



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

EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL FLAVELO DE LA NARANJA DULCE (*Citrus sinensis* L.) VARIEDAD VALENCIA, PROVENIENTE DE DESECHOS AGROINDUSTRIALES, UTILIZANDO EL MÉTODO DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR A ESCALA PLANTA PILOTO, PARA SU APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE COSMÉTICOS

Joana Betzabé Estrada Jirón

Asesorado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales e

Ing. Mario José Mérida Meré

Guatemala, junio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL FLAVELO DE LA NARANJA DULCE (*Citrus sinensis* L.) VARIEDAD VALENCIA, PROVENIENTE DE DESECHOS AGROINDUSTRIALES, UTILIZANDO EL MÉTODO DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR A ESCALA PLANTA PILOTO, PARA SU APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE COSMÉTICOS

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOANA BETZABÉ ESTRADA JIRÓN

ASESORADO POR LA INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES E
ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, JUNIO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Adela María Marroquín González
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortíz Castillo
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

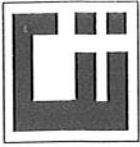
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL FLAVELO DE LA NARANJA DULCE (*Citrus sinensis* L.) VARIEDAD VALENCIA, PROVENIENTE DE DESECHOS AGROINDUSTRIALES, UTILIZANDO EL MÉTODO DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR A ESCALA PLANTA PILOTO, PARA SU APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE COSMÉTICOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 21 de julio de 2014.

Joana Betzabé Estrada Jirón



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Guatemala, 14 de Abril de 2015

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Ingeniero Monzón:


Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al Informe Final del trabajo de graduación titulado **“EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL FLAVELO DE LA NARANJA DULCE (*Citrus sinensis* L.) VARIEDAD VALENCIA, PROVENIENTE DE DESECHOS AGROINDUSTRIALES, UTILIZANDO EL MÉTODO DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR A ESCALA PLANTA PILOTO, PARA SU APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE COSMÉTICOS”**, de la estudiante de Ingeniería Química Joana Betzabé Estrada Jirón quien se identifica con el carné número 2010-20700.

Sin otro particular nos suscribimos de usted.

Atentamente,


Ing. Qco. Mario José Mérida Mero
Coordinador
Laboratorio de Investigación
de Extractos Vegetales –LIEXVE-
Asesor




Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
Directora
Centro de Investigaciones de Ingeniería / CII
Asesora





Guatemala, 04 de junio de 2015.
Ref. EIQ.TG-IF.032.2015.

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo 034-2014 le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por la estudiante universitaria: **Joana Betzabé Estrada Jirón**.
Identificada con número de carné: **2010-20700**.
Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL FLAVELO DE LA NARANJA DULCE (*Citrus sinensis* L.) VARIEDAD VALENCIA, PROVENIENTE DE DESECHOS AGROINDUSTRIALES, UTILIZANDO EL MÉTODO DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR A ESCALA PLANTA PILOTO, PARA SU APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE COSMÉTICOS

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por los Ingenieros Químicos: **Telma Maricela Cano Morales** y **Mario José Mérida Meré**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

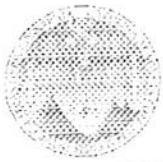
"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

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



C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.080.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **JOANA BETZABÉ ESTRADA JIRÓN** titulado: "EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL FLAVELO DE LA NARANJA DULCE (CITRUS SINENSIS L.) VARIEDAD VALENCIA, PROVENIENTE DE DESECHOS AGROINDUSTRIALES, UTILIZANDO EL MÉTODO DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR A ESCALA PLANTA PILOTO, PARA SU APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE COSMÉTICOS". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, junio 2015

Cc: Archivo
VMMV/ale





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL FLAVELO DE LA NARANJA DULCE (*Citrus sinensis* L.) VARIEDAD VALENCIA, PROVENIENTE DE DESECHOS AGROINDUSTRIALES, UTILIZANDO EL MÉTODO DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR A ESCALA PLANTA PILOTO, PARA SU APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE COSMÉTICOS**, presentado por la estudiante universitaria: **Joana Betzabé Estrada Jirón**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Angel Roberto Sic García
DECANO



