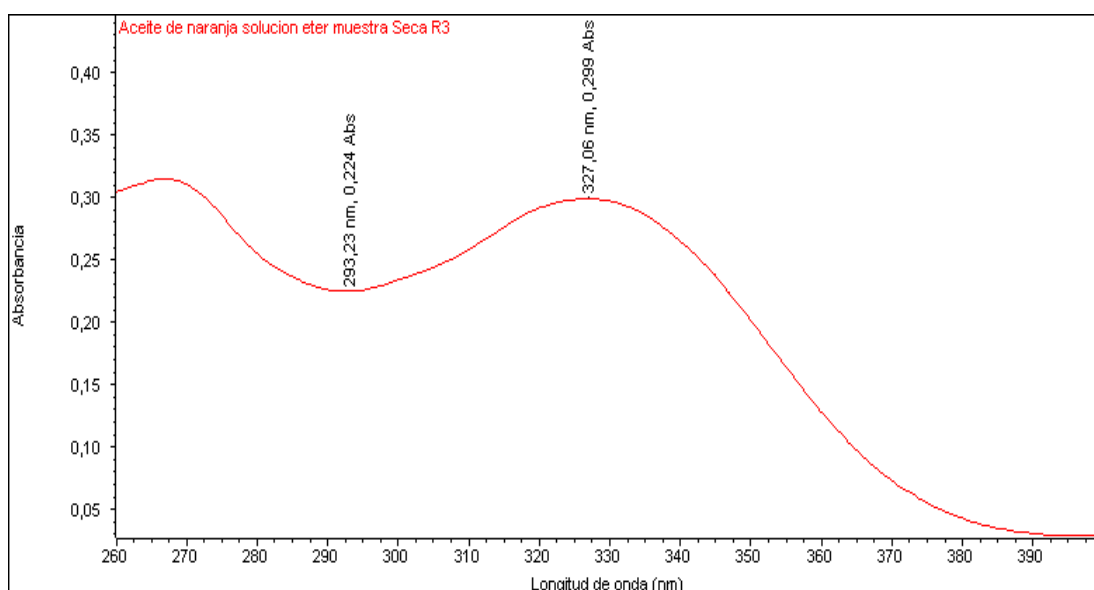


Ilustración 29-3: Espectro UV-vis perteneciente al aceite esencial de naranja repetición 3

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En la extracción con éter etílico presento una absorbancia máxima de 0,305 en una longitud de onda 326 nm y una mínima absorbancia de 0,277 en una longitud de onda 291 nm teniendo similitud con el aceite esencial marca Aura caica que presento las siguientes absorbancia máxima 0,982 en una longitud de onda 330 nm y una mínima absorbancia 0,518 longitud de onda 292 nm,

presentando una proporción similar de fracción no volátil, pero la diferencia fue la pérdida de sustancias volátiles como se observa en su cromatograma (ver Figura 47-3).

3.1.3.5. Espectro de los aceites esenciales de limón marca AURA CAICA

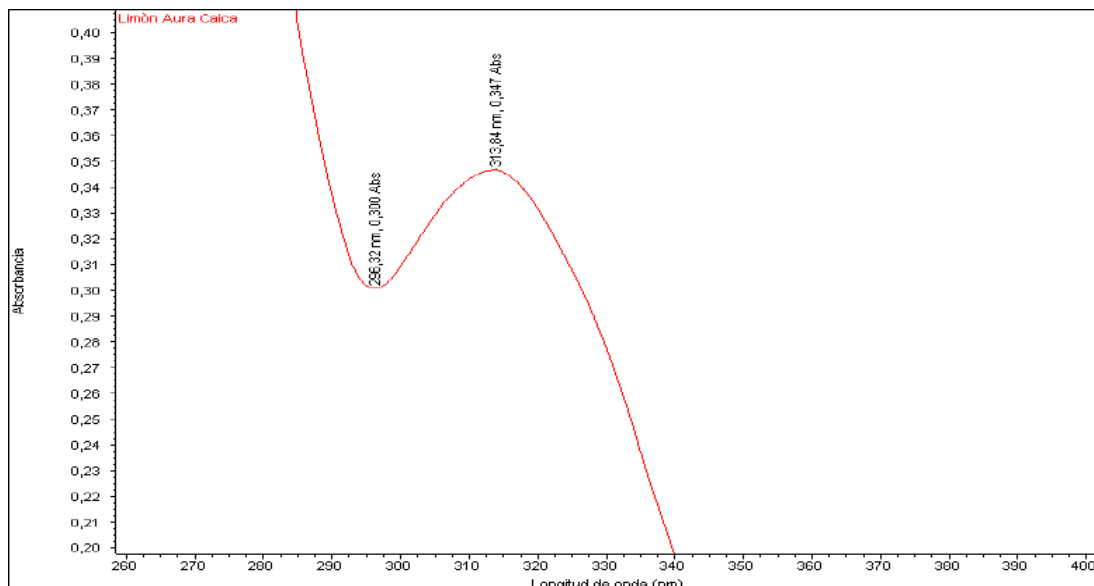


Ilustración 30-3: Espectro UV-vis perteneciente al aceite esencial de limón marca Aura Cacica

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

3.1.3.6. Espectros de los aceites esenciales de limón extracción arrastre de vapor con agua

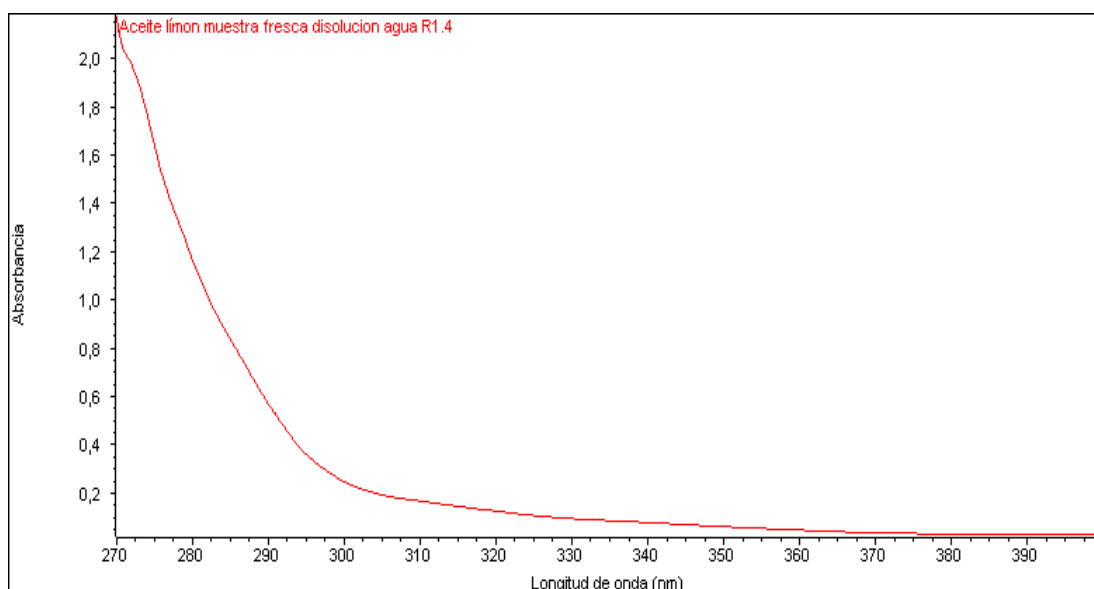


Ilustración 31-3: Espectro UV-vis perteneciente al aceite esencial limón muestra fresca replica 1

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

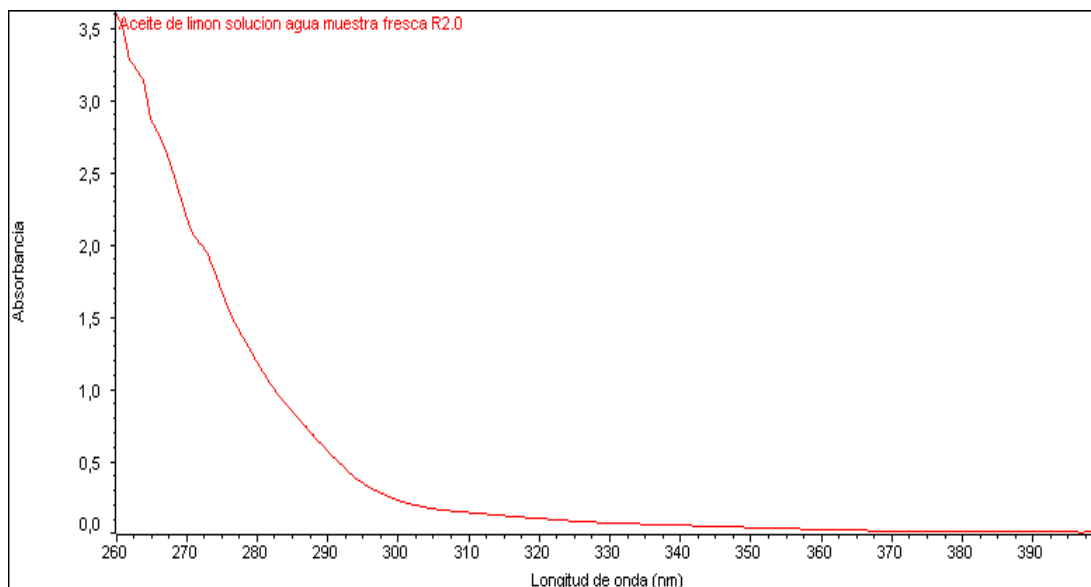


Ilustración 32-3: Espectro UV-vis perteneciente aceite esencial de limón muestra fresca replica 2

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

El aceite esencial de limón marca Aura caica presenta una máxima absorbancia de 0,347 en una longitud de onda 313 nm y una mínima absorbancia de 0,300 en una longitud de onda 296 nm (ver Figura 15-3) si comparamos la absorbancia que presento el aceite de naranja *citrus sinensis* de la marca Aura caica que presento una absorbancia máxima 0,982 en una longitud de onda 330 nm y una mínima absorbancia 0,518 longitud de onda 292 nm se determinó que el aceite esencial de limón Aura caica tiene menor proporción de fracción no volátil esto se puede verificar mediante su color que fue amarillo pálido y más fracción volátil presentando un conjunto variado de sustancias volátiles (ver figura 48-3), en el aceite esencial *citrus aurantifolia* obtenidos a partir de muestra fresca no presento absorbancia y por ende el aceite esencial obtenido tiene fracción no volátil muy baja o nula se puede observar su espectros UV-vis (ver Figura 16-3 y 17-3), se podría decir que presenta adulteraciones este aceite esencial de limón obtenido pero esto no es así ya que se tiene sus propiedades físico – químicas y perfil cromatográfico que dan mayor información sobre la composición que presenta el aceite esencial de limón *citrus aurantifolia*. En la extracción a partir de muestra seca presentando una coloración verdosa pálida con una máxima absorbancia de 0,516 en una longitud de onda 309 nm y una mínima absorbancia de 0,498 en una longitud de onda 306 nm (ver Figura 18-3) presentando una proporción de fracción no volátil mayor a de los aceites esenciales de limón obtenidos a partir de muestra fresca que no presento absorbancia, esta diferencia se debió a que la muestra seca estaba expuesta a mayor tiempo de calentamiento.

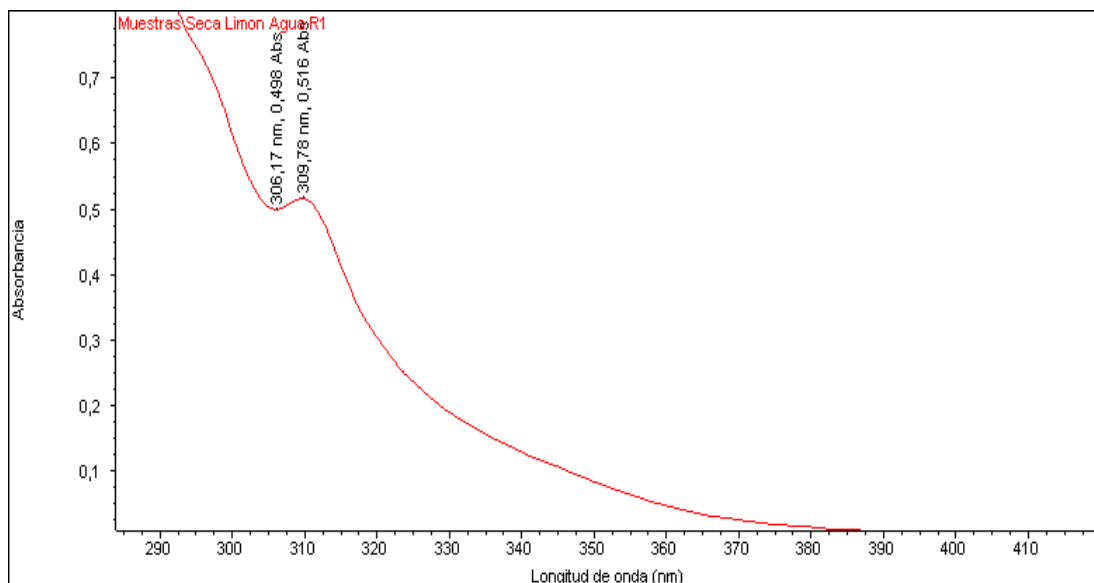


Ilustración 33-3: Espectro UV-vis perteneciente aceite esencial de limón muestra seca replica 1

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

3.1.3.7. Espectros de los aceites esenciales de limón extracción arrastre de vapor con etanol 70%

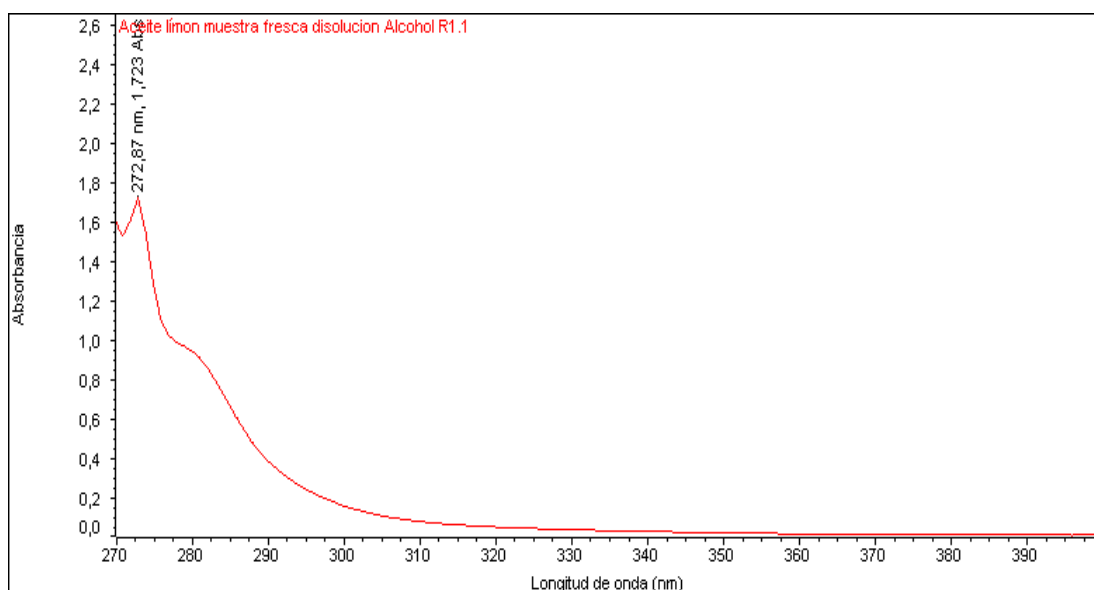


Ilustración 34-3: Espectro UV-vis perteneciente aceite esencial de limón muestra fresca replica 1

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En los aceites esenciales de limón *citrus aurantifolia* obtenidos a partir de muestras fresca extracción etanol 70 % (ver Figura 19-3 y 20-3) no presentaron absorbancias esto se debe la usencia de fracción no volátil en el aceite esencial, pero hay la presencia de un número mayor de fracción volátil, presento una coloración trasparente por el método de extracción por arrastre vapor se puede observar su perfil cromatográfico donde se observa mayor número de sustancias

volátiles identificadas que con la extracción con agua no presentan y son menores (ver Figura 50-3).

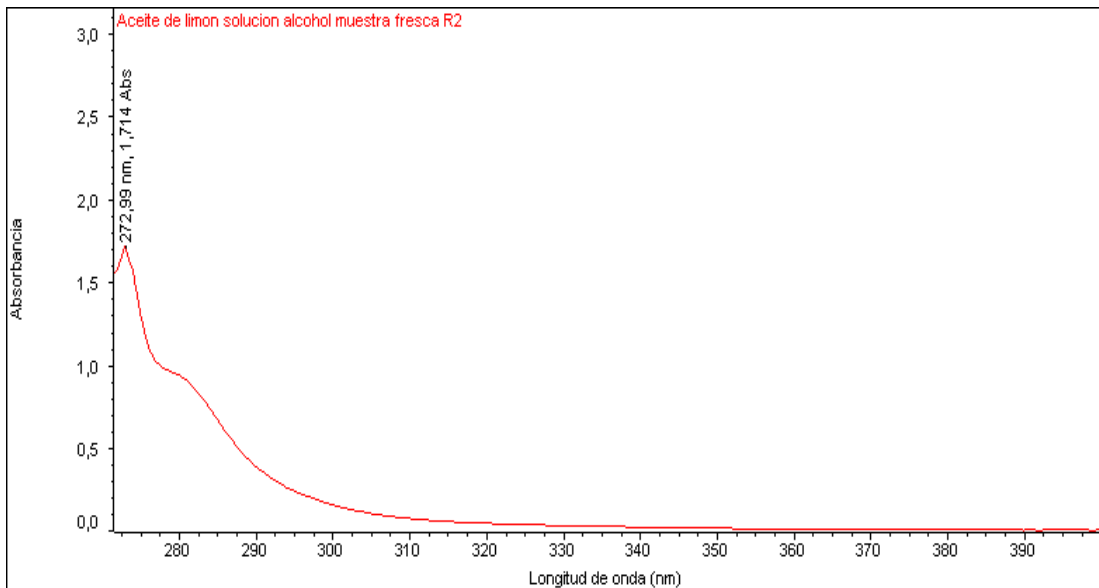


Ilustración 35-3: Espectro UV-vis perteneciente aceite esencial de limón muestra fresca replica 2

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

3.1.3.8. Análisis del valor CD de los diferentes aceites esenciales de naranja *Citrus sinensis* y limón *Citrus aurantifolia*

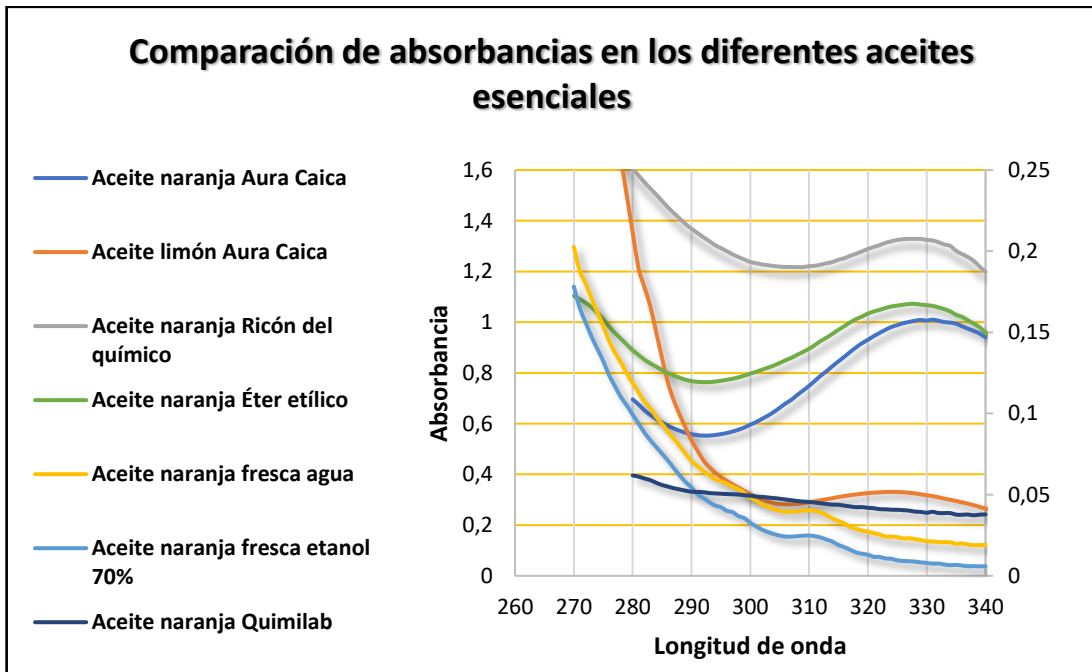


Ilustración 36-3: Diferencias de absorbancia que presentan los diferentes aceites esenciales

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En el Grafico 15-3 se puede observar las diferentes absorbancias de radiación UV-vis que presentan cada uno de los aceites esenciales, teniendo como diferencia al aceite esencial de la marca ecuatoriana Quimolab donde se observa que no presenta absorción y su comportamiento es diferente, esto nos quiere decir que este aceite esencial puede presentar adulteraciones o una falsificación, el aceite esencial de naranja marca Rincón del químico presenta una absorbancia mayor de 1,329 presentando un numero alto de fracción no volátil esto se puede observar en la determinación del valor CD (ver Tabla 37-3), además se puede observar las absorbancias para los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* obtenidos por arrastre de vapor que son mínimas ya que se identificó que este método es mejor para obtener fracción volátil presentando mejores aromas .

Tabla 37-3: Valores CD obtenidos partir de espectroscopia UV-vis

ACEITE ESENCIAL DE NARANJA						
ABS Máxima	λ máxima	ABS Mínima	λ mínima	ABS inflexión	λ inflexión	Valor CD
Marca Aura Caica						
0,982	330,8 nm	0,518	292,0 nm	0,779	312,0 nm	0,550
Marca Rincón del químico						
1,329	327,2 nm	1,217	308,6 nm	1,283	319,5 nm	0,705
Marca Quimolab						
-	-	-	-	-	-	-
Muestra fresca extracción con agua						
0,0400	309,6 nm	0,0400	306,4 nm	0,0399	308,5 nm	0,0300
Muestra fresca extracción con etanol 70 %						
0,0260	310,0 nm	0,0250	306,1 nm	0,0243	307,5 nm	0,0189
Extracción con éter etílico						
0,299	327,0 nm	0,224	293,2 nm	0,918	311,5 nm	1,508
Muestra seca extracción con agua						
-	-	-	-	-	-	-
Muestra seca extracción con alcohol						
-	-	-	-	-	-	-
Muestra liofilizada extracción con agua						
-	-	-	-	-	-	-
ACEITE ESENCIAL LIMÓN						
Marca Aura caica						
0,347	313,8 nm	0,300	296,3 nm	0,308	304,5 nm	0,398
Muestra fresca extracción con agua						
-	-	-	-	-	-	-
Muestra fresca extracción con etanol 70 %						
-	-	-	-	-	-	-
Muestra seca extracción con agua						
0,516	309,7 nm	0,498	306,1 nm	0,507	307,4 nm	0,0167

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

El valor CD determinado mediante cálculos a partir de la máxima y mínima absorbancia, en el aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* para la marca Aura caica tuvo un valor de 0,550 en la marca Rincón del químico tuvo un valor de 0,705 estos aceites esenciales presentan una proporción de fracción no volátil aceptable y se encuentran en el rango aceptable descrito por Albaladejo (1999) que comprende 0,668 y 0,332 de valor CD, en la extracción con éter etílico presento un valor CD de 1,508 como explica Albaladejo (1999) los valor anormalmente altos se debe a la presencia de un número mayor de fracción no volátil o una contaminación con aceites de diversos orígenes, además presento una densidad relativa de 2,4077 g/mL que muy alta, con una coloración amarilla intensa siendo un aceite esencial de baja calidad y aplicable para la industria de tintes, en las extracciones con muestra fresca extracción agua su valor CD de 0,0300 y para la extracción con etanol 70% su valor fue 0,0189 siendo resultados muy bajos a los repostados por Albaladejo (1999) donde se determina que estos aceites esenciales obtenidos por arrastre de vapor presentan un número mayor de fracción volátil a comparación de la extracción en presando en frio que comprende resultados 0,668 y 0,332; esta variación también presentan los aceite esencial de limón *citrus aurantifolia* obtenidos donde no presentan absorbancias, pero esto no significa que presenten falsificaciones, al contrario presentan más fracción volátil que el aceite esencial de naranja estas afirmaciones se puede verificar en las propiedades físicas – químicas y perfil cromatográfico donde se observa un mayor número de sustancias volátiles identificadas.

3.1.4. Espectros IR de los aceites esenciales de naranja y limón

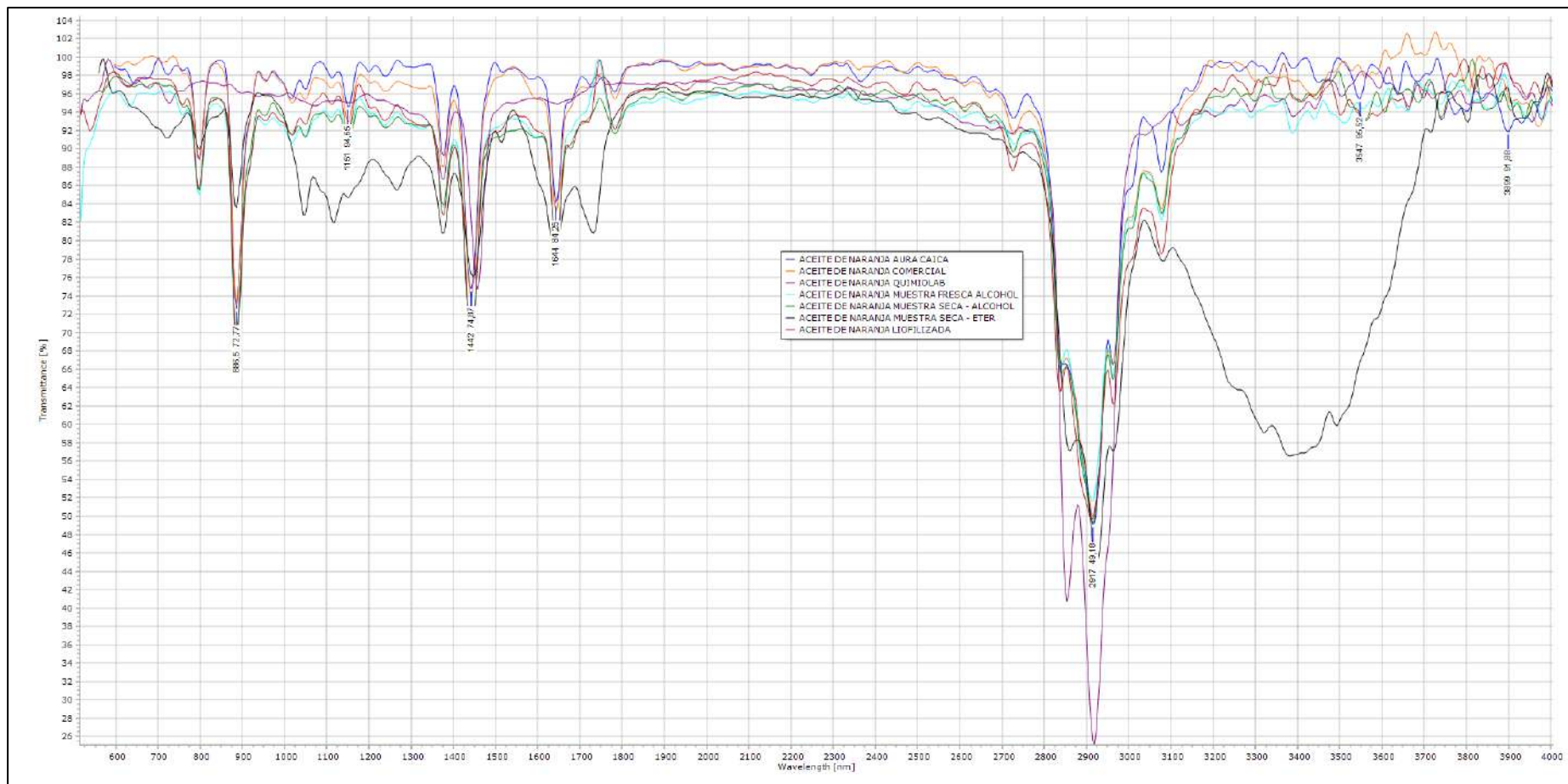


Ilustración 37-3: Espectros IR de los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis*

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

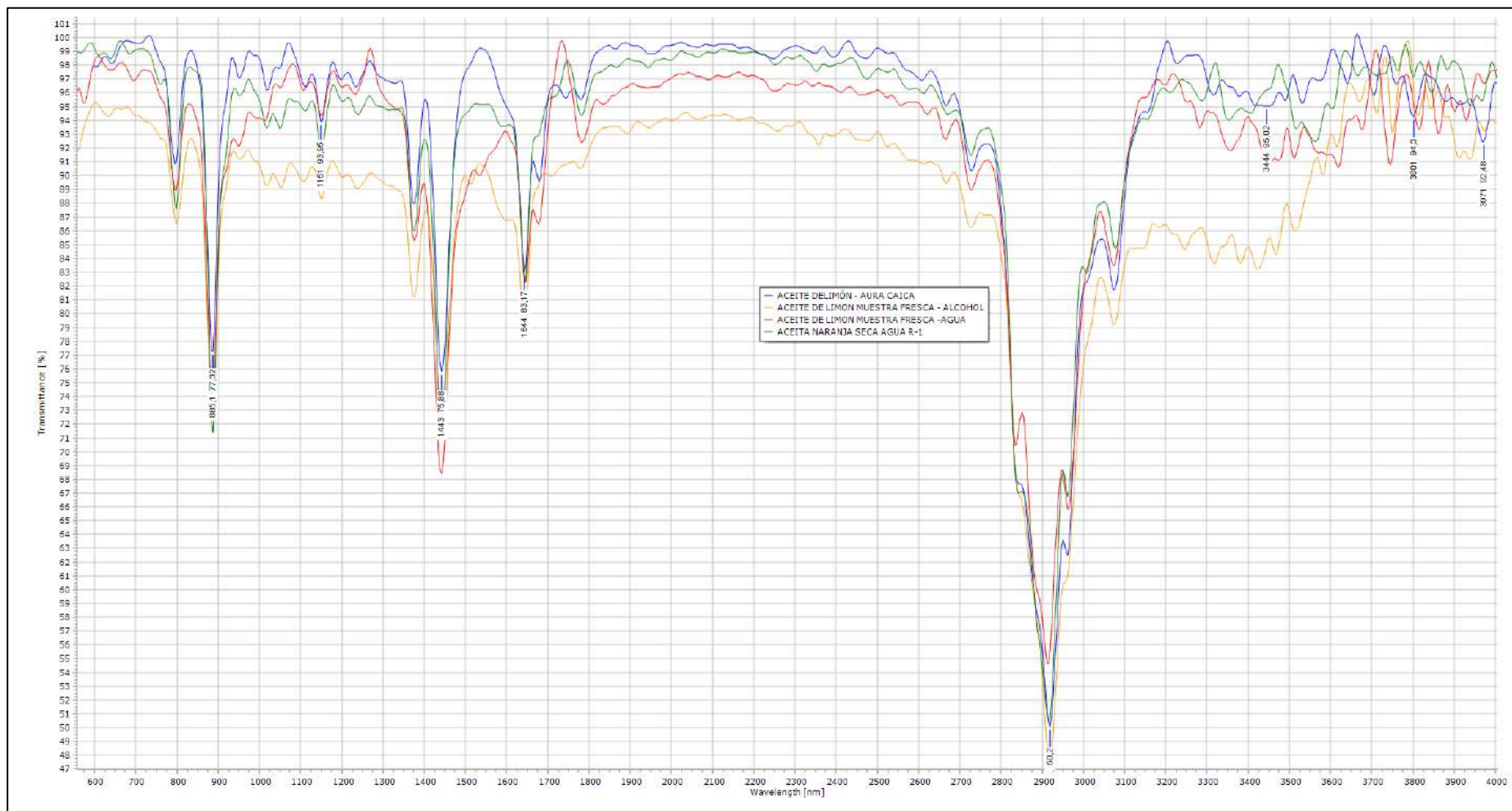


Ilustración 38-3: Espectros IR de los aceites esenciales de limón
Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Análisis de las distintas bandas vibracionales dentro del espectro IR presentes en los aceites esenciales de naranja *Citrus sinensis* y limón *Citrus aurantifolia*

En la Figura 21-3 y en la Figura 22-3, se observan distintas bandas vibracionales, donde cada tipo de enlace o grupo funcional corresponde a una vibración molecular. Entre los principales grupos funcionales que se detectaron en las muestras se puede observar la señal del espectro $3613,95\text{cm}^{-1}$, $3521,38\text{cm}^{-1}$; $3421,1\text{cm}^{-1}$; $3382,5\text{cm}^{-1}$ presentan vibraciones de estiramiento de los grupos OH estructurales, y entre estas vibraciones tenemos Octanol, Nonanol, Geraniol. Dentro de las tensiones de enlace =C-H a $3077,83\text{cm}^{-1}$ y $3073,9\text{cm}^{-1}$ y en esta vibración se encuentra el Limoneno, β -Pinenol y Mirceno. La banda $2919,7\text{cm}^{-1}$ y $2915,84\text{cm}^{-1}$ presentan estiramientos asimétricos y simétricos del enlace C-H, dentro de esta vibración está el Limoneno, β -Pinenol. En las bandas vibracionales $2854,1\text{cm}^{-1}$ y $2838,7\text{cm}^{-1}$ presentan estiramientos simétricos en el enlace C-H y dentro de esta vibración encontramos al Limoneno, β -Pinenol. Las bandas $2726,85\text{cm}^{-1}$ y $2723,0\text{cm}^{-1}$, son bandas con sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi), en la vibración se encuentra el n-decanal; n.-nonanal; n-octanal; En la banda vibracional $2360,4\text{cm}^{-1}$ y $2356,5\text{cm}^{-1}$ tenemos estiramiento en el enlace C-H del aldehído y dentro de esta vibración encontramos al N-nonanal y al N-decanal. Dentro de la banda vibracional $1781,9\text{cm}^{-1}$ y $1716,3\text{cm}^{-1}$ estas son bandas débiles con una tensión estrecha del enlace C=O, en la vibración se encuentra el n-decanal; n.-nonanal; n-octanal. La banda $1643,05\text{cm}^{-1}$ es baja y presenta estiramientos C=C, los compuestos que presenta Limoneno, β -Pinenol y α -Citral; las bandas $1457,9\text{cm}^{-1}$ y $1442,49\text{cm}^{-1}$ es de intensidad media con tijereo en el plano -CH₂-, y sus compuestos son Limoneno, β -Pinenol; la banda $1376,93\text{cm}^{-1}$ presenta deformaciones simétricas CH₃; y sus compuestos son el Terpinen-4-ol, Terpineno, Sabinene; las bandas $1265,0\text{cm}^{-1}$; $1238,08\text{cm}^{-1}$ y $1265,0\text{cm}^{-1}$ aparecen las tensiones de enlace de tipo simétrico de C-C-(O)-C (Acetatos) en esta vibración encontramos a N-metil, Antranilato de metilo, Neryl acetate y Geranyl acetate. En la banda vibracional $1149,37\text{cm}^{-1}$ y $1153,2\text{cm}^{-1}$ encontramos las flexiones dentro del plano con estiramientos C-OH posición β y en esta vibración encontramos al Linalool. En la banda vibracional $1052,9\text{cm}^{-1}$ y $1018,23\text{cm}^{-1}$ presentan señales muy bajas las cuales son vibraciones de enlace por estiramientos simétricos entre enlaces vecinos dando como resultado los compuestos β -Pinenol y limoneno, la banda $887,095\text{cm}^{-1}$ de señal media presenta deformación en el enlace N-H, y en su vibración se está el Antranilato de metilo y N-metil, dentro de la banda $798,385\text{cm}^{-1}$ y $794,5\text{cm}^{-1}$ es una deformación fuera del plano del enlace C-H, y dentro de su vibración está el Limoneno y β -Pinenol, Bisabolene y Bergamotene. Y finalmente dentro de la banda $725,1\text{cm}^{-1}$ y $721,2\text{cm}^{-1}$ presentan Balanceo de CH₂ en las cadenas de metileno; y deformación fuera del plano, dentro de esta vibración encontramos al 6-cloro-4-fenil-2-propilquinolina y Heptacosane.

3.1.5. Grupos funcionales presentes en los aceites esenciales

Tabla 38-3: Análisis de los grupos funcionales presentes en los aceites esenciales de naranja *Citrus sinensis* y limón *Citrus aurantifolia*,

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento -OH (Sólidos y Líquidos)	3613,9 3521,3 3421,1 3382,5	Alcoholes primarios	Octanol, Nonanol, Geraniol
Estiramiento -OH (Sólidos y Líquidos)		Alcoholes primarios	1-Octanol, Geraniol, Nerol
Estiramiento -OH (Sólidos y Líquidos)		Alcoholes primarios	Geraniol
Estiramiento -OH (Sólidos y Líquidos)		Alcoholes primarios	Etanol
Estiramiento =C-H	3077,8 3073,9	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
Estiramiento =C-H		=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2919,7 2915,8	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Varios
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H		-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2854,1 2838,7	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Varios
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H		-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,8 2723,0	-CHO en aldehídos	Octanal, Nonanal Decanal
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)		-CHO en aldehídos	Decanal
Estiramiento C-H del aldehído	2360,4 2356,5	Aldehídos	Decanal
Estiramiento C-H del aldehído		Aldehídos	Nonanal
Estrecha C=O	1781,9 1716,3	Aldehídos	Octanal, Nonanal Decanal
Varias bandas de armónicos y combinaciones.		Anillos de benceno sustituidos	No identificado
Estiramiento C=C	1643,0	C=C en alquenos	Limoneno, β-Pineno α-Citral
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1457,9 1442,4	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Estiramiento antisimétrico N=N-O		N=N-O en compuestos azoxy	No identificado
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,9	Grupo isopropilo	Sabinene

Estiramiento simétrico	1265,0	Azida -N ₃	N-metil, Antranilato de metilo
C-C-(O)-C (Acetatos)	1238,8 1234,2	Grupo Ester	Neryl acetate, Geranyl acetate
Estiramiento simétrico		Azida -N ₃	Antranilato de metilo; N-metil
Estiramiento C-OH posición β	1153,2	Alcohol terciario posición β	Linalool
Estiramiento C-OH posición β	1149,3	Alcohol terciario posición β	Linalool
Estiramiento C-OH posición α	1052,9	Alcoholes primarios posición α	Geraniol
Modo de respiración en anillo	1018,2	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β-Pineno
Modo de respiración en anillo	952,6	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β-Pineno, Bergamotene, α-Cadinol, Bisabolene, Caryophyllene oxide
Deformación N-H	887,0	Amina monosustituida	N-metil, Antranilato de metilo
Deformación N-H	883,2	Amina monosustituida	N-metil, Antranilato de metilo
Deformación fuera del plano C-H	798,3	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β-Pineno
CH ₂ (La intensidad depende de la longitud de cadena)	794,5	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β-Pineno, Bisabolene, Bergamotene
Balaceo de CH ₂ en las cadenas de metileno; la intensidad depende en la longitud de la cadena CH deformación fuera del plano	725,1 721,2	-(CH ₂) _n - en hidrocarburos	6-cloro-4-fenil-2-propilquinolina

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

3.1.6. Análisis de las sustancias volátiles presentes en los aceites esenciales

En la figura 36-3 se puede observar una comparación cromatográfica de la utilización de los solventes en la separación cromatográfica, los solventes utilizados son: dicloro metano grado HPLC, hexano grado HPLC y etanol absoluto grado de gradiente para cromatografía para la preparación de la fase móvil el que más se acerca al eje de las X presenta menor ruido de fondo alcanzando esta condición el hexano.

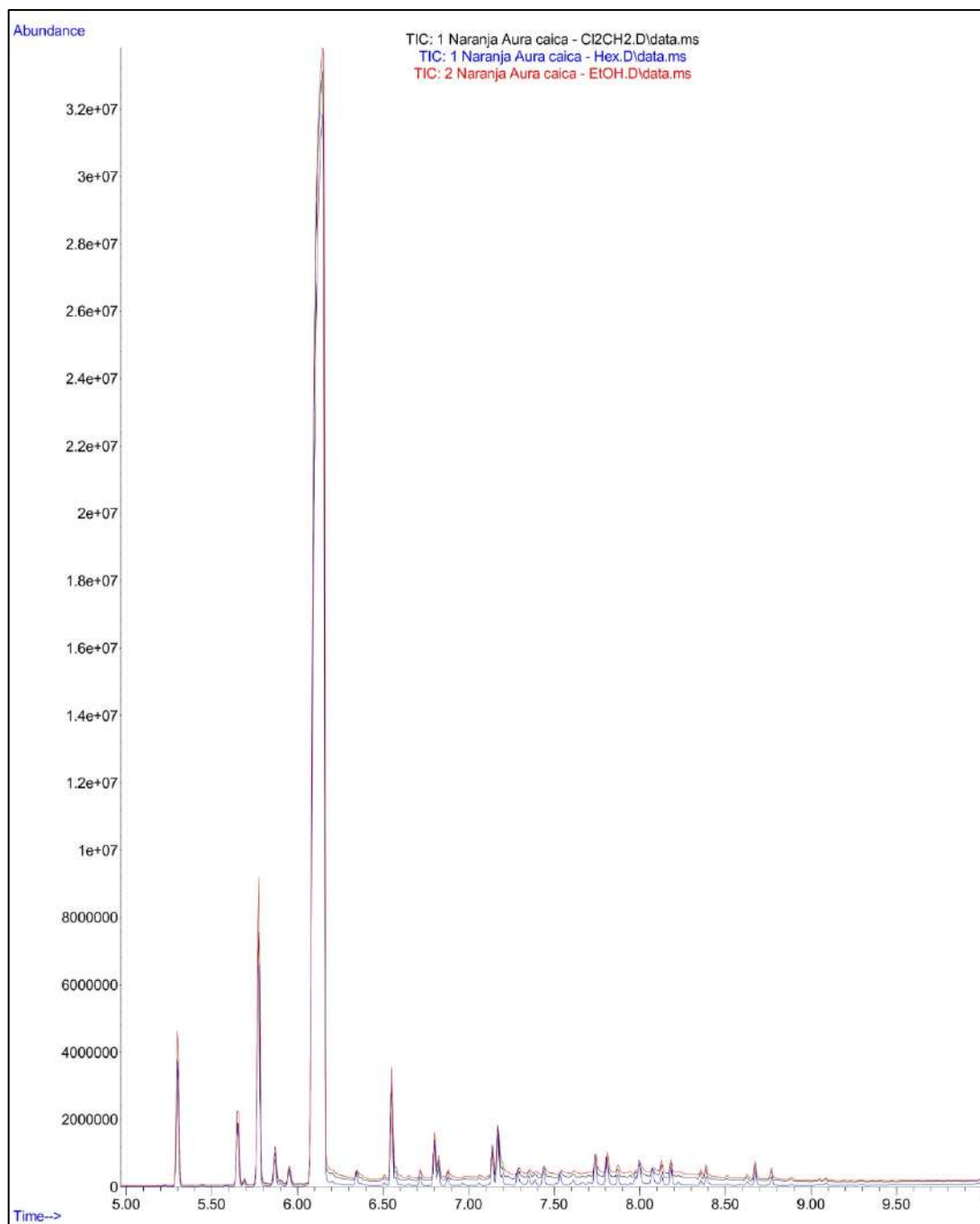


Ilustración 39-3: Cromatograma comparativo por diferentes solventes perteneciente al aceite esencial de naranja marca Aura Caica

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

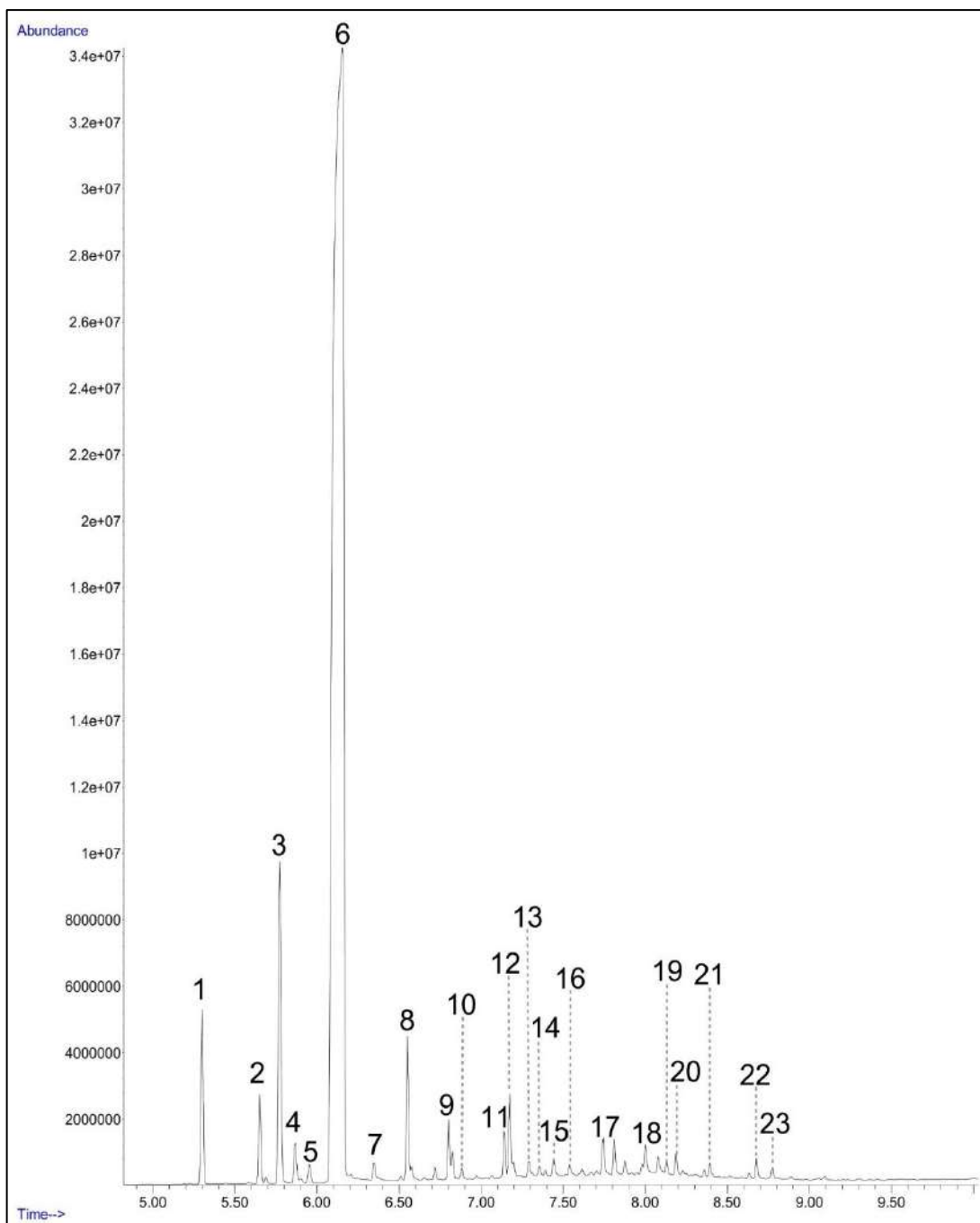


Ilustración 40-3: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja marca Aura Caica

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 39-3: Sustancias volátiles presentes en el aceite esencial de naranja marca Aura Caica

# PICO	ÁREA %	t _R	COMPUESTO
1	2,75	5,301	α -Pinene, (D)-
2	1,36	5,653	Sabinene
3	5,84	5,775	β -Myrcene
4	0,76	5,869	Octanal
5	0,35	5,955	δ -3-carene
6	77,3	6,155	D-Limonene
7	0,35	6,349	(E)-p-Menth-2,8-dien-1-ol
8	2,18	6,554	Linalool
9	1,23	6,804	cis-(-)-1,2-Epoxy-p-menth-8-ene
10	0,18	6,884	Citronella
11	0,73	7,143	α -Terpinol
12	1,47	7,176	Decanal
13	0,36	7,293	cis-Carveol
14	0,24	7,357	Carveol
15	0,40	7,443	L-Carvone
16	0,31	7,540	Citral
17	0,66	7,745	(1S,4R)-p-Mentha-2,8-diene, 1-Hydroperoxide
18	0,77	7,878	Hydroperoxide, (1S,4R)-1-methyl-4-(1-methylethenyl)-2-cyclohexen-1-yl
19	0,21	8,132	α -Copaene
20	0,32	8,189	β -Copaene
21	0,20	8,395	cis- β -Copaene
22	0,31	8,680	Eremophilene
23	0,22	8,777	β -Cadinene, (-)-

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

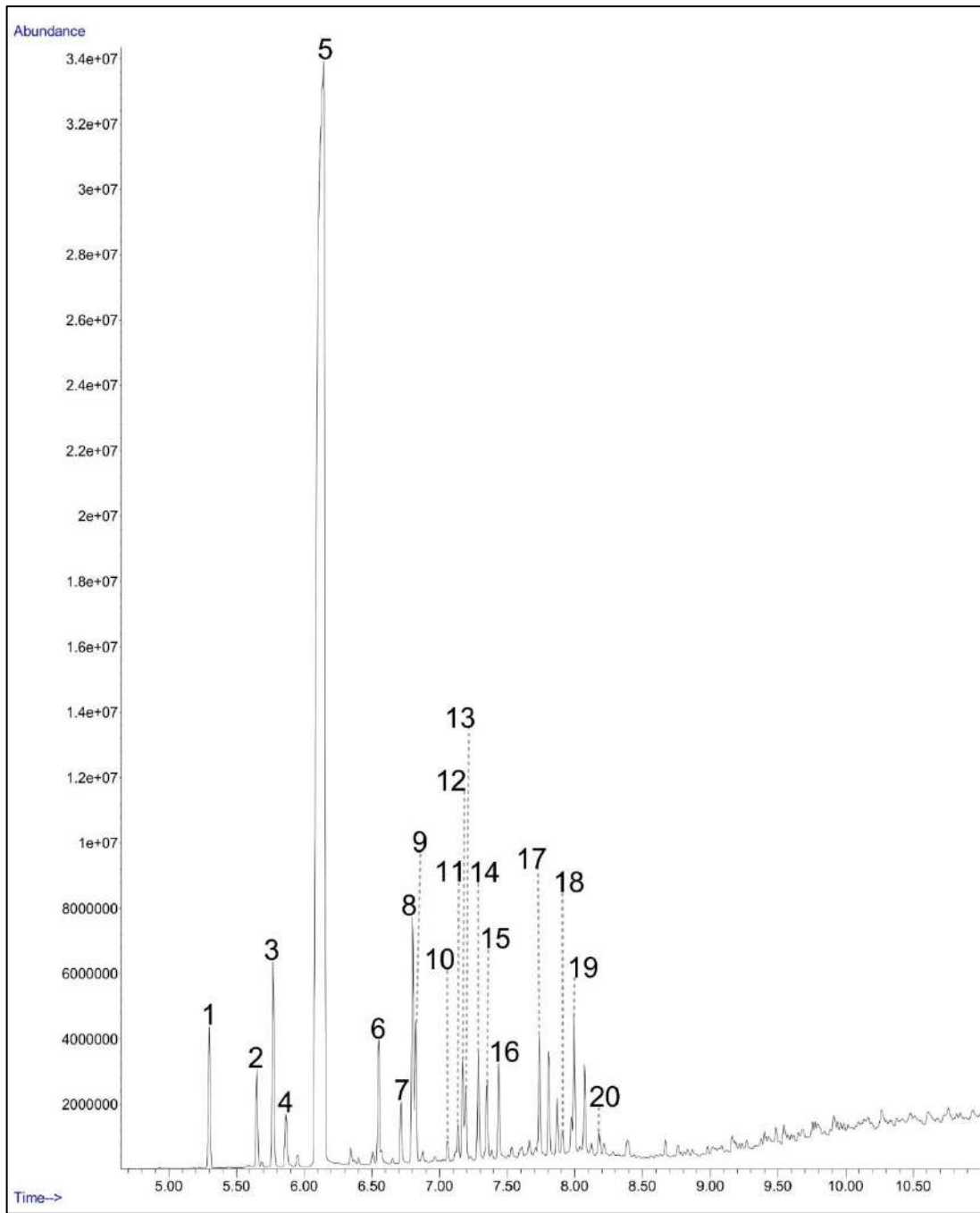


Ilustración 41-3: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja marca Rincón del químico

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 40-3: Sustancias volátiles presentes en el aceite esencial de naranja marca Rincón del químico

# PICO	ÁREA%	t _R	COMPUESTO
1	2,18	5,301	α -Pinene, (D)-
2	1,43	5,652	Sabinene
3	3,31	5,772	β -Myrcene
4	0,91	5,867	Octanal
5	66,16	6,143	D-Limonene
6	2,09	6,551	Linalool
7	0,97	6,718	(E)-p-Menth-2,8-dien-1-ol
8	3,88	6,802	cis-(-)-1,2-Epoxy-p-menth-8-ene
9	1,89	6,826	(E)-Limonene oxide
10	0,37	7,061	cis-Carveol
11	0,68	7,140	α -Terpinol
12	1,48	7,173	Decanal
13	1,01	7,195	Isopiperitenol B
14	1,62	7,289	cis-Carveol
15	1,32	7,353	Carveol
16	1,43	7,439	L-Carvone
17	1,85	7,740	(1S,4R)-p-Mentha-2,8-diene, 1-Hydroperoxide
18	0,43	7,910	Limonen-1,2-diol
19	2,09	7,996	Hydroperoxide, (1S,4R)-1-methyl-4-(1-methylethenyl)-2-cyclohexen-1-yl
20	0,31	8,182	β -Copaene

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

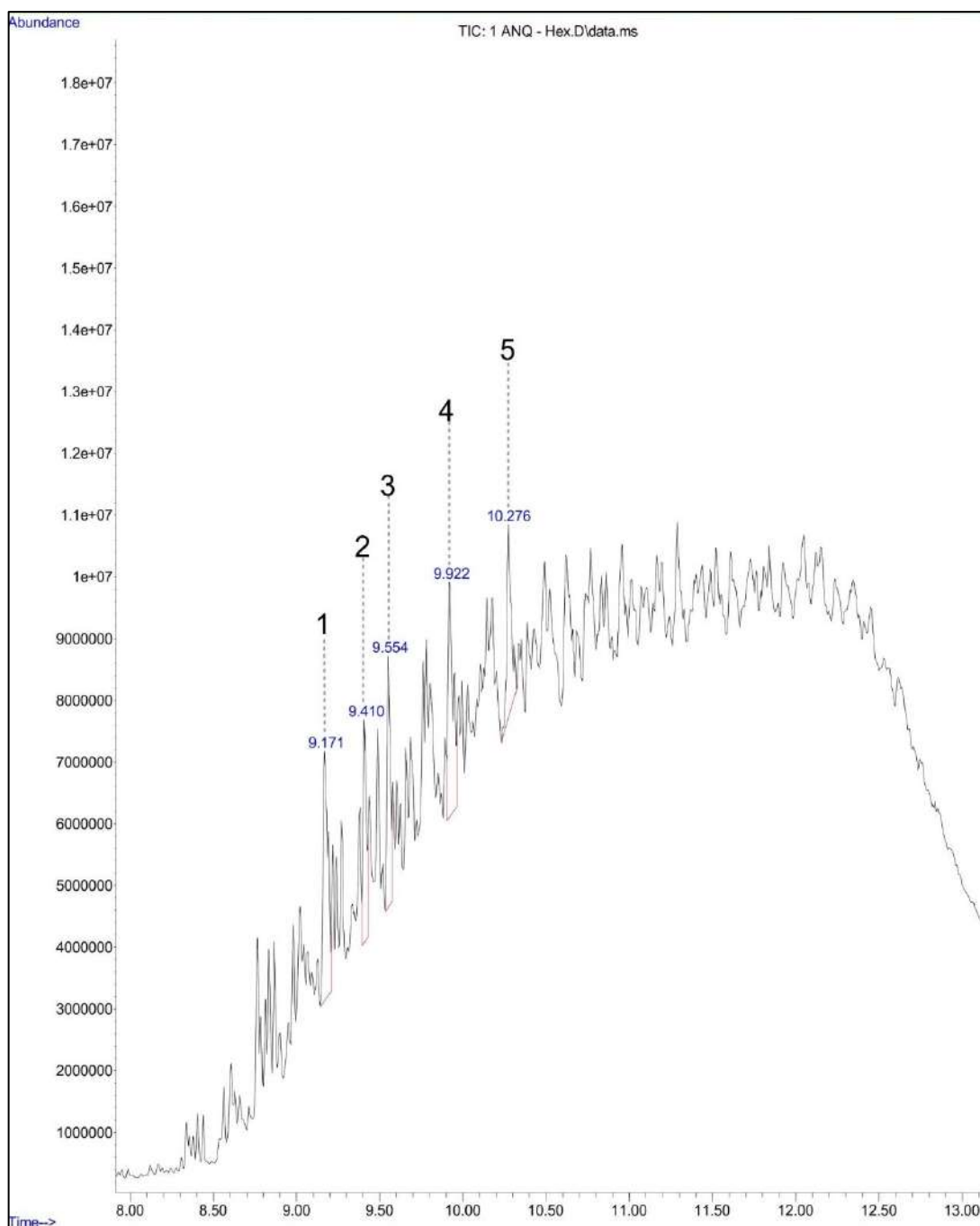


Ilustración 42-3: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja marca Quimolab
Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 41-3: Sustancias presentes en el aceite esencial de naranja marca Quimolab

# PICO	%ÁREA	t _R	COMPUESTO
1	26,26	9,171	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-
2	13,91	9,410	Heptacosane
3	17,45	9,554	tert-Heaxadecanethiol
4	25,07	9,922	17-Pentatriacontene
5	17,51	10,276	E, E, Z-1,3,12-Nonadecatriene-5,14-diol

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

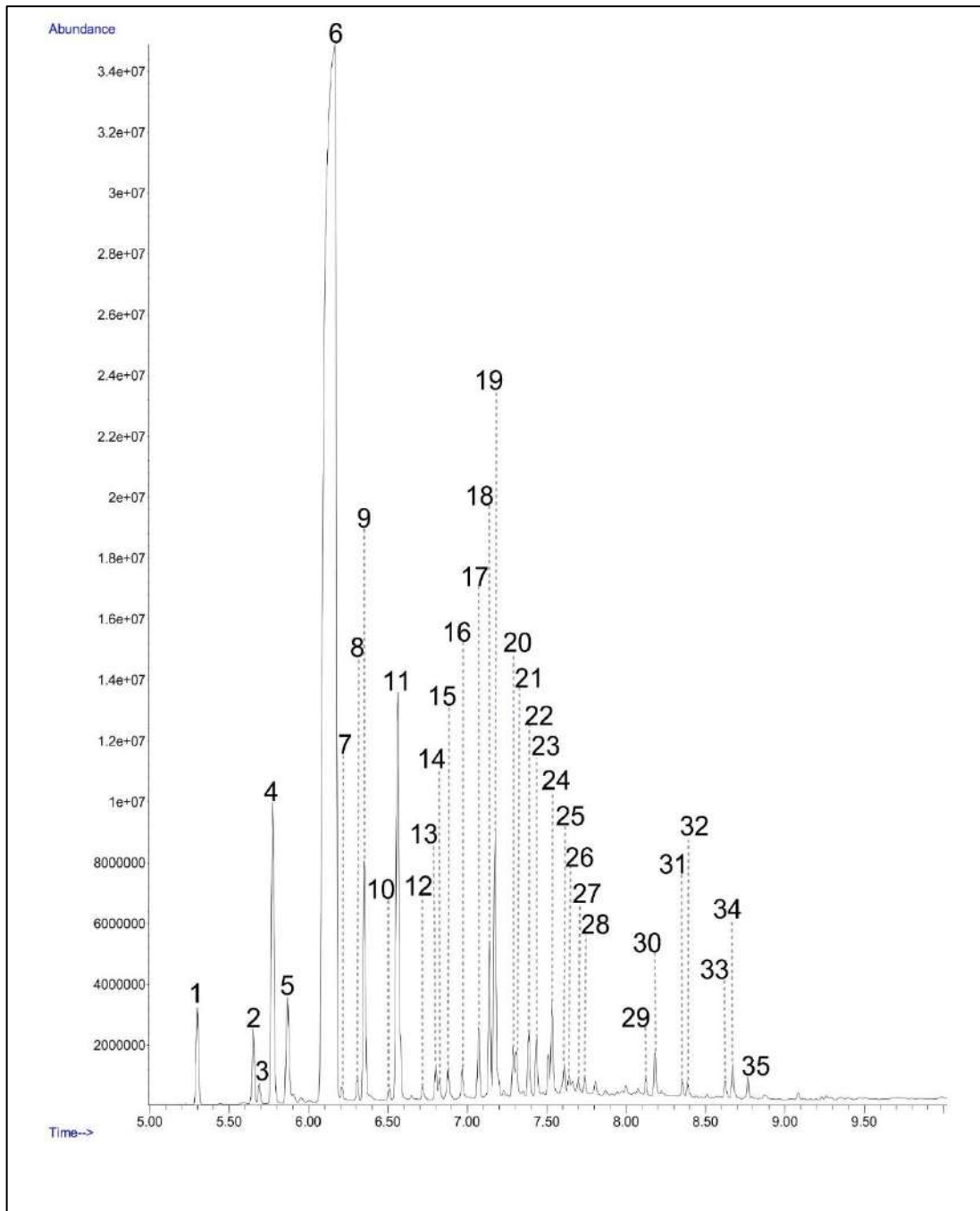


Ilustración 43-3: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja tiempo de almacenamiento 8 meses

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 42-3: Sustancias volátiles presentes en el aceite esencial de naranja tiempo de almacenamiento 8 meses

# PICO	% ÁREA	t _R	COMPUESTO
1	1,16	5,301	α -Pinene, (D)-
2	0,91	5,653	Sabinene
3	0,26	5,691	L- β -Pinene
4	4,66	5,775	β -Myrcene
5	1,66	5,869	Octanal
6	65,15	6,166	D-Limonene
7	0,28	6,212	δ -3-carene
8	0,25	6,309	γ -Terpinene
9	3,29	6,354	1-Octanol
10	0,13	6,510	p-Mentha-2,4(8)-diene
11	6,54	6,563	Linalool
12	0,18	6,721	(E)-p-Menth-2,8-dien-1-ol
13	0,41	6,804	cis-(-)-1,2-Epoxy-p-menth-8-ene
14	0,22	6,827	(E)-Limonene oxide
15	0,46	6,881	Citronellal
16	0,40	6,969	1-Nonanol
17	0,88	7,073	Terpinen-4-ol
18	1,70	7,143	α -Terpinol
19	3,34	7,176	Decanal
20	0,56	7,290	β -Citronellol
21	0,62	7,309	cis-Geraniol
22	0,75	7,389	β -Citral
23	0,76	7,437	Geraniol
24	1,69	7,535	α -Citral
25	0,51	7,611	(4S)-p-Mentha-1,8-dien-7-al
26	0,55	7,642	Anethole
27	0,27	7,701	Ethyl iso-allocholate
28	0,27	7,741	Hydroperoxide, (1R,4R)-1-methyl-4-(1-methylethenyl)-2-cyclohexen-1-yl
29	0,17	8,127	α -Copaene
30	0,49	8,183	Dodecanal
31	0,16	8,357	β -Caryophyllene
32	0,17	8,388	cis- β -Copaene
33	0,27	8,627	γ -Murolene
34	0,41	8,673	Eremophilene
35	0,22	8,769	β -Cadinene, (-)-

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

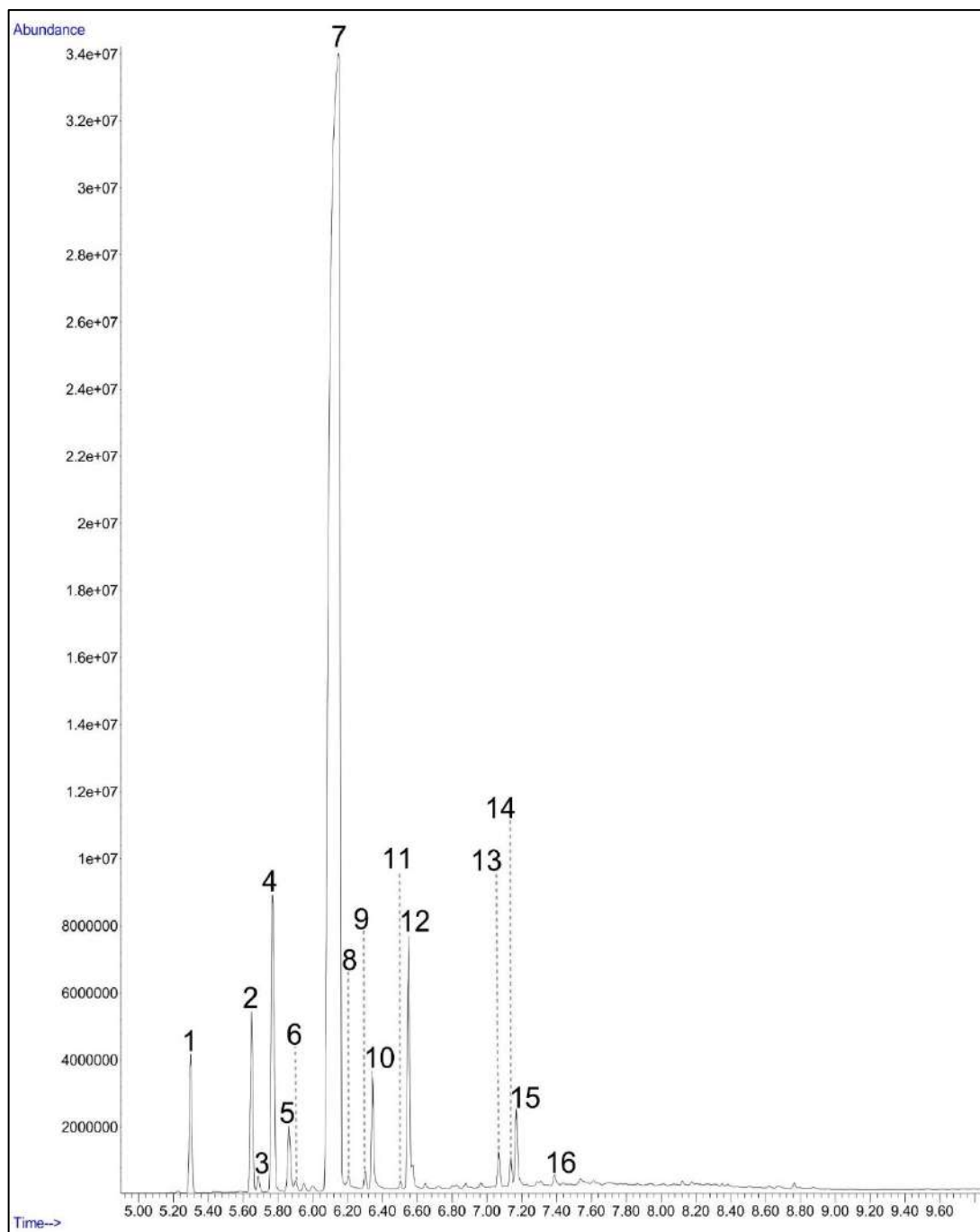


Ilustración 44-3: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja muestra fresca extracción agua

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 43-3: Sustancias volátiles presentes en el aceite esencial de naranja muestra fresca extracción agua

# PICO	% ÁREA	t _R	COMPUESTO
1	2.20	5.300	α -Pinene, (D)
2	2.90	5.652	Sabinene
3	0.26	5.690	L- β -Pinene
4	5.68	5.773	β -Myrcene
5	1.17	5.866	Octanal
6	0.22	5.903	α -Fellandrene
7	78.13	6.150	D-Limonene
8	0.46	6.206	δ -3-carene
9	0.31	6.304	γ -Terpinene
10	1.90	6.346	1-Octanol
11	0.12	6.505	p-Mentha-2,4(8)-diene
12	4.05	6.553	Linalool
13	0.55	7.070	Terpinen-4-ol
14	0.45	7.140	α -Terpineol
15	1.24	7.171	Decanal
16	0.18	7.390	β -Citral

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

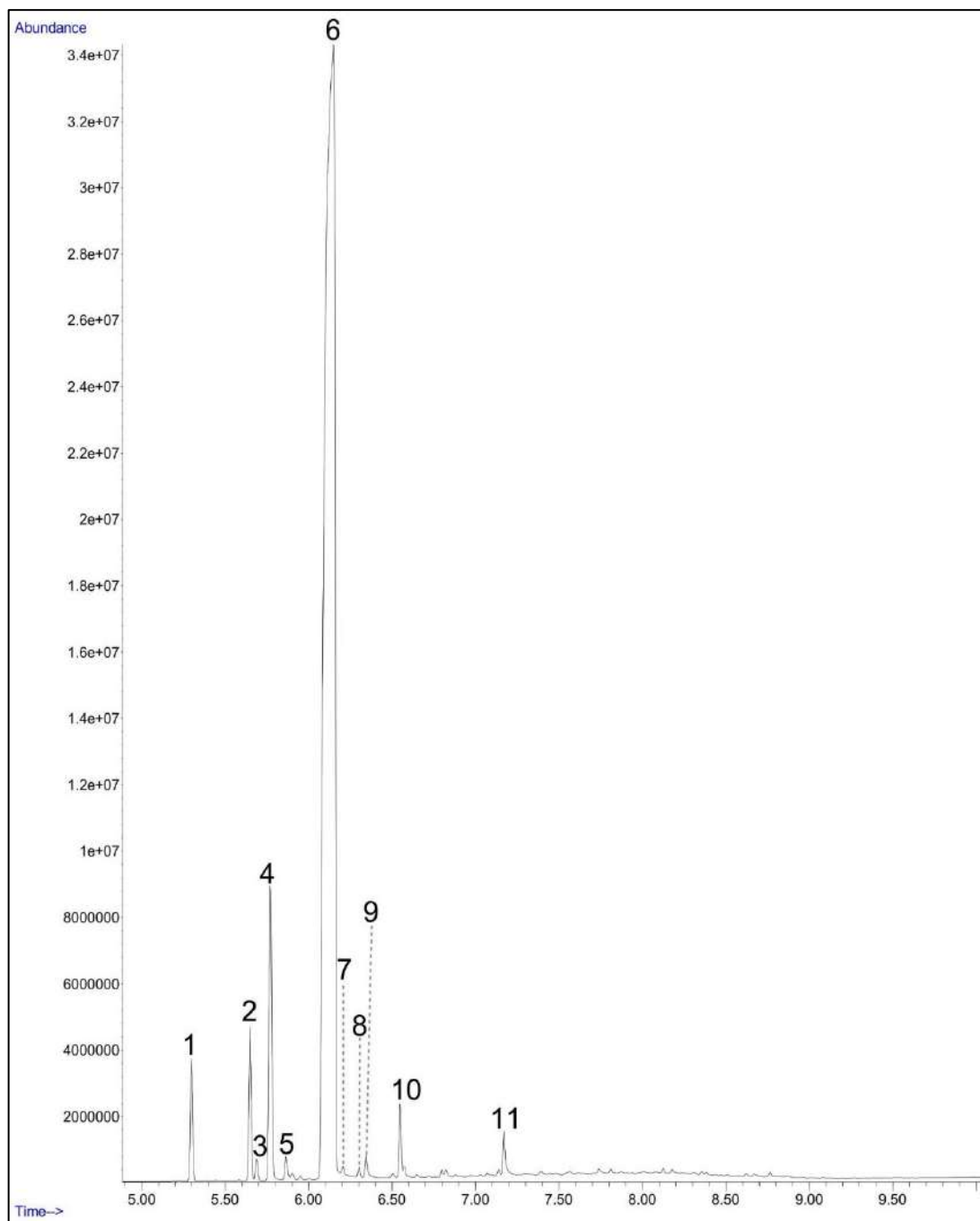


Ilustración 45-3: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja muestra fresca extracción etanol 70%

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 44-3: Sustancias volátiles presentes en el aceite esencial de naranja muestra fresca
extracción etanol 70 %

# PICO	% ÁREA	t _R	COMPUESTO
1	2.14	5.300	α -Pinene, (D)-
2	2.60	5.652	Sabinene
3	0.40	5.690	L- β -Pinene
4	6.12	5.773	β -Myrcene
5	0.39	5.867	Octanal
6	84.93	6.151	D-Limonene
7	0.47	6.207	δ -3-carene
8	0.20	6.305	γ -Terpinene
9	0.50	6.346	1-Octanol
10	1.39	6.550	Linalool
11	0.86	7.173	Decanal

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

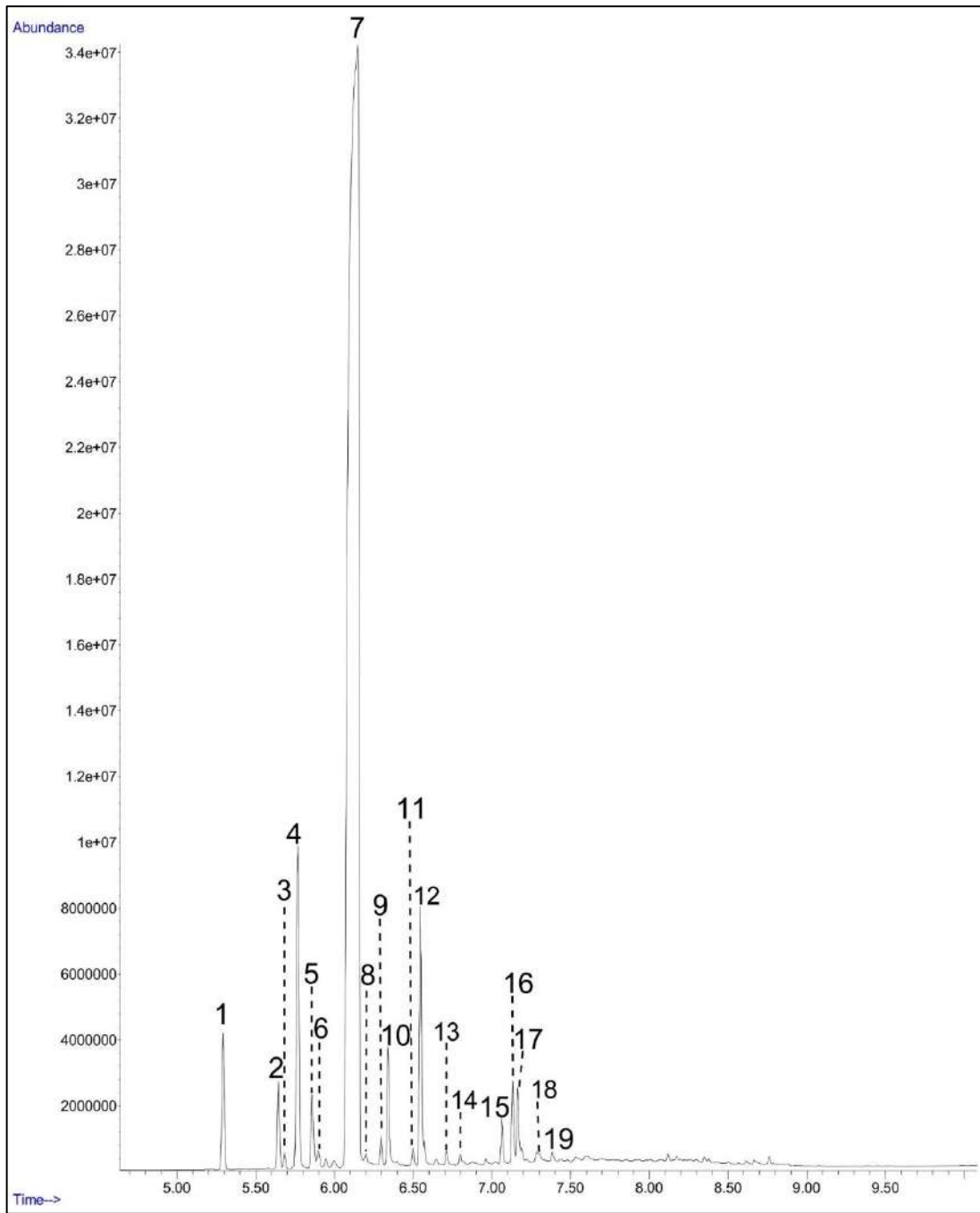


Ilustración 46-3: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja muestra seca extracción agua

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 45-3: Sustancias volátiles presentes en el aceite esencial de naranja muestra seca
extracción agua

# PICO	ÁREA%	t _R	COMPUESTO
1	2,08	5,295	α -Pinene, (D)-
2	1,32	5,647	Sabinene
3	0,24	5,685	L- β -Pinene
4	5,92	5,768	β -Myrcene
5	1,31	5,862	Octanal
6	0,36	5,899	α -phellanderene
7	77,76	6,148	D-Limonene
8	0,36	6,203	δ 3-carene
9	0,39	6,300	γ -Terpinene
10	1,73	6,342	1-Octanol
11	0,23	6,501	p-Mentha-2,4(8)-diene
12	4,04	6,549	Linalool
13	0,24	6,713	(E)-p-Menth-2,8-dien-1-ol
14	0,23	6,801	cis-p-Mentha-2,8-dien-1-ol
15	0,62	7,065	Terpinen-4-ol
16	1,12	7,135	α -Terpineol
17	1,35	7,167	Decanal
18	0,38	7,288	cis-Carveol
19	0,16	7,386	β -Citral

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

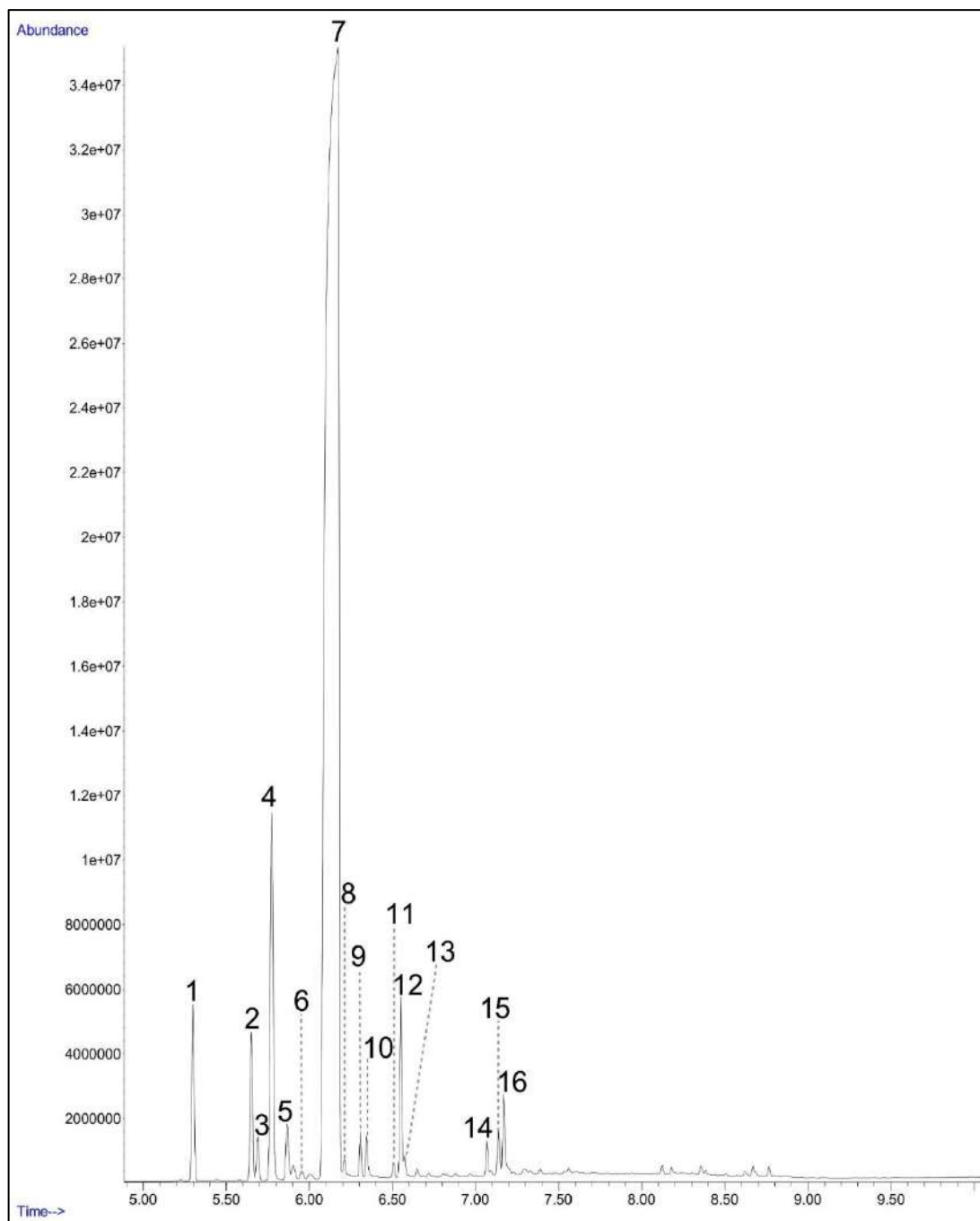


Ilustración 47-3: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja muestra seca extracción etanol 70 %

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 46-3: Sustancias presentes en el aceite esencial de naranja muestra seca extracción etanol 70 %

# PICO	% ÁREA	t _R	COMPUESTO
1	2,38	5,301	α -Pinene, (D)-
2	2,14	5,653	Sabinene
3	0,61	5,691	L- β -Pinene
4	6,49	5,776	β -Myrcene
5	0,95	5,868	Octanal
6	0,28	5,906	α -Fellandrene
7	81,05	6,170	D-Limonene
8	0,40	6,213	δ -3-carene
9	0,55	6,309	γ -Terpinene
10	0,60	6,347	1-Octanol
11	0,19	6,508	p-Mentha-2,4(8)-diene
12	2,07	6,553	Linalool
13	0,25	6,577	Nonanal
14	0,45	7,071	Terpinen-4-ol
15	0,51	7,140	α -Terpineol
16	1,07	7,172	Decanal

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

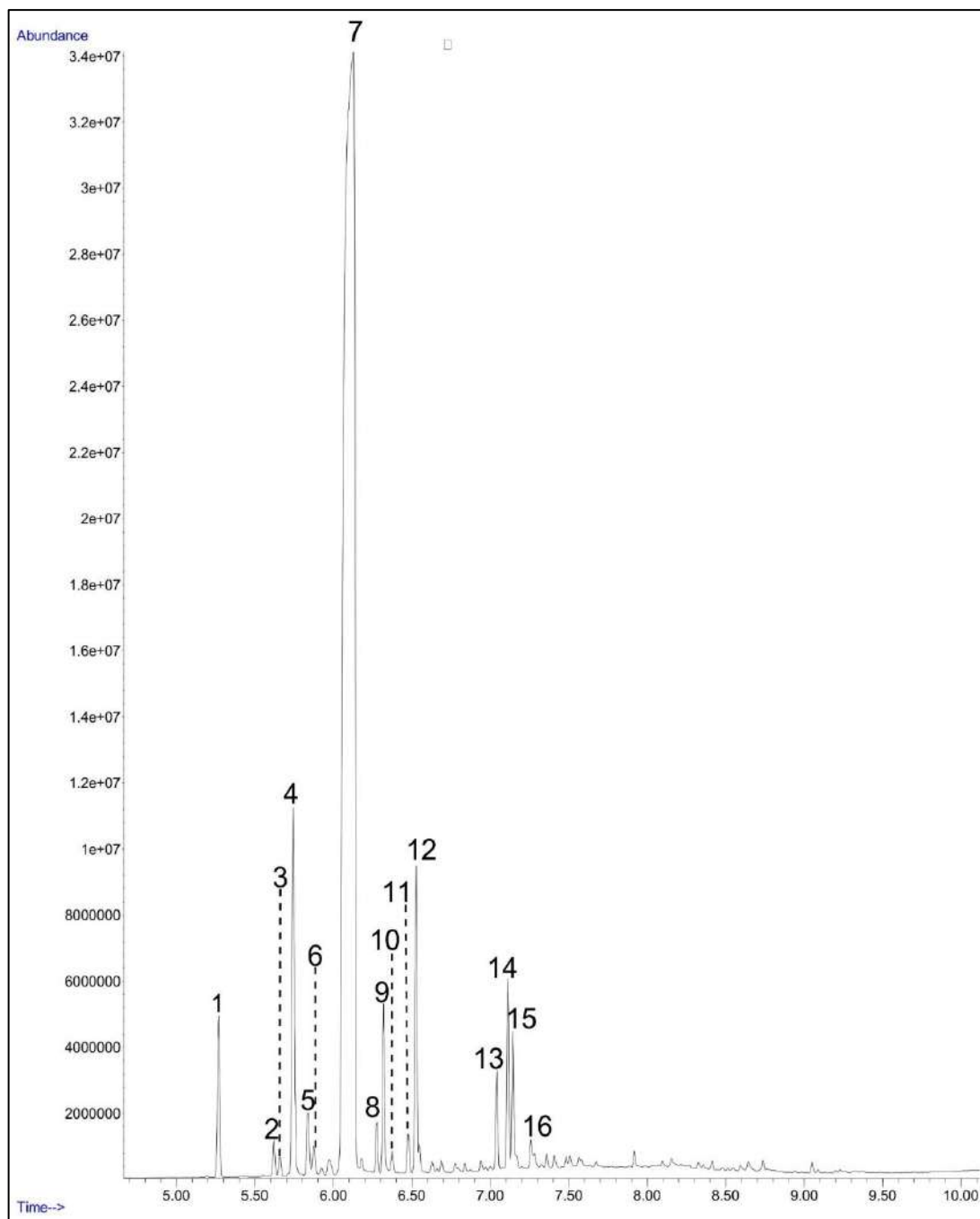


Ilustración 48-3: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja muestra liofilizada extracción agua

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 47-3: Sustancias volátiles presentes en el aceite esencial de naranja muestra liofilizada extracción agua

# PICO	% ÁREA	t _R	COMPUESTO
1	2,36	5,270	α -Pinene, (D)-
2	0,51	5,623	Sabinene
3	0,30	5,661	L- β -Pinene
4	6,39	5,747	β -Myrcene
5	1,09	5,839	Octanal
6	0,53	5,878	α -Fellandrene
7	74,39	6,126	D-Limonene
8	0,63	6,278	γ -Terpinene
9	2,16	6,321	1-Octanol
10	0,29	6,376	cis-Linalool oxide
11	0,53	6,479	p-Mentha-2,4(8)-diene
12	4,38	6,528	Linalool
13	1,30	7,044	Terpinen-4-ol
14	2,63	7,114	α -Terpineol
15	1,88	7,146	Decanal
16	0,62	7,262	cis-Carveol

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

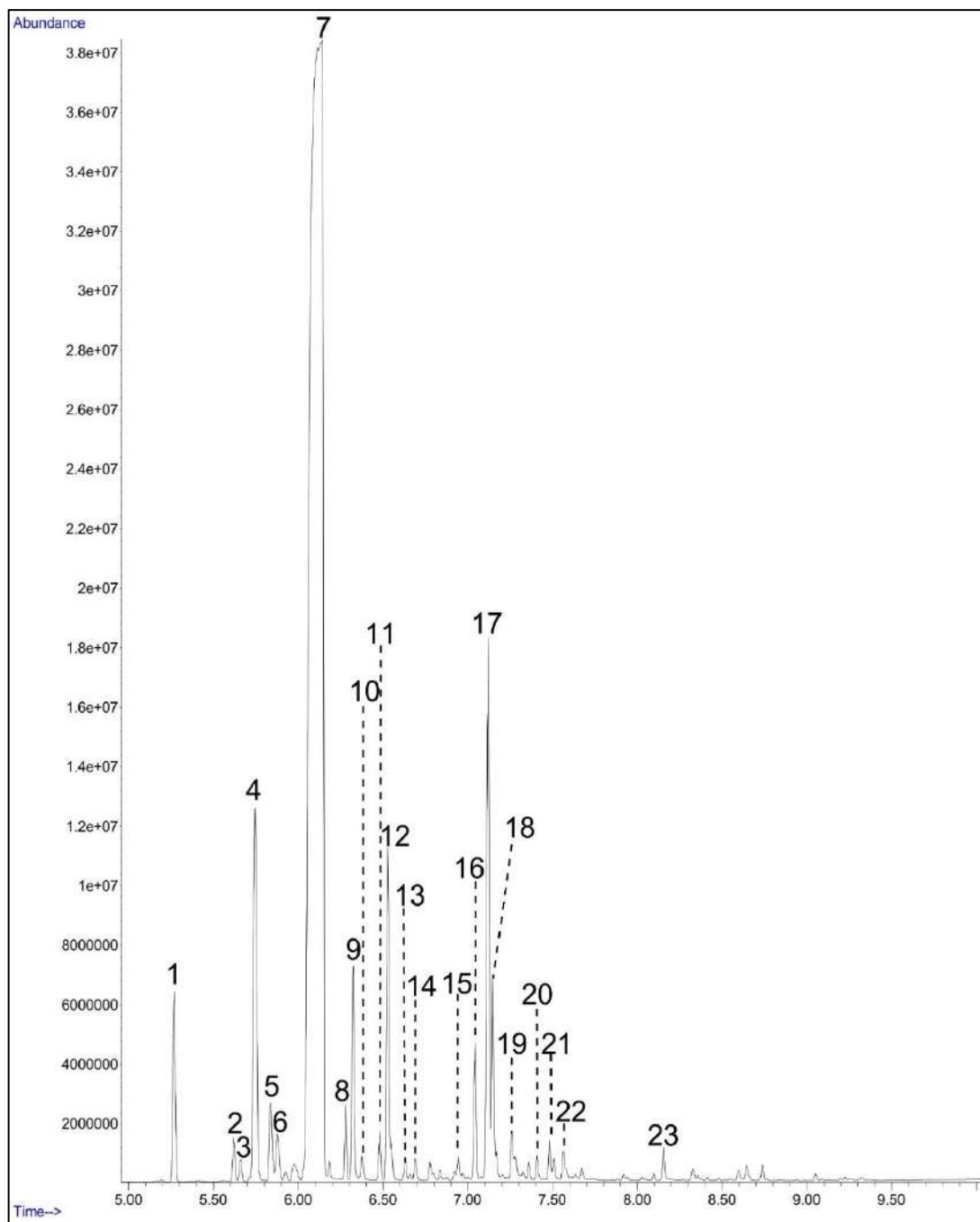


Ilustración 49-3: Cromatograma del aceite esencial de naranja muestra etanol 70 %
Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 48-3: Sustancias volátiles presentes en el aceite esencial de naranja muestra liofilizada extracción etanol 70 %

# PICO	% ÁREA	t _R	COMPUESTO
1	2,21	5,270	α -Pinene, (D)-
2	0,50	5,623	Sabinene
3	0,27	5,661	L- β -Pinene
4	5,62	5,748	β -Myrcene
5	1,06	5,839	Octanal
6	0,72	5,879	α -Fellandrene
7	68,19	6,138	D-Limonene
8	0,65	6,281	γ -Terpinene
9	2,35	6,325	1-Octanol
10	0,29	6,378	cis-Linalool oxide
11	0,46	6,482	p-Mentha-2,4(8)-diene
12	3,87	6,531	Linalool
13	0,22	6,634	(E)-p-Menth-2,8-dien-1-ol
14	0,24	6,692	Fenchol
15	0,26	6,946	1-Nonanol
16	1,39	7,045	Terpinen-4-ol
17	6,99	7,122	α -Terpineol
18	2,29	7,148	Decanal
19	0,85	7,263	cis-Carveol
20	0,24	7,410	Geraniol
21	0,37	7,485	α -Terpineol
22	0,21	7,508	α -Citral
23	0,36	8,157	β -Elemene

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

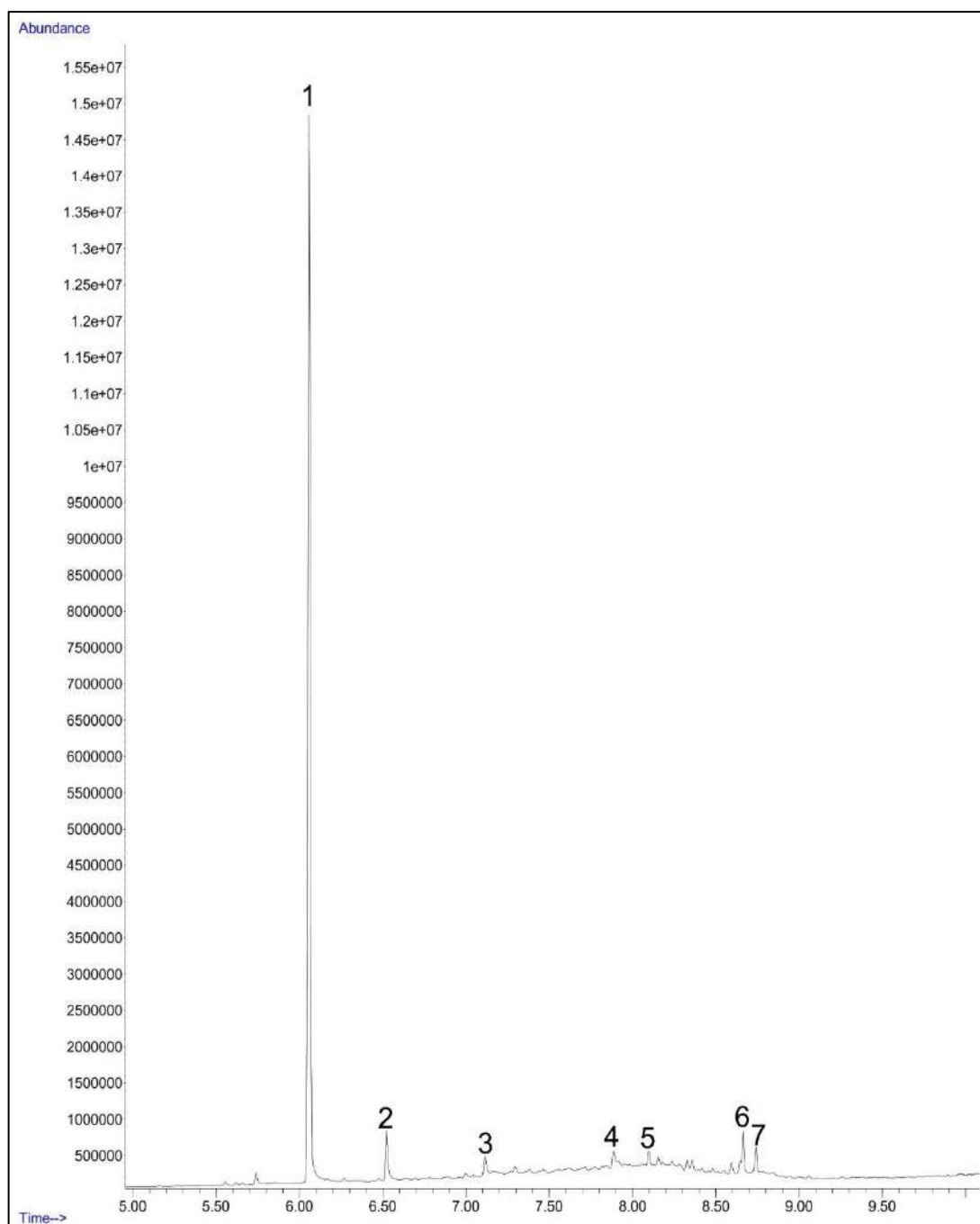


Ilustración 50-3: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja extracción éter etílico

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 49-3: Sustancias volátiles presentes en el aceite esencial de naranja extracción éter etílico

# PICO	% Área	t _R	Compuesto
1	81,89	6.061	D-Limonene
2	3,94	6.525	Linalool
3	1,61	7.117	α -Terpineol
4	4,11	7.889	Hydroperoxide, (1R,4R)-1-methyl-4-(1-methylethenyl)-2-cyclohexen-1-yl

5	3,09	8.100	6-Chloro-4-phenyl-2-propylquinolin
6	3,57	8.665	Butylated Hydroxytoluene
7	1,79	8.742	β -Cadinene, (-)-

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

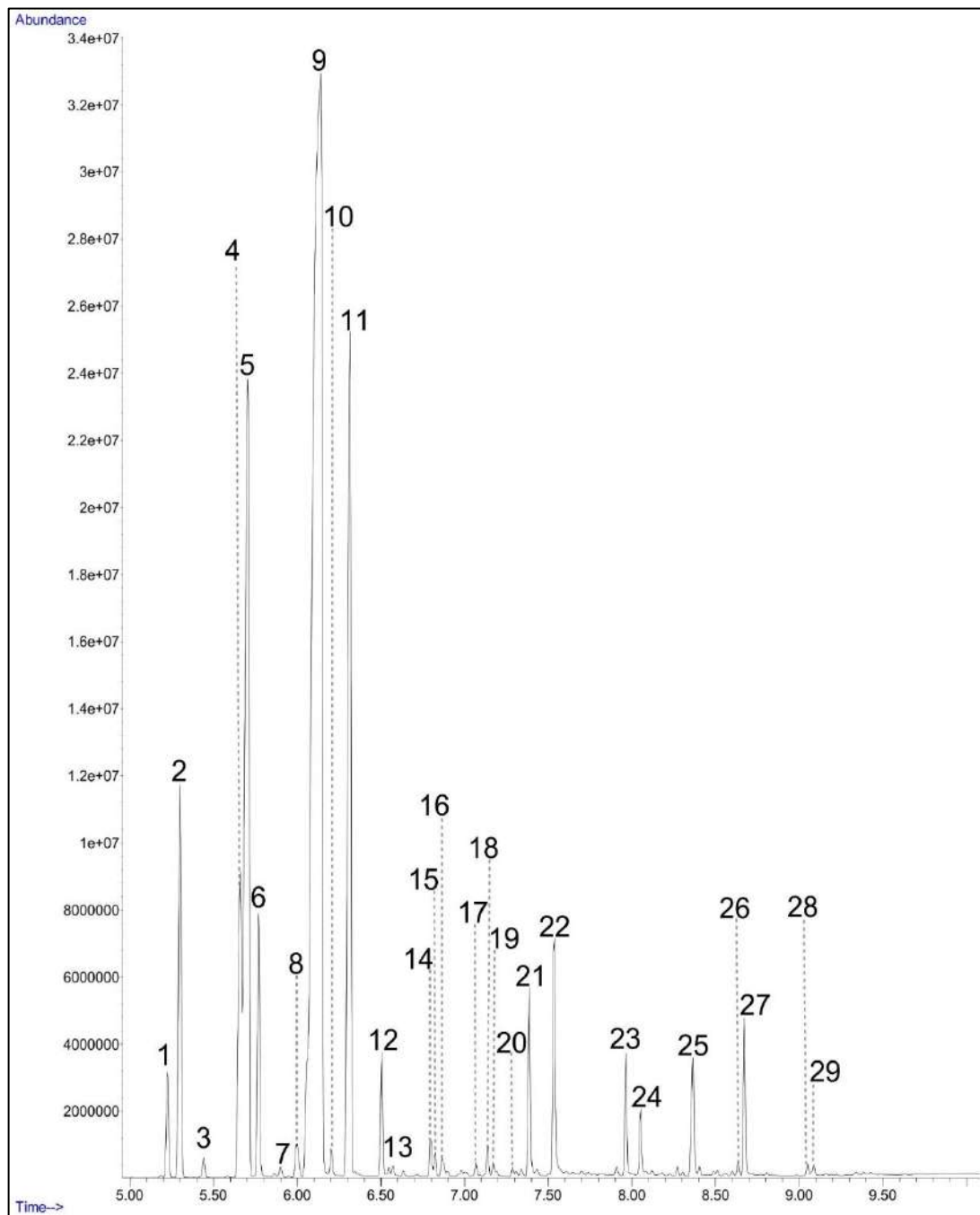


Ilustración 51-3: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de limón marca Aura caica