Guatemala, junio de 2015

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi padre, mi razón de vivir, mi fortaleza y quien me lleva a culminar una meta más. A Él sea la gloria y la honra.
Mis padres	Carlos Estrada (q. e. p. d.) y Johana Jirón, por su amor incondicional, apoyo y creer en mis sueños. Los amo, este logro es para ustedes.
Mi hermana	Gabriela Estrada, por ser una bendición importante en mi vida y quien me motiva a ser mejor cada día.
Mis abuelos	Eldifonso Estrada, Jesús Archila, Juan Jirón (q. e. p. d.) y Sara Romero (q. e. p. d.); por su cariño y por cada consejo que han compartido conmigo.
Mi familia	Tíos y primos, por su apoyo incondicional, cariño y por creer en mis sueños.
Mis líderes	Surama Méndez, Alejandra de Rosales y Carlos Rosales; por sus oraciones, su cariño y motivarme a luchar por mis metas.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios y la institución que me brindó la oportunidad de adquirir el conocimiento para alcanzar mis sueños.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme el conocimiento necesario para mi formación como profesional.
Mi padre	Carlos Estrada (q. e. p. d.), por enseñarme a dar lo mejor de mí, por tu amor incondicional y por ser mi héroe. Cada momento contigo lo guardo en mi corazón.
Mi madre	Johana Jirón, por ser mi ejemplo a seguir, por tu amor incondicional y por enseñarme a no darme por vencida y a creer en mí.
Mi hermana	Gabriela Estrada, porque tú me motivas a soñar y a disfrutar de cada reto que se presenta. Te quiero.
Mi familia	Abuelos, tíos y primos; por su apoyo en los momentos difíciles y creer en cada uno de mis sueños.

Mis amigos	Jaquelinne López, Raisa Vega, Fernando Rosales, Nimsi Leví, Jazmín Gómez y Vanesa Wannan; por hacer de esta experiencia algo inolvidable.
Mis asesores	Inga. Telma Cano e Ing. Mario Mérida, por su cariño, apoyo y compartir sus conocimientos en la elaboración del presente estudio.
Mi coasesora	Licda. Amanda Pontaza, por brindarme su amistad y dedicación en la asesoría del presente estudio.
Mi revisor	Ing. Víctor Monzón, por su dedicación y guía en la revisión del presente estudio.
Naturalisimo S. A.	Por su apoyo en la adquisición de materia prima, en especial al Ing. Antonio Tojil.
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)	Por ser parte fundamental en el desarrollo de mi vida profesional.
Laboratorio de Farmacia Industrial, USAC	Por permitirme utilizar sus instalaciones, en especial al Lic. Estuardo Serrano.
Universidad del Valle de Guatemala	Por su apoyo en la realización de pruebas para este estudio.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XIX
GLOSARIO	XXI
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
Hipótesis	XXVI
INTRODUCCIÓN	XXIX
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Aceites esenciales.....	5
2.1.1. Definición de aceites esenciales.....	5
2.1.2. Volatilidad y solubilidad	5
2.1.3. Factores metabólicos.....	6
2.1.4. Características fisicoquímicas	6
2.1.5. Características químicas	7
2.1.5.1. No terpenoides	7
2.1.5.2. Terpenoides.....	7
2.2. Clasificación	7
2.2.1. Consistencia	8
2.2.1.1. Esencias fluidas.....	8
2.2.1.2. Bálsamos.....	8
2.2.1.3. Oleorresinas	8
2.2.2. Origen.....	9

	2.2.2.1.	Naturales	9
	2.2.2.2.	Artificiales	9
	2.2.2.3.	Sintéticos.....	9
	2.2.3.	Químico	9
2.3.		Métodos de obtención de aceites esenciales.....	10
	2.3.1.	Destilación por arrastre con vapor directo	10
	2.3.2.	Hidrodestilación	11
	2.3.3.	Extracción con disolventes volátiles	13
	2.3.4.	Extracción con fluidos supercríticos	14
	2.3.5.	Enflorado	14
	2.3.6.	Expresión	15
2.4.		Factores que afectan el rendimiento de los aceites esenciales	16
	2.4.1.	Tipo de materia prima	16
	2.4.2.	Tiempo de secado.....	17
	2.4.3.	Tamaño de partícula	17
	2.4.4.	Tiempo de extracción	17
	2.4.5.	Método de extracción	17
	2.4.6.	Características del equipo de extracción.....	17
	2.4.7.	Características del flujo	18
	2.4.8.	Tratamiento de los aceites esenciales crudos.....	18
2.5.		Análisis de los aceites esenciales	19
	2.5.1.	Cromatografía de capa fina	19
	2.5.2.	Cromatografía en fase gaseosa	20
	2.5.3.	Cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas	20
2.6.		Uso de los aceite esenciales.....	21
	2.6.1.	Industria alimenticia.....	21
	2.6.2.	Industria farmacéutica	22