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 50-3: Sustancias volátiles presentes en el aceite esencial de limón marca Aura caica

# PICO	%ÁREA	t _R	COMPUESTO
1	1,17	5,227	β-Thujene
2	4,45	5,301	α-Pinene, (D)-
3	0,23	5,444	Camphene
4	5,07	5,663	Sabinene
5	14,68	5,706	L-β-Pinene
6	3,01	5,773	β-Myrcene
7	0,12	5,903	α-Fellandrene
8	0,50	6,000	α-Terpinene
9	45,8	6,141	D-Limonene
10	0,30	6,206	β-cis-Ocimene
11	12,33	6,315	γ-Terpinene
12	1,10	6,507	α-Terpinolen
13	0,11	6,576	Nonanal
14	0,38	6,800	cis(-)-1,2-Epoxy-p-menth-8-ene
15	0,23	6,825	trans-Limonene oxide
16	0,31	6,869	3,7,7-Trimethyl-8-(2-methyl-propenyl)-bicyclo [4.2.0] oct-2-ene
17	0,14	7,071	Terpinen-4-ol
18	0,30	7,140	L-α-Terpineol
19	0,18	7,175	2,6-octadiene-1,8-diol, 2,6-dimethyl-
20	0,08	7,289	2-Isopropenyl-5-methylhex-4-enal
21	1,77	7,389	β-Citral
22	2,69	7,536	α-Citral
23	1,05	7,966	Neryl acetate
24	0,65	8,053	Geranyl acetate
25	1,50	8,366	trans-α-Bergamotene
26	0,12	8,636	cis-α-Bisabolene
27	1,42	8,674	β-Bisabolene
28	0,11	9,051	Spathulenol
29	0,13	9,090	Caryophyllene oxide

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

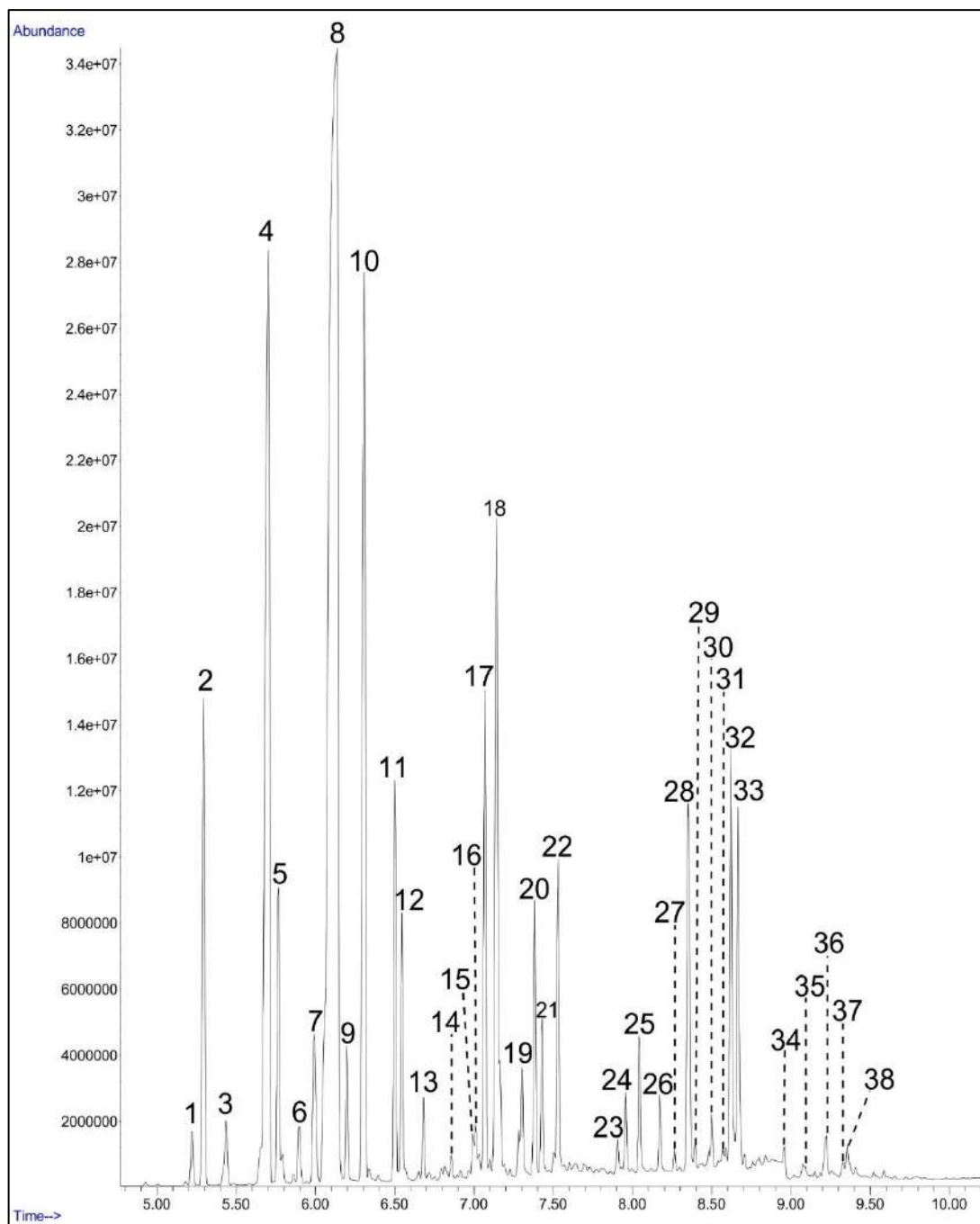


Ilustración 52-3: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de limón muestra fresca extracción agua

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 51-3: Sustancias volátiles presentes en el aceite esencial de limón muestra fresca extracción agua

# PICO	% Área	t _R	Compuesto
1	0,41	5,222	β-Thujene
2	3,81	5,296	α-Pinene, (D)-
3	0,56	5,438	Camphene
4	13,05	5,702	L-β-Pinene
5	2,45	5,768	β-Myrcene
6	5,898	5,898	α-Fellandrene
7	1,50	5,994	Terpinolen
8	32,40	6,133	D-Limonene
9	0,90	6,200	β-cis-Ocimene
10	8,19	6,309	γ-Terpinene
11	2,78	6,502	α- Terpinolen
12	1,79	6,548	Linalool
13	0,49	6,683	Fenchol
14	0,18	6,858	Dihydrocarveole
15	0,29	6,996	Phellandren-8-ol
16	0,38	7,012	endo-Borneol
17	3,70	7,070	Terpinen-4-ol
18	6,81	7,146	α-Terpineol
19	1,14	7,305	Nerol
20	1,72	7,385	β-Citral
21	1,10	7,430	Geraniol
22	2,49	7,532	α-Citral
23	0,29	7,909	δ-Elemene
24	0,51	7,959	Neryl acetate
25	0,93	8,046	Geranyl acetate
26	0,51	8,175	β-Elemene
27	0,15	8,267	cis-α-Bergamotene
28	3,47	8,354	trans-α-Bergamotene
29	0,17	8,397	β-Caryophyllene
30	0,45	8,502	Humulene
31	0,11	8,591	Isocaryophyllene
32	3,03	8,624	α-Farnesene
33	2,47	8,667	β-Bisabolene
34	0,18	8,960	Germacrene B
35	0,22	9,079	Caryophyllene oxide
36	0,37	9,222	Isospathulenol
37	0,10	9,330	α-Cadinol
38	0,27	9,356	Neointermedeol

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

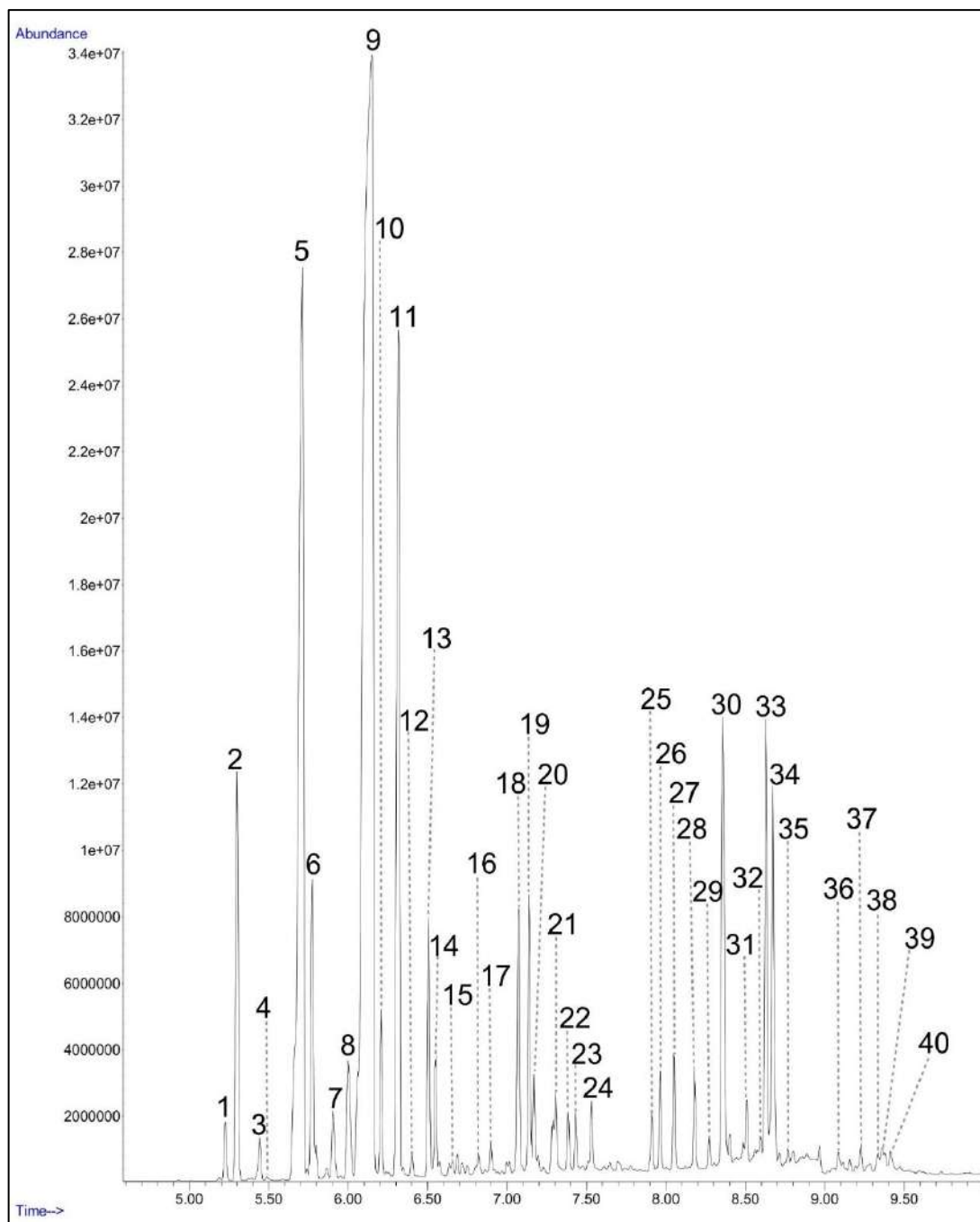


Ilustración 53-3: Cromatograma del aceite esencial de limón extracción etanol 70 %

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 52-3: Sustancias presentes en el aceite esencial de limón muestra fresca extracción etanol 70 %

# PICO	% ÁREA	t _R	COMPUESTO
1	1,11	5,228	β-Thujene
2	3,47	5,302	α-Pinene, (D)-
3	0,94	5,445	Camphene
4	0,24	5,491	Dehydrosabinene (Thuja-2,4(10)-diene)
5	15,12	5,713	L-β-Pinene
6	2,63	5,774	β-Myrcene
7	0,65	5,906	α-Fellandrene
8	1,41	6,002	α-Terpinene
9	35,57	6,150	D-Limonene
10	1,09	6,208	β-cis-Ocimene
11	8,92	6,319	γ-Terpinene
12	0,17	6,403	cis-linalool oxide
13	1,80	6,508	α- Terpinolen
14	0,96	6,552	Linalool
15	0,15	6,689	Fenchol
16	0,26	6,822	p-Mentha-1,5,8-triene
17	0,32	6,900	Neryl oxide
18	2,12	7,073	Terpinen-4-ol
19	1,92	7,143	α-Terpineol
20	0,65	7,172	Decanal
21	1,05	7,307	cis-Geraniol
22	0,46	7,387	β-Citral
23	0,44	7,434	Geraniol
24	0,62	7,533	α-Citral
25	0,43	7,915	δ-Elmene
26	0,65	7,965	Neryl acetate
27	0,81	8,052	Geranyl acetate
28	0,68	8,182	β-Elmene
29	0,22	8,275	cis-α-Bergamotene
30	4,52	8,361	β-Caryophyllene
31	0,75	8,510	Humulene
32	0,23	8,599	Isocaryophyllene
33	3,31	8,632	α-Farnesene
34	3,17	8,675	β-Bisabolene
35	0,10	8,770	α-Himachalene
36	0,15	9,088	Caryophyllene oxide
37	0,20	9,230	Isospathulenol
38	0,16	9,338	(-)-Globulol
39	0,31	9,364	Neointermedeol
40	0,19	9,417	α-Bisabolol

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

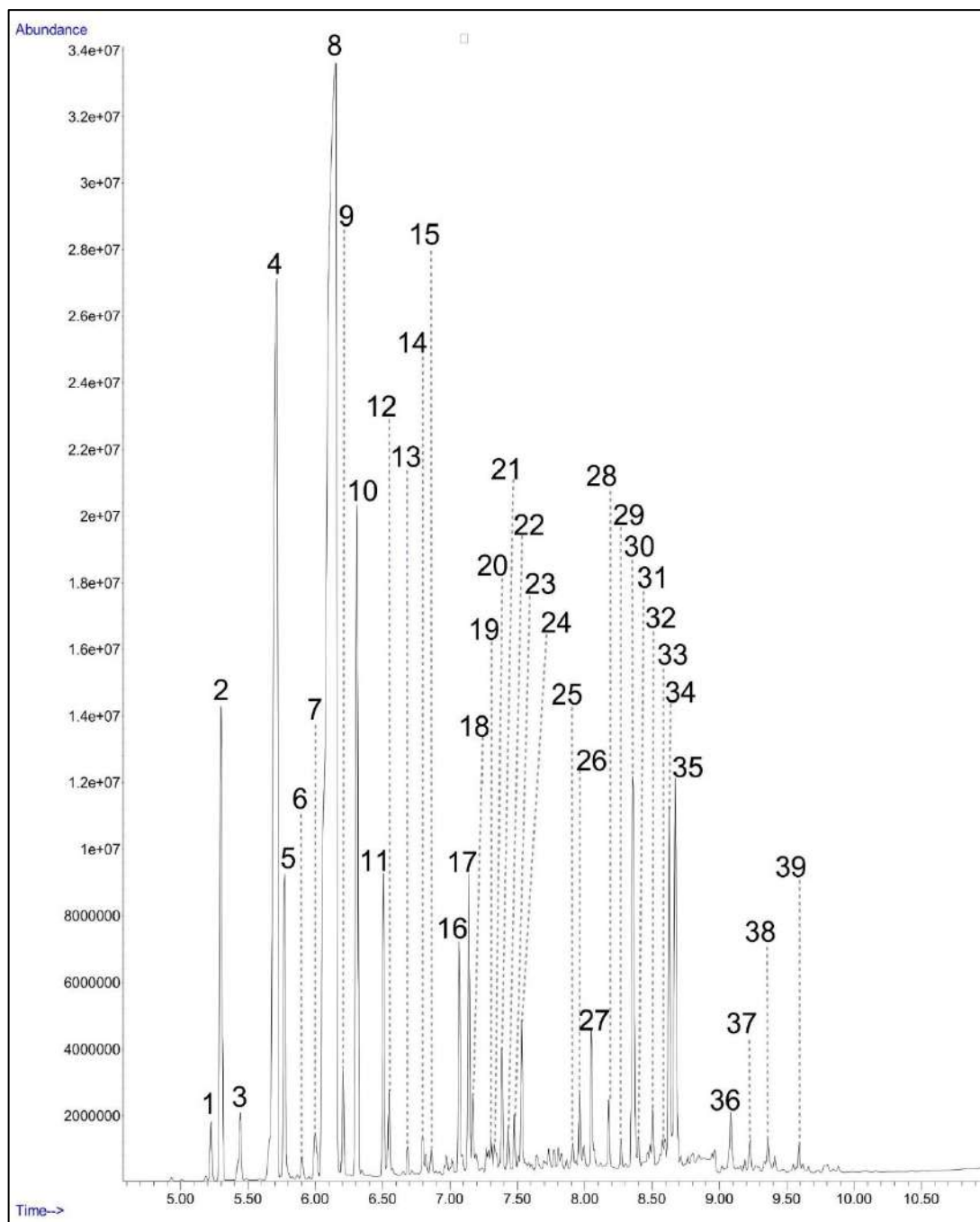


Ilustración 54-3: Cromatograma del aceite esencial de limón muestra seca extracción agua
Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 53-3: Sustancias volátiles presentes en el aceite esencial de limón muestra seca extracción agua

# PICO	% Área	t _R	Compuesto
1	0,48	5,228	β-Thujene
2	4,20	5,303	α-Pinene, (D)-
3	0,62	5,444	Camphene
4	14,50	5,712	L-β-Pinene
5	2,62	5,774	β-Myrcene
6	0,20	5,905	α-Fellandrene
7	0,57	6,001	α-Terpinene
8	42,37	6,150	D-Limonene
9	0,74	6,207	β-cis-Ocimene
10	6,18	6,313	γ-Terpinene
11	2,08	6,508	α-Terpinolen
12	0,73	6,550	Linalool
13	0,21	6,688	Fenchol
14	0,29	6,800	cis(-)-1,2-Epoxy-p-menth-8-ene
15	0,21	6,864	Perilla alcohol
16	1,80	7,072	Terpinen-4-ol
17	2,08	7,142	α-Terpineol
18	0,57	7,171	Decanal
19	0,30	7,272	(Z)-p-Mentha-2-en-1-ol
20	0,27	7,307	cis-Geraniol
21	0,92	7,386	β-Citral
22	0,34	7,434	Geraniol
23	0,41	7,482	L-α-Terpineol
24	1,22	7,533	α-Citral
25	0,30	7,913	δ-Elemene
26	0,57	7,964	Neryl acetate
27	1,12	8,051	Geranyl acetate
28	0,47	8,181	elemen-1,3-dien-6α-ol
29	0,19	8,274	cis-α-Bergamotene
30	4,09	8,361	trans-α-Bergamotene
31	0,24	8,402	β-Caryophyllene
32	0,60	8,509	Humulene
33	0,22	8,597	Aromandendrene
34	2,85	8,630	α-Farnesene
35	3,29	8,674	β-Bisabolene
36	0,63	9,086	Caryophyllene oxide
37	0,27	9,229	Isospathulenol
38	0,34	9,361	Neointermedeol
39	0,19	9,594	Isoaromadendrene epoxide

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 54-3: Sustancias volátiles de interés identificadas en los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis*

SUSTANCIAS VOLÁTILES	ACEITES ESENCIALES DE NARANJA																			
	Aura Caica		Rincón del químico		Quimolab		Almacenamiento 8 meses		Muestra fresca extracción agua		Muestra fresca extracción alcohol		Muestra seca extracción agua		Muestra seca extracción alcohol		Muestra liofilizada extracción agua		Muestra liofilizada extracción alcohol	
	tr	%*	tr	%*	tr	%*	tr	%*	tr	%*	tr	%*	tr	%*	tr	%*	tr	%*	tr	%*
α -Pinene, (D)-	5,301	2,75	5,301	2,18	-	-	5,301	1,16	5,300	2,20	5,300	2,14	5,295	2,08	5,301	2,38	5,270	2,36	5,270	2,21
Sabinene	5,653	1,36	5,652	1,43	-	-	5,653	0,91	5,652	2,90	5,652	2,60	5,647	1,32	5,653	2,14	5,623	0,51	5,623	0,50
β -Myrcene	5,775	5,84	5,772	3,31	-	-	5,775	4,66	5,773	5,68	5,773	6,12	5,768	5,92	5,776	6,49	5,747	6,39	5,748	5,62
Octanal	5,869	0,76	5,867	0,91	-	-	5,869	1,66	5,866	1,17	5,867	0,39	5,862	1,31	5,868	0,95	5,839	1,09	5,839	1,06
δ -3-carene	5,955	0,35	-	-	-	-	6,212	0,28	6,206	0,46	6,207	0,47	6,203	0,36	6,213	0,40	-	-	-	-
D-Limonene	6,155	77,3	6,143	66,16	-	-	6,166	65,1	6,150	78,13	6,151	84,93	6,148	77,76	6,170	81,0	6,126	74,39	6,138	68,19
γ -Terpinene	-	-	-	-	-	-	6,309	0,25	6,304	0,31	6,305	0,20	6,300	0,39	6,309	0,55	6,278	0,63	6,281	0,65
Linalool	6,554	2,18	6,551	2,09	-	-	6,563	6,54	6,553	4,05	6,550	1,39	6,549	4,04	6,553	2,07	6,528	4,38	6,531	3,87
Limonene oxide	-	-	6,826	1,89	-	-	6,827	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,378	0,29
Citronella	6,884	0,18	-	-	-	-	6,881	0,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Terpinen-4-ol	-	-	-	-	-	-	7,073	0,88	7,070	0,55	-	-	7,065	0,62	7,071	0,45	7,044	1,30	7,045	1,39
α -Terpinol	7,143	0,73	7,140	0,68	-	-	7,143	1,70	7,140	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Decanal	7,176	1,47	7,173	1,48	-	-	7,176	3,34	7,171	1,24	7,173	0,86	7,167	1,35	7,172	1,07	7,146	1,88	7,148	2,29
Carveol	7,357	0,24	7,353	1,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,262	0,62	7,263	0,85
Geraniol	-	-	-	-	-	-	7,437	0,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,410	0,24
L-Carvone	7,443	0,40	7,439	1,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citral	7,540	0,31	-	-	-	-	7,535	1,69	7,390	0,18	-	-	7,386	0,16	-	-	-	-	7,508	0,21
Limonen-1,2-diol	-	-	7,910	0,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
α -Copaene	8,132	0,21	-	-	-	-	8,127	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β -Caryophyllene	-	-	-	-	-	-	8,357	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heptacosane	-	-	-	-	9,410	13,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heaxadecanethiol	-	-	-	-	9,554	17,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

%*= abundancia relativa

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En la Tabla 67-3 se observan algunas de las sustancias volátiles de interés que se identificaron mediante cromatografía de gases acoplado a detector de masas, utilizando la columna HP-5 que ayudó a obtener el orden de elución de los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* con tiempos de retención similares sin tener mucha variación, donde el D-limoneno es el compuesto que prevalece en los aceites esenciales de cítricos, el D-limoneno se considera como materia prima que posee diversos subproductos que se pueden obtener a partir de diferentes reacciones, el D-limoneno presentó diferencias en su porcentaje de abundancia para cada tratamiento teniendo los siguientes resultados en la marca Aura caica con un porcentaje de 77,3 %, Rincón del químico con un porcentaje de 66,16 % al comparar estos porcentajes de D-limoneno con los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra fresca por arrastre de vapor estos presentan mayor porcentaje como es para la extracción con agua de 78,13 % y en la extracción etanol 70 % con un porcentaje de 84,93 % determinando que la extracción con etanol 70 % tiene mayor porcentaje de abundancia relativa de D-limoneno y esto se debe a que el etanol es un buen solvente para la extracción de compuestos volátiles (presento mejor aroma ver Tabla 27-3) como se observó en su espectro UV-vis donde no presenta absorbancia por la falta de fracción no volátil (ver Figura 9-3) conjuntamente se puede confirmar en su perfil cromatográfico que hay la ausencia de Citral (ver Figura 42-3) a comparación de la extracción con agua que tuvo un porcentaje de Citral de 0,18 % y por esta razón presentó mejor rendimiento de extracción debido a la presencia de sustancias no volátiles que fueron extraídos por el agua y presentan una mínima absorbancia en su espectro UV-vis (ver Figura 4-3), al comparar el porcentaje de citral para las dos marcas (Aura caica y Rincón del químico) que tuvieron un rango de 0,31 – 1,69 % presentando absorbancias en el espectro UV-vis y valores CD altos (ver Tabla 37-3) esto se puede deber al método de extracción que se aplicó donde hubo un aumento del rendimiento de extracción y el número de fracción no volátil, en los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra seca en la extracción con agua presentó un porcentaje de D-limoneno 77,76 % y en la extracción con etanol 70 % presentó un valor de 81,0 % teniendo una abundancia relativa con una variación mínima con respecto a la extracción muestra fresca agua y determinando que hay pérdida de sustancias a la hora de realizar la técnica de secado también se puede observar la ausencia de citral y esta relacionando con la ausencia de absorbancia en el espectro UV-vis (ver Figura 6-3), en los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra liofilizada se tiene mayor diferencia en su abundancia relativa en la extracción con agua un valor de 74,39 % y en la extracción con etanol 70 % con un valor de 68,19 % presentando pérdida de sustancias durante la liofilización de la muestra. El aceite esencial marca Quimolab fue el único aceite esencial que no presentó D-limoneno y ninguna de las otras sustancias que se identificaron en los otros aceites esenciales siendo sus sustancias identificadas de elevado peso molecular como son Heptacosano y Hexadecanethiol que son los causantes de que el aceite esencial no sea soluble en etanol al 96 % y también se puede observar su espectro IR (ver Figura 24-3) donde hay grupos funcionales de hidrocarburos de cadena larga.

En el aceite esencial de naranja *citrus sinensis* almacenado 8 meses y Aura caica estos aceites esenciales presentaron dos sustancias identificadas que son Limonene oxide y Citronella estos dos compuestos se consideran como sub productos del D-limoneno que es el causante del envejeciente de los aceites esenciales pero también el D-limoneno es considerado un producto de partida para la obtención de otros productos como es la Citronella para la elaboración de insecticidas y estas cambios que presenta el limoneno fueron identificados mediante espectroscopia IR y cromatografía de gases reportado por Carmano (1974)

La técnica por arrastre de vapor para los aceites esenciales obtenidos tiene la presencia del terpinen-4-ol que es un terpeno utilizado como insecticida reportado por Hammer et al. (2012) para el control de ácaros que se encuentra de forma natural en la cascara de naranja o también se lo puede sintetizar a partir del D-limoneno, pero esta sustancia no fue identificada en los cromatogramas de los aceites esenciales marca Aura caica y Rincón del químico donde se cree que le método de extracción utilizado pierde algunos compuestos volátiles, teniendo porcentajes de abundancia relativa de terpinen-4-ol en las extracciones de aceite esencial obtenidos a partir de los diferentes tratamientos que oscilan entre 0,88 – 1,30 %.

Otras sustancias identificadas que presentaron similitud en sus porcentajes de abundancia relativa en los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* analizadas fue el α -Pinene, (D) teniendo un porcentaje que oscila entre 1,16 – 2,75 %, el β -Myrcene con porcentajes que oscilan entre 3,31 - 6,49 %; los porcentajes más altos están pertenecen a los aceites esenciales obtenidos por arrastre de vapor (ver Tabla 67-3).

En la extracción con éter etílico se observó en su cromatograma la pérdida de sustancias volátiles (ver Figura 47-3) obteniendo 7 picos siendo el D-limoneno la sustancia que predomina con un porcentaje de abundancia relativa de 81,89 % además se identificaron dos sustancias que en los otros aceites esenciales analizados no fueron identificados como son el 6-Chloro-4-phenyl-2-propylquinolin y Butylated Hydroxytoluene que son compuestos de elevado peso molecular.

Tabla 55-3: Sustancias volátiles de interés identificadas en los aceites esenciales de limón *citrus aurantifolia*

SUSTANCIAS VOLÁTILES	ACEITES ESENCIALES DE LIMÓN							
	Aura Caica		Muestra fresca extracción agua		Muestra fresca extracción etanol 70 %		Muestra seca extracción agua	
	t _R	%*	t _R	%*	t _R	%*	t _R	%*
β -Thujene	5,227	1,17	5,222	0,41	5,228	1,11	5,228	0,48
α -Pinene, (D)-	5,301	4,45	5,296	3,81	5,302	3,47	5,303	4,20
Camphene	5,444	0,23	5,438	0,56	5,445	0,94	5,444	0,62

β -Myrcene	5,773	3,01	5,768	2,45	5,774	2,63	5,774	2,62
α -Fellandrene	5,903	0,12	5,898	5,89	5,906	0,65	5,905	0,20
α -Terpinene	6,000	0,50	-	-	6,002	1,41	6,001	0,57
D-Limonene	6,141	45,8	6,133	32,40	6,150	35,57	6,150	42,37
β -cis-Ocimene	6,206	0,30	6,200	0,90	6,208	1,09	6,207	0,74
γ -Terpinene	6,315	12,33	6,309	8,19	6,319	8,92	6,313	6,18
α - Terpinolen	6,507	1,10	6,502	2,78	6,508	1,80	6,508	2,08
Linalool	-	-	6,548	1,79	6,552	0,96	6,550	0,73
trans-Limonene oxide	6,825	0,23	-	-	-	-	-	-
Terpinen-4-ol	7,071	0,14	7,070	3,70	7,073	2,12	7,072	1,80
Citral	7,536	2,69	7,385	1,72	7,533	0,62	7,533	1,22
Geraniol	-	-	7,430	1,10	7,434	0,44	7,434	0,34
Neryl acetate	7,966	1,05	7,959	0,51	7,965	0,65	7,964	0,57
Geranyl acetate	8,053	0,65	8,046	0,93	8,052	0,81	8,051	1,12
β -Elemene	-	-	8,175	0,51	8,182	0,68	-	-
trans- α -Bergamotene	8,366	1,50	8,354	3,47	-	-	8,361	4,09
β -Caryophyllene	-	-	8,397	0,17	8,510	0,75	8,402	0,24
β -Bisabolene	8,674	1,42	8,667	2,47	8,675	3,17	8,674	3,29
Caryophyllene oxide	9,090	0,13	9,079	0,22	9,088	0,15	9,086	0,63

%*= abundancia relativa

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

La Tabla 68-3 pertenece a las sustancias volátiles identificadas en los diferentes aceites esenciales de limón, teniendo un porcentaje de abundancia relativa del D-limoneno para la marca Aura caica con un valor de 45,8 % con un porcentaje de citral de 2,69 %, si compramos con los aceites esenciales de limón obtenidos a partir de muestra fresca extracción agua presento un valor de 32,40 % su porcentaje de citral fue 11,72 % en la extracción con etanol al 70 % tuvo un valor de 35,57 % con un porcentaje de citral de 0,62 e identificando una vez más que la extracción con etanol presentara más fracción volátil presentando porcentajes inferiores esto se puede deber a la técnica de extracción utilizada que fue por arrastre de vapor o por la especie del limón que fue *citrus aurantifolia* que puede presentar un porcentaje de D-limoneno menor y para mejorar el porcentaje de rendimiento de obtención de aceite esencial de la marca Aura caica se cree que fue extraído por prensado en frio que presento una coloración amarilla pálida además presento 29 picos cromatográficos identificados mientras que los aceite esenciales obtenidos a partir del limón *citrus aurantifolia* presento un máximo de 40 picos de sustancias identificados, determinado que el aceite esencial de limón *citrus aurantifolia* predominan en gran mayoría diferentes sustancias volátiles siendo esta la razón para que los aceites esenciales de esta especie de limón no presenta absorbancia en el la región del UV-vis (ver Figura 16-3) y también son diferentes que los aceite esenciales de naranja *citrus sinensis* que presentaron un máximo de 20 picos cromatográficos

identificados. En el aceite esencial obtenido a partir de muestra seca extracción agua presento un porcentaje de abundancia de D-limoneno 42,37 %, con un porcentaje de abundancia relativa de citral de 1,22 %, presentando 39 picos cromatográficos presentando una coloración verde trasparenten y presenta absorbancia en el espectro UV-vis (ver Figura 18-3) debido al tiempo prolongado de extracción en el que la muestra estaba sometido se cree por esta acción los compuestos de desecho aumentaron y por eso presento un olor rancio.

Otro compuesto que presenta mayor abundancia relativa fue el γ -Terpinene para el aceite esencial de limón marca Aura caica tuvo un valor de 12,33 %, en os aceites esenciales de limón citrus aurantifolia extracción agua presento un porcentaje de 8,19 %, en la extracción con etanol 70 % con un valor de 8,92 % y en la muestra seca extracción agua presento un porcentaje de 6,18 % siendo este unos de los compuestos más importantes con un gran estudiados como son para la elaboración de antibióticos, antiseborreico como lo reporta Kim et al. (2008), anticoagulante y antioxidante reportado Grabmann et al. (2005), Anti proliferativo o Antineoplásico reportado por Russo (2017).

3.1.7. Porcentaje de D-limoneno y α -pineno presente en los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* y limón *citrus aurantifolia*

Las Figuras 52-3 y 53-3 pertenecen a los espectros masas de los estándares de D-limoneno y α -pineno en donde se puede observar solitud con el D-limoneno y α -pineno de los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* y limón *citrus aurantifolia*, determinando que así que los estándares son adecuados para realizar los análisis de cuantificación. En el Gráfico 16-3, se puede observar los diferentes tipos de aceite esencial de naranja estos presentan un contenido elevado de un hidrocarburo monoterpénico, identificado como D-limoneno, destacando como porcentajes mayoritarios a la muestra fresca extracción etanol 70%, en la muestra con extracción éter etílico presento un valor de 63,89 % presentando más compuestos de elevado peso molecular como se puede observar en su densidad relativa (ver Tabla 30-3). Seguidos de las muestras secas extracción con agua cuyos porcentajes se mantienen en un valor de 77,16 %; finalmente las muestras Quimolab presento un porcentaje de D-limoneno de 0% siendo un aceite esencial que presenta adulteraciones y el aceite con almacenamiento 8 meses tienen un porcentaje entre el 60%. La segunda concentración más baja correspondió al terpeno α -pineno teniendo porcentajes entre 2%.

En el Gráfico 17-3, se puede observar, los diferentes tipos de aceite esencial de limón estos presentan un contenido elevado de limoneno. Destacando como porcentajes mayoritarios al aceite Aura Caica con (45,8%) y la muestra seca extracción agua con (42,37%). Seguidos de la muestra

fresca con extracción con agua con porcentaje de (32,40%) y la muestra fresca extracción etanol (70%) con un porcentaje de (35,57%). La segunda concentración más baja correspondió al terpeno α -pineno. Destacando como porcentajes mayoritarios al aceite Aura Caica con (4,45%) y la muestra seca extracción agua con (3,81%). Seguidos de la muestra fresca con extracción con agua con porcentaje de (3,47%) y la muestra fresca extracción etanol (70%) con un porcentaje de (4,20%).

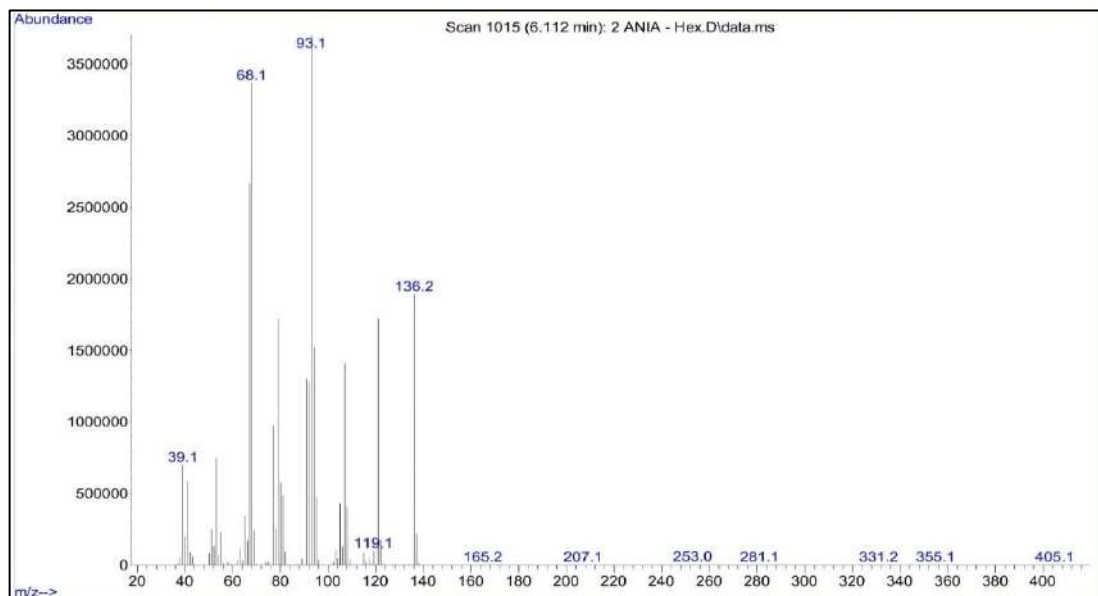


Ilustración 55-3: Espectro masas del D-Limoneno solución estándar

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

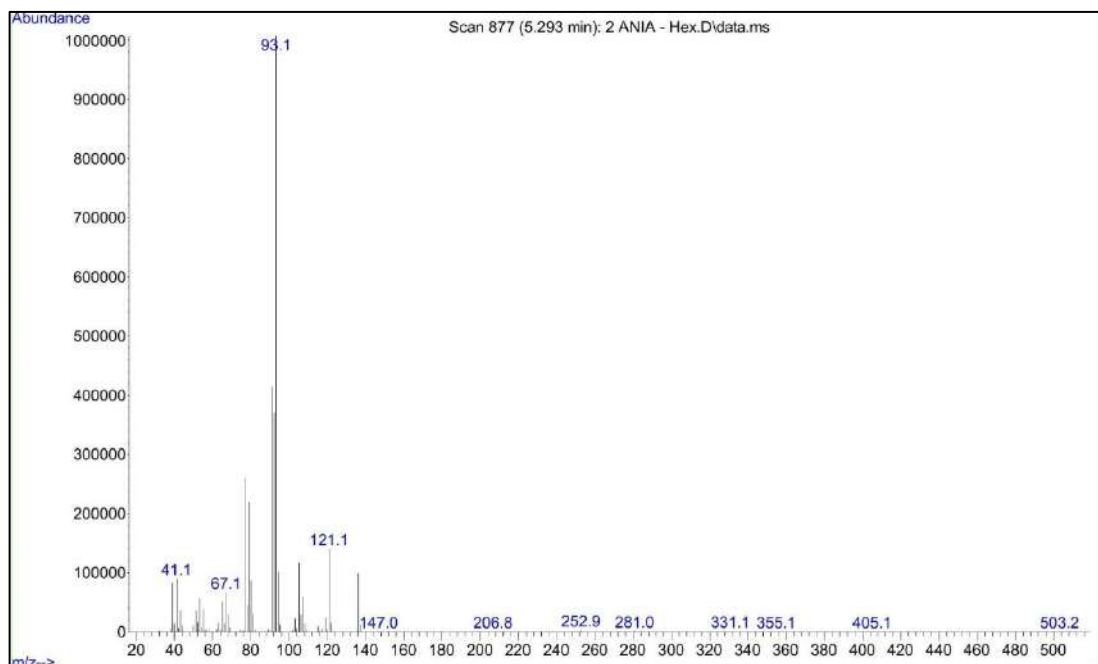


Ilustración 56-3: Espectro masas del α -Pineno solución estándar

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

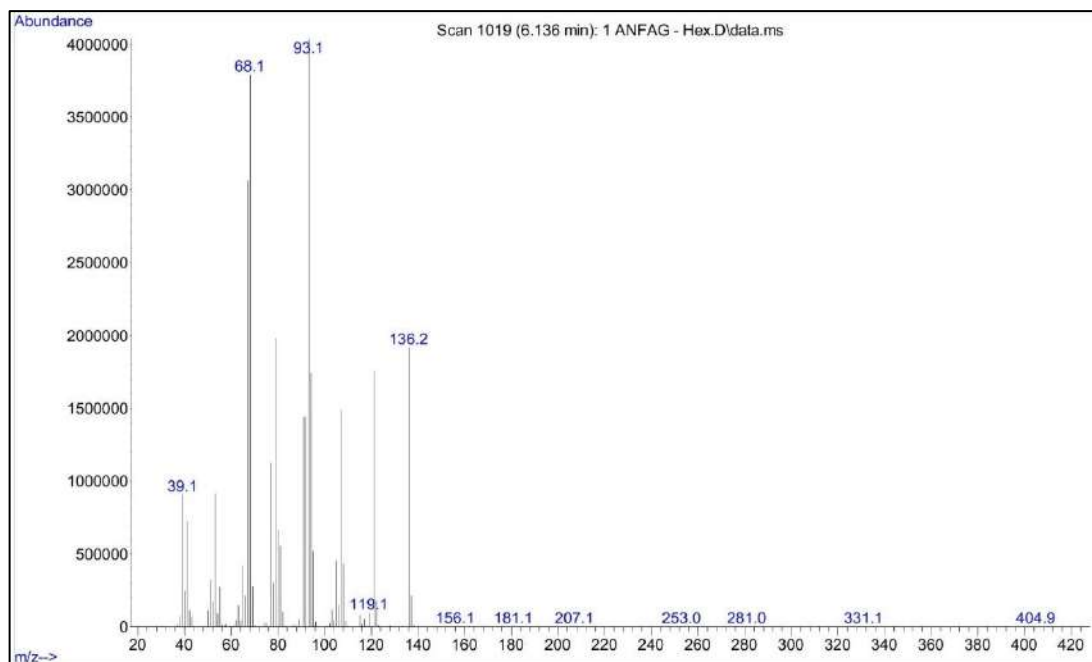


Ilustración 57-3: Espectro masas del D-Limoneno aceite esencial naranja *citrus sinensis* muestra fresca

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

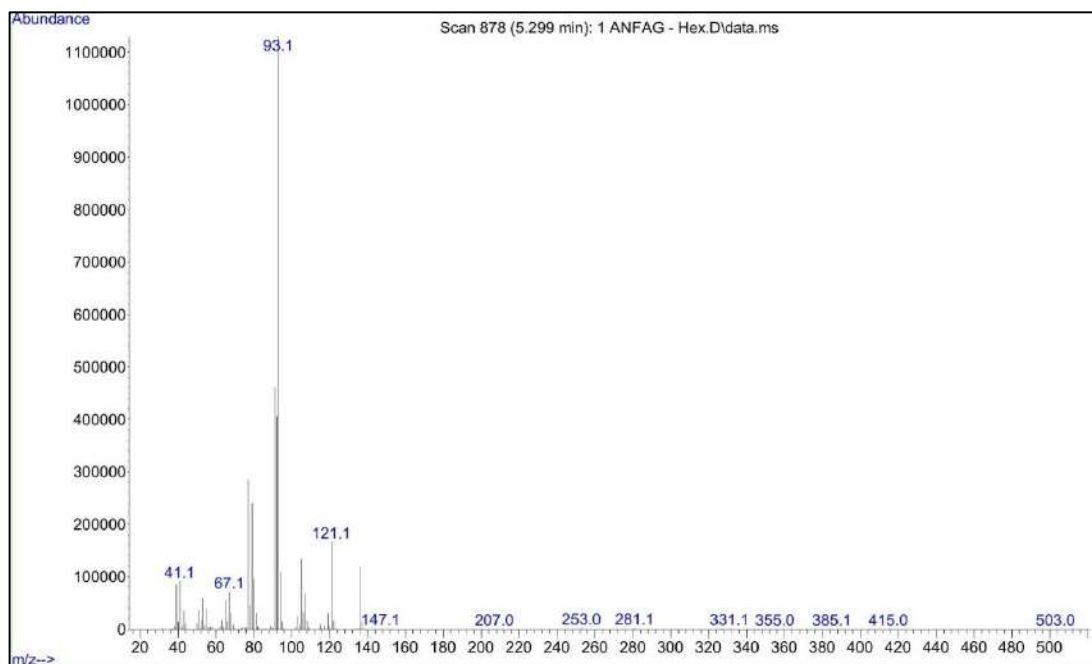


Ilustración 58-3: Espectro masas del α -Pineneno aceite esencial naranja *citrus sinensis* muestra fresca

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

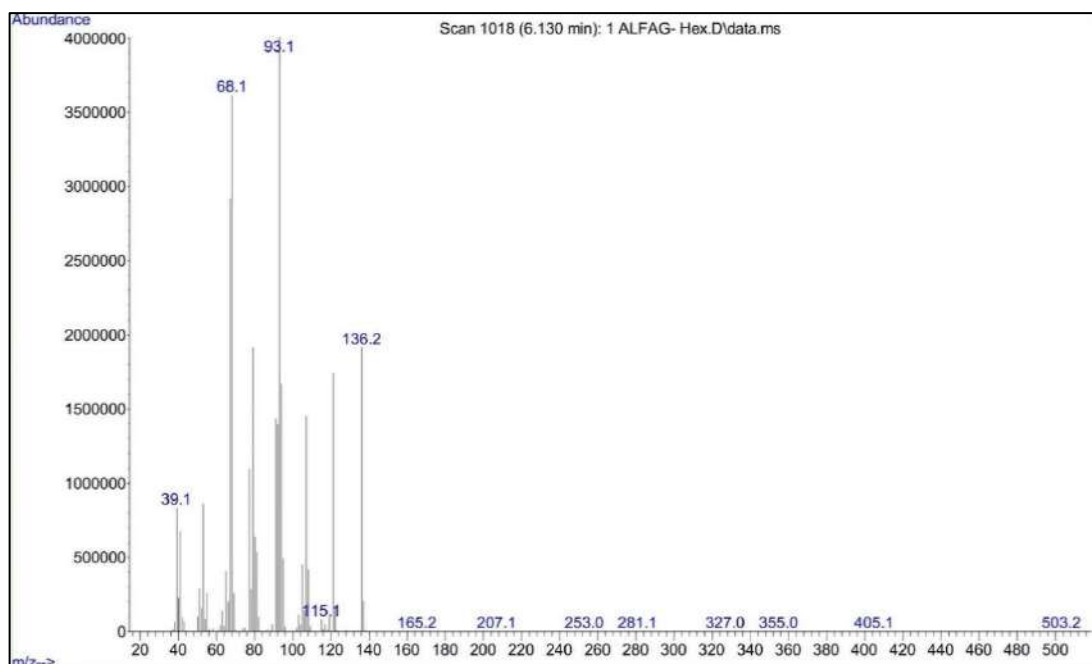


Ilustración 59-3: Espectro masas del D-Limoneno aceite esencial limón *citrus aurantifolia* muestra fresca

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

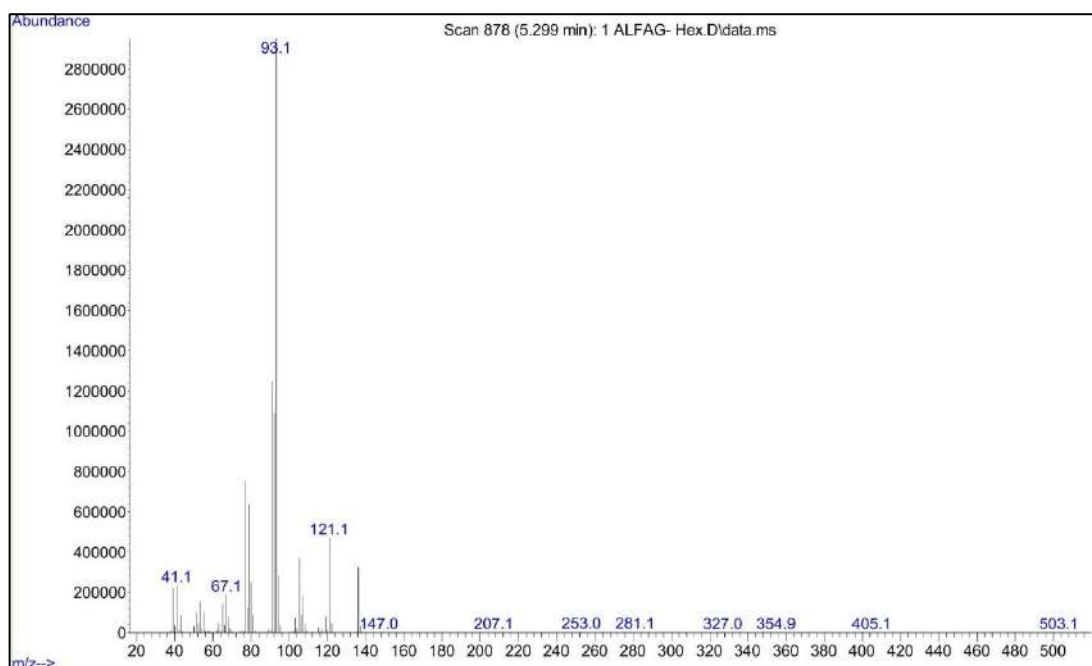


Ilustración 60-3: Espectro masas del α -Pineno aceite esencial limón *citrus aurantifolia* muestra fresca

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Tabla 69-3: Cuantificación de D-Limoneno y α -Pinoeno

ACEITES ESENCIALES DE NARANJA <i>Citrus sinensis</i>		
Tipos de Aceites Esenciales	% D-Limoneno	% de α -Pinoeno
Aura Caica	77,3%	2,75%

Rincón del químico	66,16%	2,18%
Quimolab	0,00%	0,00%
Almacenamiento 8 meses	65,15%	1,16%
Muestra fresca extracción agua	78,13%	2,20%
Muestra fresca extracción etanol 70 %	84,93%	2,14%
Muestra seca extracción agua	77,76%	2,08%
Muestra seca extracción etanol 70 %	79,05%	2,38%
Muestra liofilizada extracción agua	74,39%	2,36%
Muestra liofilizada extracción etanol 70 %	68,19%	2,21%
Aceite de naranja extracción éter etílico	63,89%	0,00%
ACEITES ESENCIALES DE LIMÓN		
Tipos de Aceites Esenciales	% D-Limoneno	% de α-pineno
Aceite esencial Aura Caica	45,8%	4,45%
<i>Citrus aurantifolia</i>		
Muestra fresca extracción agua	32,40 %	3,81%
Muestra fresca extracción etanol 70 %	35,57%	3,47%
Muestra seca extracción agua	39,37%	4,20%

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

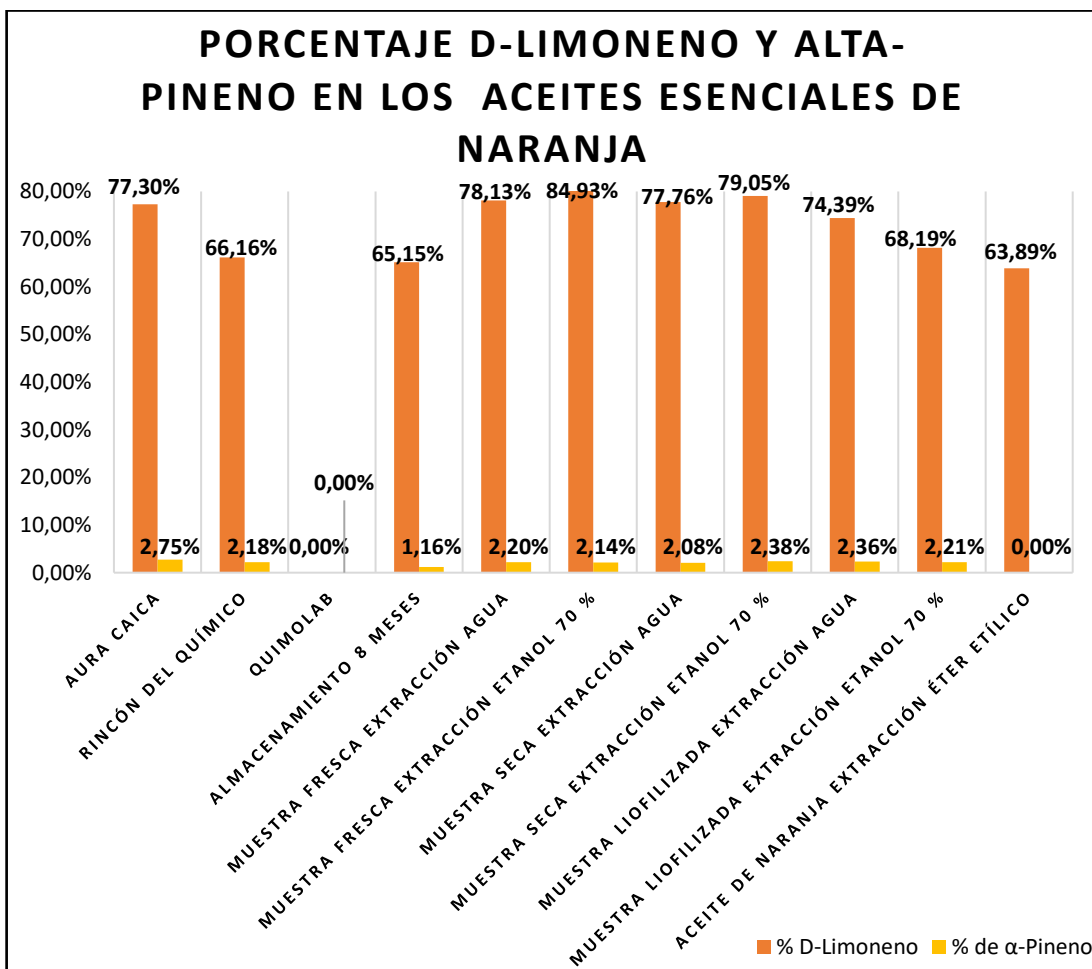


Ilustración 61-3: Porcentaje de D-limoneno y α -Pineno presentes en los aceites esenciales de naranja

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

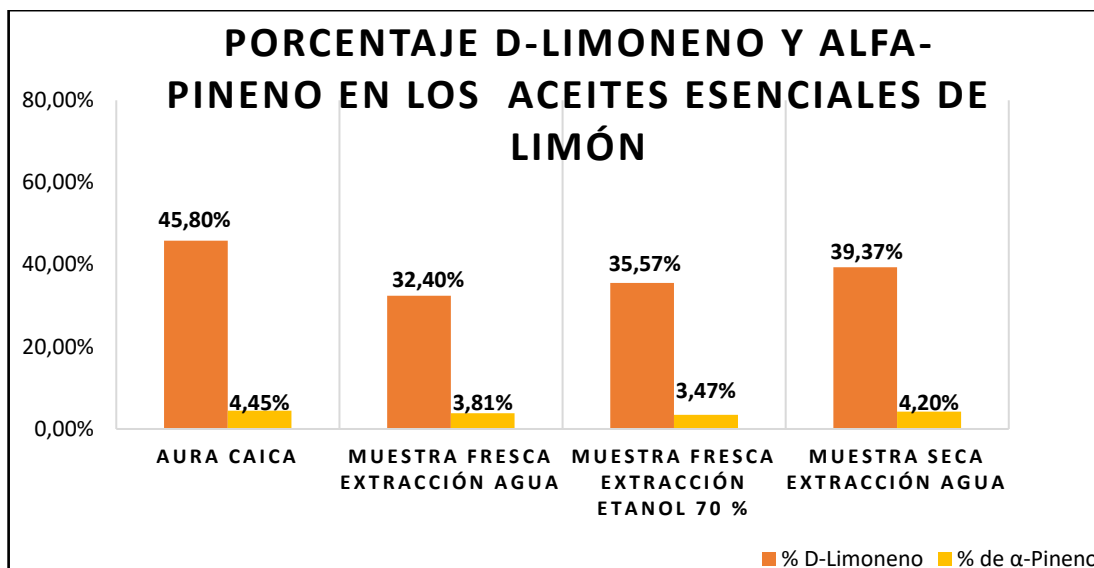


Ilustración 62-3: Porcentaje de D-limoneno y α -Pineno presentes en los aceites esenciales de limón

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

En la Gráfico 16-3 se puede observar los diferentes porcentajes de D-limoneno y α -Pineno en los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* en donde la muestra fresca extracción agua tuvo un valor D-limoneno 78,13 % y α -Pineno con un porcentaje de 2,20 %, en la extracción con etanol 70 % el D-limoneno presento un porcentaje de 84,93 % y de α -Pineno de 2,14 %, siendo estos aceites esenciales los que presentan mejores porcentajes de estas dos sustancias.

En el Gráfico 17-3 pertenece a los porcentajes de los diferentes aceites esenciales de limón analizados en donde el mejor porcentaje de D-limoneno fue para la marca Aura caica que presento un porcentaje de 45,80 % y para el α -Pineno con un porcentaje de 4,20 % y los aceites esenciales de limón *citrus aurantifolia* muestra fresca presentan resultados de D-limoneno que se encuentran en el rango de 32,40 – 35-57 % esta diferencia se puede deber a que en la marca Aura caica se utiliza otra especie de limón y un método de extracción diferente al de arrastre de vapor donde solo se obtiene mayor número de sustancias volátiles.

CONCLUSIONES

Se obtuvo los porcentajes de rendimiento para cada aceite esencial obtenido, en el aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* se reveló que la extracción por el método de destilación por arrastre con vapor con agua para la muestra fresca alcanza rendimientos altos de 1,77 % en comparación al aceite de limón *Citrus aurantifolia* que se obtuvo 0,17 %. Al utilizar etanol 70 % se obtuvo rendimientos bajos en el aceite de naranja en muestra fresca se obtuvo 1,30 % y en el de limón 0,40 %. Las muestras secas y liofilizadas de ambos cítricos presentaron porcentajes de rendimiento menores que oscilan entre 0,20 - 1,50 %. Finalmente, con el solvente éter etílico no se tuvo aceite esencial como tal debido a las pérdidas de sustancias volátiles y presentando más compuestos de elevado peso molecular teniendo similitud a una grasa. De esta manera el mejor rendimiento se obtiene en la combinación de agua con muestra fresca.

Se comparó los parámetros físico-químicos teniendo como diferencia al aceite esencial de naranja de la marca Quimolab que presentó resultados muy distintos a lo aceite esencial Aura caica y Rincón del químico como son sus propiedades organolépticas con olores similares y coloración similar, en los parámetros resultados que oscilan entre: densidad 0,8568 - 0,8585 g/mL; índice de refracción 1,4744 - 1,4795; solubles en etanol 96 %; IA 1,3840 – 18,0025 mg KOH / g; IE 6,3683 – 8,8521 mg KOH / g; IAc 5,9893 – 7,7187 mg KOH/g y también parecidos con pequeñas variaciones los aceites esenciales muestra fresca con resultados que oscilan entre: densidad 0,8426 - 0,8465 g/mL; Índice de refracción 1,4720-1,4731; solubles en etanol 96 %; IA 0,5572 - 0,8270 mg KOH / g; IE 5,8578 - 6,4746 mg KOH / g; IAc 1,2710 - 1,6392 mg KOH / g.

Los aceites esenciales obtenidos a partir de muestra seca y liofilizada presentan una calidad baja muy notable por la pérdida de sustancias, en la extracción con éter etílico sus resultados obtenidos fueron una coloración amarilla muy intensa densidad de 2,4077 g/mL; índice de refracción 1,3684; solidificando a temperatura ambiente; IA 17,4843 mg KOH / g; IE 1,6183 mg KOH / g; IS 19,1387 mg KOH / g; IAc 0,4412 mg KOH / g concluyendo que la extracción con éter etílico se puede utilizar como un colorante.

Se comparó además los aceites esenciales de limón marca Aura caica presento los siguientes resultados: un olor propio de la fruta y color amarillo pálido; densidad de 0,8632 g/mL, índice de refracción 1,4743; soluble en etanol 96 %; IA 1,4007 mg KOH / g; IE 6,4082 mg KOH / g; IS 7,8089 mg KOH / g; IAc 6,4813 mg KOH / g teniendo una pequeña diferencia con los aceites esenciales de limón *Citrus aurantifolia* que presentaron resultados con una pequeña varianza y que oscilan entre: densidad 0,8552 - 0,8601 g/mL; IA 1,5302 - 9,2757 mg KOH / g; IE 2,7730 -

5,4718 mg KOH / g; IS 3,4894 - 7,2892 mg KOH / g; IAc 2,4556 - 9,2757 mg KOH / g siendo, concluyendo que son aceites esenciales de muy buena calidad.

Se determino el valor CD de los aceites esenciales de naranja *citrus sinensis* presento los siguientes valores en la marca Aura caica con un valor de 0,550; Rincón del químico con un valor de 0,705, en la obtención a partir de muestra fresca extracción agua con un valor de 0,0300, muestra fresca extracción etanol 70 % con valor de 0,0189 en la extracción con éter etílico con un valor de 1,508 y en el aceite esencial de limón marca Aura caica presento un valor de 0,398 en la obtención de la muestra seca extracción presento un valor de 0,0167; concluyendo que los valores altos presentan un número alto de compuestos no volátiles y los presentan resultados menores o no presentan ningún resultado presentan mayor número de fracción volátil como son los terpenos.

Se obtuvo aceite esencial mediante el equipo arrastre de vapor, logrando aprovechar las cascara de naranja *Citrus sinensis* y limón *Citrus aurantifolia*, verificando diferentes resultados. En el rendimiento de extracción, los más altos son para el aceite de naranja con (1,77%) y para el aceite de limón es bajo con (0,17%). En cuanto a las absorbancias estas son mínimas para el de naranja 0,518 y para el de limón 0,300 en una longitud de onda de 292nm, presentando muy poca fracción no volátil, dentro de los espectros IR se apreció distintas bandas vibracionales algunas muy anchas y otras muy alargadas con diferentes números de onda que son correspondientes a los grupos funcionales siendo estos: OH con un número de onda de entre 3478,95 cm^{-1} y 3073,98 cm^{-1} , entre 2911,99 cm^{-1} y 2838,7 cm^{-1} tenemos una banda alargamiento simétrico del grupo C-H, entre 2360,44 cm^{-1} y 1785,76 cm^{-1} encontramos al grupo carbonilo C=O, entre 1643,05 cm^{-1} tenemos al grupo C=C, entre 1442,49 cm^{-1} y 1376,93 cm^{-1} tenemos deformaciones simétricas del grupo funcional C-H, entre 1149,37 cm^{-1} y 1018,23 cm^{-1} tenemos picos anchos y pequeños debido a las vibraciones del grupo C-O, y por ultimo entre 887,095 cm^{-1} y 798,385 cm^{-1} tenemos bandas alargadas debido a la vibración del grupo C-H.

Se determino mediante cromatografía de gases acoplado a detector de masas las sustancias volátiles presentes en los aceites esenciales de naranja citrus sinensis identificando que el D-limoneno es la sustancia volátil que más predomina en los aceites esenciales teniendo porcentajes de abundancia relativa que oscilan entre 66,16 – 84,93 %; β -Myrcene porcentajes que oscilan entre 3,31 – 6,12 %; α -pineno que oscila entre 1,16 – 2,75 % además se tiene la ausencia de citral en los aceites esenciales obtenidos por arrastre de vapor y concluyendo que la ausencia de citral tiene relación con la absorbancia mediante espectroscopia UV-vis. En los aceites esenciales de limón se determinó que el D-limoneno es el compuesto que más predomina en los aceites teniendo porcentajes de abundancia que oscilan entre 32,40 – 45,8 %, γ -Terpinene teniendo resultados que

oscilan entre 6,18 – 12,33 %, además se identificó que todos los aceites esenciales tienen la presencia de citral con un porcentaje de abundancia relativa que oscilan entre 0,62 – 2,69 %.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio del limoneno que es un terpeno que se encuentra en grandes cantidades en la naturaleza y se puede realizar biotransformaciones con catalizadores biológicos como lo describe Villareal et. Al (2018) donde lleva a cabo una serie de transformaciones al limoneno mediante el uso de sistemas biológicos para transformaciones químicas con actividades biológicas y para el uso de diferentes industrias.

Se recomienda también hacer un estudio sobre el aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* en donde puede servir como un sustituto para muchos compuestos químicos para la conservación de la carne de cerdo en donde el aceite esencial hizo que la carne presentara características sensoriales y microbiológicas excelentes como lo reporta Rivas (2018).

Se puede realizar un estudio sobre los efectos bactericidas que tienen los aceites esenciales de limón *Citrus aurantifolia* y *Citrus latifolia* en contra *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* como lo reporta como lo reporta Espinel (2020).

GLOSARIO

Adulteración. - Es la acción de reducir la calidad de una sustancia al agregarle otra sustancia. Cuando un aceite esencial es adulterado, significa que se ha agregado un componente natural o sintético durante el proceso de producción, por lo que el aceite original ya no es puro y la calidad del aceite ahora es menor.

Aromatizantes. - Es un producto aromático que puede ser de origen natural o también sintético o artificial, que cumple una función estrictamente de aroma o perfume, de cualquier elemento.

Aromaterapia. - Es una disciplina terapéutica que aprovecha las propiedades de los aceites esenciales extraídos de las plantas aromáticas, para restablecer el equilibrio y armonía del cuerpo y de la mente para beneficio de nuestra salud y belleza.

Antibioticoterapia. - Son Terapia que usa antibióticos, administrándolos por vía intravenosa para tratamientos a medio-largo plazo de determinadas patologías. También por vía tópica incluye moléculas muy diversas, tanto por sus orígenes como por sus mecanismos de acción o como sus espectros de actividad.

Biodegradable. - Es un término que se aplica siempre en relación a una sustancia química que se descompone en elementos esenciales, como por ejemplo el carbono, el oxígeno o el silicio, como consecuencia de un proceso biológico natural.

Compuestos bioactivos. - Son compuestos esenciales y no esenciales (por ejemplo, vitaminas o poli fenoles) que se producen en la naturaleza, forman parte de la cadena alimentaria y pueden tener efecto sobre la salud humana.

Compuestos volátiles. - son sustancias de origen orgánico, es decir, que contienen carbono, y se encuentran en forma gaseosa en el aire. Generalmente, se trata de hidrocarburos que se vuelven volátiles a temperatura ambiente. Son sustancias contaminantes que se producen fruto de la combustión, el procesamiento de pinturas, adhesivos, productos petrolíferos, productos farmacéuticos y refrigerantes.

Carvona. – Es una cetona terpenoide líquida aceitosa $C_{10}H_{14}O$ que tiene un olor característico a alcaravea, Se encuentra naturalmente en muchos aceites esenciales, pero es más abundante en los aceites de las semillas de alcaravea (*Carum carvi*), menta (*Mentha spicata*) y eneldo. Finalmente se usa como agente aromatizante y perfume

Compuestos hidrocarbonados. - Son compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno, presentándose en la naturaleza como gases, líquidos, grasas y, a veces, sólidos. Pueden tener una mayor o menor complejidad al presentar sus patrones estructurales, ya que su configuración específica determina sus propiedades físicas y químicas.

Camarinas. - Es un compuesto químico que posee el esqueleto de un anillo bencénico unido a un solo carbono. Es biosintetizada por las plantas por la vía del ácido shikimato, a partir de fenilalanina, se usa para elaborar medicamentos que previenen y tratan los coágulos de sangre en los vasos sanguíneos y para tratar ciertas afecciones cardíacas.

Cuantificar. – Es una reacción química, para conocer si ocurre alguna clase de proceso fisicoquímico (debido bien sea a cambios o condiciones de temperatura o presión), que cantidad o concentración de disolución queda.

Desechos sólidos. - Son aquellas sobras y desperdicios que resultan de los procesos industriales, comerciales o de las demás actividades humanas, que se consideran basura y se depositan en canecas plásticas para ser tirados porque se cree cumplieron con su ciclo, pero los más nocivos son los no biodegradables.

Disolvente. – Es una sustancia capaz de disolver otra sustancia (soluble) para formar una mezcla uniformemente dispersa (solución) a nivel molecular o iónico. Es el medio dispersante de la disolución, también es el componente de la mezcla que se encuentra en mayor proporción.

Desengrasantes. – Es aquella sustancia de naturaleza neutra, ácida o alcalina capaz de eliminar grasas y aceites de cualquier superficie. Los usos del desengrasante son infinitos en términos genéricos: uso doméstico y uso industrial.

Destilación fraccionada.–Es un proceso físico utilizado en química para separar mezclas (generalmente homogéneas) de líquidos mediante el calor, y con un amplio intercambio calórico y másico entre vapores y líquidos. Se emplea principalmente cuando es necesario separar compuestos de sustancias con puntos de ebullición distintos pero cercanos.

Dosificar. - Es el acto y el efecto de determinar una dosis: una porción o cantidad de algo. mediante una solución tecnológica o sistema, se distribuye un material en cantidades y secuencias temporales exactas.

Flavonoides. - Son compuestos fenólicos y un grupo diverso de fitonutrientes (químicos vegetales) constituyen la parte no energética de la dieta humana. Se encuentran en vegetales, semillas, frutas y en bebidas como vino y cerveza.

Furocumarinas. - Son metabolitos secundarios fenólicos de las plantas cuya estructura química es la de una camarina a la que se le adicionó un anillo furano. Son sensibles a la luz. Se obtienen a partir de la fusión del núcleo de un compuesto químico (el furano) y de una sustancia orgánica aromática (camarina). Las mandarinas, los limones y los pomelos contienen furocumarinas en su cáscara.

Hesperidioruto carnosos de corteza gruesa, dividido en varias celdas por telillas membranosas la baya pluricarpelar procedente de un ovario súpero con el epicarpio delgado y rica en esencias, el mesocarpio esponjoso y el endocarpio membranoso, tabicado y tapizado de pelos repletos de jugo, entre los cuales se encuentran las semillas. Ej: naranja, limón

Lactonas. - Es un compuesto orgánico del tipo éster cíclico.[1] Se forma como producto de la condensación de un grupo alcohol con un grupo ácido carboxílico en una misma molécula. También son líquidas volátiles, en su mayoría insolubles en agua, pero fácilmente solubles en alcohol, éter y aceites vegetales y minerales. Por lo general no son oleosas al tacto.

Oblongas. - Hoja o folíolo más largo que ancho, con nervios paralelos a los bordes y extremos redondeados.

Psoralenos. - Son sustancias que pertenecen al grupo de las furocumarinas una sustancia fotoactiva natural que se encuentra en las semillas de la Ammi majus (es una planta de la familia de las Umbelliferae). Es sensible a la luz (o que se puede activar con luz). Los psoralenos se utilizan junto con la luz UV para tratar la psoriasis, el vitíligo y los nódulos en la piel a causa del linfoma de células T cutáneo

Residuos. - Es todo elemento, material, objeto o sustancia que, como consecuencia de los procesos de consumo y desarrollo de actividades humanas, es desechado o abandonado.

Reciclaje. - Es el proceso que consiste en recolectar y transformar los residuos o materiales de desecho en nuevas materias o productos para su reutilización, de modo de extender su vida útil y combatir la acumulación de desechos en el mundo.

Ruta del shikimato. – Es una vía alternativa para la formación de compuestos aromáticos, entre ellos los aminoácidos L-fenilalanina, L-tirosina y L-triptofano.

Solvatación. - Es el proceso de interacción entre las moléculas de un solvente y las de un soluto formando agregados. Algunos de estos agregados son estables y tienen un número determinado de moléculas de solvente y otras no.

Sinergia. - Es la integración de elementos que da como resultado algo más grande que la simple suma de éstos, es decir, cuando dos o más elementos se unen sinérgicamente crean un resultado que aprovecha y maximiza las cualidades de cada uno de los elementos.

Solidificar. - Es el proceso físico por el que un líquido pasa a sólido, manteniendo su composición química. Cuando una sustancia en estado líquido se transforma en sólido, sus partículas se ordenan y liberan energía, aumentando sus fuerzas de interacción.

Versatilidad. – Se refiere a los átomos que pueden unirse entre ellos de formas distintas y sobre todo consigo mismo.

Volatilizar. - Es el proceso que consiste en el cambio de estado de la materia sólida al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido, por aumento de la temperatura.

Zumo de cítricos. – Es una sustancia líquida que se obtiene a partir de frutas, vegetales, flores, plantas, etc. para lo cual es necesario que a dichos elementos se les aplique una fuerza determinada, con el fin de que la materia orgánica que las compone sea triturada y de ella se obtenga el zumo.

BIBLIOGRAFÍA

BOLÍVAR PÉREZ, Gabriel. *Cromatografía de gases cómo funciona, tipos, partes, usos* [blog]. [Consulta: 20 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/cromatografia-de-gases/>.

BRUNETON, Jean. *Fotoquímica Plantas Medicinales 2th.* España : Acribia S.A, 2001. pp 56-58.

Cachet, Toule & Brevard, Haward. *IOFI recommended practice for the use of predicted relative-response factors for the rapid quantification of volatile flavouring compounds* [blog]. [Consulta: 20 septiembre 2022]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ffj.3311>

CAMACHO, Antonio. *Algunos tipos para seleccionar las técnicas de inyección adecuadas.* [blog]. [Consulta: 20 septiembre 2022]. Disponible en: <https://blog.analitek.com/algunos-tips-para-seleccionar-las-tecnicas-de-inyeccion-adecuadas-0-1#:~:text=Inyecci%C3%B3n%20Split%3B%20usado%20universalmente%20en,por%20la%20v%C3%A1lvula%20de%20split..>

CARMEN, Juan Andres. Estudio de factibilidad de la extracción del aceite esencial del epicarpio del limón persa (*citrus latifolia*, tanaka), a escala laboratorio y escala planta piloto. [En línea]. (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Guatemala. 2014. pp 56-57. [Consulta: 21 septiembre 2022]. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2736/>

CASABIANCA, H.; & FAUGIER, V. "Enantiomeric distribution studies of linalool and linalyl acetate. A powerful tool for authenticity control of essential oils." : ResearchGate, [en línea] 1997, (Canada) 8(12) pp. 76-98. [Consulta: 21 septiembre 2022]. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2736/>

CERÓN, I.; & CARDONA, C. "Evaluación del proceso integral para la obtención de aceites esencial y pectina a partir de cáscara de naranja". Scielo, [en línea] 2011, (Colombia) 7(13) pp. 65-86. [Consulta: 21 septiembre 2022]. ISSN 1794-9165. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-91652011000100004&script=sci_abstract&tlng=es

CHAVES MELO, Diana Belén . Obtención de limoneno a partir del aceite esencial de naranja mediante destilación. [En línea]. (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 2017. pp 56-57. [Consulta: 22 septiembre 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10985/1/T-UCE-0017-0024-2017.pdf>

CONNORS, Kenneth. *Curso de Analisis Farmaceutico: Ensayo Del Medicamento.* Barcelona - España : Reverte Sevilla, 1981, p. 45.

DAVIDOWSKI, Esteban & DIMARCO, Brian. *La extracción y cuantificación de limoneno de cítricos cortezas usando GC/MS.* Guadalajara - México: Perkinelmer, 2009, pp. 16-17.

DI GIACOMO, A & MINCIONE, B. *Gli olii essenziali agrumari in Italia*. París - Italia: Laruffa Editore, 1994, p 208

DUFORT, Julianne. *Aceite esencial*. Barcelona - España: Redbook Ediciones, 2017, p. 32.

DURTS, Hall & GOKEL, Gaint. *Química orgánica experimental*. Madrid-España: Reverté, 1985, pp 56-58.

FARÍAS, Trinidad. *Destilación por arrastre con vapor y otros métodos de aislamiento*. [blog]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: http://organica1.org/1345/1345_10.htm.

FERRUZ, Sonia. *Punto de ebullición: Concepto y metodologías para su medición*. [blog]. [Consulta: 29 septiembre 2022]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/57426.pdf>

GROW, Madame. *¿Qué es el linalool? ¿Para qué sirve? el limón*. [blog]. [Consulta: 5 octubre 2022]. Disponible en: <https://vegetalbioplant.com/blog/es/que-es-el-linalool-para-que-sirve/>.

GRZONA, Liliana. Isomerización de α -pineno sobre heteropolicompuestos. [En línea]. (Trabajo de Titulación). (Maestría) Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina. 2015. p 17. [Consulta: 22 septiembre 2022]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/50123/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=3&isAllowed=y

GUENTHER, E. "Proceso de elaboración del aceite esencial de limón". Scielo, [en línea] 2019, (Perú) (6) pp. 100-115. [Consulta: 05 octubre 2022]. ISSN 0056-.5678 Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-74182017000200160&lng=pt&nrm=is&tlng=es

HEREDIA, A. *Estudio Agroindustrial en el Ecuador: Competitividad de la Cadena de Valor y Perspectivas de Mercado*. [en línea]. Berkeley - USA. Econestad S.A, 2008. [Consulta: 05 octubre 2022]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books/about/Naranja.html?id=Q-ba_Uk-BP8C&redir_esc=y

HUNTER, K & BROGDEN, W. *Composición del aceite esencial de limón de pica (Citrus Aurantifolia) por cromatografía de gas líquido*. [en línea]. Santiago de Chile - Chile. Contribuciones Científicas y Tecnológicas Editorial, 1980. [Consulta: 11 octubre 2022]. Disponible en: https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/121135/Composicion_CONT ERAS_1980.pdf?sequence=1

INTEREMPRESAS MEDIA S.L. *Naranja, citrus sinensis / rutaceae: Frutas y Hortalizas Corporation*. *Frutas y Hortalizas Corporation Web site*. [blog]. [Consulta: 11 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Naranja.html>.

ISUU. *Extracción de aceite pecana*. [blog]. [Consulta: 12 octubre 2022]. Disponible en: https://issuu.com/citeagroindustrialica/docs/bt-20-07_extracci_n_de_aceite_pecana/s/11033164.

PENELO, Lidia . Valor Nutricional de la naranja: La vanguardia Corporation . [blog]. [Consulta: 14 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/comer/frutas/20181107/452776147501/alimentos-propiedades-beneficios-citricos-valor-nutricional-naranjaslimones-mandarin>

as-pomelos.html.

REATEGUI DÍAZ, Limber. Hidroextracción y fraccionamiento del aceite esencial de cascara de naranja. [En línea]. (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 2005. pp 88-91. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: http://cybertesis.unsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/3329/Reategui_dl.pdf?sequence=1&isAllowed=y

LOPEZ, Mariana, et al. *Métodos físicos de separación y purificación de sustancias orgánicas.* Gran Canaria - España : Universidad de las palmas, 2005. p. 65.

LOPEZ TRANSITO, L. "Los aceites esenciales. Aplicaciones farmacológicas, cosméticas y alimentarias". Elsevier, [en línea] 2004, (Perú) 23(7) pp. 100-115. [Consulta: 05 octubre 2022]. ISSN 0056-5678 Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-los-aceites-esenciales-13064296>

MARTINEZ, A. *Aceites Esenciales.* [en línea]. Medellín - Colombia: Universidad de Antioquia, 2003. Consulta: 05 octubre 2022]. Disponible en: https://www.med-informatica.com/OBSERVAMED/Descripciones/AceitesEsencialesUdeA_esencias2001b.pdf

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. *Boletín situacional Naranja.* [blog]. [Consulta: 14 octubre 2022]. Disponible en: <https://fliphtml5.com/ijia/tjdb/basic>

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. ¿Cómo se mide el olor?. [blog]. [Consulta: 19 octubre 2022]. Disponible en: <https://olores.mma.gob.cl/como-se-mide/#:~:text=Por%20lo%20anterior%2C%20la%20olfatometr%C3%ADa,ciertos%20olores%20a%20la%20poblaci%C3%B3n..>

MONTERO CELTS, Yanina. Evaluación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de limón persa (*Círus latífoia Tanaka*). [En línea]. (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 2009. pp 56-68. [Consulta: 22 octubre 2022]. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/46805>

NAVARRETE, Carolina & DURANGO, Diego. "Extracción y caracterización de aceite esencial de mandarina obtenido de residuos agroindustriales". Universidad Nacional de Colombia, [en línea] 2010, (Colombia) (162) pp. 85-92. [Consulta: 28 octubre 2022]. ISSN 0012-733. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8694/carolinanavarrete.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

NIEVES, A.; & BARCENA, A. *Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas.* [en línea]. Córdoba - Argentina: Universidad de Córdoba, 2005. Consulta: 01 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.uco.es/organiza/departamentos/bioquimica-biol-mol/practicagenerales.htm>

OLATE, María de los Angeles. *Obtención de aceite esencial y pectina a partir del residuo del sólido de la producción de jugo de naranja Cuyo.* [En línea]. (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, México. 2019. p. 149. [Consulta: 08 noviembre 2022]. Disponible en: <https://bdigital.uncu.edu.ar/13427>

OROZCO, C & PÉREZ, A. *Contaminación ambiental: Una vision desde la quimica*. Madrid - España : Thomson Editoriales Spain Paraninfo, S.A., 2005. p 120.

PADIAL, Juan. *Limonene, geraniol y linalool: fragancias y alergia en cosmetica*. [blog]. [Consulta: 19 octubre 2022]. Disponible en: [https://www.conasi.eu/aceite esencial/componentes y fragancias/consejos-de-salud/limonene-geraniol-y linalool/pdf](https://www.conasi.eu/aceite%20esencial/componentes%20y%20fragancias/consejos-de-salud/limonene-geraniol-y%20linalool/pdf).

Picado, A.; & Alvarez, M. *Quimica I*. [en línea]. San José - Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia, 2010. [Consulta: 09 noviembre 2022]. Disponible en: [https://editorial.uned.ac.cr/book /U05609](https://editorial.uned.ac.cr/book/U05609)

QUERUBINA MEROÑO, Albaladejo. *El aceite esencial de limón producido en España, contribución a su evaluación por organismos internacionales*. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Caldas, Murcia, España. España. 2007. p. 89. [Consulta: 10 noviembre 2022]. Disponible en: [https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11059/Albaladejo .pdf](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11059/Albaladejo.pdf)

QUIROZ, Andrea. Utilización de residuos de cáscara de naranja para la preparación de un desengrasante doméstico e industrial. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador. 2009. pp. 37-39. [Consulta: 15 noviembre 2022]. Disponible en: [https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/407/1/Utilizaci%C3%B3n %20de%20residuos%20de%20c%C3%A1scara%20de%20naranja%20para%20la%20preparaci %C3%B3n%20de%20un%20desengrasante%20dom%C3%A9stico%20e%20industrial](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/407/1/Utilizaci%C3%B3n%20de%20residuos%20de%20c%C3%A1scara%20de%20naranja%20para%20la%20preparaci%C3%B3n%20de%20un%20desengrasante%20dom%C3%A9stico%20e%20industrial)

RUIZ GARAY, Germán Martín & SAAVEDRA ROTTA, Juan José. Determinación de los parámetros óptimos de funcionamiento para un equipo de extracción sólido - líquido en la extracción de aceite esencial de naranja - alcohol etílico. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Mayor San Marcos, Lima, Perú. 2007. p. 84. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/323342754.pdf>

SANCHO BARRANTES, Ellen, & BARAONA COCKRELL, Marcia. *Cítricos Fruticultural Especial*. [blog]. [Consulta: 24 septiembre 2022]. Disponible en: [https://editorial.uned.ac.cr/boo k/U01533](https://editorial.uned.ac.cr/book/U01533)

SERIO, Clementina Celeste Italia. Composición química del aceite esencial de limón (Citrus médica) de misiones. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Buenos Aires. 1952. p. 16. [Consulta: 19 noviembre 2022]. Disponible en: https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n0705_Serio.pdf

SINCLAIR, Walton. *The Lemon*. Oakland - USA : University of California, 1984. p 25.

SISTEMA NACIONAL DE APRENDIZAJE. *Introducción a la Industria de los aceites esenciales extraídos de plantas medicinales y aromáticas*. Bogota - Colombia : Incubar, 2004. pp. 54-55.

SKOOG, D, HOLLER, F & CROUCH, S. *Principios de análisis instrumental*. Lima - Perú: Cengage Learning, 2008. p. 557.

SUMBA BUSTAMANTE, R. & VINUEZA RAMIREZ, M. *Canales de distribución en las ventas de limón de los productores de la parroquia Ayacucho*. 2021. pp. 240-257. Vol. 8. ISSN1390-9304. Disponible en:<https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/articulo/view/2247>

Sumba, Ruth, Ramirez, María y Pibaque, Thalia. "Canales de distribución en las ventas de limón de los productores de la parroquia ayacucho, cantón santa ana, provincia de manabí". *Revista Publicando*, [en línea] 2021, (Colombia) 8(31) pp. 240-257. [Consulta: 21 noviembre 2022]. ISSN 1319-9304. Disponible en: <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/articulo/view/2247/2455>

TORRENEGRA, Miladys E.; PAJARO, Nerlis P.; & MENDEZ, Glicerio L. "Actividad antibacteriana in vitro de aceites esenciales de diferentes especies del género Citrus". *SciELO*, [en línea] 2017, (Colombia) 46(2) pp. 160-175. [Consulta: 28 septiembre 2022]. ISSN 0034-7418. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-7418201700200160&lng=pt&nrm=is&tlng=es

UNE 11018- 2017. *Norma técnica de punto de inflamación*.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. Guía CCAYAC-P-058 criterios de Validación de métodos fisicoquímicos. [blog]. [Consulta: 05 diciembre 2022]. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/ccayac-p-058-criterios-de-validacion-de-metodos-fisicoquimicos-5-pdf-free.html>.

Valcarcel, Mauricio. 1994. *Técnicas analíticas de separación*. Barcelona - España: Reverté, 1994. p. 203.

LUNA VÁZQUEZ, A.; & PÉREZ FLORES, L. 2007. "Biomoléculas con actividad insecticida: una alternativa para mejorar la seguridad alimentaria". *Somenta*, [en línea] 2017, (Reino Unido) 5(4) pp. 306-313. [Consulta: 11 diciembre 2022]. ISSN 1135-9122. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/11358120709487705>

VIROT, M. et al "Green procedure with a green solvent for fats and oils' determination: Microwave-integrated Soxhlet using limonene followed by microwave Clevenger distillation. *Journal of Chromatography*". *Science Direct*, [en línea] 2008, (Reino Unido) pp. 147-152. [Consulta: 15 diciembre 2022]. ISSN 1135-9122. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021967308006080?via%3Dihub>

WEATREICHER, Guillermo. *Punto de inflexión: economipedia Corporation*. [blog]. [Consulta: 25 diciembre 2022]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/punto-de-inflexion.html>.

WEISS, Antonio. *Essential Oil Crops*. [en línea]. New York - USA: National, 1997. Consulta: 05 noviembre 2022]. Disponible en: <https://catalogue.nla.gov.au/Record/1407181>

WILLARD, Hobart. *Metodos Instrumentales de Analisis*. Distrito Federal México - Mexico: Iberoamerica, 1991. pp. 19-25.

ZEMA, Domeu. "Sound way of citrus waste management in agro-ecosystems". Elsevier, [en línea] 2018, (Colombia) (80) pp. 252-273. [Consulta: 19 diciembre 2022] Disponible en: <https://scholar.google.com/citations?user=0SXLMIcAAAAJ&hl=it>



ANEXOS

ANEXO A: RECOLECCIÓN DE RESIDUOS CÍTRICOS DE DIFERENTES LOCALES COMERCIALES ALIMENTICIOS

Anexo I



Recolección de muestras de basureros locales.

Anexo II



Cascaras de limones recolectados.

Anexo III



Cascaras de naranja recolectados.

Anexo IV



Selección de cascaras (limón y naranja)

Anexo V



Muestras de residuos cítricos de basureros locales

Anexo VI



Muestras de residuos cítricos de basureros locales

ANEXO B: LAVADO Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS ANTES DE OBTENER EL ACEITE

Anexo I



Lavado de residuos cítricos (Naranja y limón)

Anexo II



Secado al ambiente de residuos cítricos (Naranja y limón)

Anexo III



Secado por liofilización de residuos cítricos (Naranja)

Anexo IV



Verificación de muestras antes de la extracción

Anexo V



Trituración de muestra seca antes de la extracción.

Anexo VI



Trituración de muestra fresca antes de la extracción.

Anexo VII



Muestra triturada de cascaras (Naranja y limón)

Anexo VIII



Pesaje de muestra (cascara triturada)

ANEXO C: EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL MEDIANTE EL EQUIPO ARRASTRE DE VAPOR

Anexo I



Pesaje de muestra (antes de la extracción)

Anexo II



Verificación de la muestra (Que no haya presencia de impurezas)

Anexo III



Colocación de la muestra en el equipo

Anexo IV



Muestra lista para la extracción

Anexo V



Olla de destilación de vapor para extracción de aceite esencial

Anexo VI



Aceite extraído (etanol 70 %)

ANEXO D: EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL MEDIANTE EL EQUIPO SOXHLET

Anexo I



Dedal de muestra colocada para la extracción de aceite

Anexo II



Instalación del equipo

Anexo III







Preparación de éter etílico

Anexo IV



Calentamiento de la muestra







ANEXO E: OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN Y NARANJA

 <p>Aceite esencial de naranja extracción solvente éter etílico</p>	 <p>Aceite esencial de naranja y limón muestra fresca, seca, liofilizada con solvente alcohol</p>
 <p>Aceite esencial de naranja y limon muestra fresca, seca, liofilizada con solvente agua</p>	 <p>Aceites esenciales obtenidos</p>

ANEXO F: DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS PARA DEFINIR LA CALIDAD DE LOS ACEITES ESENCIALES.







ANEXO G: DETERMINACIÓN DE LOS DIFERENTES PARÁMETROS FÍSICOS, PARA VERIFICAR SU COMPOSICIÓN QUÍMICA.

Densidad por el método picnométrico	
<p style="text-align: center;">Anexo I</p>  <p style="text-align: center;">Determinación densidad relativa del aceite esencial (Limón y Naranja)</p>	<p style="text-align: center;">Anexo II</p>  <p style="text-align: center;">Determinación densidad relativa aceite esencial Limón y Naranja Aura caica</p>
Índice de refracción	
<p style="text-align: center;">Anexo III</p>  <p style="text-align: center;">Medición de la pureza y calidad del aceite</p>	<p style="text-align: center;">Anexo IV</p>  <p style="text-align: center;">Preparación del equipo para la medición del aceite</p>
Punto de congelación	
<p style="text-align: center;">Anexo I</p>  <p style="text-align: center;">Nitrógeno líquido</p>	<p style="text-align: center;">Anexo II</p> 

	Aceites congelados en nevera a temperatura (-50°C)
<p style="text-align: center;">Anexo III</p>  <p style="text-align: center;">Aceites congelados con nitrógeno líquido a temperatura (-50°C)</p>	<p style="text-align: center;">Anexo IV</p>  <p style="text-align: center;">Solidificación del aceite esencial</p>

ANEXO H: DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS

Índice de acidez	
<p style="text-align: center;">Anexo I</p>  <p style="text-align: center;">Preparación de los reactivos</p>	<p style="text-align: center;">Anexo II</p>  <p style="text-align: center;">Determinación acidez libre</p>
<p style="text-align: center;">Anexo III</p>  <p style="text-align: center;">Neutralización de ácidos libres</p>	<p style="text-align: center;">Anexo IV</p>  <p style="text-align: center;">Viraje de cambio</p>

Índice de ésteres

Anexo I



Equipo para determinar del índice de ésteres

Anexo II



Esterificación por calentamiento

Anexo III



Saponificación de 1 gramo de Aceite esencial de naranja

Anexo IV



Saponificación de 1 gramo de Aceite esencial de limón

Índice de acetilo

Anexo I



Calentamiento de la muestra para determinar los grupos OH mediante el índice de acetilo

Anexo II



Lavado del aceite esencial acetilado con agua destilada

Anexo III



Filtración del aceite esencial acetilado

Anexo IV



Esterificación del aceite esencial acetilado

Anexo V



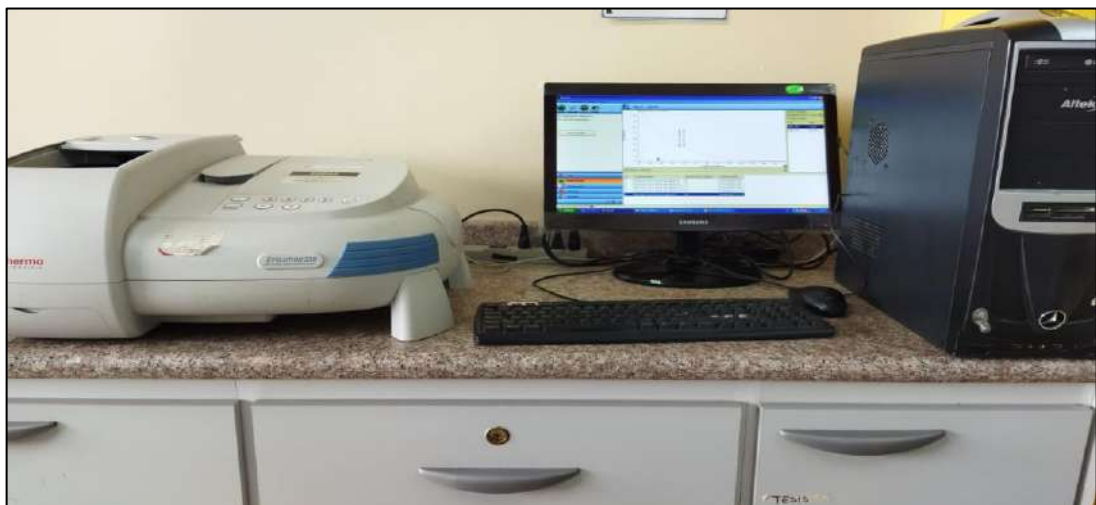
Muestras neutralizadas con KOH normal

Anexo VI



Muestras tituladas con ácido diluido

**ANEXO I: ANÁLISIS CROMATOGRÁFICOS Y CARACTERÍSTICAS
ESPECTROSCÓPICAS**



Espectrómetro UV-vis, determinar la fracción no volátil del aceite esencial

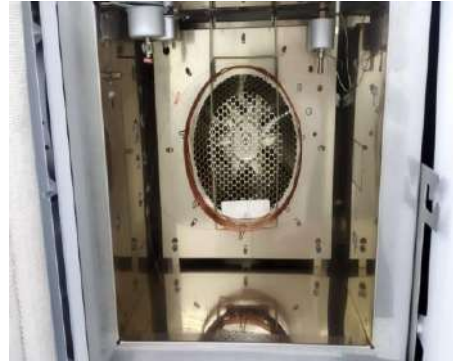
Cromatografía de gases acoplado a detector masas

Anexo I



Equipo cromatográfico

Anexo II



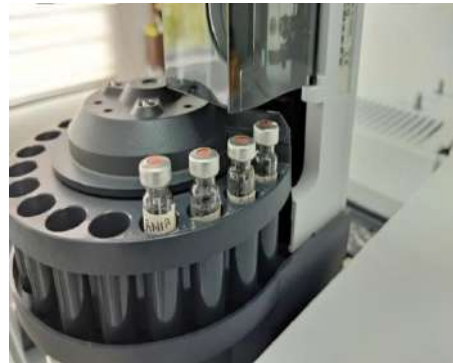
Columna HP-5MS (30x0.25x025)
utilizada para el análisis

Anexo III



Preparación de las muestras

Anexo IV



Viales con muestra (Aceite esencial
diluido en hexano)

Anexo V



Verificación de los diferentes cromatogramas

Anexo VI



Verificación de los diferentes
cromatogramas

**ANEXO J: PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE ACEITES
ESENCIALES**

Solvente	Replicas	ACEITE DE NARANJA			ACEITE DE LIMÓN		
		Muestra fresca	Muestra seca	Muestra liofilización	Muestra fresca	Muestra seca	Muestra liofilización
Agua	R1	1,8 %	1,1 %	1,0 %	0,2 %	0,2 %	0 %
	R2	1,7 %	1,7 %	1,2 %	0,1 %	0,2 %	0 %
	R3	1,8 %	1,7 %	1,2 %	0,2 %	0,2 %	0 %
Etanol 70%	R1	1,5 %	1,0 %	0,2 %	1,0 %	0 %	0 %
	R2	1,1 %	1,7 %	0,3 %	0,1 %	0 %	0 %
	R3	1,3 %	1,6 %	0,2 %	0,1 %	0 %	0 %
Éter etílico	R1	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	R2	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	R3	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

**ANEXO K: TABLA ANOVA PARA EL ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE RENDIMIENTO
EN LOS ACEITES ESENCIALES**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	15.509 ^a	11	1.410	28.356	.000
Intersección	16.538	1	16.538	332.603	.000
Solvente	.490	1	.490	9.855	.004
Aceite	10.890	1	10.890	219.017	.000
Muestra	2.127	2	1.064	21.391	.000
Solvente * Aceite	.538	1	.538	10.816	.003
Solvente * Muestra	.212	2	.106	2.128	.141
Aceite * Muestra	.802	2	.401	8.061	.002
Solvente * Aceite * Muestra	.451	2	.225	4.531	.021
Error	1.193	24	.050		
Total	33.240	36			
Total, corregido	16.702	35			

Nota. a. Variable dependiente: Medición del porcentaje de rendimiento de obtención de aceite esencial. R al cuadrado = .929 (R al cuadrado ajustada = .896).

Anexo I: Medias marginales del factor: Solvente

Solvente	Media	Desviación Estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Agua	.794	.053	.686	.903
Etanol 70%	.561	.053	.453	.670

Nota. Variable dependiente: Medición del porcentaje de rendimiento de obtención de aceite esencial

Anexo II: Medias marginales del factor: Aceite

Aceite	Media	Desviación Estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Aceite de naranja	1.228	.053	1.119	1.336
Aceite de limón	.128	.053	.019	.236

Nota. Variable dependiente: Medición del porcentaje de rendimiento de obtención de aceite esencial.

Anexo III: Medias marginales del factor: Secado de muestras

Muestra	Media	Desviación Estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Muestra fresca	.908	.064	.775	1.041
Muestra seca	.783	.064	.650	.916
Muestra liofilizada	.342	.064	.209	.475

Nota. Variable dependiente: Medición del porcentaje de rendimiento de obtención de aceite esencial.