2.6.3.	Industria de cosméticos	22
2.6.4.	Desodorantes industriales	22
2.7.	Materia prima.....	23
2.7.1.	Origen.....	23
2.7.2.	Variedades.....	23
2.7.2.1.	Navel	24
2.7.2.2.	Blancas.....	24
2.7.2.3.	Sanguinas.....	24
2.7.3.	Taxonomía y morfología	25
2.7.4.	Propiedades fisicoquímicas	25
2.7.5.	Requerimientos climáticos.....	26
2.7.6.	Función de los metabolitos secundarios en las plantas	26
2.7.6.1.	Metabolitos secundarios presentes en el aceite esencial de naranja dulce, variedad valencia	27
2.8.	Cosméticos.....	32
2.8.1.	Historia	32
2.8.2.	Definición de cosmético.....	32
2.8.3.	Excipiente	33
2.8.3.1.	Limpieza	34
2.8.3.2.	Decoración.....	34
2.8.3.3.	Cuidado	34
2.8.3.4.	Hidratación.....	34
2.8.3.5.	Protección.....	34
2.8.4.	Principales formas de presentación.....	35
2.8.4.1.	Dispersión.....	35
2.8.4.2.	Emulsión	35
2.8.4.3.	Solución.....	36

	2.8.4.4.	Suspensión.....	36
	2.8.4.5.	Gel.....	36
	2.8.4.6.	Aerosol	37
	2.8.5.	Preservantes	37
	2.8.6.	Control microbiológico	38
2.9.		Control de calidad	39
	2.9.1.	Control de calidad para una emulsión	39
	2.9.2.	Control de calidad para una suspensión	40
	2.9.3.	Control de calidad para una solución	41
2.10.		Cítricos en la industria cosmética.....	42
	2.10.1.	Furocumarinas	42
	2.10.2.	Dermatitis fototóxica	43
	2.10.3.	Uso seguro de aceites esenciales de cítricos en cosméticos	43
2.11.		Formulación cualitativa de los cosméticos	45
	2.11.1.	Jabón antibacterial	45
	2.11.2.	Mascarilla para el rostro	45
	2.11.3.	Crema.....	45
	2.11.4.	Aceite para masajes	46
3.		DISEÑO METODOLÓGICO.....	47
	3.1.	Localización	47
	3.2.	Variables	48
	3.2.1.	Variables independientes	48
	3.2.2.	Variables dependientes	49
	3.2.3.	Variable de respuesta	50
	3.3.	Delimitación del campo de estudio.....	51
	3.3.1.	Obtención de la materia prima	51
	3.3.2.	Extracción del aceite esencial	51

3.3.3.	Análisis fisicoquímico del aceite esencial	51
3.3.4.	Análisis cuantitativo del aceite esencial	52
3.3.5.	Formulación y control de calidad para los cosméticos.....	52
3.3.6.	Control microbiológico	53
3.3.7.	Recursos humanos disponibles	53
3.3.8.	Recursos materiales disponibles	53
3.3.8.1.	Materia prima y reactivos.....	53
3.3.8.2.	Instrumentos de laboratorio, cristalería y recursos generales	54
3.3.8.3.	Instrumentos de medición y equipo auxiliar	56
3.4.	Técnica cualitativa y cuantitativa	59
3.4.1.	Extracción de aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) utilizando la técnica de destilación por arrastre con vapor directo, a escala planta piloto	60
3.4.2.	Cálculo de la densidad del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	61
3.4.3.	Medición del índice de refracción del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	61
3.4.4.	Determinación de la solubilidad en etanol para el aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	62
3.4.5.	Detección de componentes químicos a través de una cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas para el aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	62
3.4.6.	Procedimiento para la elaboración del jabón en gel.....	63