Anexo IV: Medias marginales de las combinaciones solvente – aceite

Solvente	Aceite	Media	Desviación Estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Agua	Aceite de naranja	1.467	.074	1.313	1.620
	Aceite de limón	.122	.074	-.031	.276
Etanol 70%	Aceite de naranja	.989	.074	.835	1.142
	Aceite de limón	.133	.074	-.020	.287

Nota. Variable dependiente: Medición del porcentaje de rendimiento de obtención de aceite esencial.

Anexo IV: Medias marginales de las combinaciones solvente – secado de muestras

Solvente	Muestra	Media	Desviación Estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Agua	Muestra fresca	.967	.091	.779	1.155
	Muestra seca	.850	.091	.662	1.038
	Muestra liofilizada	.567	.091	.379	.755
Etanol 70%	Muestra fresca	.850	.091	.662	1.038
	Muestra seca	.717	.091	.529	.905
	Muestra liofilizada	.117	.091	-.071	.305

Nota. Variable dependiente: Medición del porcentaje de rendimiento de obtención de aceite esencial.

Anexo VI: Medias marginales de las combinaciones aceite – secado de muestras

Aceite	Muestra	Media	Desviación Estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Aceite de naranja	Muestra fresca	1.533	.091	1.345	1.721
	Muestra seca	1.467	.091	1.279	1.655
	Muestra liofilizada	.683	.091	.495	.871
Aceite de limón	Muestra fresca	.283	.091	.095	.471
	Muestra secada	.100	.091	-.088	.288
	Muestra liofilizada	3.053E-16	.091	-.188	.188

Nota. Variable dependiente: Medición del porcentaje de rendimiento de obtención de aceite esencial.

Anexo VII: Medias marginales de las combinaciones solvente – aceite – secado de muestras

Solvente	Aceite	Muestra	Media	Desviación Estándar	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Agua	Aceite de naranja	Muestra fresca	1.767	.129	1.501	2.032
		Muestra seca	1.500	.129	1.234	1.766
		Muestra liofilizada	1.133	.129	.868	1.399
	Aceite de limón	Muestra fresca	.167	.129	-.099	.432
		Muestra seca	.200	.129	-.066	.466
		Muestra liofilizada	-1.638E-15	.129	-.266	.266
Alcohol	Aceite de naranja	Muestra fresca	1.300	.129	1.034	1.566
		Muestra seca	1.433	.129	1.168	1.699
		Muestra liofilizada	.233	.129	-.032	.499
	Aceite de limón	Muestra fresca	.400	.129	.134	.666
		Muestra seca	-4.718E-16	.129	-.266	.266
		Muestra liofilizada	2.248E-15	.129	-.266	.266

Nota. Variable dependiente: Medición del porcentaje de rendimiento de obtención de aceite esencial.

Anexo VIII: Medias marginales de las combinaciones solvente – aceite – secado de muestras

(I) Muestra	(J) Muestra	Diferencia de medias (I-J)	Desviación Estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Muestra fresca	Muestra seca	.1250	.09103	.370	-.1023	.3523
Muestra fresca	Muestra liofilizada	.5667*	.09103	.000	.3393	.7940
Muestra seca	Muestra fresca	-.1250	.09103	.370	-.3523	.1023
Muestra seca	Muestra liofilizada	.4417*	.09103	.000	.2143	.6690
Muestra liofilizada	Muestra fresca	-.5667*	.09103	.000	-.7940	-.3393
Muestra liofilizada	Muestra seca	-.4417*	.09103	.000	-.6690	-.2143

Nota. Variable dependiente: Medición del porcentaje de rendimiento de obtención de aceite esencial. La prueba se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = .050.
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

ANEXO L: RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN EL ACEITE ESENCIAL

Anexo I: Aceite esencial de naranja muestra fresca extracción agua

PROPIEDADES	PARÁMETROS	REPLICA 1	REPLICA 2	REPLICA 3
Características organolépticas	Olor	Dulce propio de la fruta	Dulce propio de la fruta	Dulce propio de la fruta
	Sabor	Amargo	Amargo	Amargo
	Color	Trasparente	Trasparente	Trasparente
Determinaciones físicas	Densidad 20 °C	0,8426 g/mL	0,8423 g/mL	0,8479 g/mL
	Índice de refracción	nD = 1,47188	nD = 1,47166	nD = 1,47255
		Brix = 72,61%	Brix = 72,52%	Brix = 72,88 %
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol al 96% (1:2) "G-5" No soluble en etanol al 90%	Soluble en etanol al 96% (1:2) "G-5" No soluble en etanol al 90%	Soluble en etanol al 96% (1:2) "G-5" No soluble en etanol al 90%
Punto de congelación	No presenta solidificación a -50°C/Solidificación a -120 °C	No presenta solidificación a -50°C/Solidificación a -120 °C	No presenta solidificación a -50°C/Solidificación a -120 °C	
Índice químico	Índice de acidez	0,8322 mg KOH/g muestra	0,8243 mg KOH/g muestra	0,8245 mg KOH/g muestra
	% ácido acético	0,08%	0,08%	0,08%
	Índice de éster	6,6000 mg KOH/g muestra	6,3045 mg KOH/g muestra	6,5193 mg KOH/g muestra
	Índice de saponificación	7,4322 mg KOH/g muestra	7,1288 mg KOH/g muestra	7,3438 mg KOH/g muestra
	Índice de acetilo	1,2323mg KOH/g muestra	1,3473mg KOH/g muestra	1,2336 mg KOH/g muestra
	% linalool	3.3%	3,7%	3,3%

Anexo II: Aceites esenciales de naranja muestra fresca extracción etanol 70 %

PROPIEDADES	PARÁMETROS	REPLICA 1	REPLICA 2	REPLICA 3
Características organolépticas	Olor	Dulce intenso propio de la fruta	Dulce intenso propio de la fruta	Dulce intenso propio de la fruta
	Sabor	Amargo	Amargo	Amargo
	Color	Trasparente	Trasparente	Trasparente
Determinaciones físicas	Densidad 20 °C	0,8579 g/mL	0,8404 g/mL	0,8414 g/mL
	Índice de refracción	nD = 1,47485	nD = 1,47257	nD = 1,47215
		Brix = 73,80%	Brix = 72,89%	Brix = 72,72 %
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol al 96% (1:2) "G-5" No soluble en etanol al 90%	Soluble en etanol al 96% (1:1,7) "G-5" No soluble en etanol al 90%	Soluble en etanol al 96% (1:1,7) "G-5" No soluble en etanol al 90%
Punto de congelación	No presenta solidificación a -50°C/Solidificación a -120 °C	No presenta solidificación a -50°C/Solidificación a -120 °C	No presenta solidificación a -50°C/Solidificación a -120 °C	
Índice químico	Índice de acidez	0,5568mg KOH/g muestra	0,5551 mg KOH/g muestra	0,5599 mg KOH/g muestra
	% Ácido acético	0,05%	0,05%	0,05%
	Índice de éster	5,5832mg KOH/g muestra	6,4461mg KOH/g muestra	5,5442mg KOH/g muestra
	Índice de saponificación	6,1405mg KOH/g muestra	7,0012mg KOH/g muestra	6,1041mg KOH/g muestra
	Índice de acetilo	1,6890mg KOH/g muestra	1,5484mg KOH/g muestra	1,6804mg KOH/g muestra
	% Linalool	7,17%	4,2%	4,2%

Anexo III: Aceites esenciales de naranja muestra seca extracción agua

PROPIEDADES	PARÁMETROS	REPLICA 1	REPLICA 2	REPLICA 3
Características organolépticas	Olor	Levemente dulce propio de la fruta	Levemente dulce propio de la fruta	Levemente dulce propio de la fruta
	Sabor	Levemente amargo	Levemente amargo	Levemente amargo
	Color	Trasparente	Trasparente	Trasparente
Determinaciones físicas	Densidad relativa 20°C	0,8438 g/mL	0,8370 g/mL	0,8411 g/mL
	Índice de refracción	nD = 1,47177	nD = 1,47184	nD = 1,47229
		Brix = 72,57%	Brix = 72,59%	Brix = 72,78%
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol al 96% (1:0,7) "G-5" Soluble en etanol al 90% (1:1) "G-5"	Soluble en etanol al 96% (1:1,3) "G-5" Soluble en etanol al 90% (1:1) "G-5"	Soluble en etanol al 96% (1:1,7) "G-5" Soluble en etanol al 96% (1:1) "G-5"

		Soluble en etanol al 85% (1:1,5) "G-5" No soluble en etanol 80%	Soluble en etanol al 85% (1:1,5) "G-5" No soluble en etanol 80%	Soluble en etanol al 85% (1:1,5) "G-5" No soluble en etanol 80%
	Punto de congelación	No presenta solidificación - 50°C/Solidificación a -120 °C	No presenta solidificación - 50°C/Solidificación a -120 °C	No presenta solidificación - 50°C/Solidificación a -120 °C
Índice químico	Índice de acidez	0,5550mg KOH/g muestra	0,5460mg KOH/g muestra	0,5504mg KOH/g muestra
	% Ácido acético	0,05%	0,05%	0,05%
	Índice de éster	6,6662mg KOH/g muestra	6,4763mg KOH/g muestra	6,3891mg KOH/g muestra
	Índice de saponificación	7,2212mg KOH/g muestra	7,0223 mg KOH/g muestra	6,9395 mg KOH/g muestra
	Índice de acetilo	0.9403mg KOH/g muestra	1,0446mg KOH/g muestra	1,0098mg KOH/g muestra
	% Linalool	2,5%	2,8%	2,7%

Anexo IV: Aceites esenciales de naranja muestra seca extracción etanol 70 %

PROPIEDADES	PARÁMETROS	REPLICA 1	REPLICA 2	REPLICA 3
Características organolépticas	Olor	Propio de la fruta	Propio de la fruta	Rancio
	Sabor	Levemente amargo	Levemente amargo	Levemente amargo
	Color	Trasparente	Trasparente	Amarillo pálido
Determinaciones físicas	Densidad relativa 20°C	0,8418 g/mL	0,8396 g/mL	0,8376 g/mL
	Índice de refracción	nD = 1,47187	nD = 1,47207	nD = 1,47252
		Brix = 72,61%	Brix = 72,69%	Brix = 72,79%
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol 96% (1:1,5) "G-5"/Soluble en etanol 90% (1:2,3) "G-5" Soluble en etanol 85% (1:6,0) "G+5"/No soluble en etanol 80%	Soluble en etanol 96% (1:2,3) "G-5" Soluble en etanol 90% (1:2,8) "G-5" Soluble en etanol 85% (1:3,5) "G-5" No soluble en etanol 80%	Soluble en etanol 96% (1:1,6) "G-5" Soluble en etanol 90% (1:1,6) "G-5" No soluble en etanol 80%
Punto de congelación	No presenta solidificación - 50°C/Solidificación a -120 °C	No presenta solidificación - 50°C/Solidificación a -120 °C	No presenta solidificación - 50°C/Solidificación a -120 °C	
Índice químico	Índice de acidez	0,8387mg KOH/g muestra	0,8260mg KOH/g muestra	0,8320mg KOH/g muestra
	% Ácido acético	0,08%	0,08%	0,08%
	Índice de éster	5,5772mg KOH/g muestra	5,5232mg KOH/g muestra	5,6600 mg KOH/g muestra
	Índice de saponificación	6,4159 mg KOH/g muestra	6,3492 mg KOH/g muestra	6,4920 mg KOH/g muestra
	Índice de acetilo	0,8440mg KOH/g muestra	0,8057 mg KOH/g muestra	0,8119 mg KOH/g muestra

Anexo V: Aceites esenciales de naranja extracción con éter etílico

PROPIEDADES	PARÁMETROS	REPLICA 1	REPLICA 2	REPLICA 3
Características organolépticas	Olor	Rancio	Rancio	Rancio
	Sabor	Insípido	Insípido	Insípido
	Color	Amarillo extraordinariamente intenso	Amarillo extraordinariamente intenso	Amarillo extraordinariamente intenso
Determinaciones físicas	Densidad relativa 20°C	2,1089 g/mL	2,1158 g/mL	2,9984 g/mL
	Índice de refracción	nD = 1,36657	nD = 1,36657	nD = 1,37227
		Brix = 21,63%	Brix = 21,62%	Brix = 24,87%
	Miscibilidad en etanol	Insoluble en etanol 96% presenta turbidez	Insoluble en etanol 96% presenta turbidez	Insoluble en etanol 96% presenta turbidez
Punto de congelación	Solidifica a temperatura ambiente	Solidifica a temperatura ambiente	Solidifica a temperatura ambiente	
Índice químico	Índice de acidez	17,3060mg KOH/g muestra	17,8390mg KOH/g muestra	17,3079mg KOH/g muestra
	Índice de éster	1,6876mg KOH/g muestra	1,5790mg KOH/g muestra	1,6970mg KOH/g muestra
	% Ácido acético	1,8%	1,8%	1,8%
	Índice de saponificación	18,9936mg KOH/g muestra	19,4180mg KOH/g muestra	19,0046mg KOH/g muestra
	Índice de acetilo	0,4120mg KOH/g muestra	0,5058mg KOH/g muestra	0,4058mg KOH/g muestra
	% Linalool	0,8%	0,9%	0,8%

Anexo VI: Aceites esenciales de naranja muestra liofilizada extracción agua

PROPIEDADES	PARÁMETROS	REPLICA 1	REPLICA 2	REPLICA 3
Características organolépticas	Olor	Ligeramente propio de la fruta	Ligeramente propio de la fruta	Ligeramente propio de la fruta
	Sabor	Ligeramente amargo	Ligeramente amargo	Ligeramente amargo
	Color	Amarillo pálido	Amarillo pálido	Amarillo pálido
Determinaciones físicas	Densidad relativa 20°C	0,8363 g/mL	0,8305 g/mL	0,8370 g/mL
	Índice de refracción	nD = 1,47154	nD = 1,47169	nD = 1,47175
		Brix = 72,47%	Brix = 72,53%	Brix = 72,56
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol 96% (1:0,3)"G-5" Soluble en etanol 90% (1:0,7)"G-5" Soluble en etanol 85% (1:1,5)	Soluble en etanol 96% (1:0,3) "G-5" Soluble en etanol 90% (1:0,7) "G-5" 85% (1:1,5) "G+5" No soluble en etanol 80%	Soluble en etanol 96% (1:0,4) "G-5"/Soluble en etanol 90% (1:0,7)"G-5"

		"G+5"/No soluble en etanol 80%		85%(1:1,5)"G+5" No soluble en etanol 80%
	Punto de congelación	No presenta solidificación - 50°C/Solidificación a -120 °C	No presenta solidificación - 50°C/Solidificación a -120 °C	No presenta solidificación - 50°C/Solidificación a -120 °C
Índice químico	Índice de acidez	1,0977 mg KOH/g muestra	1,1009 mg KOH/g muestra	1,0981 mg KOH/g muestra
	% Ácido acético	0,11%	0,11%	0,11%
	Índice de éster	6,4776 mg KOH/g muestra	6,4368 mg KOH/g muestra	6,5388 mg KOH/g muestra
	Índice de saponificación	7,5753 mg KOH/g muestra	7,5377 mg KOH/g muestra	7,6369 mg KOH/g muestra
	Índice de acetilo	1,2564 mg KOH/g muestra	0,8302 mg KOH/g muestra	1,2978 mg KOH/g muestra
	% Linalool	2,2324%	2,2843%	2,2598%

Anexo VII: Aceites esenciales de naranja muestra liofilizada extracción etanol 70 %

PROPIEDADES	PARÁMETROS	REPLICA 1	REPLICA 2	REPLICA 3
Características organolépticas	Olor	Ligeramente propio de la fruta	Ligeramente propio de la fruta	Ligeramente propio de la fruta
	Sabor	Ligeramente amargo	Ligeramente amargo	Ligeramente amargo
	Color	Trasparente	Trasparente	Trasparente
Determinaciones físicas	Densidad relativa 20°C	0,8309 g/mL	0,8398 g/mL	0,8357 g/mL
	Índice de refracción	nD = 1,47164	nD = 1,47184	nD = 1,47196
		Brix = 72,30%	Brix = 72,40%	Brix = 72,51%
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol 96% (1:0,1) "G-5" Soluble en etanol 90% (1:0,4) "G-5" Soluble en etanol 85% "G+5" No soluble en etanol 80%	Soluble en etanol 96% (1:0,1) "G-5" Soluble en etanol 90% (1:0,3) "G-5" Soluble en etanol 85% (1:1) "G+5" No soluble en etanol 80	Soluble en etanol 96% (1:0,1) "G-5"/Soluble en etanol 90% (1:0,4) "G-5"/Soluble en etanol 85% (1:1) "G+5"
	Punto de congelación	No presenta solidificación - 50°C/Solidificación a -120 °C	No presenta solidificación - 50°C/Solidificación a -120 °C	No presenta solidificación - 50°C/Solidificación a -120 °C
Índice químico	Índice de acidez	0,9856 mg KOH/g muestra	1,0586 mg KOH/g muestra	0,9156 mg KOH/g muestra
	% Ácido acético	0,09%	0,12%	0,09%
	Índice de éster	6,6789 mg KOH/g muestra	6,7896 mg KOH/g muestra	6,8915 mg KOH/g muestra
	Índice de saponificación	7,6645 mg KOH/g muestra	7,8482 mg KOH/g muestra	7,8071 mg KOH/g muestra

	Índice de acetilo	1,3698 mg KOH/g muestra	1,3789 mg KOH/g muestra	1,1596 mg KOH/g muestra
	% Linalool	2,5%	2,6%	2,3%

Anexo VIII: Aceites esenciales de limón muestra fresca extracción Agua

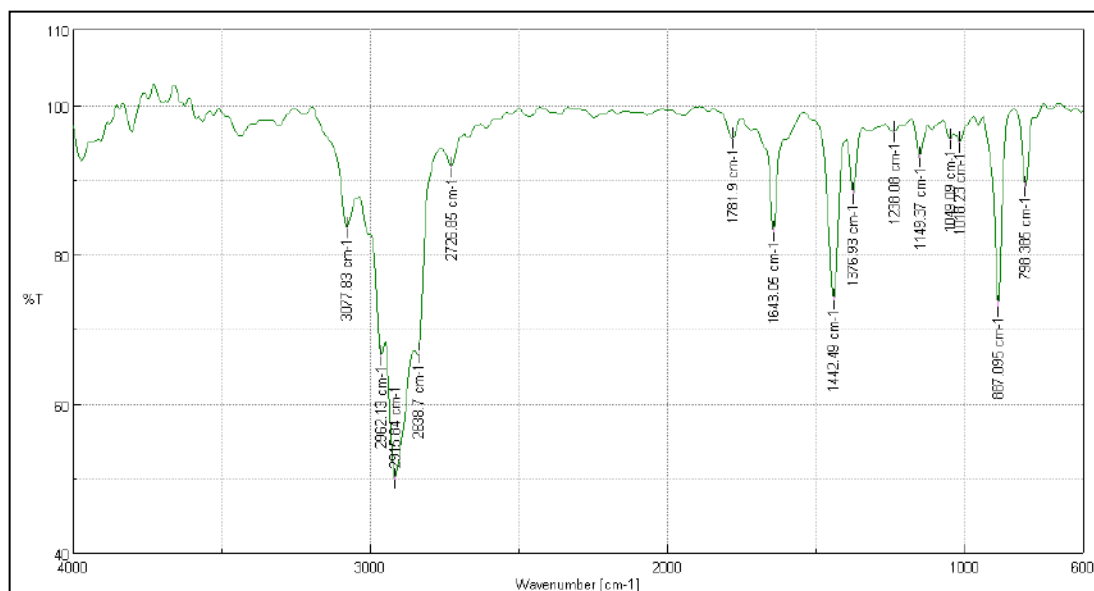
PROPIEDADES	PARÁMETROS	REPLICA 1	REPLICA 2	REPLICA 3
Características organolépticas	Olor	Muy intenso de la fruta	Muy intenso de la fruta	Muy intenso de la fruta
	Sabor	Amargo	Amargo	Amargo
	Color	Trasparente	Trasparente	Trasparente
Determinaciones físicas	Densidad 20 °C	0,8538 g/mL	0,8554 g/mL	0,8564 g/mL
	Índice de refracción	nD = 1,47563	nD = 1,47564	nD = 1,47566
		Brix = 74,11%	Brix = 74,12%	Brix = 74,14%
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol 96% (1:0,5) "G-5" No soluble en etanol 90%	Soluble en etanol 96% (1:0,5) "G-5" No soluble en etanol 90%	Soluble en etanol 96% (1:0,5) "G-5" No soluble en etanol 90%
Punto de congelación	No presenta solidificación - 50°C/Solidificación a -120 °C	No presenta solidificación - 50°C/Solidificación a -120 °C	No presenta solidificación - 50°C/Solidificación a -120 °C	
Índice químico	Índice de acidez	1,6810 mg KOH/g muestra	1,9507 mg KOH/g muestra	1,6755 mg KOH/g muestra
	Índice de éster	0,9260 mg KOH/g muestra	0,9161 mg KOH/g muestra	0,9651 mg KOH/g muestra
	% Ácido acético	0,17%	0,20%	0,17%
	Índice de saponificación	2,6070 mg KOH/g muestra	2,8668 mg KOH/g muestra	2,6406 mg KOH/g muestra
	Índice de acetilo	9,3828 mg KOH/g muestra	9,2896 mg KOH/g muestra	9,1547 mg KOH/g muestra
	% de Linalool	25,9%	25,1%	24,5%

Anexo IX: Aceites esenciales de limón obtenidos muestra fresca extracción alcohol

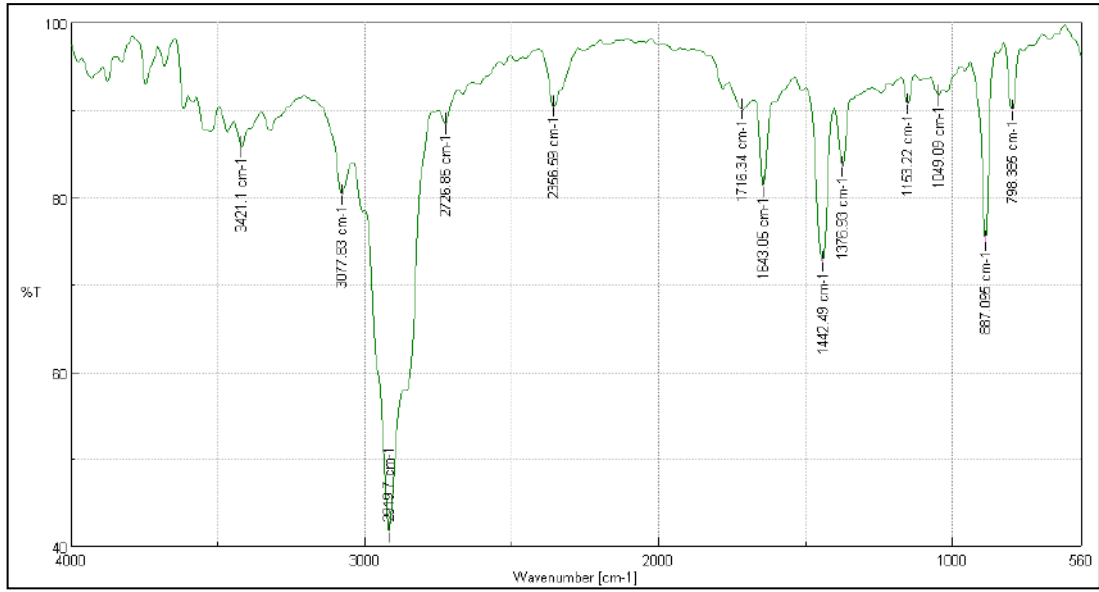
PROPIEDADES	PARÁMETROS	REPLICA 1	REPLICA 2	REPLICA 3
Características organolépticas	Olor	Intenso de la fruta	Intenso de la fruta	Intenso de la fruta
	Sabor	Intensa Amargo	Intensa Amargo	Intensa Amargo
	Color	Trasparente	Trasparente	Trasparente
Determinaciones físicas	Densidad 20 °C	0,8549 g/mL	0,8633 g/mL	0,8623 g/mL
	Índice de refracción	nD = 1,47693	nD = 1,47658	nD = 1,47163
		Brix = 74,63%	Brix = 72,92%	Brix = 80,35%
	Miscibilidad en etanol	Soluble en etanol 96% (1:0,6) "G-5" No soluble en etanol 90%	Soluble en etanol 96% (1:0,6) "G-5" No soluble en etanol 90%	Soluble en etanol 96% (1:0,7) "G-5" No soluble en etanol 90%
Punto de congelación	No presenta solidificación -	No presenta solidificación -	No presenta solidificación -	

		50°C/Solidificaci ón a -120 °C	50°C/Solidificaci ón a -120 °C	50°C/Solidificac ión a -120 °C
Índice químico	Índice de acidez	1,3702 mg KOH/g muestra	1,3912 mg KOH/g muestra	1,3815 mg KOH/g muestra
	% Ácido acético	0,14%	0,14%	0,14%
	Índice de éster	2,7591 mg KOH/g muestra	2,7948 mg KOH/g muestra	2,7651 mg KOH/g muestra
	Índice de saponificación	4,1293 mg KOH/g muestra	4,1860 mg KOH/g muestra	4,1466 mg KOH/g muestra
	Índice de acetilo	5,3567 mg KOH/g muestra	5,2698 mg KOH/g muestra	5,1892 mg KOH/g muestra
	% Linalool	14,7%	13,9%	14,2%

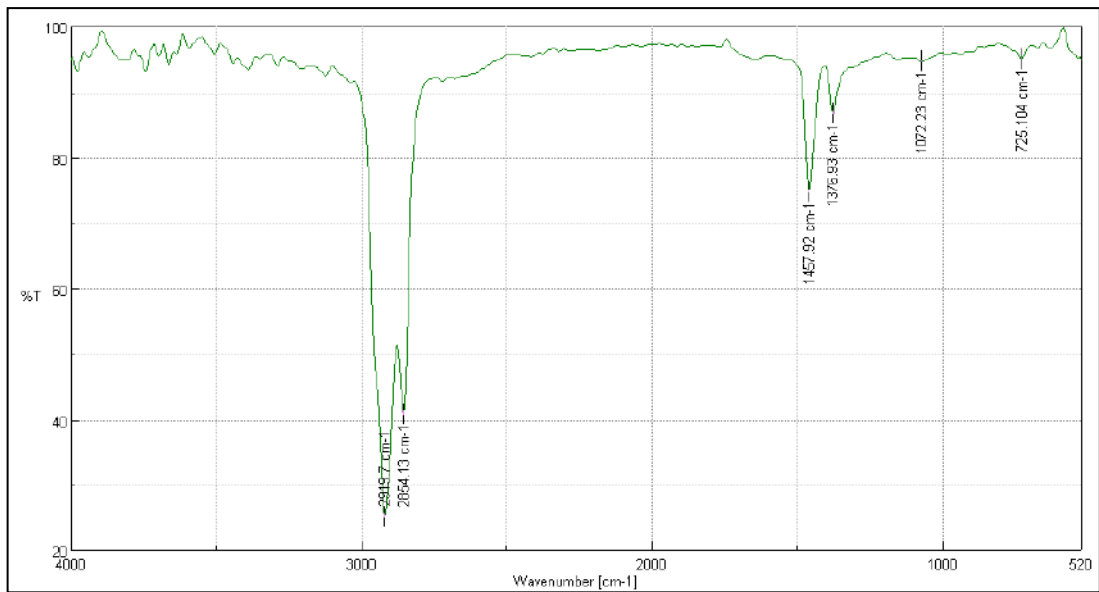
ANEXO M: ANÁLISIS DE LOS GRUPOS FUNCIONALES PRESENTES EN LOS ACEITES ESENCIALES



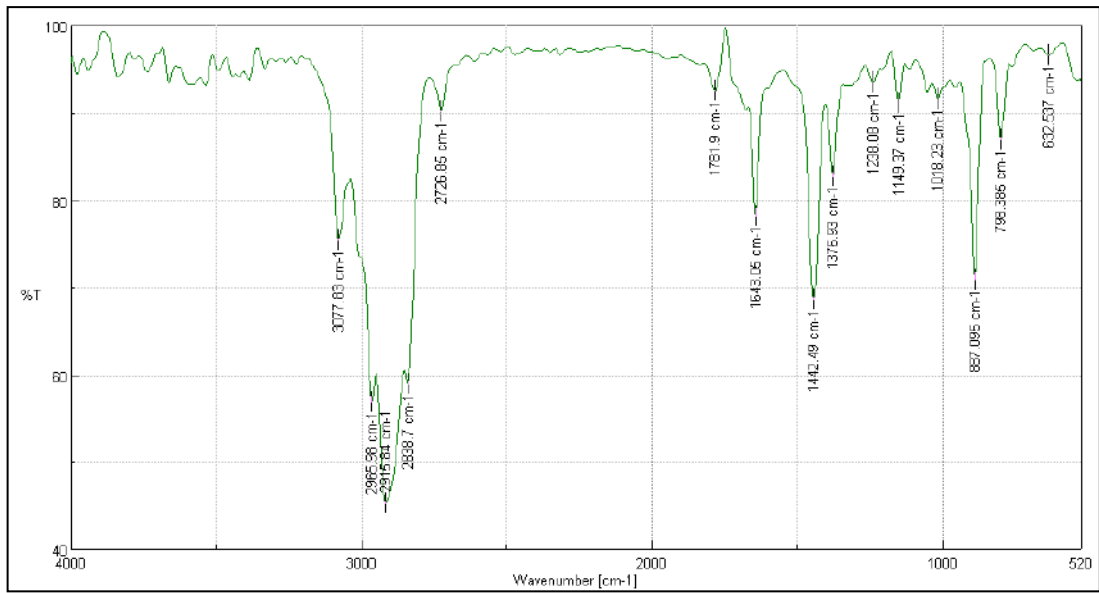
Espectro IR perteneciente al aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* marca Aura Caica



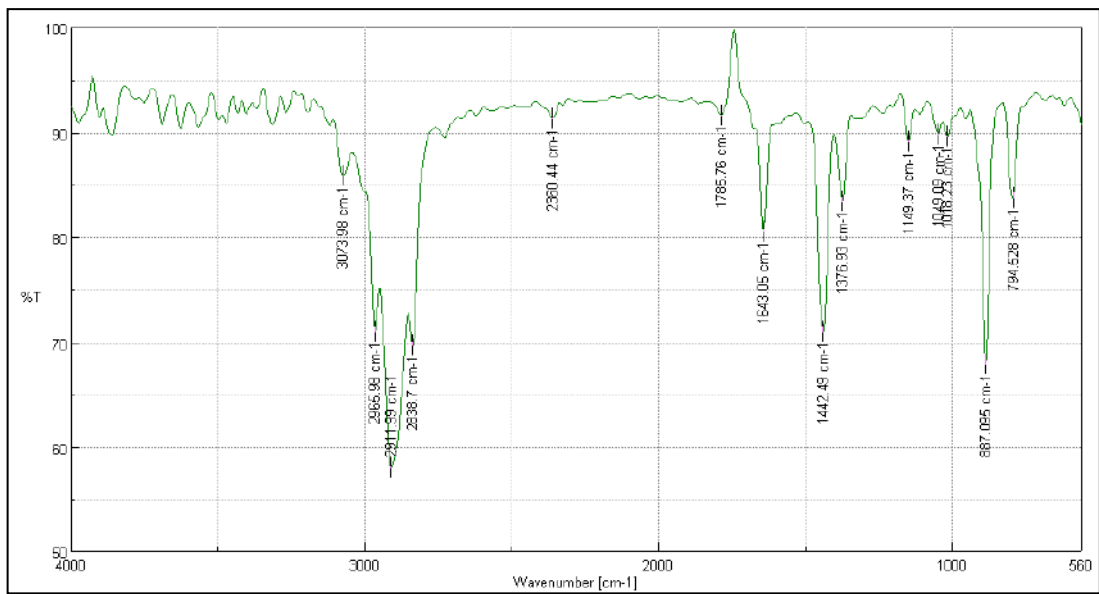
Espectro IR perteneciente al aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* marca Rincón del químico



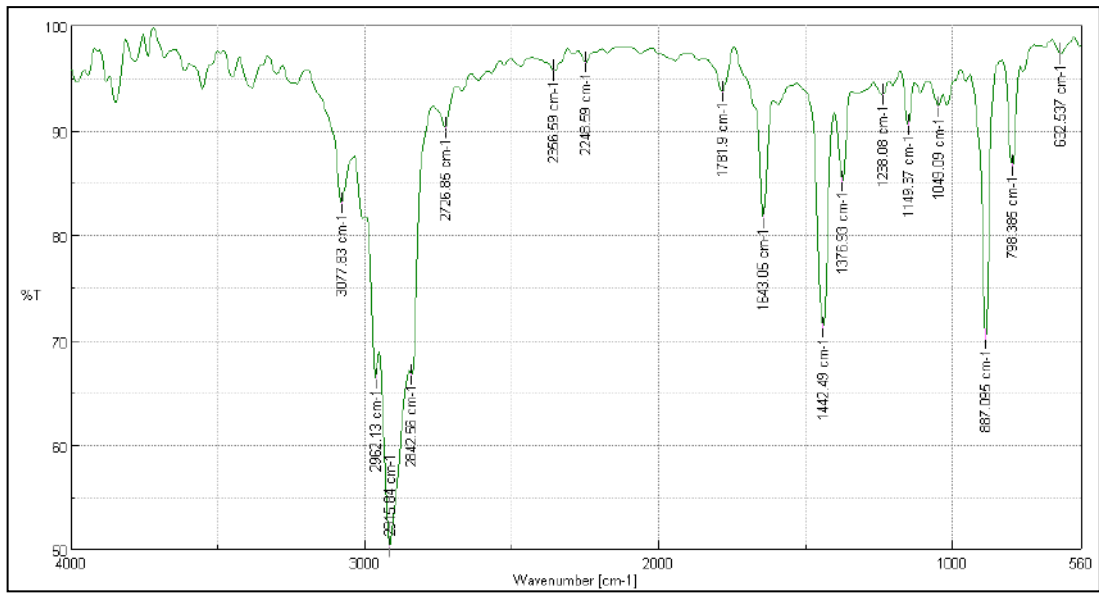
Espectro IR perteneciente al aceite esencial de naranja muestra comercial Quimolab



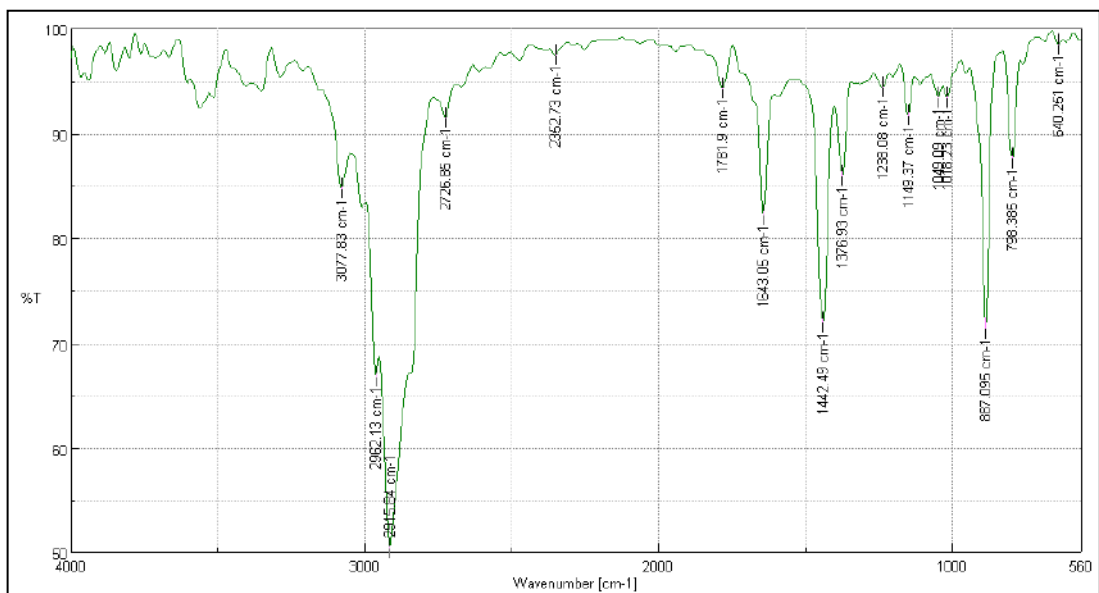
Espectro IR perteneciente al aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* tiempo de almacenamiento 8 meses



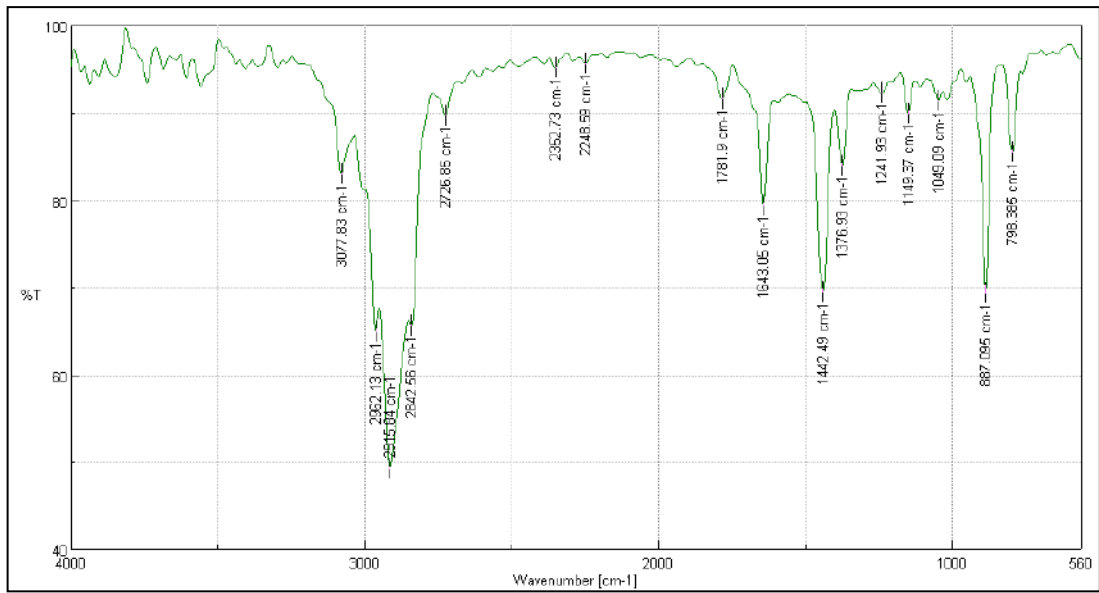
Espectro IR perteneciente al aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra fresca extracción agua



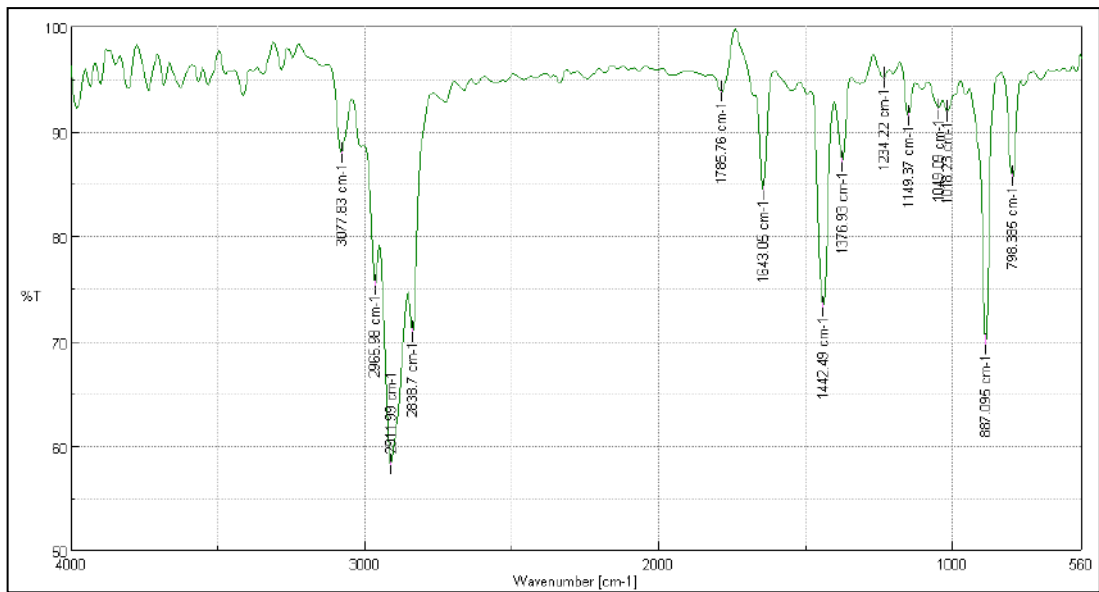
Espectro IR perteneciente al aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra fresca extracción etanol 70 %.



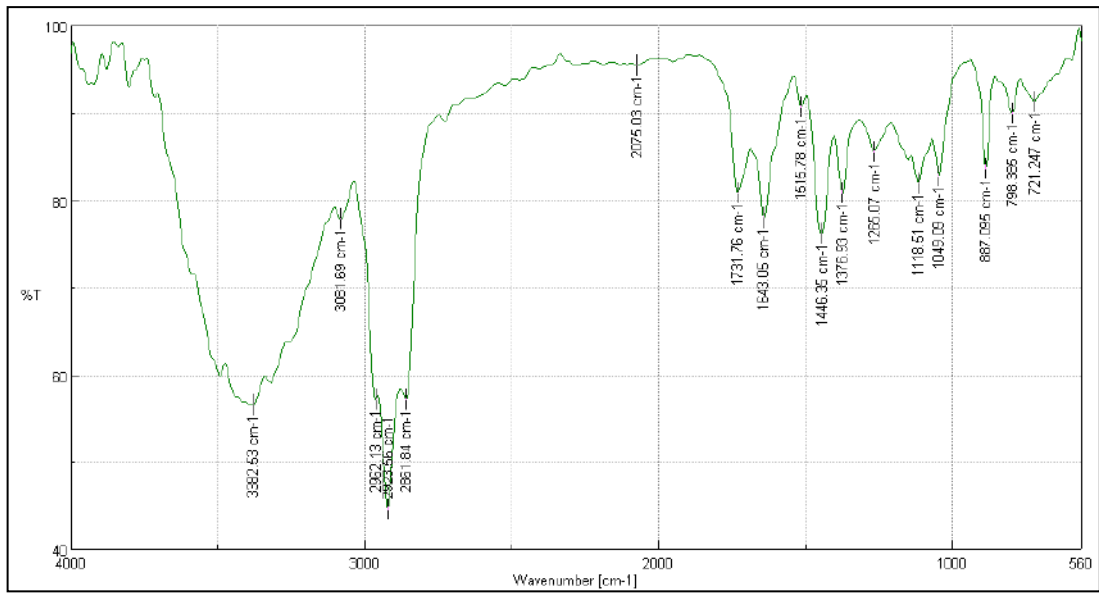
Espectro IR perteneciente el aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra seca extracción agua



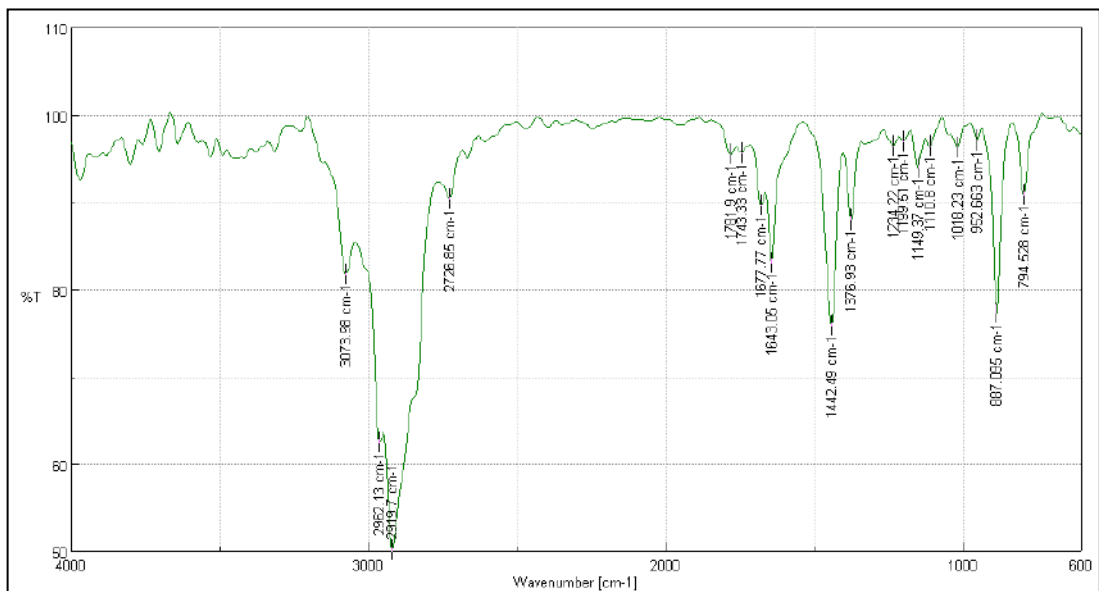
Espectro IR perteneciente al aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra seca extracción alcohol



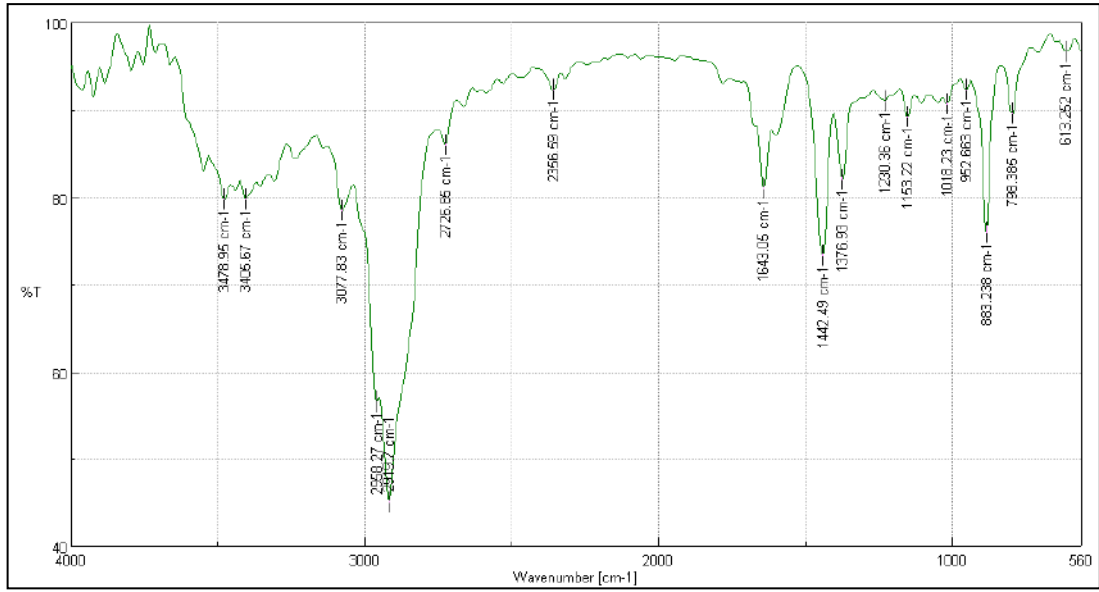
Espectro IR perteneciente al aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra liofilizada extracción agua



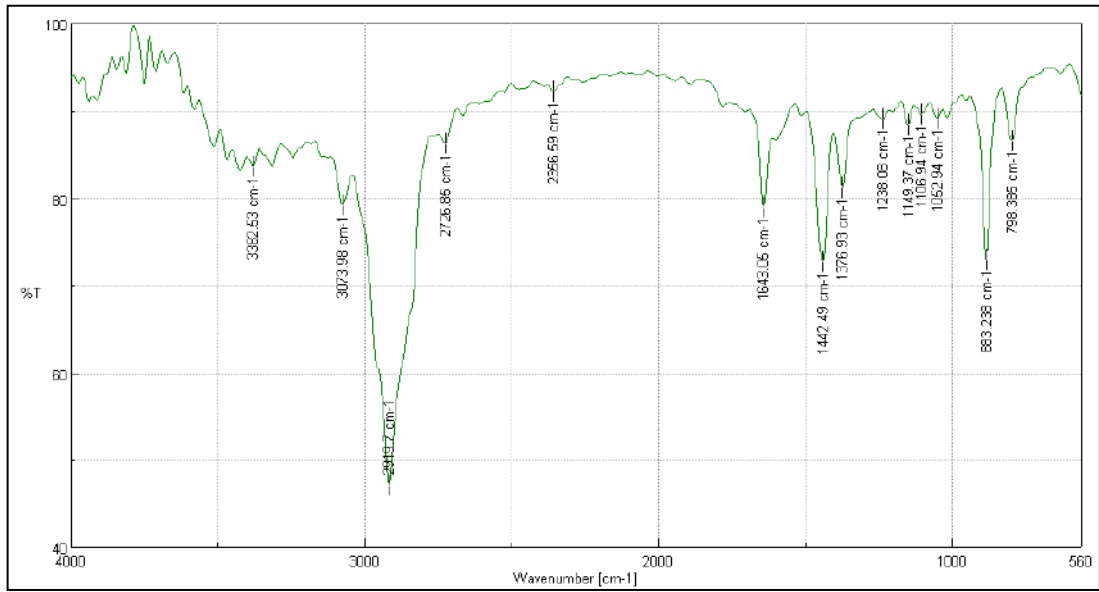
Espectro IR perteneciente al aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* extracción éter etílico



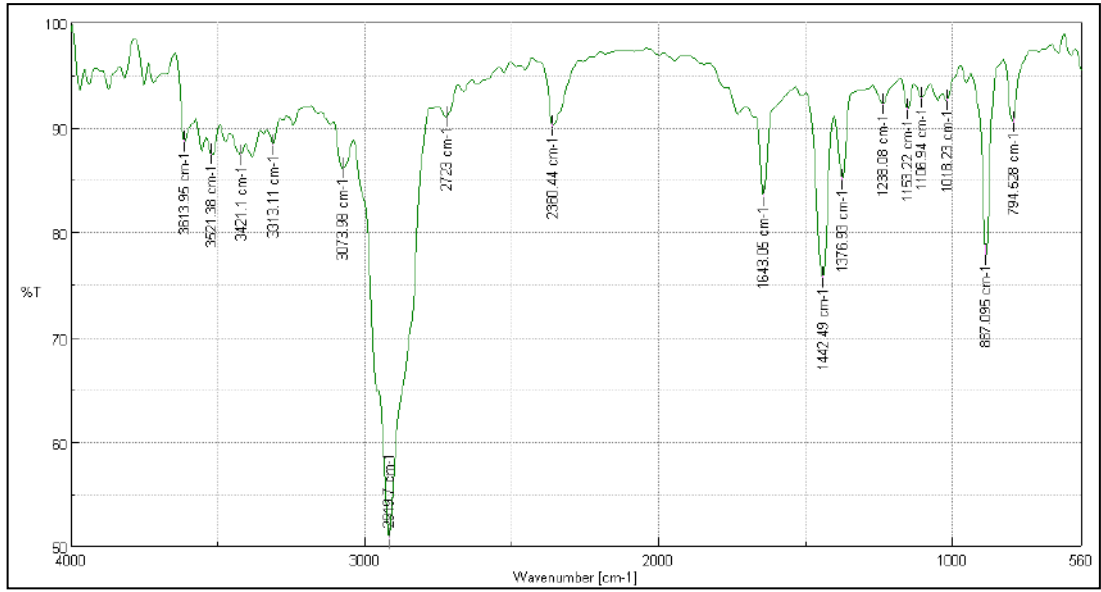
Espectro IR perteneciente al aceite esencial de limón muestra comercial Aura Caica



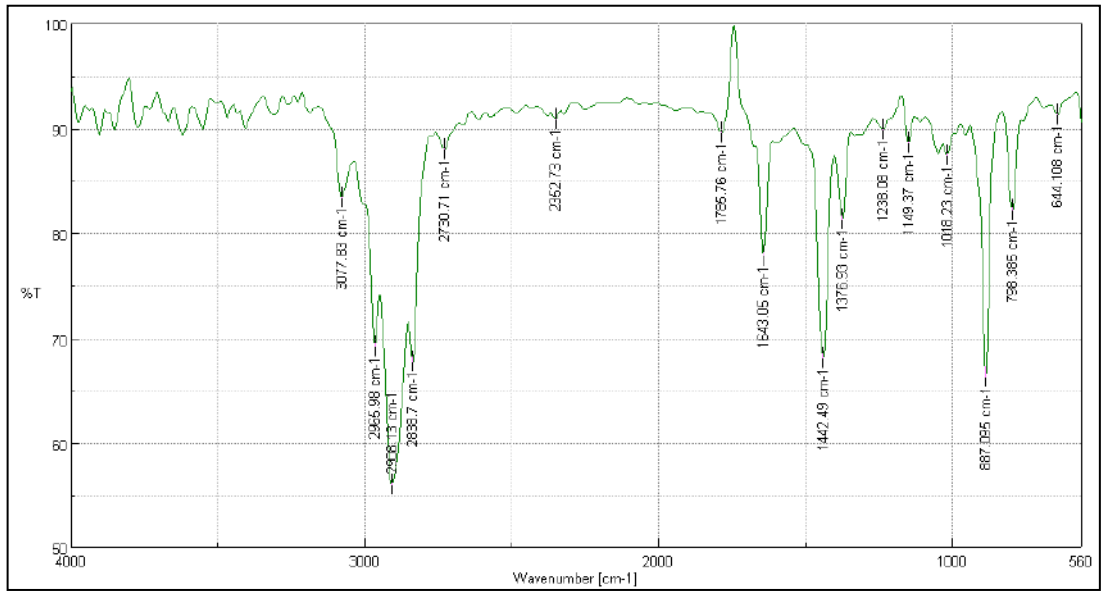
Espectro IR perteneciente al aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra fresca extracción agua



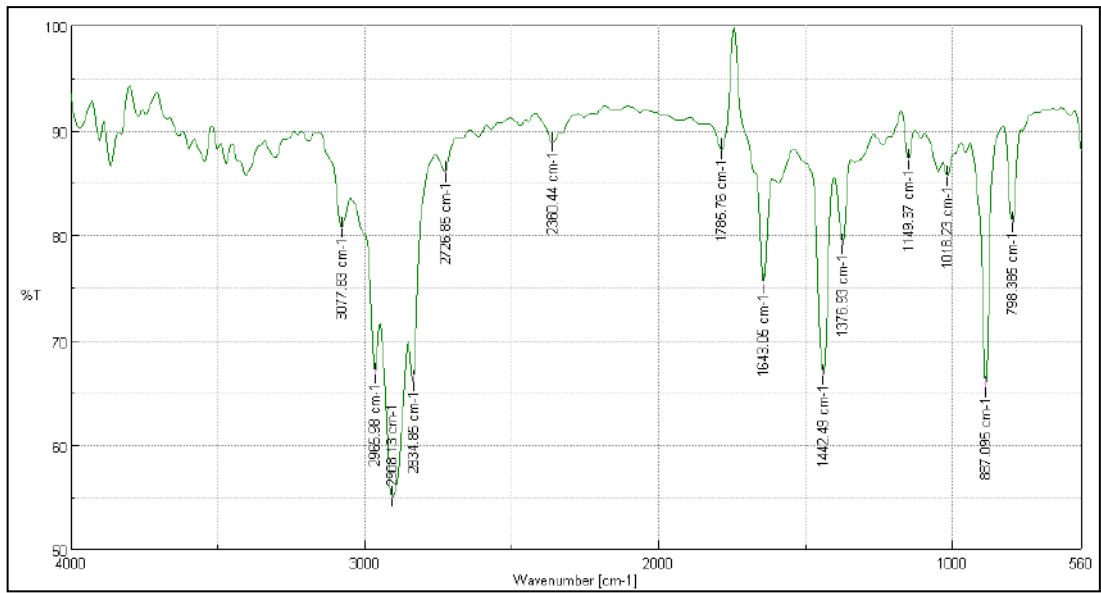
Espectro IR perteneciente al aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra fresca extracción alcohol



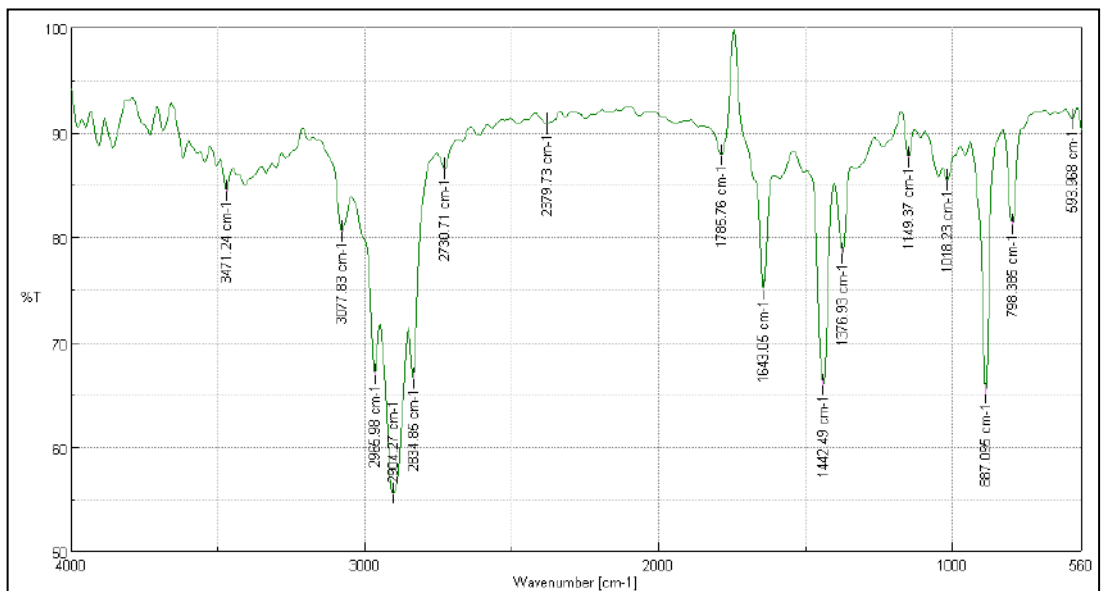
Espectro IR perteneciente al aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra seca extracción agua



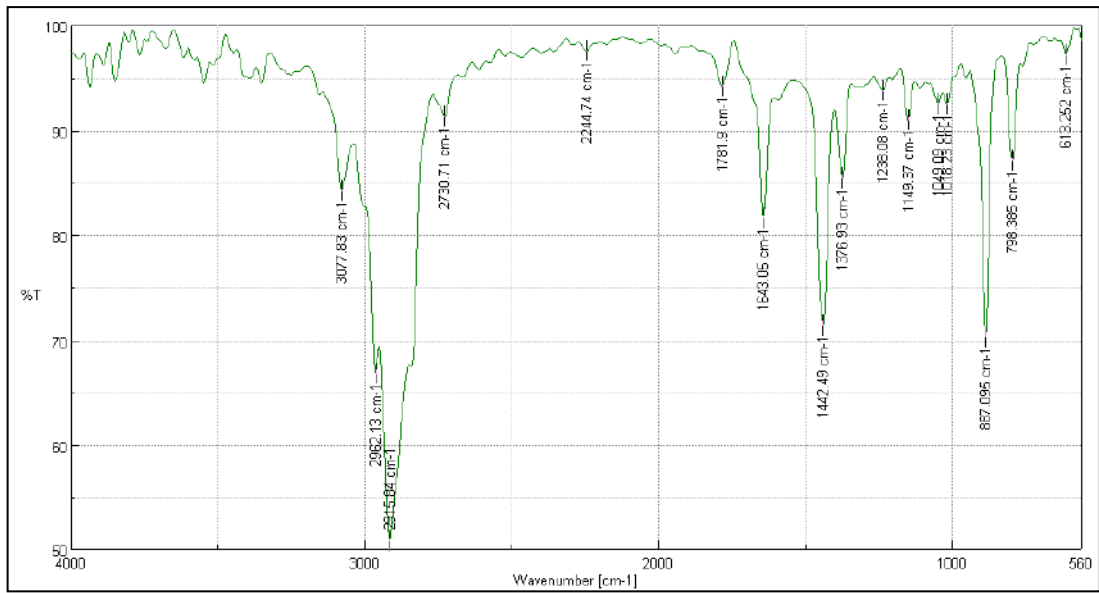
Espectro IR réplica 2 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra fresca extracción agua



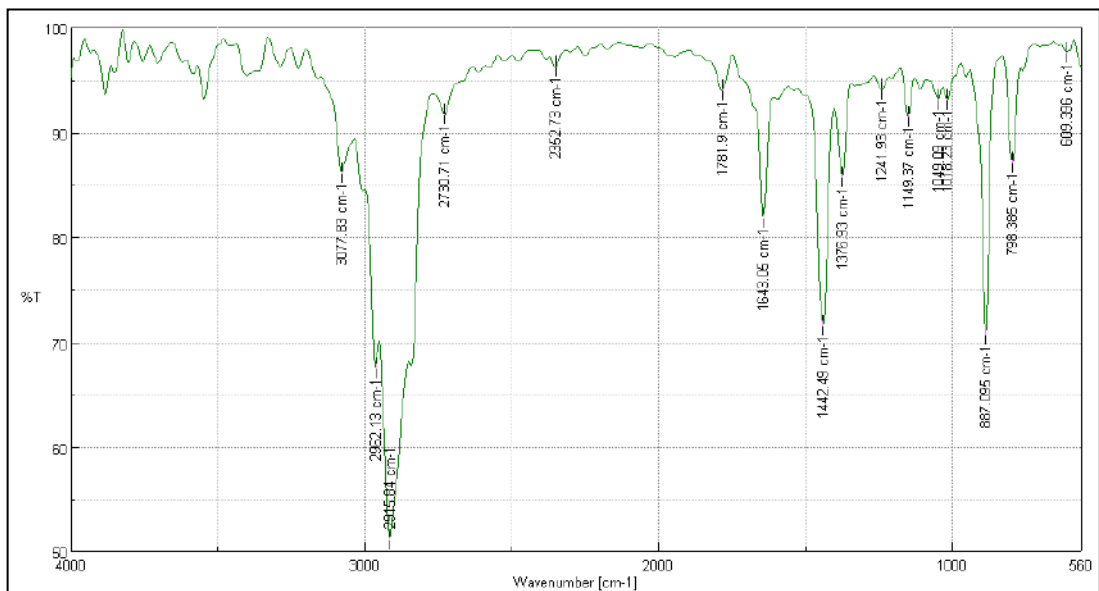
Espectro IR perteneciente a la réplica 3 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra fresca extracción agua



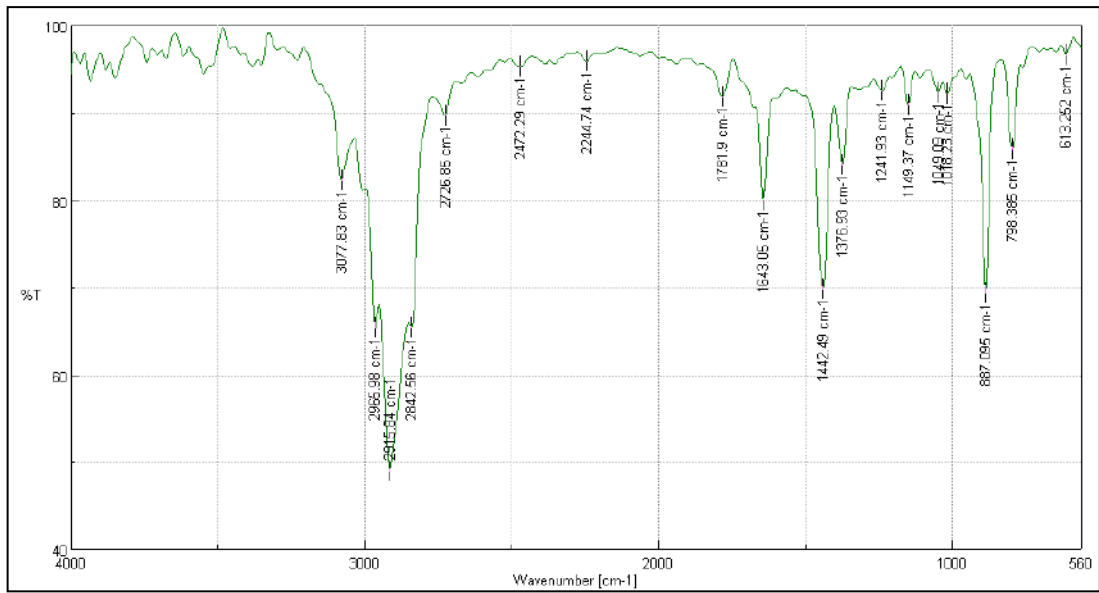
Espectro IR réplica 1 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra fresca extracción alcohol



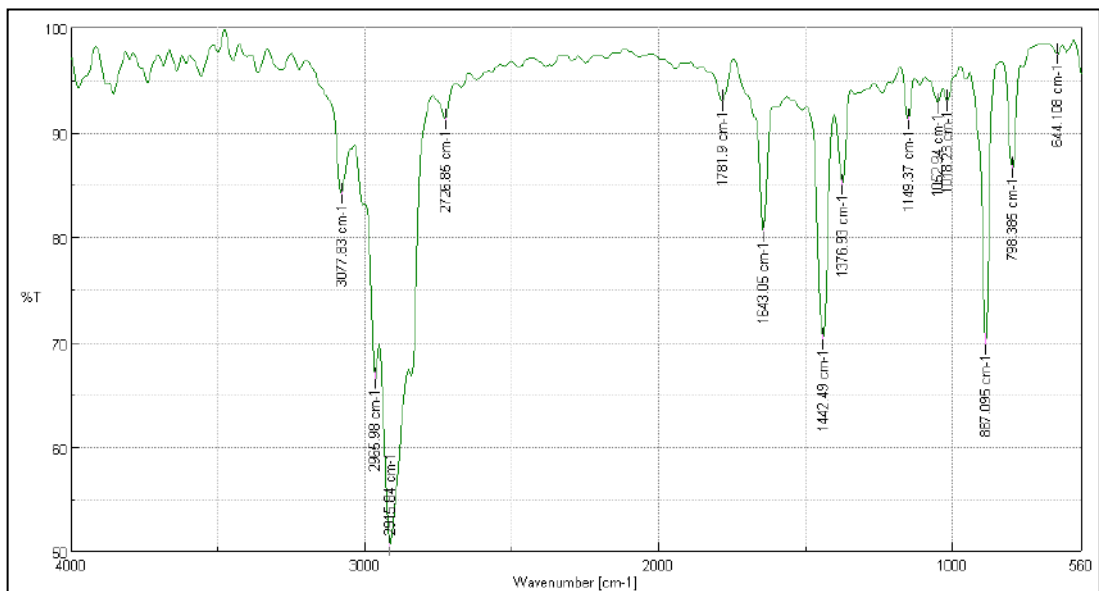
Espectro IR réplica 3 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra fresca extracción alcohol



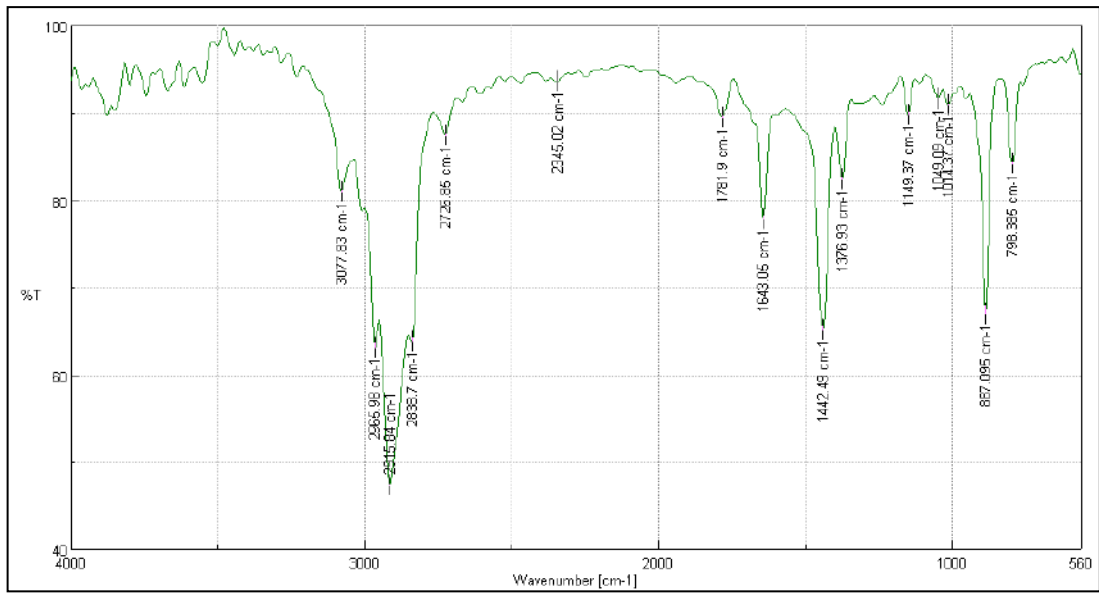
Espectro IR réplica 2 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra seca extracción agua



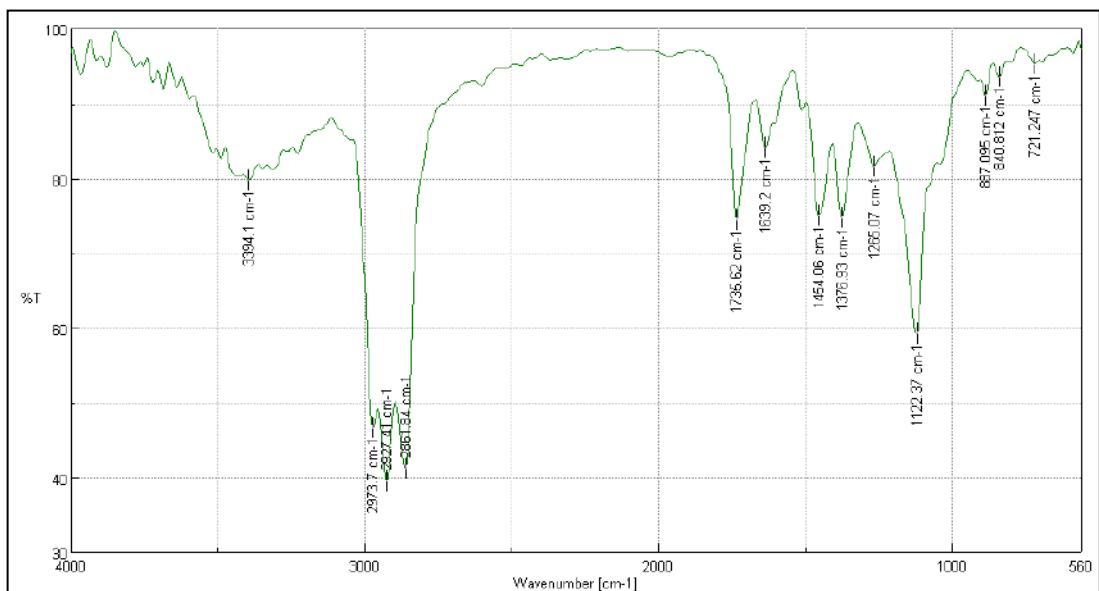
Espectro IR réplica 3 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra seca extracción agua



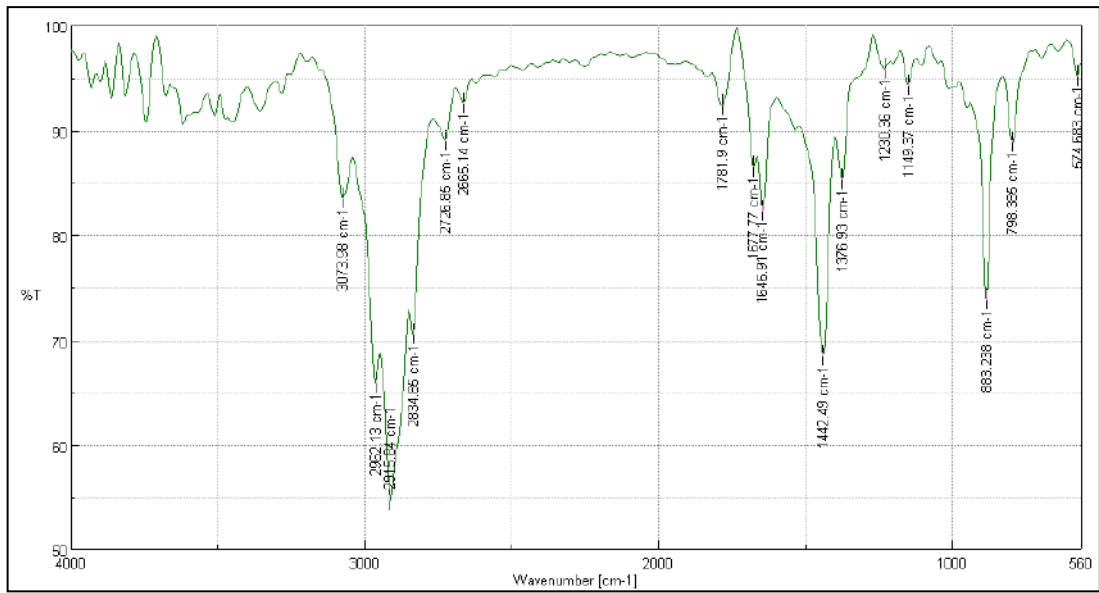
Espectro IR réplica 2 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra seca extracción alcohol



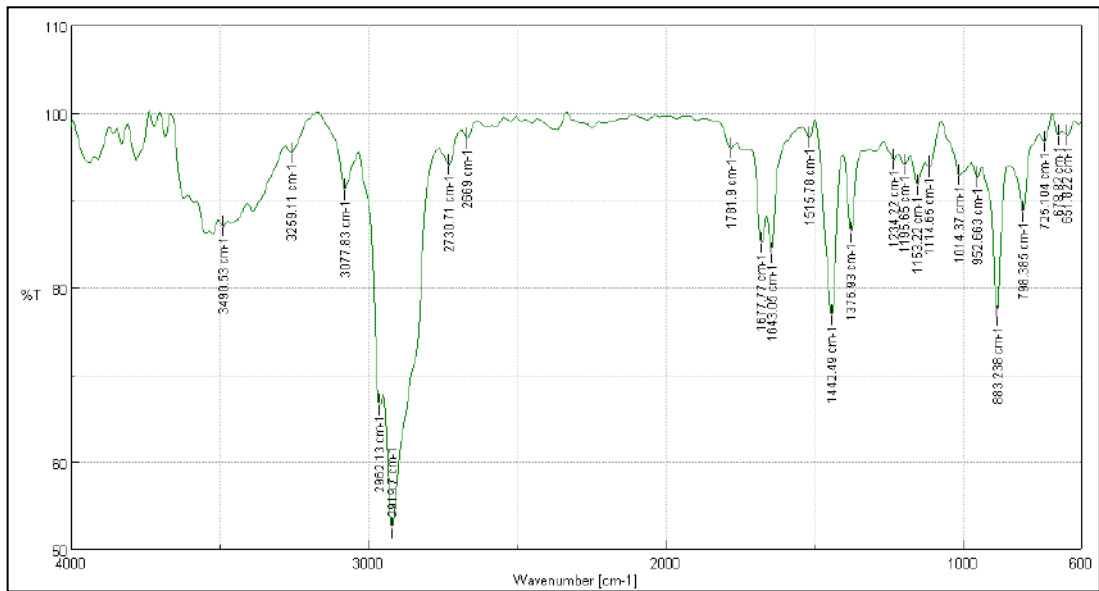
Espectro IR réplica 3 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra seca extracción alcohol



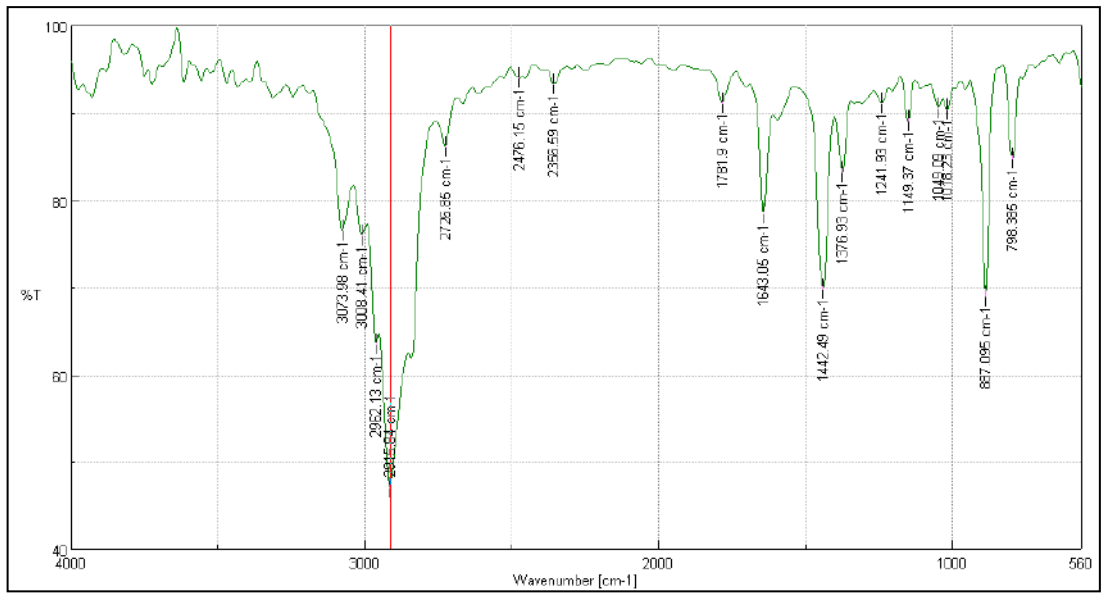
Espectro IR réplica 3 de la extracción con éter etílico de la cascara de naranja *Citrus sinensis*



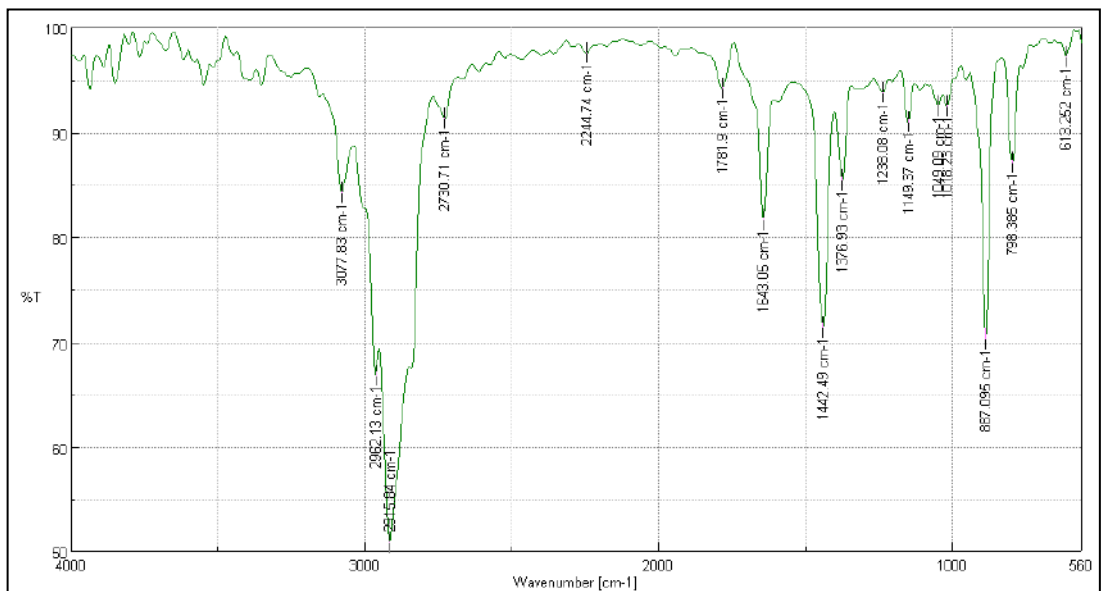
Espectro IR réplica 1 aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra fresca extracción agua



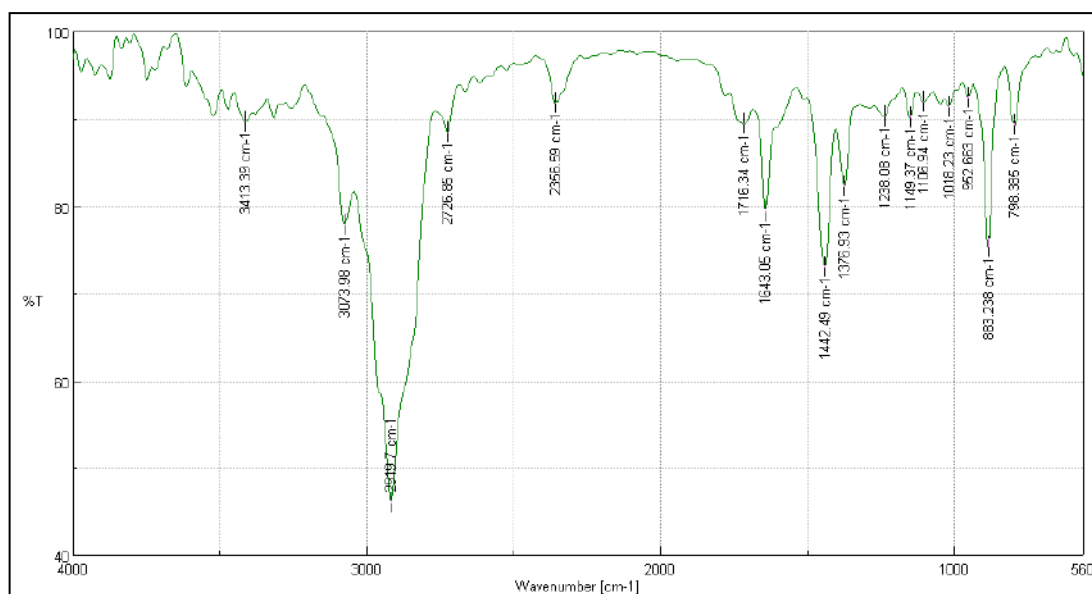
Espectro IR réplica 2 aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra fresca extracción agua



Espectro IR réplica 2 aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra fresca extracción etanol 70 %



Espectro IR réplica 3 aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra fresca extracción etanol 70 %



Espectro IR réplica 1 aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra seca extracción agua

Grupos funcionales presentes en el aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* marca Aura Caica

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3077,8	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2915,8	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2838,7	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,8	-CHO en aldehídos	Octanal, Nonanal Decanal
Estrecha C=O	1781,9	Aldehídos	Octanal, Nonanal Decanal
Estiramiento C=C	1643,0	C=C en alquenos	Limoneno, β-Pineno α-Citral
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,4	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,9	Grupo isopropilo	Sabinene
Estiramiento simétrico	1238,0	Azida -N ₃	N-metil, Antranilato de metilo

Estiramiento C-OH posición β	1149,3	Alcohol terciario posición β	Linalool
Modo de respiración en anillo	1018,2	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β -Pineno
Deformación N-H	887,0	Amina monosustituida	N-metil, Antranilato de metilo
Deformación fuera del plano C-H	798,3	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β -Pineno

Grupos funcionales presentes en el aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* marca Rincón de químico

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento -OH (Sólidos y Líquidos)	3421,1	Alcoholes primarios	Geraniol
Estiramiento =C-H	3077,8	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β -Pineno, Mirceno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2919,7	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β -Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,8	-CHO en aldehídos	Octanal, Decanal
Varias bandas de armónicos y combinaciones.	1716,3	Anillos de benceno sustituidos	No identificado
Estiramiento C=C	1643,0	C=C en alquenos	Limoneno, β -Pineno α -Citral
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,4	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β -Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,9	Grupo isopropilo	Sabinene
Estiramiento C-OH posición β	1153,2	Alcohol terciario posición β	Linalool
Estiramiento C-OH posición α	1049,0	Alcoholes primarios posición α	Geraniol
Deformación N-H	887,0	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
Deformación fuera del plano C-H	798,3	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β -Pineno

Grupos funcionales presentes en el aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* marca Quimolab

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2919,7	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Varios
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2854,1	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Varios
Estiramiento antisimétrico N=N-O	1457,9	N=N-O en compuestos azoxy	No identificado
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,9	Grupo isopropilo	No identificado
Estiramiento C-OH posición α	1072,2	Alcoholes secundarios posición α	E, E, Z-1,3,12-Nonadecatriene-5,14-diol)
Balaceo de CH ₂ en las cadenas de metileno; la intensidad depende en la longitud de la cadena CH deformación fuera del plano	725,1	-(CH ₂) _n - en hidrocarburos	Heptacosane

Grupos funcionales presentes en el aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* tiempo de almacenamiento 8 meses

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3077,8	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2915,8	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2838,7	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,8	-CHO en aldehídos	Octanal, Decanal, Dodecanal
Estrecha C=O	1781,9	Aldehídos	Octanal, Decanal, Dodecanal
Estiramiento C=C	1643,0	C=C en alquenos	Limoneno, β-Pineno

			α -Citral
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,4	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β -Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,9	Grupo isopropilo	Sabinene
Estiramiento simétrico	1238,0	Azida -N ₃	N-metil, Antranilato de metilo
Estiramiento C-OH posición β	1149,3	Alcohol terciario posición β	Linalool
Modo de respiración en anillo	1018,2	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β -Pineno
Deformación N-H	887,0	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
Deformación fuera del plano C-H	798,3	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β -Pineno

Grupos funcionales presentes al aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra fresca extracción con agua

GRUPO FUNCIONAL	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3073,9	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β -Pineno, Mirceno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2911,9	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β -Pineno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2838,7	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β -Pineno
Estrecha C=O	1785,7	Aldehídos	Octanal, Decanal
Estiramiento C=C	1643,0	C=C en alquenos	Limoneno, β -Pineno α y β -Citral
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,4	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β -Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,9	Grupo isopropilo	Terpinen-4-ol Sabinene
Estiramiento C-OH posición β	1149,3	Alcohol terciario posición β	Linalool
Estiramiento C-OH posición α	1049,0	Alcoholes primarios posición α	Geraniol, 1-Octanol
Modo de respiración en anillo	1018,2	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β -Pineno
Deformación N-H	887,0	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil

Deformación fuera del plano C-H	794,5	CH=C en alquenos trisustituídos	Limoneno, β -Pino
---------------------------------	-------	---------------------------------	-------------------------

Grupos funcionales presentes en la réplica 2 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra fresca extracción agua

GRUPO FUNCIONAL	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3077,83	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β -Pino, Mirreno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2965,98	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β -Pino
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2908,13	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β -Pino
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2838,7	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β -Pino
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2730,71	-CHO en aldehídos	Octanal, Nonanal, Decanal
Estiramiento C-H del aldehído	2352,73	Aldehídos	Nonanal
Estrecha C=O	1785,76	Aldehídos	Octanal, Decanal
Estiramiento C=C	1643,05	C=C en alquenos	Limoneno, β -Pino α y β -Citral
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,49	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β -Pino
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Terpinen-4-ol Sabinene
Estiramiento simétrico	1238,08	Azida -N ₃	N-metil, Antranilato de metilo
Estiramiento C-OH posición β	1149,37	Alcohol terciario posición β	Linalool
Modo de respiración en anillo	1018,23	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β -Pino
Deformación N-H	887,095	Amina monosustituída	Antranilato de metilo; N-metil
Deformación fuera del plano C-H	798,385	CH=C en alquenos trisustituídos	Limoneno, β -Pino
Deformación de anillo en el plano	644,108	Antranilato de metilo; N-metil antranilato de metilo	Grupo Amino

Grupos funcionales réplica 3 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra seca extracción agua

GRUPO FUNCIONAL	NUMERO DE ONDA (cm⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3077,83	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2965,98	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2908,13	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2834,85	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,85	-CHO en aldehídos	Octanal, Decanal
Estiramiento C-H del aldehído	2360,44	Aldehídos	Carvona, Geraniol, Neral, 2-hexen-1-al
C=O (Estrecha)	1785,76	Aldehídos	Octanal, Decanal
Estiramiento C=C	1643,05	C=C en alquenos	Limoneno, β-Pineno
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,49	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Sabinene
Estiramiento C-OH posición β	1149,37	Alcohol terciario posición β	Linalool
Modo de respiración en anillo	1018,23	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β-Pineno
Deformación N-H	887,095	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
Deformación fuera del plano C-H	798,385	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β-Pineno

Grupos funcionales replica 2 presentes al aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra fresca extracción con alcohol

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3077,8	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno

Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2915,8	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2842,5	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,8	-CHO en aldehídos	Octanal, Decanal
C=O (Estrecha)	1781,9	Aldehídos	Octanal, Decanal
Estiramiento C=C	1643,0	C=C en alquenos	Limoneno, β-Pineno
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,4	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,9	Grupo isopropilo	Sabinene
Estiramiento simétrico	1238,0	Azida -N ₃	Antranilato de metilo; N-metil
Estiramiento C-OH posición β	1149,3	Alcohol terciario posición β	Linalool
Estiramiento C-OH posición α	1049,0	Alcoholes primarios posición α	1-Octanol
Deformación N-H	887,0	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
Deformación fuera del plano C-H	798,3	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β-Pineno

Grupos funcionales réplica 3 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra fresca extracción alcohol

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3077,83	Alcoholes primarios	n-octanol, geraniol
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2915,84	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2730,71	-CHO en aldehídos	Octanal, Nonanal Decanal
Estrecha C=O	178,9	Aldehídos	Octanal, Nonanal Decanal
Estiramiento C=C	1643,05	C=C en alquenos	Limoneno, β-Pineno α-Citral
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,49	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno

Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Sabinene
Estiramiento simétrico	1238,08	Azida -N ₃	N-metil, Antranilato de metilo
Estiramiento C-OH posición β	1149,37	Alcohol terciario posición β	Linalool
Estiramiento C-OH posición α	1049,09	Alcoholes primarios posición α	1-Octanol
Modo de respiración en anillo	1018,23	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β-Pineno
Deformación N-H	887,095	Amina monosustituida	N-metil, Antranilato de metilo
Deformación fuera del plano C-H	798,385	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β-Pineno

Grupos funcionales replica 1 presentes en el aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra seca extracción con agua

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3077,83	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2915,84	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,85	-CHO en aldehídos	Octanal, Decanal
C=O (Estrecha)	1781,9	Aldehídos	Octanal, Decanal
Estiramiento C=C	1643,05	C=C en alquenos	Limoneno, β-Pineno β-Citral
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,49	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Sabinene γ-Terpinene Terpinen-4-ol
Estiramiento simétrico	1238,08	Azida -N ₃	Antranilato de metilo; N-metil
Estiramiento C-OH posición β	1149,37	Alcohol terciario posición β	Linalool
Estiramiento C-OH posición α	1049,09	Alcoholes primarios posición α	1-Octanol

Modo de respiración en anillo	1018,23	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β -Pineno
Deformación N-H	887,095	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
Deformación fuera del plano C-H	798,385	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β -Pineno

Grupos funcionales presentes en la réplica 2 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra seca extracción con agua

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3077,83	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β -Pineno, Mirceno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2915,84	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β -Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2730,71	-CHO en aldehídos	Octanal, Nonanal Decanal
Estiramiento C-H del aldehído	2352,73	Aldehídos	Carvona, Geraniol, Neral, 2-hexen-1-al
Estrecha C=O	1781,9	Aldehídos	Octanal, Nonanal Decanal
Estiramiento C=C	1643,05	C=C en alquenos	Limoneno, β -Pineno α -Citral
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,49	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β -Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Sabinene
Estiramiento simétrico	1241,93	Azida -N ₃	N-metil, Antranilato de metilo
Estiramiento C-OH posición β	1149,37	Alcohol terciario posición β	Linalool
Estiramiento C-OH posición α	1049,09	Alcoholes primarios posición α	(n-octanol, geraniol)
Modo de respiración en anillo	1018,23	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno
Deformación N-H	887,095	Amina monosustituida	N-metil, Antranilato de metilo
Deformación fuera del plano C-H	798,385	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β -Pineno

Grupos funcionales réplica 3 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra seca extracción agua

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3077,83	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2915,84	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2842,56	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,85	-CHO en aldehídos	Octanal, Decanal
C=O (Estrecha)	1781,9	Aldehídos	Octanal, Decanal
Estiramiento C=C	1643,05	C=C en alquenos	Limoneno, β-Pineno
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,49	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Sabinene
Estiramiento simétrico	1241,93	Azida -N ₃	Antranilato de metilo; N-metil
Estiramiento C-OH posición β	1149,37	Alcohol terciario posición β	Linalool
Estiramiento C-OH posición α	1049,09	Alcoholes primarios posición α	(n-octanol, geraniol)
Modo de respiración en anillo	1018,23	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β-Pineno
Deformación N-H	887,095	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
Deformación fuera del plano C-H	798,385	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β-Pineno

Grupos funcionales replica 1 presentes en el aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra seca extracción con alcohol

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3077,83	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno

Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2915,84	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2842,56	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,85	-CHO en aldehídos	Octanal, Nonanal, Decanal
C=O (Estrecha)	1781,9	Aldehídos	Octanal, Nonanal, Decanal
Estiramiento C=C	1643,05	C=C en alquenos	Limoneno, β-Pineno α-Citral
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,49	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Terpinen-4-ol γ-Terpinene Sabinene
Estiramiento simétrico	1241,93	Azida -N ₃	Antranilato de metilo; N-metil
Estiramiento C-OH posición β	1149,37	Alcohol terciario posición β	Linalool
Estiramiento C-OH posición α	1049,09	Alcoholes primarios posición α	1-Octanol
Deformación N-H	887,095	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
Deformación fuera del plano C-H	798,385	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β-Pineno

Grupos funcionales réplica 2 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra seca extracción alcohol

VIBRACION	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3077,83	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2915,84	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,85	-CHO en aldehídos	Octanal, Decanal, Dodecanal
Estrecha C=O	1781,9	Aldehídos	Octanal, Decanal, Dodecanal
Estiramiento C=C	1643,05	C=C en alquenos	Limoneno, β-Pineno α-Citral

Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,49	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Sabinene
Estiramiento C-OH posición β	1149,37	Alcohol terciario posición β	Linalool
Modo de respiración en anillo	1018,23	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno
Deformación N-H	887,095	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
Deformación fuera del plano C-H	798,385	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β-Pineno

Grupos funcionales réplica 3 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra seca extracción alcohol

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3077,83	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2915,84	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2838,7	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,85	-CHO en aldehídos	n-decanal; n.- nonanal; n-octanal.
C=O (Estrecha)	1781,9	Aldehídos	n-decanal; n.- nonanal; n-octanal.
Estiramiento C=C	1643,05	C=C en alquenos	Linalool, carveol, citronela
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,49	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Terpinen-4-ol Terpineno Sabinene
Estiramiento C-OH posición β	1149,37	Alcohol terciario posición β	Linalool
Estiramiento C-OH posición α	1049,09	Alcoholes primarios posición α	1-Octanol
Modo de respiración en anillo	1014,37	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno

Deformación N-H	887,095	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
Deformación fuera del plano C-H	798,385	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β -Pineno

Grupos funcionales réplica 1 del aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra liofilizada extracción agua

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento -OH (Sólidos y Líquidos)	3559,95	Alcoholes primarios	Geraniol
Estiramiento =C-H	3077,83	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β -Pineno, Mirceno
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2911,99	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β -Pineno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2838,7	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β -Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,85	-CHO en aldehídos	n-decanal; n.-nonanal; n-octanal.
C=O (Estrecha)	1781,9	Aldehídos	Octanal, Decanal
Estiramiento C=C	1643,05	C=C en alquenos	Limoneno, β -Pineno
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,49	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β -Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Terpinen-4-ol γ -Terpinene Sabinene
Estiramiento simétrico	1238,08	Azida -N ₃	Antranilato de metilo; N-metil
Estiramiento C-OH posición β	1149,37	Alcohol terciario posición β	Linalool
Modo de respiración en anillo	1018,23	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β -Pineno
Deformación N-H	887,095	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
Deformación fuera del plano C-H	798,385	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β -Pineno

Grupos funcionales replica 2 presentes en el aceite esencial de naranja *Citrus sinensis* muestra liofilizada extracción con agua

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3077,8	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2911,9	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2838,7	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
C=O (Estrecha)	1785,7	Aldehídos	Octanal, Decanal
Estiramiento C=C	1643,0	C=C en alquenos	Limoneno, β-Pineno
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,4	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,9	Grupo isopropilo	Terpinen-4-ol γ-Terpinene Sabinene
Estiramiento simétrico	1234,2	Azida -N ₃	Antranilato de metilo; N-metil
Estiramiento C-OH posición β	1149,3	Alcohol terciario posición β	Linalool
Estiramiento C-OH posición α	1049,0	Alcoholes primarios posición α	1-Octanol
Modo de respiración en anillo	1018,2	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β-Pineno
Deformación N-H	887,0	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
Deformación fuera del plano C-H	798,3	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β-Pineno

Grupos funcionales replica 1 presentes extracción con éter etílico de la cascara de naranja *Citrus sinensis*

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento -OH (Sólidos y Líquidos)	3382,5	Alcoholes primarios	Etanol
Estiramiento =C-H	3081,6	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno

CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2923,5	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2861,8	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Estiramiento en α, β no saturados	1731,7	Esteres	6-cloro-4-fenil-2-propilquinolina
Estiramiento C=C	1643,0	C=C en alquenos	Limoneno
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1446,3	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,9	Grupo isopropilo	Sabinene
Estiramiento simétrico	1265,0	Azida -N ₃	N-metil, Antranilato de metilo
C-O-C (Estiramiento antisimétrico)	1118,5	Éteres	6-cloro-4-fenil-2-propilquinolina
Estiramiento C-OH posición α	1049,0	Alcoholes primarios posición α	Geraniol
Deformación N-H	887,0	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
Deformación fuera del plano C-H	798,3	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno
Balanceo de CH ₂ en las cadenas de metileno; la intensidad depende en la longitud de la cadena CH deformación fuera del plano	721,2	-(CH ₂) _n - en hidrocarburos	6-cloro-4-fenil-2-propilquinolina

Grupos funcionales réplica 2 extracción con éter etílico de la cascara de naranja *Citrus sinensis*

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento -OH (Sólidos y Líquidos)	3390,24	Alcoholes primarios	Etanol
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2923,56	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2857,99	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno

Estiramiento en α , β no saturados	1731,76	Esteres	6-cloro-4-fenil-2-propilquinolina
Estiramiento C=C	1639,2	C=C en alquenos	Limoneno
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1454,06	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β -Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1373,07	Grupo isopropilo	Sabinene
Estiramiento simétrico	1265,07	Azida -N ₃	N-metil, Antranilato de metilo
C-O-C (Estiramiento antisimétrico)	1145,51	Éteres	6-cloro-4-fenil-2-propilquinolina
Estiramiento C-OH posición α	1041,37	Alcoholes primarios posición α	Geraniol
Deformación N-H	887,095	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
Balaceo de CH ₂ en las cadenas de metileno; la intensidad depende en la longitud de la cadena CH deformación fuera del plano	721,247	-(CH ₂) _n - en hidrocarburos	6-cloro-4-fenil-2-propilquinolina

Grupos funcionales réplica 3 extracción con éter etílico de la cascara de naranja *Citrus sinensis*

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento -OH (Sólidos y Líquidos)	3394,1	Alcoholes primarios	Etanol
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2927,41	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β -Pineno
Estiramientos simétricos y antisimétricos C-H	2861,84	-CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β -Pineno
Estiramiento en α , β no saturados	1735,62	Esteres	6-cloro-4-fenil-2-propilquinolina
Estiramiento C=C	1639,2	C=C en alquenos	Limoneno
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1454,06	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β -Pineno

Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Sabinene
Estiramiento simétrico	1265,07	Azida -N ₃	N-metil, Antranilato de metilo
C-O-C (Estiramiento antisimétrico)	1122,37	Éteres	6-cloro-4-fenil-2-propilquinolina
Deformación N-H	887,095	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil

Grupos funcionales presentes en el aceite esencial de limón marca Aura Caica

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3073,9	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2919,7	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,8	-CHO en aldehídos	Nonanal
C=O (Estrecha)	1781,9	Aldehídos	Nonanal
C=O (Banda estrecha, Amida I)	1677,7	Amida Primaria	2-Isopropenyl-5-methylhex-4-enal
Estiramiento C=C	1643,0	C=C en alquenos	Limoneno, β-Pineno
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,4	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,9	Grupo isopropilo	Terpinen-4-ol γ-Terpinene Sabinene
C-C-(O)-C (Acetatos)	1234,2	Grupo Ester	Neryl acetate Geranyl acetate
C-O-C (Estrecha)	1110,8	Grupo Éter	Neryl acetate Geranyl acetate
Modo de respiración en anillo	1018,2	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β-Pineno, Bergamotene, α-Cadinol, Bisabolene, Caryophyllene oxide
Modo de respiración en anillo	952,6	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β-Pineno, Bergamotene, α-

			Cadinol, Bisabolene, Caryophyllene oxide
Deformación N-H	887,0	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
CH ₂ (La intensidad depende de la longitud de cadena)	794,5	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β-Pineno, Bisabolene, Bergamotene

Grupos funcionales réplica 1 aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra fresca extracción agua

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3073,98	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2915,84	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,85	-CHO en aldehídos	Nonanal
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2665,14	-CHO en aldehídos	n-decanal; n-nonanal; n-octanal
C=O (Estrecha)	1781,9	Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	
Estiramiento C=C	1646,91	C=C en alquenos	Limoneno, β-Pineno
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,49	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Terpinen-4-ol β-Thujene γ-Terpinene
C-C-(O)-C (Acetatos)	1230,36	Grupo Ester	Neryl acetate Geranyl acetate
C-C-(O)-C (Estiramiento antisimétrico)	1149,37	Grupo Ester	Neryl acetate Geranyl acetate
Deformación N-H	883,238	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
Deformación fuera del plano C-H	798,385	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β-Pineno, Bisabolene, Bergamotene

Grupos funcionales réplica 2 aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra fresca extracción agua

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento -OH (Sólidos y Líquidos)	3490,53	Alcoholes primarios	1-Octanol, Geraniol, Nerol
Estiramiento =C-H	3077,83	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2919,7	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2730,71	-CHO en aldehídos	n-decanal; n-nonanal; n-octanal.
C=O (Banda estrecha, Amida I)	1677,77	Amida Primaria	
Estiramiento C=C	1643,05	C=C en alquenos	Linalool, carveol, citronela
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,49	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Terpinen-4-ol β-Thujene γ-Terpinene
C-C-(O)-C (Acetatos)	1234,22	Grupo Ester	Neryl acetate Geranyl acetate
C-C-(O)-C (Estiramiento antisimétrico)	1153,22	Grupo Ester	Neryl acetate Geranyl acetate
Modo de respiración en anillo	1014,37	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β-Pineno, Bergamotene, α-Cadinol, Bisabolene, Caryophyllene oxide
Modo de respiración en anillo	952,663	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β-Pineno, Bergamotene, α-Cadinol, Bisabolene, Caryophyllene oxide

Deformación N-H	883,238	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
Deformación fuera del plano C-H	798,385	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β -Pineno, Bisabolene, Bergamotene

Grupos funcionales replica 3 presentes en el aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra fresca extracción agua

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento -OH (Sólidos y Líquidos)	3478,9	Alcoholes primarios	1-Octanol, Geraniol, Nerol
Estiramiento =C-H	3077,8	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β -Pineno, Mirceno
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2919,7	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β -Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,8	-CHO en aldehídos	Nonanal
Estiramiento C-H del aldehído	2356,5	Aldehídos	Nonanal
Estiramiento C=C	1643,0	C=C en alquenos	Limoneno, β -Pineno
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,4	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β -Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,9	Grupo isopropilo	Terpinen-4-ol β -Thujene γ -Terpinene
C-C-(O)-C (Acetatos)	1230,3	Grupo Ester	Neryl acetate Geranyl acetate
C-C-(O)-C (Estiramiento antisimétrico)	1153,2	Grupo Ester	Neryl acetate Geranyl acetate
Modo de respiración en anillo	1018,2	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β -Pineno, Bergamotene, α -Cadinol, Bisabolene, Caryophyllene oxide
Modo de respiración en anillo	952,6	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β -Pineno, Bergamotene, α -Cadinol, Bisabolene, Caryophyllene oxide
Deformación N-H	883,2	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil

Deformación fuera del plano C-H	798,3	CH=C en alquenos trisustituídos	Limoneno, β -Pineno, Bisabolene, Bergamotene
---------------------------------	-------	---------------------------------	--

Grupos funcionales replica 1 presentes en el aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra fresca extracción alcohol

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento -OH (Sólidos y Líquidos)	3382,5	Alcoholes primarios	Geraniol
Estiramiento =C-H	3073,9	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β -Pineno, Mirceno
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2919,7	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β -Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,8	-CHO en aldehídos	Nonanal
Estiramiento C-H del aldehído	2356,5	Aldehídos	Nonanal
Estiramiento C=C	1643,0	C=C en alquenos	Limoneno, β -Pineno α y β -Citral
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,4	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β -Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,9	Grupo isopropilo	Terpinen-4-ol γ -Terpinene
C-C-(O)-C (Acetatos)	1238,0	Grupo Ester	Neryl acetate Geranyl acetate
Estiramiento C-OH posición β	1149,3	Alcohol terciario posición β	Linalool
Estiramiento C-OH posición α	1052,9	Alcoholes primarios posición α	Geraniol
Deformación N-H	883,2	Amina monosustituída	Antranilato de metilo; N-metil
CH ₂ (La intensidad depende de la longitud de cadena)	798,3	CH=C en alquenos trisustituídos	Limoneno, β -Pineno

Grupos funcionales réplica 2 aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra fresca extracción etanol 70 %

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3073,98	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2915,84	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,85	-CHO en aldehídos	Nonanal
Estiramiento C-H del aldehído	2356,59	Aldehídos	Nonanal
Estiramiento C=C	1643,05	C=C en alquenos	Limoneno, β-Pineno α y β-Citral
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,49	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Terpinen-4-ol γ-Terpinene
C-C-(O)-C (Acetatos)	1241,93	Grupo Ester	Neryl acetate Geranyl acetate
Estiramiento C-OH posición β	1149,37	Alcohol terciario posición β	Linalool
Estiramiento C-OH posición α	1049,09	Alcoholes primarios posición α	Geraniol
Deformación N-H	887,095	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
CH ₂ (La intensidad depende de la longitud de cadena)	798,385	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β-Pineno

Grupos funcionales réplica 3 aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra fresca extracción etanol 70 %

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento =C-H	3077,83	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2915,84	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H	2730,71	-CHO en aldehídos	Nonanal

(Resonancia de Fermi)			
Estiramiento C-H del aldehído	1781,9	Aldehídos	Nonanal
Estiramiento C=C	1643,05	C=C en alquenos	Limoneno, β -Pineno α y β -Citral
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,49	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β -Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Terpinen-4-ol γ -Terpinene
C-C-(O)-C (Acetatos)	1238,08	Grupo Ester	Neryl acetate Geranyl acetate
Estiramiento C-OH posición β	1149,37	Alcohol terciario posición β	Linalool
Estiramiento C-OH posición α	1049,09	Alcoholes primarios posición α	Geraniol
Deformación N-H	887,095	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
CH ₂ (La intensidad depende de la longitud de cadena)	798,385	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β -Pineno

Grupos funcionales réplica 1 aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra seca extracción agua

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento -OH (Sólidos y Líquidos)	3413,39	Alcoholes primarios	Octanol, Nonanol, Geraniol
Estiramiento =C-H	3073,98	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β -Pineno, Mirceno
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2919,7	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β -Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2726,85	-CHO en aldehídos	Decanal
Estiramiento C-H del aldehído	2356,59	Aldehídos	Decanal
Estiramiento C=C	1643,05	C=C en alquenos	Limoneno, β -Pineno α y β -Citral
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,49	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β -Pineno

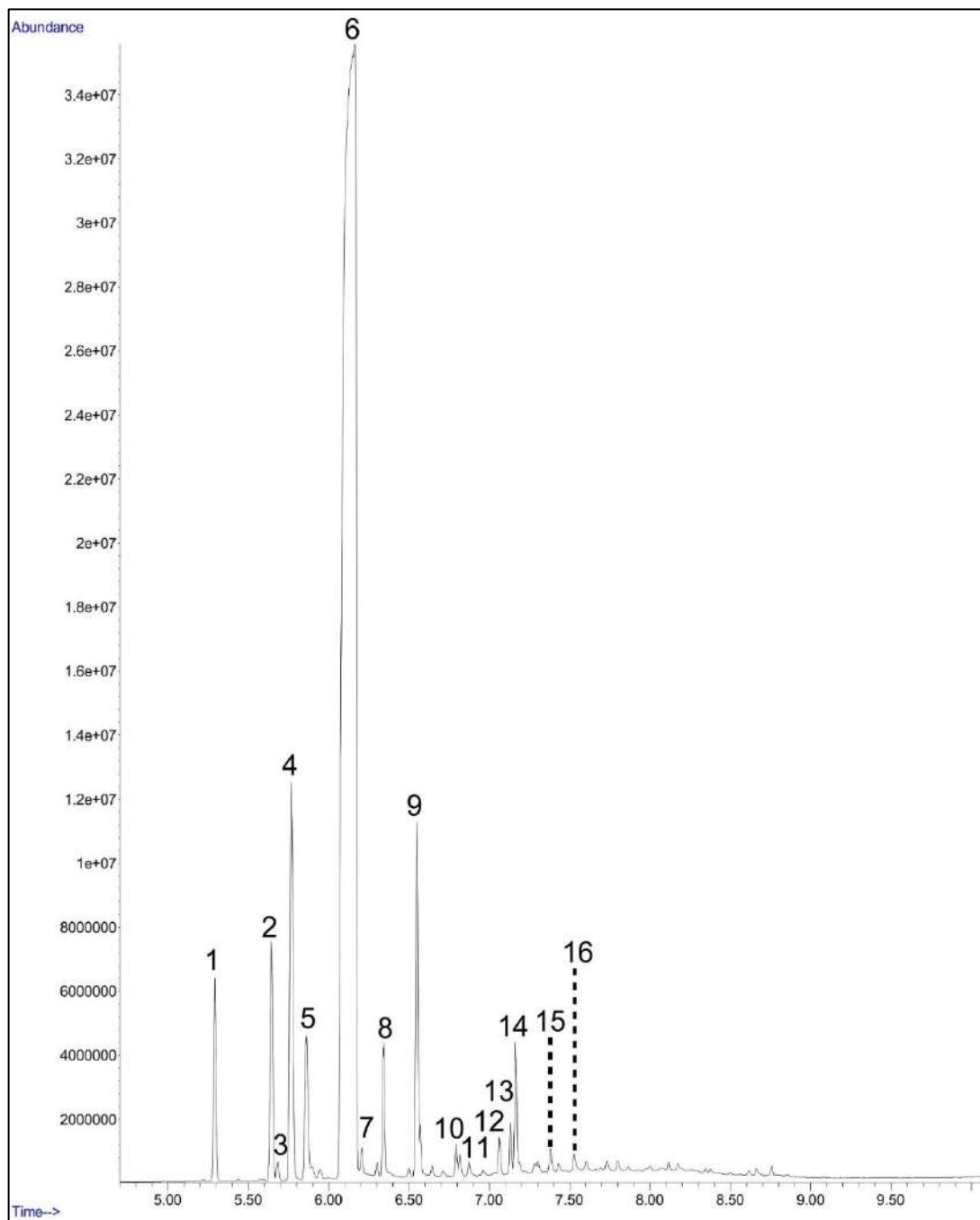
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,93	Grupo isopropilo	Terpinen-4-ol γ-Terpinene Sabinene
C-C-(O)-C (Acetatos)	1238,08	Grupo Ester	Neryl acetate Geranyl acetate
Estiramiento C-OH posición β	1149,37	Alcohol terciario posición β	Linalool
Modo de respiración en anillo	1018,23	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β-Pineno, Bergamotene, α-Cadinol, Bisabolene, Caryophyllene oxide
Deformación N-H	883,238	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
CH ₂ (La intensidad depende de la longitud de cadena)	798,385	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β-Pineno

Grupos funcionales replica 2 presentes en el aceite esencial de limón *Citrus aurantifolia* muestra seca extracción agua

VIBRACIÓN	NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	GRUPO Y CLASE	COMPUESTOS
Estiramiento -OH (Sólidos y Líquidos)	3613,9	Alcoholes primarios	Octanol, Nonanol, Geraniol
Estiramiento =C-H	3073,9	=CH en hidrocarburos aromáticos e insaturados	Limoneno, β-Pineno, Mirceno
CH (Estiramientos simétricos y antisimétricos)	2919,7	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos	Limoneno, β-Pineno
Sobre tono de flexión C-H (Resonancia de Fermi)	2723,0	-CHO en aldehídos	Decanal
Estiramiento C-H del aldehído	2360,4	Aldehídos	Decanal
Estiramiento C=C	1643,0	C=C en alquenos	Limoneno, β-Pineno α y β-Citral
Tijereo en el plano -CH ₂ -	1442,4	-CH ₂ -C=C- en ciclohexanos	Limoneno, β-Pineno
Deformaciones simétricas CH ₃ ; (dos bandas)	1376,9	Grupo isopropilo	Terpinen-4-ol γ-Terpinene Sabinene

C-C-(O)-C (Acetatos)	1238,8	Grupo Ester	Neryl acetate Geranyl acetate
Estiramiento C-OH posición β	1153,2	Alcohol terciario posición β	Linalool
Modo de respiración en anillo	1018,2	Anillo de carbono en compuestos cíclicos	Limoneno, β -Pineno, Bergamotene, α - Cadinol, Bisabolene, Caryophyllene oxide
Deformación N-H	887,0	Amina monosustituida	Antranilato de metilo; N-metil
CH ₂ (La intensidad depende de la longitud de cadena)	794,5	CH=C en alquenos trisustituidos	Limoneno, β -Pineno

**ANEXO N: CROMATOGRAMAS ACEITES ESENCIALES DE LAS DEMÁS
REPETICIONES**



Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja muestra fresca extracción por agua,

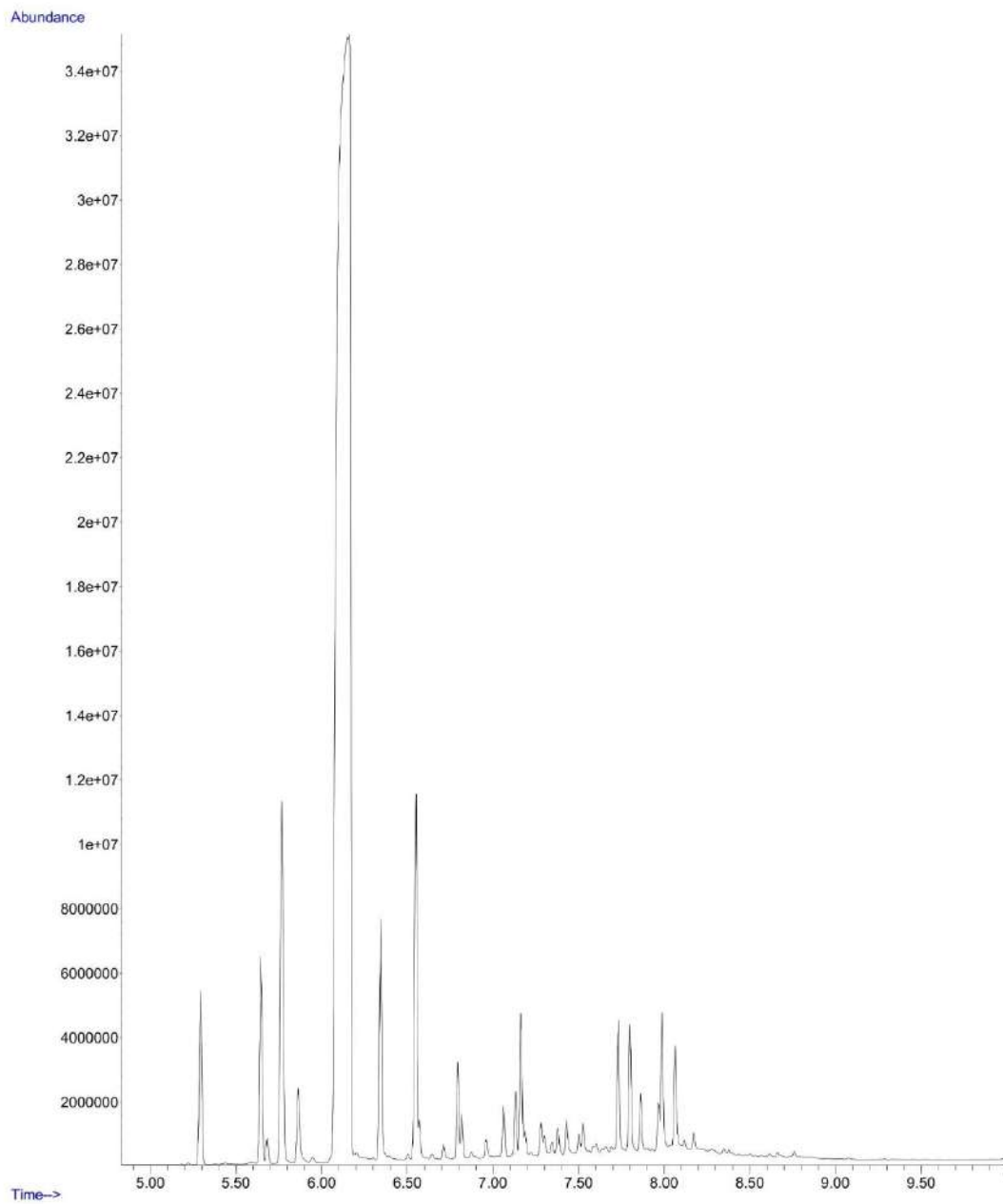
Replica 1

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Sustancias presentes aceite esencial de naranja muestra fresca extracción agua *Replica 1*

# PICO	Área%	t _R	Compuesto
1	2.46	5.295	α -Pinene, (D)
2	3.03	5.647	Sabinene
3	0.24	5.685	L- β -Pinene
4	6.39	5.770	β -Myrcene
5	2.51	5.863	Octanal
6	75.08	6.165	D-Limonene
7	0.37	6.208	δ -3-carene
8	1.57	6.344	1-Octanol
9	4.70	6.552	Linalool
10	0.33	6.796	cis-(-)-1,2-Epoxy-p-menth-8-ene
11	0.23	6.821	(E)-Limonene oxide
12	0.43	7.065	Terpinen-4-ol
13	0.53	7.134	α -Terpineol
14	1.54	7.167	Decanal
15	0.32	7.383	β -Citral
16	0.25	7.531	α -Citral

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

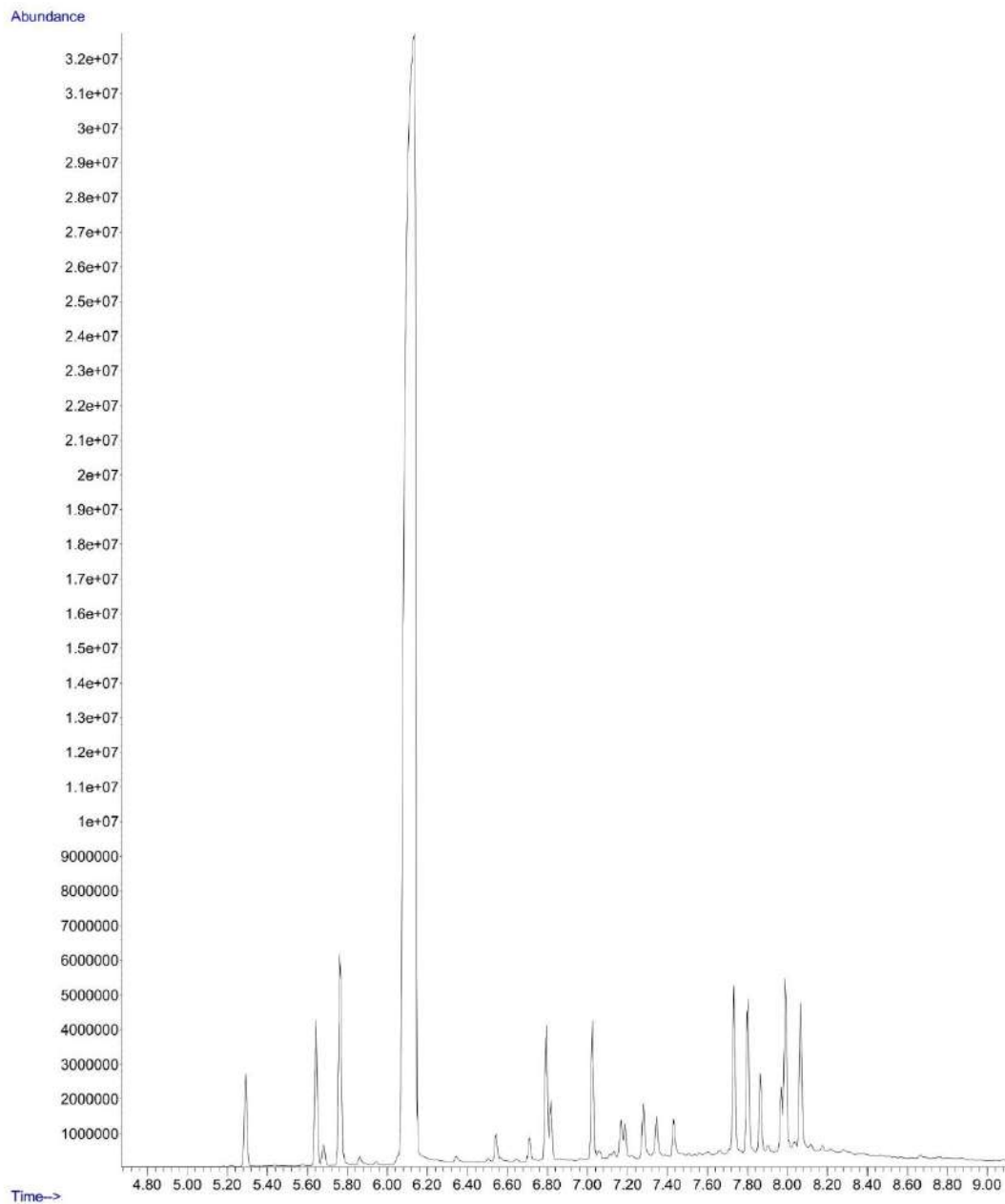


Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja muestra fresca extracción por agua,
Replica 3

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Sustancias presentes aceite esencial de naranja muestra fresca extracción agua *Replica 3*

# PICO	Área%	t _R	Compuesto
1	1.97	5.295	α -Pinene, (D)
2	2.46	5.647	Sabinene
3	0.32	5.685	L- β -Pinene
4	5.28	5.769	β -Myrcene
5	1.06	5.865	Octanal
6	68.91	6.160	D-Limonene
7	2.73	6.346	1-Octanol
8	4.58	6.552	Linalool
9	0.98	6.796	cis-(-)-1,2-Epoxy-p-menth-8-ene
10	0.43	6.820	(E)-Limonene oxide
11	0.52	7.065	Terpinen-4-ol
12	0.67	7.134	α -Terpineol
13	1.75	7.167	Decanal
14	0.58	7.283	cis-Carveol
15	0.33	7.382	β -Citral
16	0.44	7.432	L-Carvone
17	0.40	7.528	α -Citral
18	1.46	7.733	(1S,4R)-p-Mentha-2,8-diene, 1-Hydroperoxide
19	1.49	7.990	Hydroperoxide, (1R,4R)-1-methyl-4-(1-methylethenyl)-2-cyclohexen-1-yl



Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja muestra fresca extracción con alcohol, *Replica 1*

Realizado por: Cabezas, P., Noriega, J. 2022.

Sustancias presentes en el aceite esencial de naranja muestra fresca extracción con alcohol,
Replica 1

# PICO	Área%	t _R	Compuesto
1	1.53	5.294	α -Pinene, (D)
2	2.16	5.646	Sabinene
3	3.62	5.766	β -Myrcene
4	70.87	6.134	D-Limonene
5	0.55	6.546	Linalool
6	0.39	6.712	(E)-p-Menth-2,8-dien-1-ol
7	2.11	6.796	cis-(-)-1,2-Epoxy-p-menth-8-ene
8	0.83	6.820	(E)-Limonene oxide
9	1.80	7.028	Menthol
10	0.62	7.170	Perilla alcohol
11	0.60	7.190	Isopiperitenol B
12	0.97	7.283	cis-Carveol
13	0.83	7.348	Carveol
14	0.73	7.434	L-Carvone
15	2.62	7.736	(1S,4R)-p-Mentha-2,8-diene, 1-Hydroperoxide
16	3.69	7.992	Hydroperoxide, (1R,4R)-1-methyl-4-(1-methylethenyl)-2-cyclohexen-1-yl

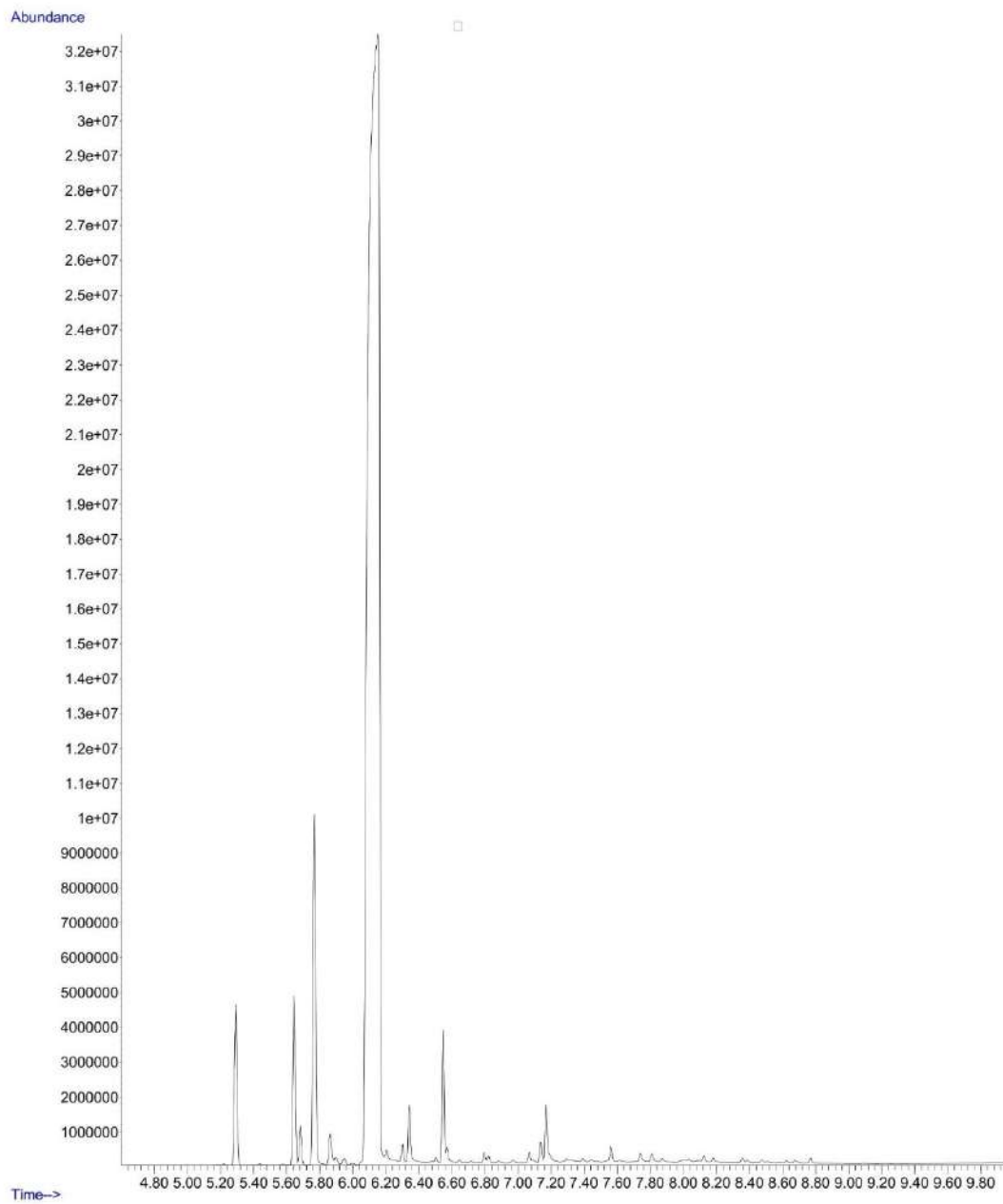


Figura 11: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja muestra fresca extracción con alcohol, *Replica 3*

Tabla: Sustancias presentes en el aceite esencial de naranja muestra fresca extracción con alcohol, *Replica 3*

# PICO	Área%	t _R	Compuesto
1	2.45	5.295	α -Pinene, (D)-
2	2.63	5.647	Sabinene
3	0,62	5.686	L- β -Pinene
4	6,44	5.770	β -Myrcene
5	0,59	5.865	Octanal
6	82,97	6.155	D-Limonene
7	0.95	6.344	1-Octanol
8	2,02	6.549	Linalool
9	0.30	7.139	α -Terpineol
10	1.02	7.171	Decanal

Tabla: Sustancias presentes en el aceite esencial de naranja muestra seca extracción con agua, *Replica 2*

# PICO	% Área	t _R	Compuesto
1	2.28	5.301	α -Pinene, (D)-
2	1.83	5.652	Sabinene
3	0.19	5.691	L- β -Pinene
4	6.08	5.774	β -Myrcene
5	1.51	5.866	Octanal
6	0.33	5.905	α -Fellandrene
7	80.65	6.151	D-Limonene
8	0.36	6.207	δ -3-carene
9	0.32	6.305	γ -Terpinene
10	1.14	6.346	1-Octanol
11	2.88	6.552	Linalool
12	0.44	7.071	Terpinen-4-ol
13	0.45	7.140	α -Terpineol
14	1.04	7.172	Decanal

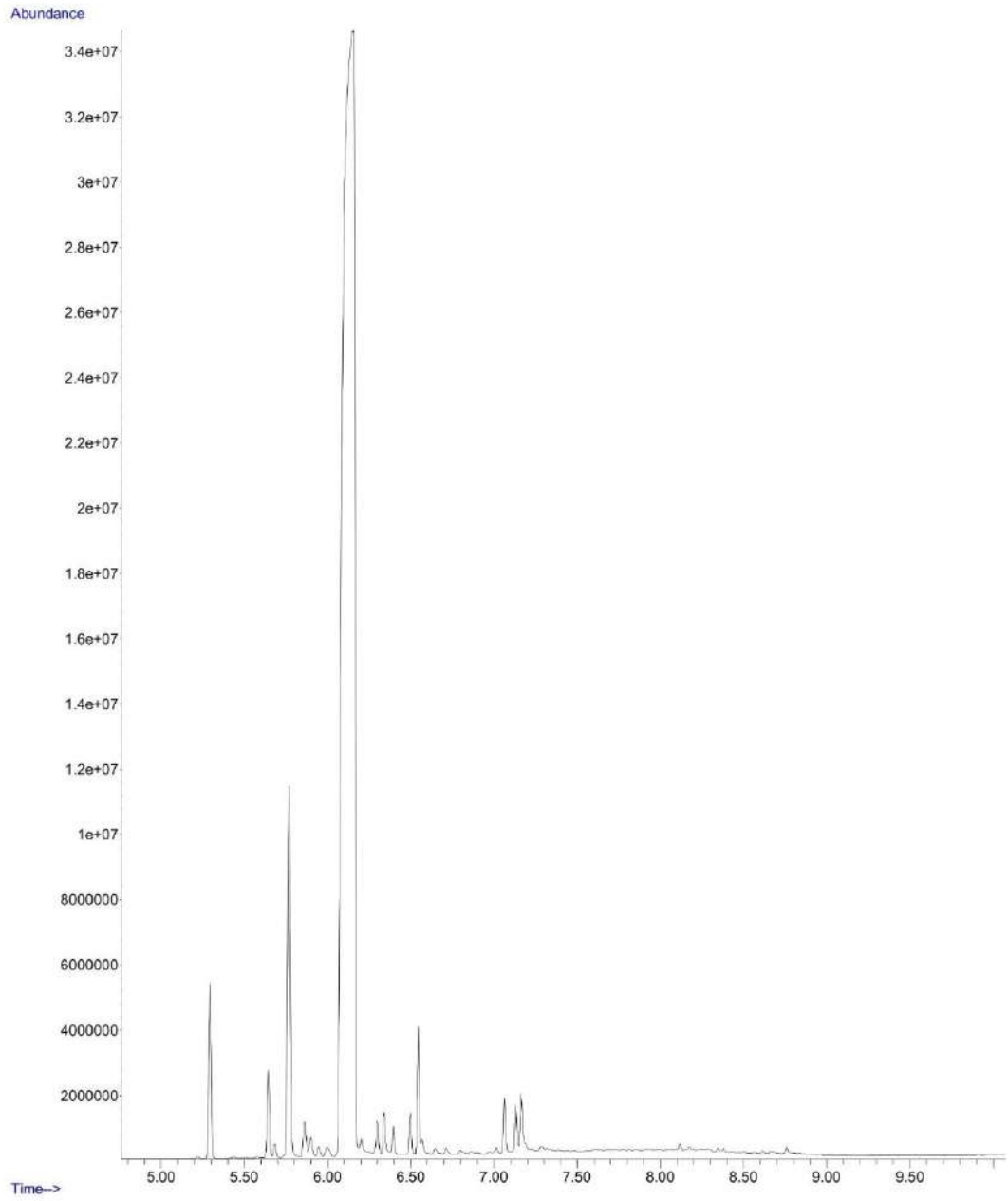


Figura 14: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja muestra seca extracción con agua, *Replica 3*

Tabla: Sustancias presentes en el aceite esencial de naranja muestra seca extracción con agua,
Replica 3

# PICO	Área%	t _R	Compuesto
1	2.53	5.295	α -Pinene, (D)-
2	1.25	5.647	Sabinene
3	0.22	5.685	L- β -Pinene
4	6.73	5.770	β -Myrcene
5	0.64	5.863	Octanal
6	0.39	5.900	α -Fellandrene
7	0.20	5.949	δ -3-carene
8	0.28	5.999	α -Terpinene
9	81.28	6.155	D-Limonene
10	0.47	6.205	δ 3-carene
11	0.51	6.301	γ -Terpinene
12	0.67	6.342	1-Octanol
13	0.52	6.501	cis-Linalool oxide
14	1.52	6.548	Linalool
15	0.19	6.571	Nonanal
16	0.70	7.066	Terpinen-4-ol
17	0.61	7.135	α -Terpineol
18	0.88	7.167	Decanal

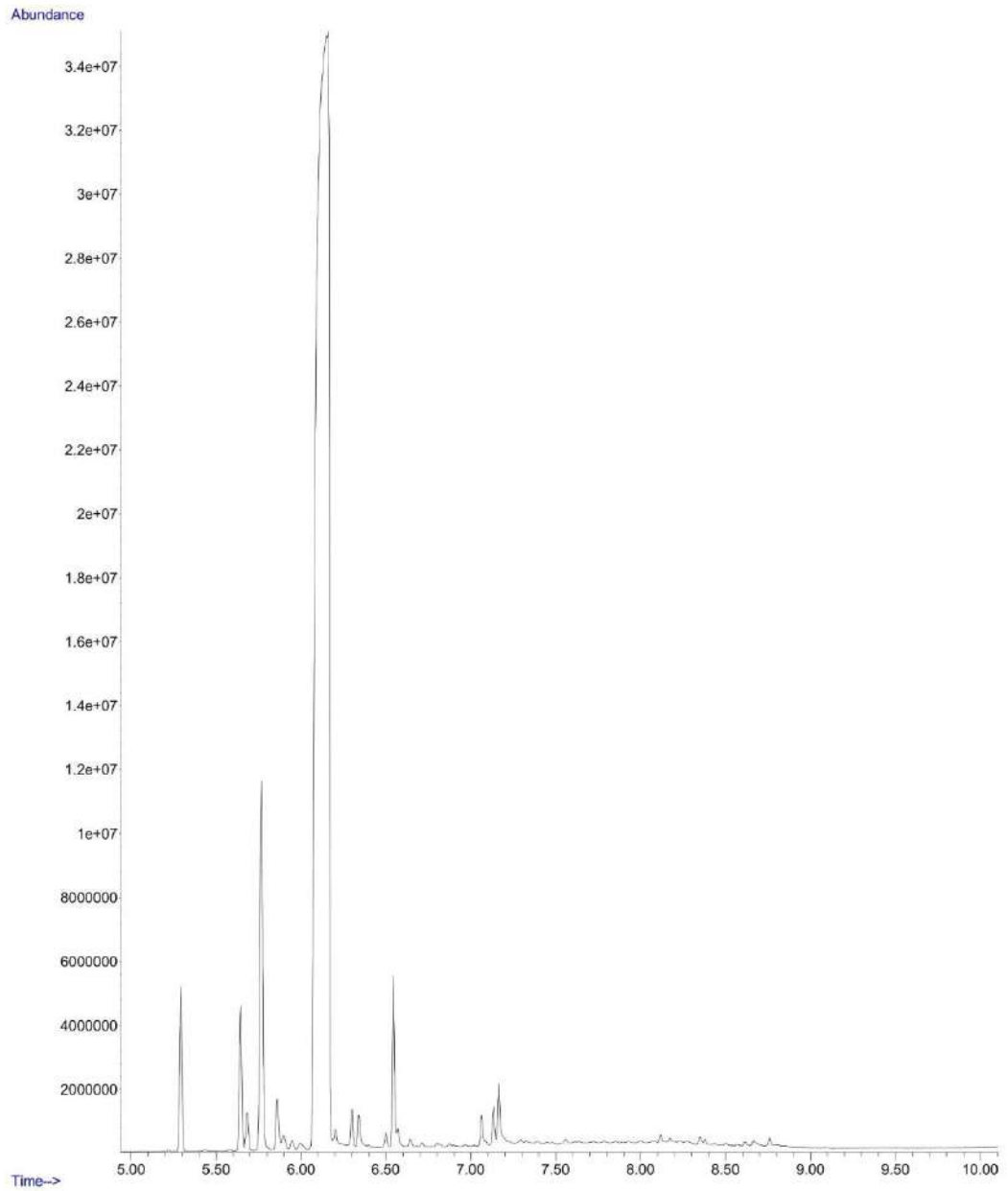


Figura 15: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja muestra seca extracción con alcohol, *Replica 1*

Tabla: Sustancias presentes en el aceite esencial de naranja muestra seca extracción con alcohol,
Replica 1

# PICO	Área%	t _R	Compuesto
1	2.32	5.295	α -Pinene, (D)-
2	2.06	5.647	Sabinene
3	0.59	5.685	L- β -Pinene
4	6.55	5.769	β -Myrcene
5	0.90	5.862	Octanal
6	0.30	5.899	α -Fellandrene
7	81.29	6.155	D-Limonene
8	0.43	6.206	δ 3-carene
9	0.53	6.302	γ -Terpinene
10	0.46	6.342	1-Octanol
11	0.19	6.502	p-Mentha-2,4(8)-diene
12	2.05	6.548	Linalool
13	0.22	6.571	Nonanal
14	0.44	7.065	Terpinen-4-ol
15	0.48	7.135	α -Terpineol
16	0.92	7.167	Decanal
17	0.10	8.762	β -Cadinene, (-)-

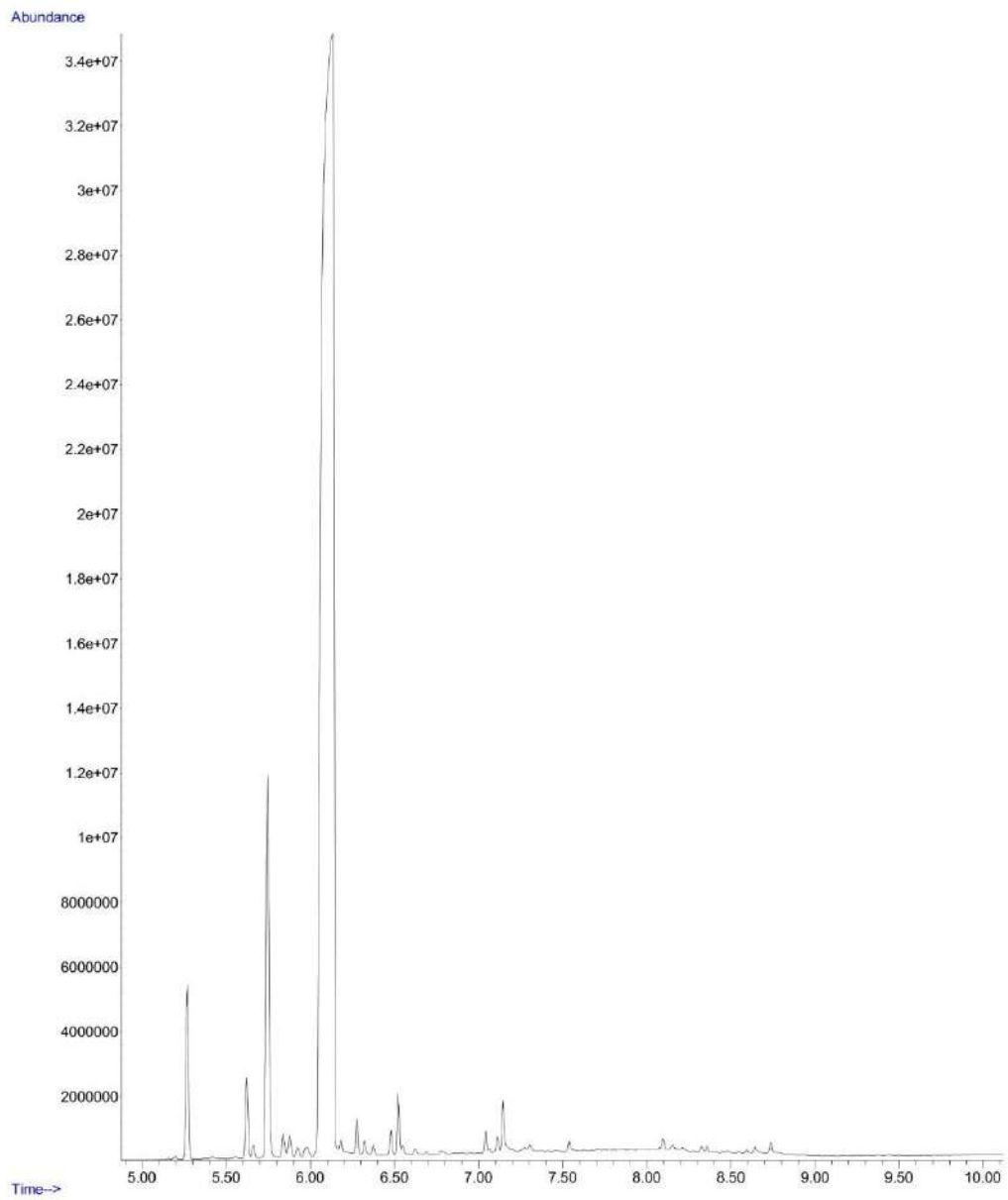


Figura 17: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja muestra seca extracción con alcohol, *Replica 3*

Tabla: Sustancias presentes en el aceite esencial de naranja muestra seca extracción con alcohol,
Replica 3

# PICO	t _R	% Área	Compuesto
1	5.270	2.70	α -Pinene, (D)-
2	5.623	1.19	Sabinene
3	5.661	0.21	L- β -Pinene
4	5.747	7.04	β -Myrcene
5	5.841	0.41	Octanal
6	5.878	0.42	α -Fellandrene
7	6.131	83.53	D-Limonene
8	6.184	0.41	δ -3-carene
9	6.279	0.50	γ -Terpinene
10	6.322	0.20	1-Octanol
11	6.481	0.36	p-Mentha-2,4(8)-diene
12	6.525	0.91	Linalool
13	7.044	0.31	Terpinen-4-ol
14	7.114	0.25	α -Terpineol
15	7.147	0.92	Decanal
16	7.540	0.18	α -Citral
17	8.099	0.16	α -Copaene
18	8.740	0.29	β -Cadinene, (-)-

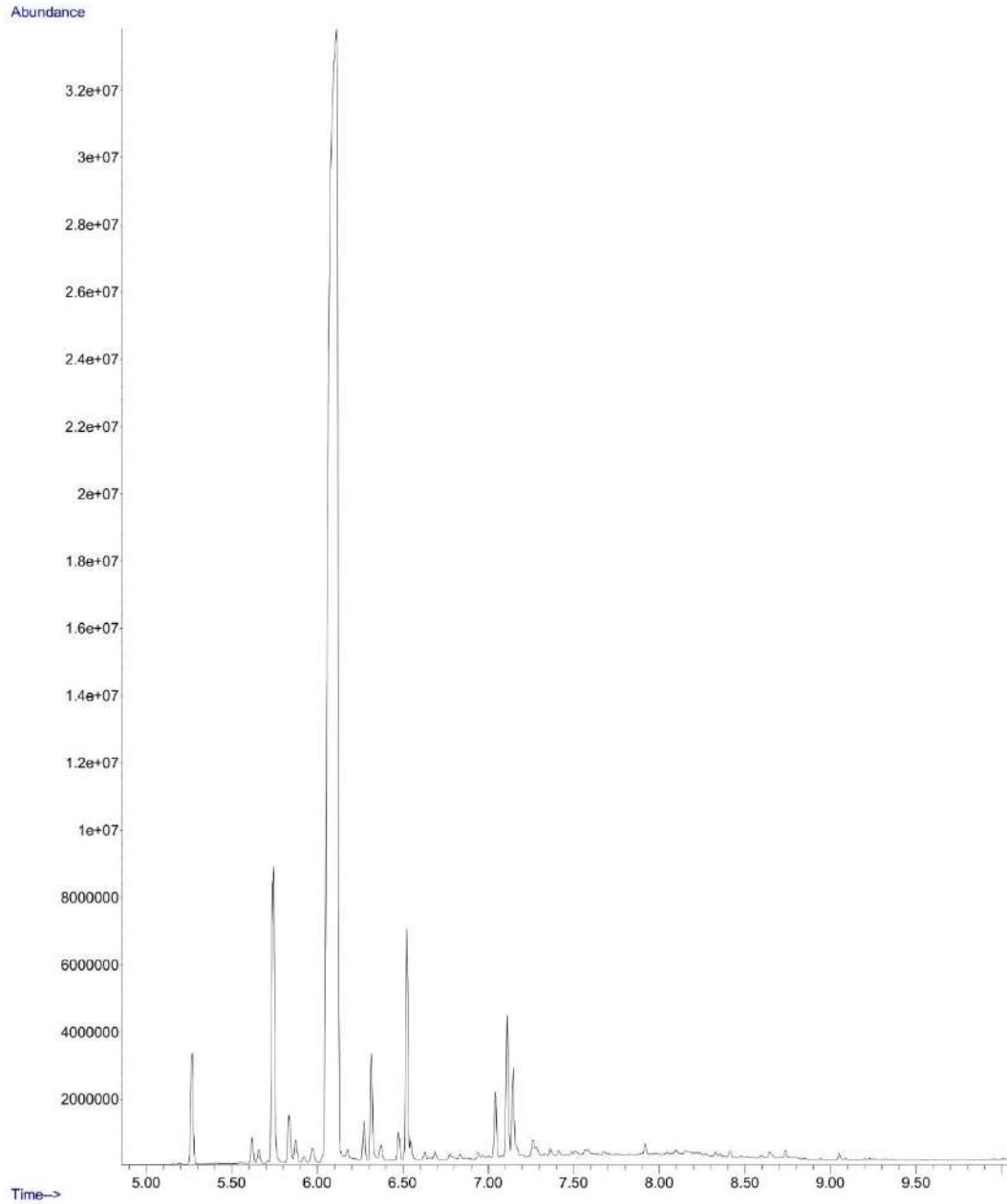


Figura 19: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja muestra liofilizada extracción con agua, *Replica 3*

Tabla: Sustancias presentes en el aceite esencial de naranja muestra liofilizada extracción con agua, *Replica 3*

# PICO	% Área	t _R	Compuesto
1	2.05	5.270	α -Pinene, (D)-
2	0.43	5.623	Sabinene
3	0.25	5.661	L- β -Pinene
4	5.85	5.745	β -Myrcene
5	0.91	5.838	Octanal
6	0.47	5.876	α -Fellandrene
7	0.36	5.973	α -Terpinene
8	76.76	6.113	D-Limonene
9	0.56	6.275	γ -Terpinene
10	1.84	6.319	1-Octanol
11	0.30	6.374	cis-Linalool oxide
12	0.46	6.478	p-Mentha-2,4(8)-diene
13	4.02	6.526	Linalool
14	1.20	7.043	Terpinen-4-ol
15	2.32	7.113	α -Terpineol
16	1.70	7.146	Decanal
17	0.53	7.263	cis-Carveol

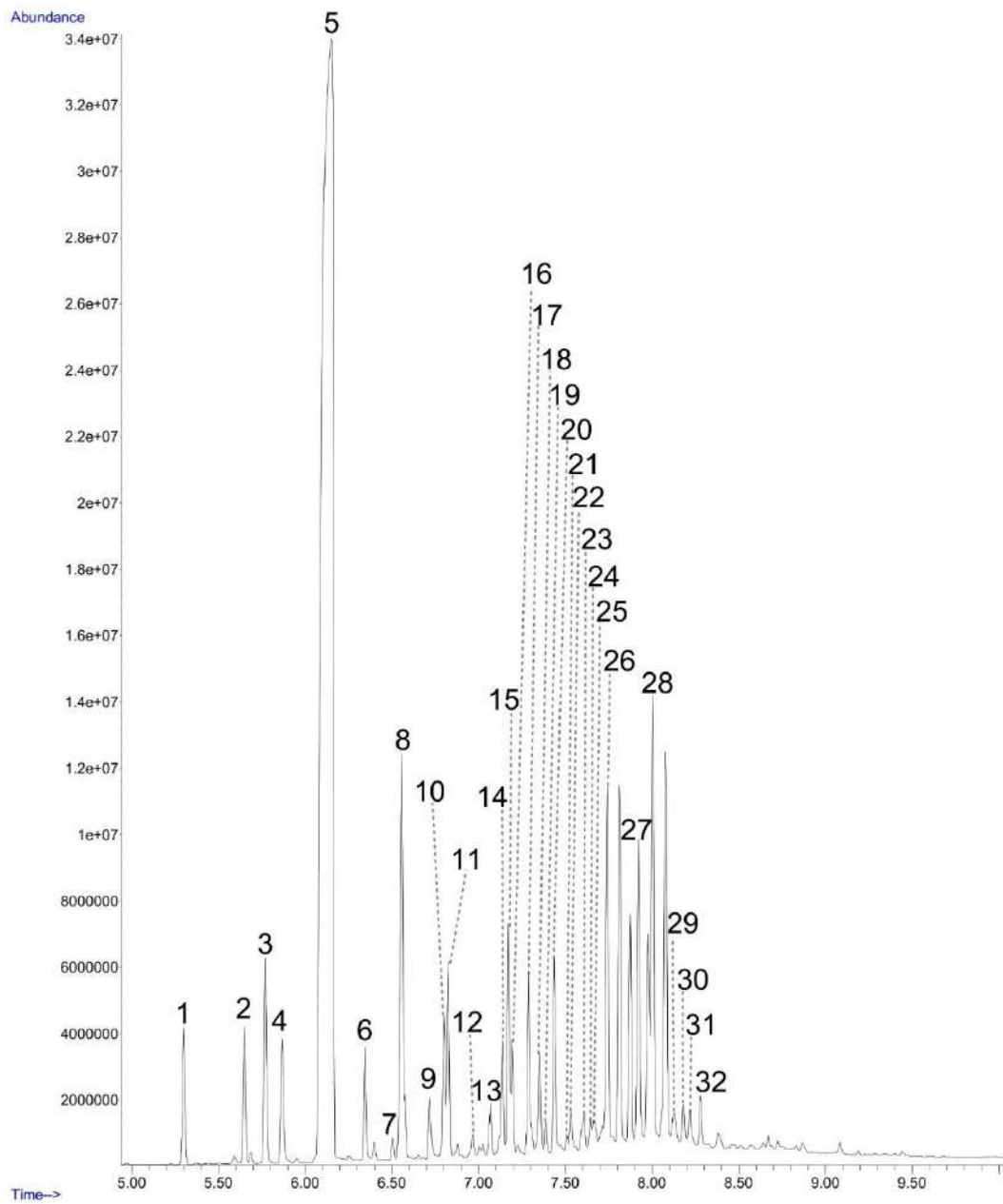


Figura 17: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja muestra liofilizada extracción con agua, *Replica 1*

Tabla: Sustancias presentes en el aceite esencial de naranja muestra liofilizada extracción con agua, *Replica 1*

# PICO	% Área	t _R	Compuesto
1	1.25	5.301	α -Pinene, (D)-
2	1.19	5.652	Sabinene
3	2.14	5.772	β -Myrcene
4	1.37	5.870	Octanal
5	46.37	6.151	D-Limonene
6	0.97	6.346	1-Octanol
7	0.21	6.507	cis-Linalool oxide
8	4.75	6.558	Linalool
9	0.66	6.720	(E)-p-Menth-2,8-dien-1-ol
10	1.37	6.803	cis-(-)-1,2-Epoxy-p-menth-8-ene
11	1.61	6.826	(E)-Limonene oxide
12	0.27	6.967	1-Nonanol
13	0.52	7.069	Terpinen-4-ol
14	1.13	7.141	α -Terpineol
15	2.12	7.173	Decanal
16	0.87	7.196	(-)-cis-Isopiperitenol
17	1.70	7.290	cis-Carveol
18	0.95	7.354	Carveol
19	0.28	7.388	β -Citral
20	1.79	7.439	L-Carvone
21	0.15	7.511	β -Citronellal
22	0.44	7.534	Citral
23	0.50	7.608	(4S)-p-Mentha-1,8-dien-7-al
24	0.28	7.647	(E)-Tetradec-2-enal
25	0.43	7.666	(S)-(-)-(4-Isopropenyl-1-cyclohexenyl) methanol
26	4.15	7.744	(1S,4R)-p-Mentha-2,8-diene, 1-Hydroperoxide
27	3.22	7.925	Limonene-1,2-diol
28	4.92	8.006	Hydroperoxide, (1S,4R)-1-methyl-4-(1-methylethenyl)-2-cyclohexen-1-yl
29	0.58	8.128	Cubenol
30	0.45	8.183	6-epi-Shyobunol
31	0.42	8.220	p-Mentha-1,8-dien-7-ol
32	0.42	8.283	1-Isopropenyl-3-propenylcyclopentane

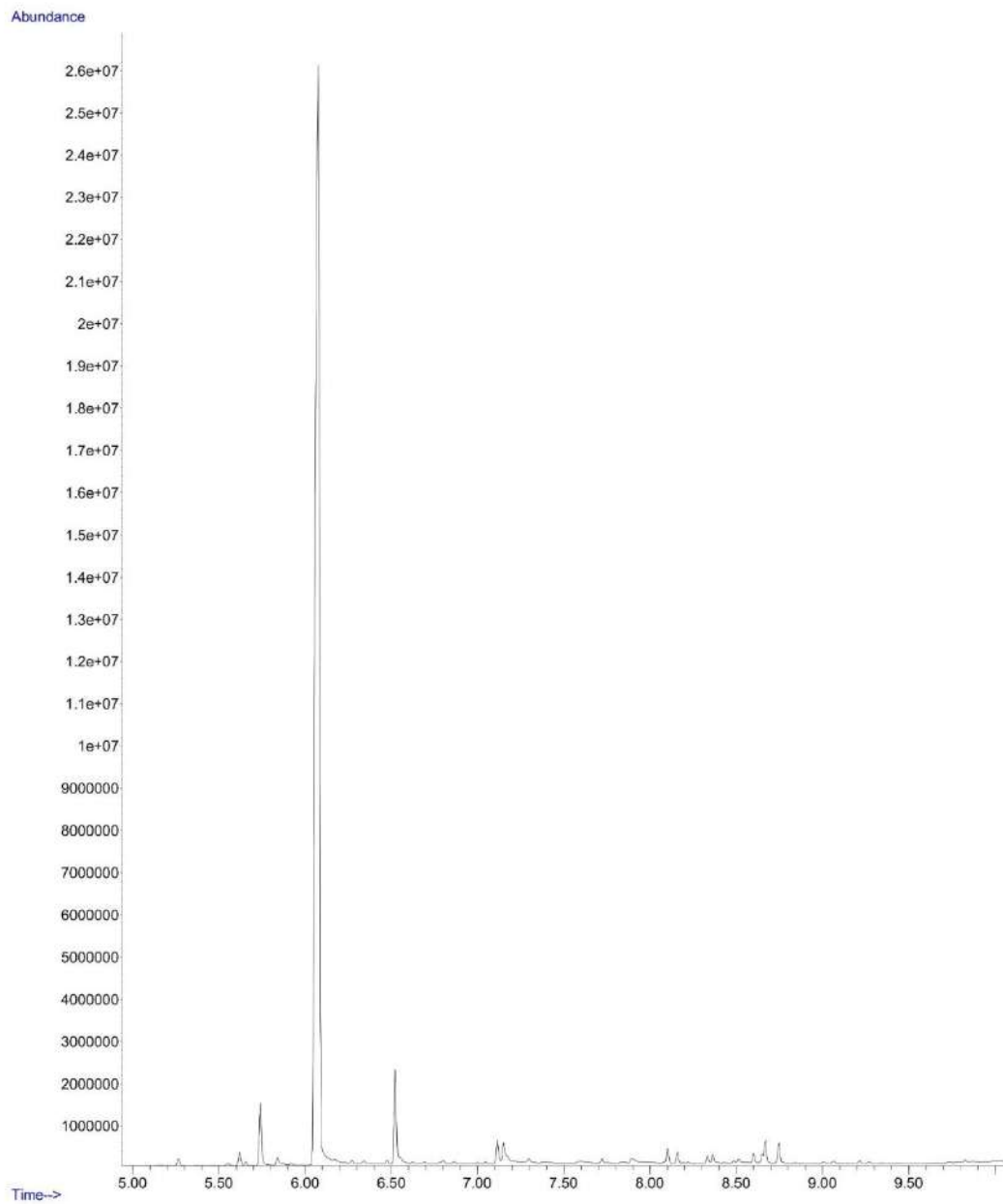


Figura 20: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja extracción con éter etílico, *Replica 1*

Tabla: Sustancias presentes en el aceite esencial de naranja extracción con éter etílico, *Replica 1*

# PICO	% Área	t _R	Compuesto
1	0.52	5.622	Sabinene
2	2.65	5.742	β-Myrcene
3	87.01	6.077	D-Limonene
4	4.03	6.525	Linalool
5	1.03	7.118	α-Terpineol
6	1.49	7.154	Decanal
7	0.59	8.104	α-Copaene
8	0.41	8.161	β-Copaene
9	1.36	8.671	Butylated Hydroxytoluene
10	0.90	8.749	β-Cadinene, (-)-

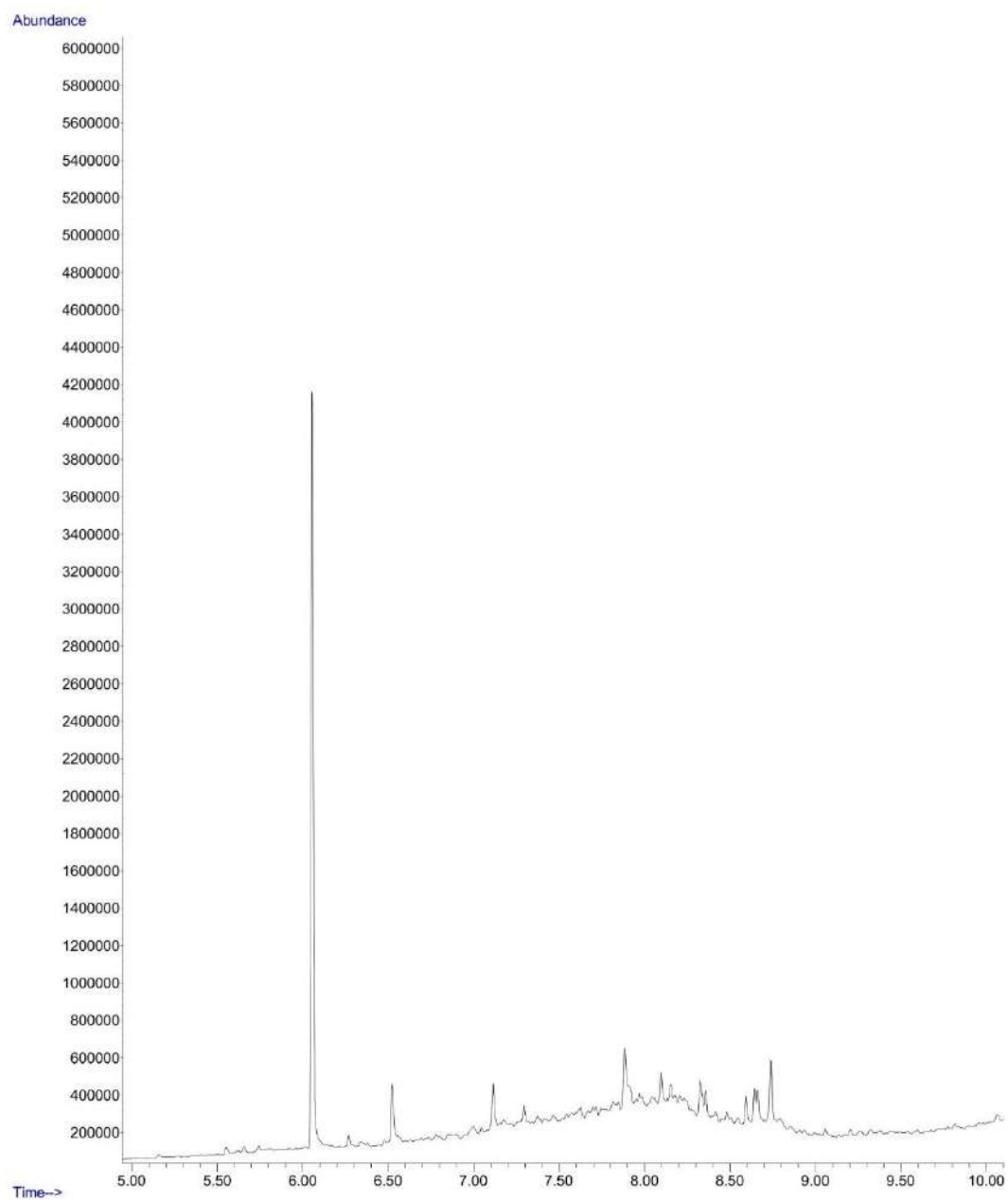


Figura 22: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de naranja extracción con éter etílico, *Replica 3*

Tabla: Sustancias presentes en el aceite esencial de naranja extracción con éter etílico, *Replica 3*

# PICO	% Área	t _R	Compuesto
1	72.66	6.058	D-Limonene
2	7.44	6.527	Linalool
3	4.51	7.116	α -Terpineol
4	9.39	7.887	Hydroperoxide, (1R,4R)-1-methyl-4-(1-methylethenyl)-2-cyclohexen-1-yl
5	6.00	8.741	β -Cadinene, (-)-

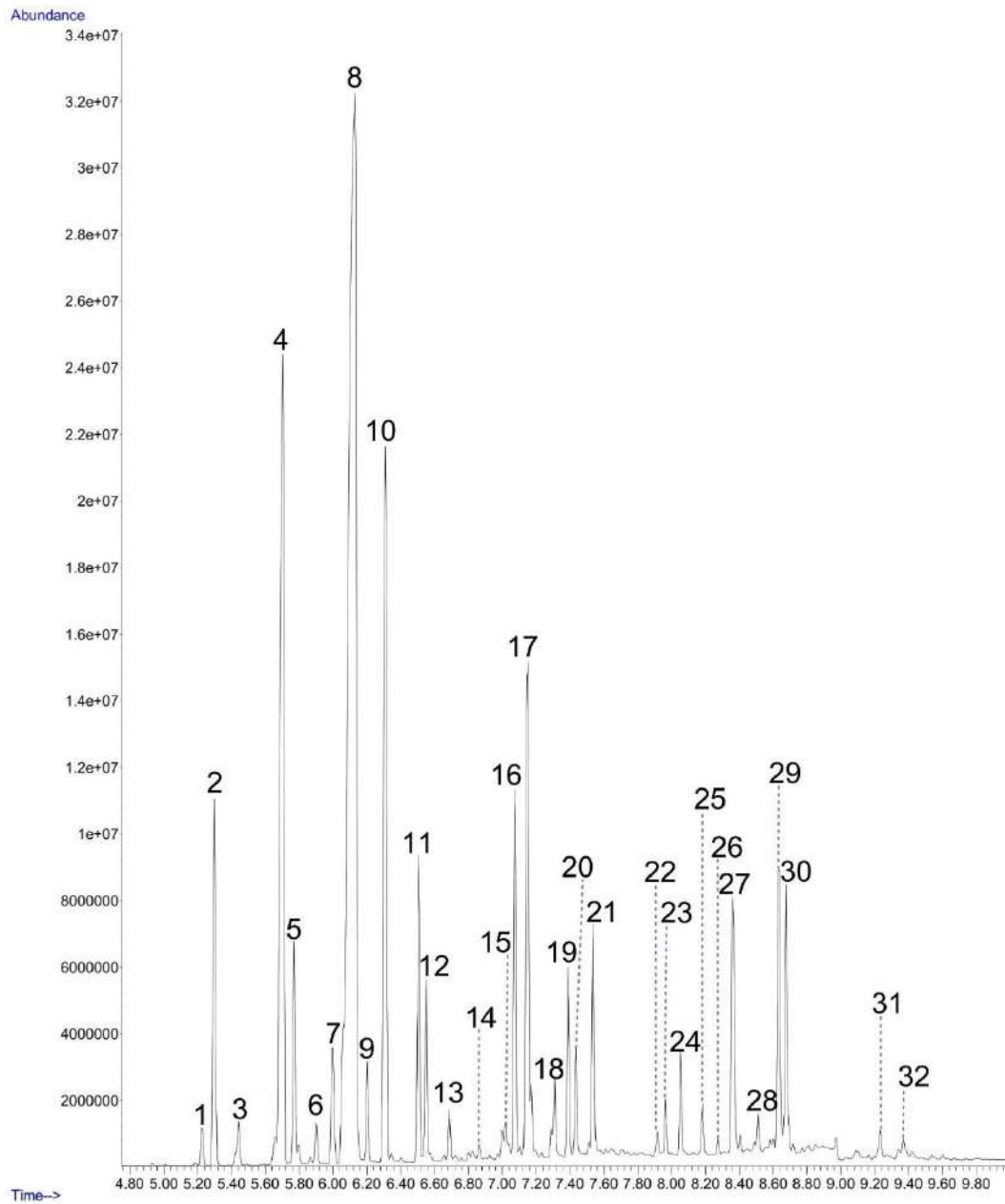


Figura 25: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de limón muestra fresca extracción con agua, *Replica 2*

Tabla: Sustancias presentes en el aceite esencial de limón muestra fresca extracción con agua, *Replica 2*

# PICO	% Área	t _R	Compuesto
1	0.38	5.227	β-Thujene
2	3.76	5.301	α-Pinene, (D)-
3	0.51	5.444	Camphene
4	13.40	5.705	L-β-Pinene
5	2.33	5.772	β-Myrcene
6	0.44	5.903	α-Fellandrene
7	1.42	5.999	α-Terpinene
8	34.39	6.131	D-Limonene
9	0.84	6.203	β-Ocimene
10	8.87	6.311	γ-Terpinene
11	2.69	6.508	α- Terpinolen
12	1.67	6.552	Linalool
13	0.44	6.690	Fenchol
14	0.15	6.865	Dihydrocarveole
15	0.72	7.020	endo-Borneol
16	3.57	7.076	Terpinen-4-ol
17	6.50	7.150	α-Terpineol
18	1.00	7.311	Nerol
19	1.60	7.391	β-Citral
20	1.01	7.437	Geraniol
21	2.25	7.538	α-Citral
22	0.25	7.918	δ-Elemene
23	0.50	7.968	Neryl acetate
24	0.85	8.055	Geranyl acetate
25	0.45	8.186	β-Elemene
26	0.12	8.277	cis-α-Bergamotene
27	3.39	8.364	β-Caryophyllene
28	0.42	8.514	Humulene
29	2.97	8.634	α-Farnesene
30	2.37	8.678	β-Bisabolene
31	0.36	9.235	Isospathulenol
32	0.23	9.371	Neointermedeol

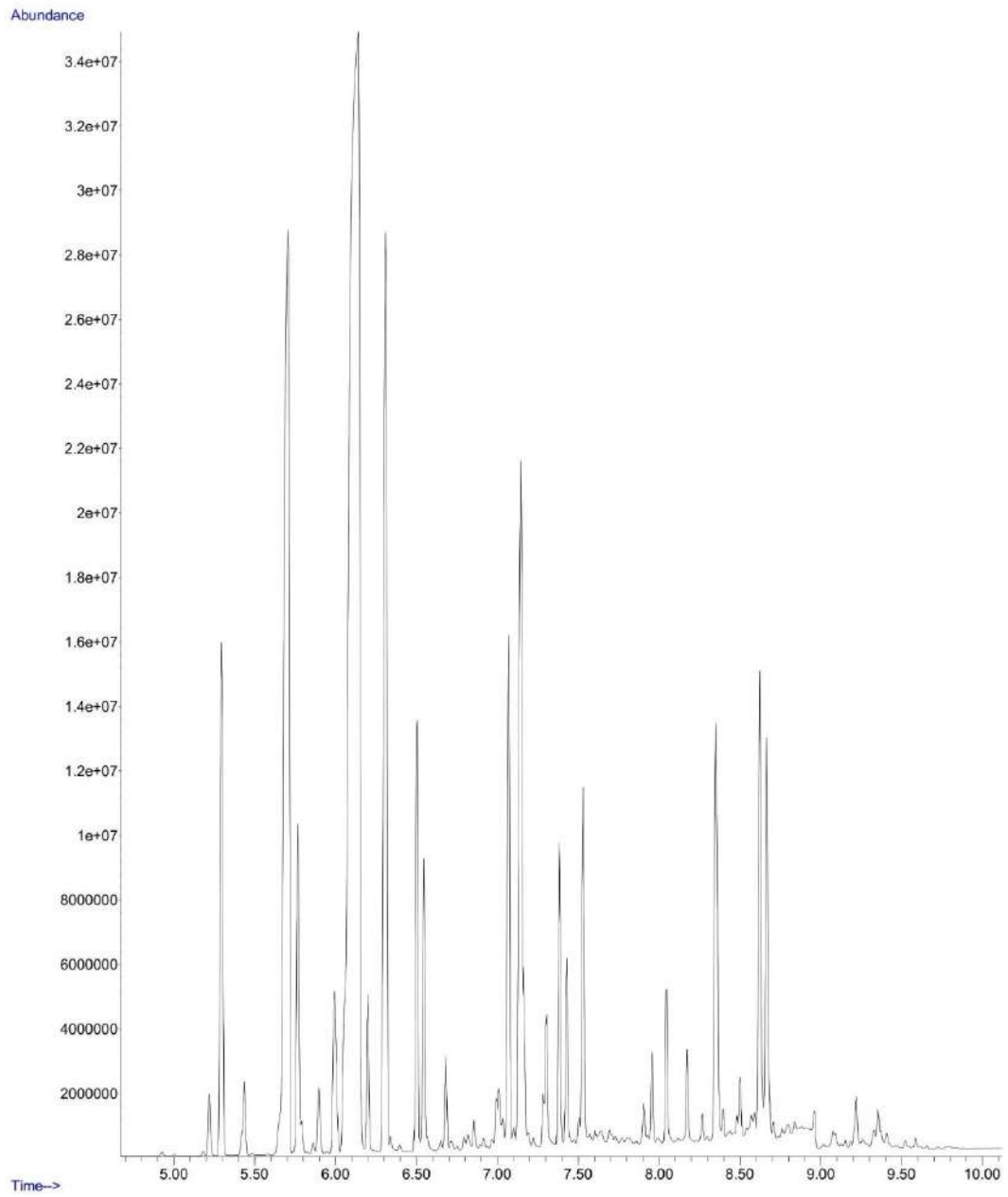


Figura 26: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de limón muestra fresca extracción con agua, *Replica 3*

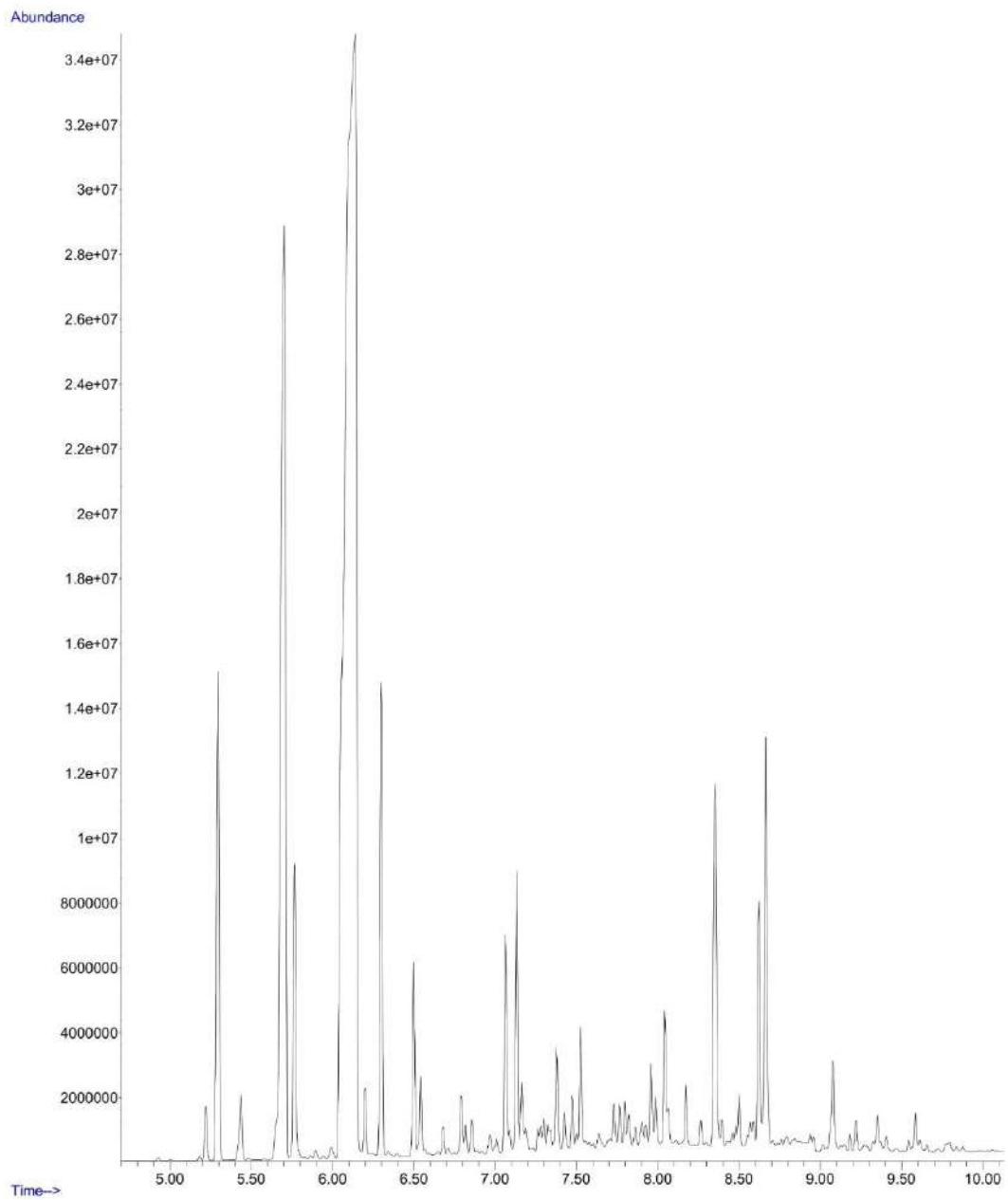


Figura 27: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de limón muestra fresca solvente alcohol, Replica 1

Tabla: Sustancias presentes en el aceite esencial de limón muestra fresca solvente alcohol, Replica 1

# PICO	% Área	t _R	Compuesto
1	0.46	5.221	β-Thujene
2	4.36	5.296	α-Pinene, (D)-
3	0.63	5.438	Camphene
4	15.69	5.705	L-β-Pinene
5	2.70	5.767	β-Myrcene
6	46.12	6.140	D-Limonene
7	0.52	6.201	β-cis-Ocimene
8	3.85	6.301	γ-Terpinene
9	1.34	6.500	α-Terpinolen
10	0.73	6.544	Linalool
11	0.24	6.682	Fenchol
12	0.47	6.794	cis-(-)-1,2-Epoxy-p-menth-8-ene
13	0.30	6.858	Dihydrocarveole
14	1.79	7.065	Terpinen-4-ol
15	2.08	7.135	α-Terpineol
16	0.78	7.166	Decanal
17	0.81	7.381	β-Citral
18	0.32	7.428	Geraniol
19	0.41	7.476	α-Terpineol
20	1.09	7.527	α-Citral
21	0.51	7.732	(1S,4R)-p-Mentha-2,8-diene, 1-Hydroperoxide
22	0.36	7.767	Sabinol
23	0.33	7.800	Hydroperoxide, (1S,4R)-1-methyl-4-(1-methylethenyl)-2-cyclohexen-1-yl
24	0.64	7.959	Neryl acetate
26	1.28	8.045	Geranyl acetate
7	0.45	8.174	β-Elemene
28	3.94	8.355	β-Caryophyllene
29	0.61	8.502	Humulene
30	1.89	8.623	α-Farnesene
31	3.19	8.666	β-Bisabolene
32	0.86	9.079	Caryophyllene oxide
33	0.23	9.222	Isospathulenol
34	0.41	9.355	Neointermedeol
35	0.20	9.587	Isoaromadendrene epoxide

Tabla: Sustancias presentes en el aceite esencial de limón muestra fresca extracción con agua, *Replica 3*

# PICO	% Área	t _R	Compuesto
1	0.43	5.221	β-Thujene
2	3.77	5.297	α-Pinene, (D)-
3	0.58	5.438	Camphene
4	12.76	5.705	L-β-Pinene
5	2.49	5.769	β-Myrcene
6	0.51	5.899	α-Fellandrene
7	1.60	5.995	α-Terpinene
8	31.24	6.140	D-Limonene
9	1.05	6.202	β-cis-Ocimene
10	8.44	6.311	γ-Terpinene
11	0.13	6.342	1-Octanol
12	2.75	6.503	α- Terpinolen
13	1.81	6.548	Linalool
14	0.51	6.684	Fenchol
15	0.19	6.858	Dihydrocarveole
16	0.87	7.013	endo-Borneol
17	3.62	7.071	Terpinen-4-ol
18	6.66	7.147	α-Terpineol
19	1.17	7.305	Nerol
20	1.72	7.385	β-Citral
21	1.14	7.431	Geraniol
22	2.38	7.532	α-Citral
23	0.30	7.908	δ-Elemene
24	0.52	7.958	Neryl acetate
25	0.96	8.047	Geranyl acetate
26	0.52	8.175	β-Elemene
27	0.15	8.268	cis-α-Bergamotene
28	3.48	8.354	β-Caryophyllene
29	0.52	8.503	Humulene
30	0.22	8.573	Naphthalene, decahydro-4a-methyl-1-methylene-7-(1-methylethylidene)-, (4aR-trans)-
31	0.15	8.591	Isocaryophyllene
32	3.11	8.624	α-Farnesene
33	2.54	8.667	β-Bisabolene
34	0.05	8.841	Elixene
35	0.22	8.960	Germacrene B
36	0.22	9.079	Caryophylleno-oxide
37	0.40	9.222	Isospathulenol
38	0.10	9.330	α-Cadinol
39	0.28	9.356	Neointermedeol

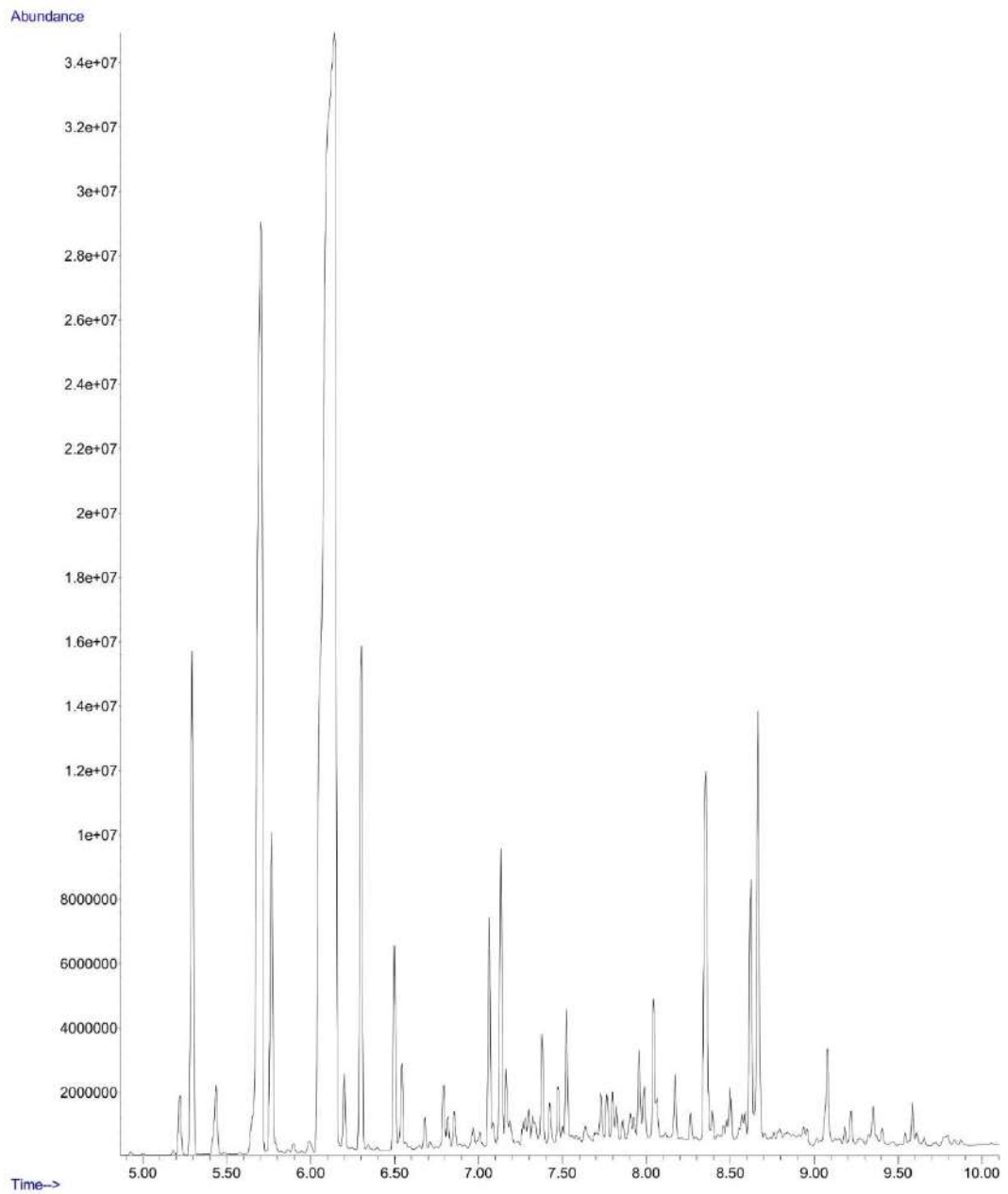


Figura 29: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de limón muestra fresca solvente alcohol, *Replica 3*

Tabla: Sustancias presentes en el aceite esencial de limón muestra fresca solvente alcohol, Replica 3

# PICO	% Área	t _R	Compuesto
1	0.47	5.222	β-Thujene
2	4.32	5.296	α-Pinene, (D)-
3	0.63	5.438	Camphene
4	15.49	5.705	L-β-Pinene
5	2.67	5.768	β-Myrcene
6	44.95	6.143	D-Limonene
7	0.53	6.201	β-cis-Ocimene
8	3.78	6.302	γ-Terpinene
9	1.36	6.501	α- Terpinolen
10	0.73	6.545	Linalool
11	0.24	6.682	Fenchol
12	0.47	6.794	cis-(-)-1,2-Epoxy-p-menth-8-ene
13	0.26	6.858	Dihydrocarveole
14	1.79	7.066	Terpinen-4-ol
15	2.08	7.136	α-Terpineol
16	0.78	7.166	Decanal
17	0.24	7.301	cis-Geraniol
18	0.83	7.381	β-Citral
19	0.33	7.428	Geraniol
20	0.41	7.476	L-α-Terpineol
21	1.05	7.527	α-Citral
22	0.54	7.732	(1S,4R)-p-Mentha-2,8-diene, 1-Hydroperoxide
23	0.38	7.767	Sabinol
24	0.35	7.800	Hydroperoxide, (1S,4R)-1-methyl-4-(1-methylethenyl)-2-cycloexen-1-yl
25	0.27	7.824	(-)-Myrtenol
26	0.88	7.959	Neryl acetate
27	0.45	7.989	Acetamide, N-phenyl-
28	1.34	8.046	Geranyl acetate
29	0.47	8.174	β-Elemene
30	3.98	8.355	β-Caryophyllene
31	0.64	8.502	Humulene
32	1.94	8.623	α-Farnesene
33	3.17	8.667	β-Bisabolene
34	0.89	9.079	Caryophyllene oxide
35	0.25	9.222	Isospathulenol
36	0.43	9.354	(-)-Globulol
37	0.21	9.587	Isoaromadendrene epoxide

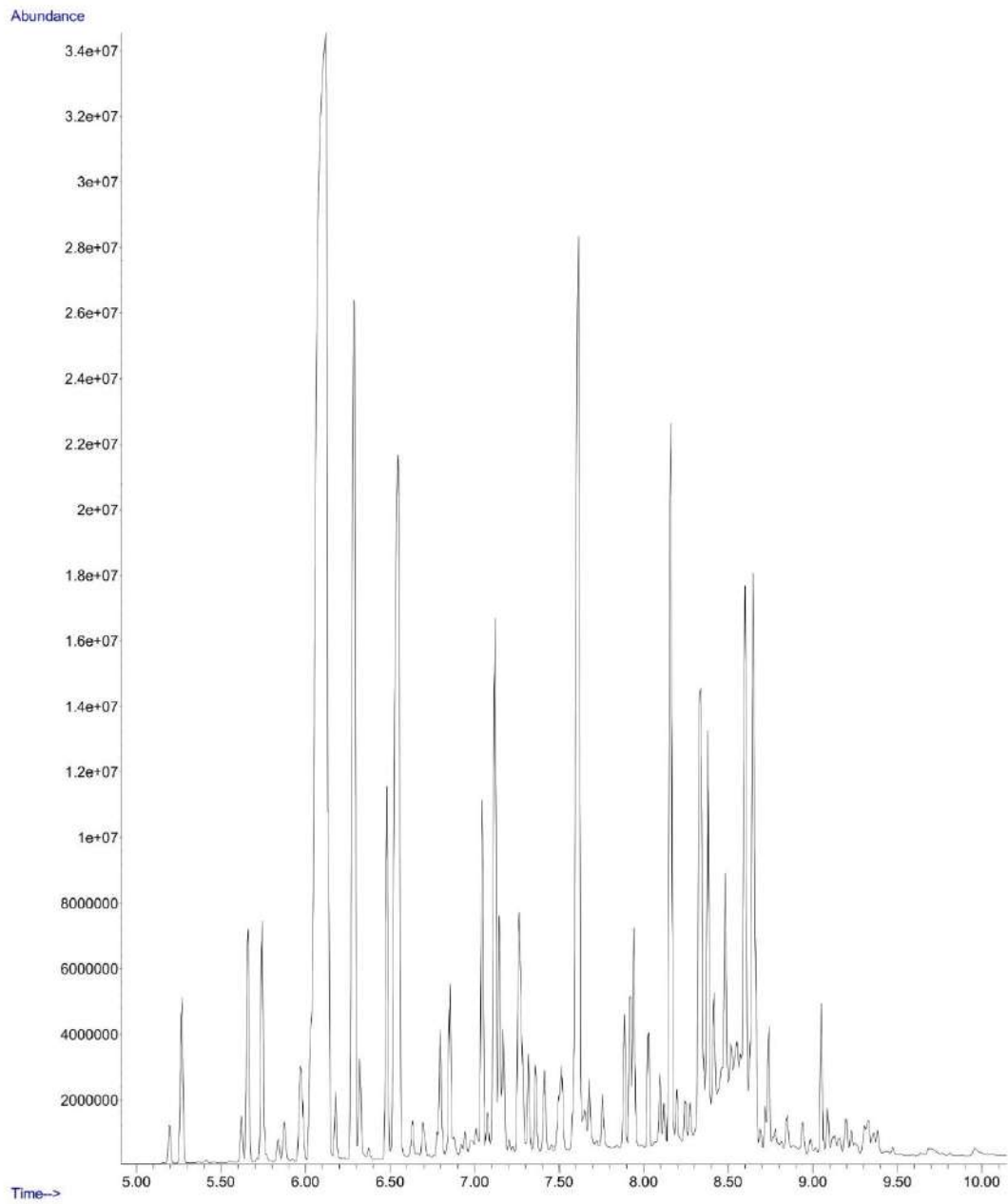


Figura 31: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de limón muestra seca extracción con agua, *Replica 2*

Tabla: Sustancias presentes en el aceite esencial de limón muestra seca extracción con agua, *Replica 2*

# PICO	% Área	t _R	Compuesto
1	0.18	5.197	β-Thujene
2	0.76	5.270	α-Pinene, (D)-
3	0.21	5.623	Sabinene
4	1.11	5.661	L-β-Pinene
5	1.21	5.745	β-Myrcene
6	0.21	5.877	α-Fellandrene
7	0.67	5.974	α-Terpinene
8	22.92	6.117	D-Limonene
9	0.26	6.180	β-cis-Ocimene
10	5.50	6.289	γ-Terpinene
11	0.43	6.323	1-Octanol
12	1.85	6.483	α-Terpinolen
13	6.94	6.548	Linalool
14	3.11	6.636	1,3,8-p-Menthatriene
15	1.32	6.697	(E)-p-Mentha-2,8-dien-1-ol
17	2.37	6.798	p-Mentha-1,5,8-triene
18	2.40	6.855	Citronellal
19	1.20	6.946	1-Nonanol
20	2.87	7.048	Terpinen-4-ol
22	3.45	7.122	α-Terpineol
23	1.31	7.149	Decanal
24	0.90	7.172	(S)-(-)-(4-Isopropenyl-1-cyclohexenyl) methanol
25	2.48	7.266	Izonerol
26	0.79	7.321	Anisole, 2-isopropyl-5-methyl-
27	0.80	7.363	β-Citral
28	0.82	7.415	Geraniol
29	1.42	7.514	α-Citral
30	6.08	7.614	Thymol
31	0.44	7.681	Undecanal
33	0.56	7.889	δ-Elmene
34	0.61	7.922	α-Terpinyl acetate
35	0.88	7.943	Neryl acetate
36	0.49	8.029	Geranyl acetate
37	0.35	8.099	α-Copaene
39	3.26	8.160	β-Elmene
40	0.29	8.198	Perillyl acetate
41	0.23	8.248	cis-α-Bergamotene
42	3.13	8.337	β-Caryophyllene
43	1.87	8.381	cis-β-Farnesene
44	0.90	8.418	Aromandendrene
45	2.01	8.484	Humulene
46	0.71	8.519	Aromandendrene
47	0.84	8.552	Eremophilene
48	3.49	8.600	Germacrene D
49	3.42	8.650	β-Bisabolene
50	0.67	8.742	δ-Cadinene
51	0.55	9.052	(-)-Globulol
52	0.14	9.089	Caryophyllene oxide

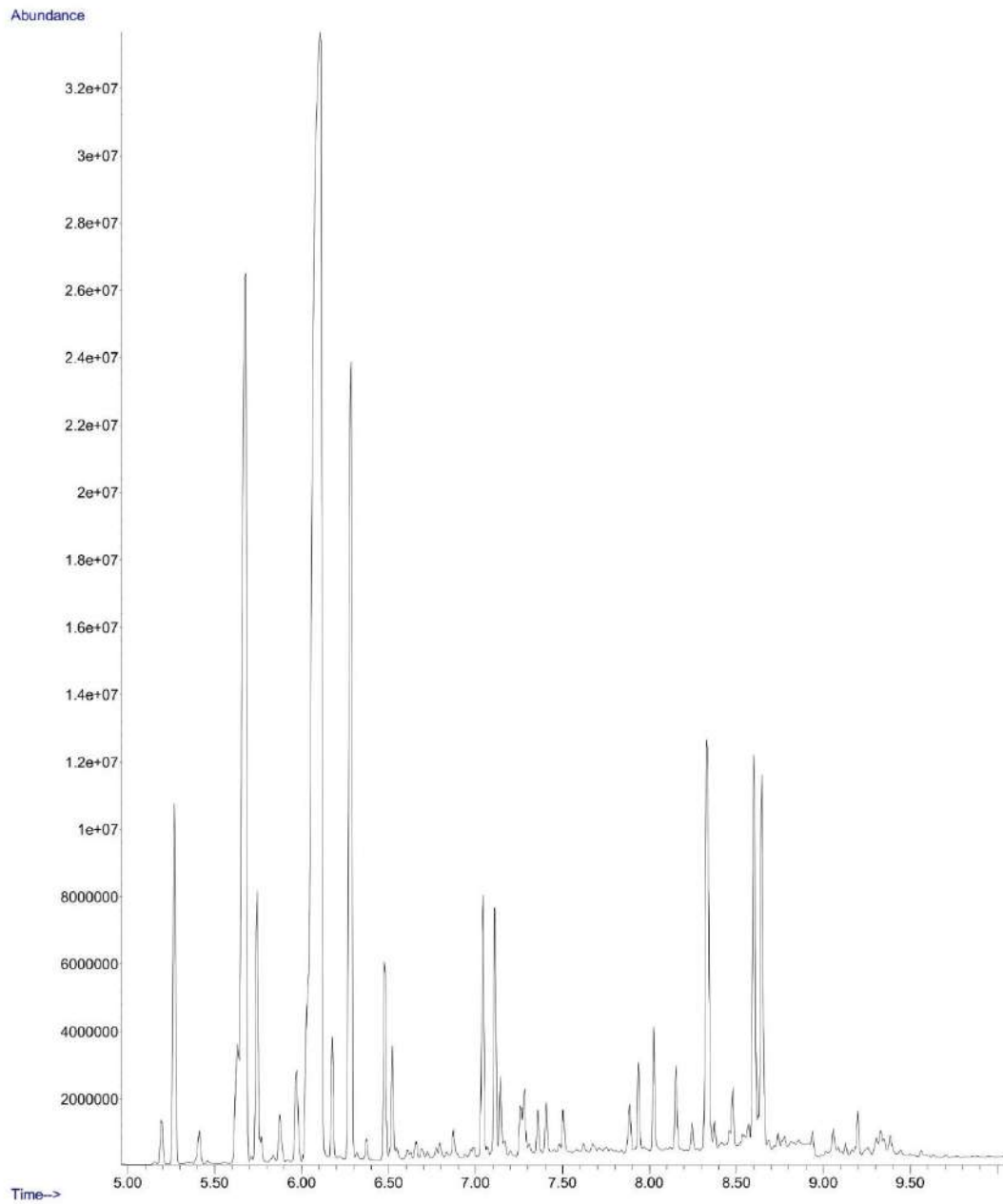


Figura 32: Cromatograma perteneciente al aceite esencial de limón muestra seca extracción con agua, *Replica 3*

Tabla: Sustancias presentes en el aceite esencial de limón muestra seca extracción con agua, *Replica 3*

# PICO	% Área	t _R	Compuesto
1	0.40	5.197	β-Thujene
2	3.31	5.270	α-Pinene, (D)-
3	0.32	5.414	Camphene
4	1.31	5.633	Sabinene
5	14.77	5.677	L-β-Pinene
6	2.64	5.745	β-Myrcene
7	0.52	5.876	α-Fellandrene
8	1.03	5.972	α-Terpinolene
9	37.85	6.108	D-Limonene
10	1.02	6.178	β-cis-Ocimene
11	8.73	6.284	γ-Terpinene
12	1.66	6.479	α-Terpinolen
13	0.98	6.524	Linalool
14	0.30	6.874	Nerol oxide
15	2.28	7.044	Terpinen-4-ol
16	2.14	7.114	α-Terpineol
17	0.77	7.146	Decanal
18	0.43	7.262	Isoneral
19	0.62	7.281	cis-Geraniol
20	0.40	7.360	β-citral
21	0.46	7.408	Geraniol
22	0.56	7.506	α-Citral
23	0.43	7.888	δ-Elemene
24	0.74	7.939	Neryl acetate
25	0.92	8.026	Geranyl acetate
26	0.75	8.155	β-Elemene
27	0.22	8.247	cis-α-Bergamotene
28	5.20	8.332	β-Caryophyllene
30	0.81	8.481	Humulene
31	3.73	8.604	α-Farnesene
32	3.70	8.646	β-Bisabolene
33	0.37	9.058	Caryophyllene oxide
34	0.35	9.200	Isospathulenol



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 09 / 03 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Jhonnatan Geovanny Noriega Guevara Paulo Rodrigo Cabezas Malatay
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Química
Título a optar: Químico
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

0412-DBRA-UPT-2023