3.4.7.	Procedimiento para la elaboración de la mascarilla de rostro	64
3.4.8.	Procedimiento para la elaboración de la crema hidratante nocturna	65
3.4.9.	Procedimiento para la elaboración del aceite para masajes.....	67
3.4.10.	Procedimiento para el control de calidad de los cosméticos establecido por el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 71.03.45:07 “Productos cosméticos, verificación de la calidad”.....	67
3.4.10.1.	Apariencia	68
3.4.10.2.	Color.....	68
3.4.10.3.	Olor	68
3.4.10.4.	pH.....	68
3.4.10.5.	Viscosidad.....	68
3.4.11.	Control microbiológico de los cosméticos, establecido por el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 71.03.45:07 “Productos cosméticos, verificación de la calidad”	69
3.5.	Recolección y ordenamiento de la información	71
3.6.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	85
3.7.	Análisis estadístico.....	90
4.	RESULTADOS.....	97

4.1.	Extracción del aceite esencial de naranja, utilizando el método de destilación por arrastre con vapor directo, a escala planta piloto.....	97
4.2.	Caracterización de los cosméticos formulados a partir de pruebas organolépticas, fisicoquímicas y un análisis microbiológico.....	107
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	111
	CONCLUSIONES	121
	RECOMENDACIONES.....	123
	BIBLIOGRAFÍA.....	125
	ANEXOS.....	131

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Planta piloto de extracción-destilación	11
2.	Método de hidrodestilación	12
3.	Método <i>Sfumatrici</i>	16
4.	Estructura molecular del d-limoneno	28
5.	Estructura molecular del mirceno	29
6.	Estructura molecular del L-linalool	30
7.	Estructura molecular del α -terpineol.....	31
8.	Estructura molecular de furocumarinas.....	42
9.	Balanza analítica digital.....	56
10.	Potenciómetro	57
11.	Refractómetro	57
12.	Viscosímetro Brookfield.....	58
13.	Campana de extracción de gases.....	58
14.	Plancha de calentamiento	59
15.	Rendimiento extractivo del aceite esencial, en función del tamaño de lote	97
16.	Densidad en función del tamaño de lote para el aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	98
17.	Índice de refracción, en función del tamaño de lote para el aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	99
18.	Solubilidad en etanol, en función del tamaño de lote para el aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	100

19.	Contenido de d-limoneno en función del tamaño de lote para el aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	103
20.	Contenido de beta-tujano en función del tamaño de lote para el aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	104
21.	Contenido de 1s-alfa-pineno en función del tamaño de lote para el aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	105
22.	Contenido de linalool en función del tamaño de lote para el aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	106

TABLAS

I.	Propiedades fisicoquímicas del d-limoneno.....	28
II.	Propiedades fisicoquímicas del mirceno.....	29
III.	Propiedades fisicoquímicas del L-linalool	30
IV.	Propiedades fisicoquímicas del α -terpineol.....	31
V.	Variables independientes en el proceso de extracción del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) por arrastre con vapor directo, a escala planta piloto	48
VI.	Variables independientes para el proceso de formulación de los cosméticos.....	49
VII.	Variables dependientes en el proceso de extracción del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) por arrastre con vapor directo, a escala planta piloto	49
VIII.	Variables dependientes en el proceso de formulación de los cosméticos.....	50
IX.	Materia prima y reactivos utilizados en la extracción del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) y en la formulación de cosméticos.....	54

X.	Instrumentos de laboratorio y cristalería utilizados en la caracterización fisicoquímica del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) y formulación de los cosméticos	55
XI.	Recursos generales	55
XII.	Formulación cuantitativa del jabón en gel	63
XIII.	Formulación cuantitativa núm. 1 de la mascarilla.....	64
XIV.	Formulación cuantitativa núm. 2 de la mascarilla.....	64
XV.	Formulación cuantitativa núm. 1 de la crema hidratante nocturna	65
XVI.	Formulación cuantitativa núm. 2 de la crema hidratante nocturna	66
XVII.	Formulación cuantitativa del aceite para masajes.....	67
XVIII.	Rendimiento extractivo del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> L.) a escala planta piloto.....	71
XIX.	Densidad del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> L.) a escala planta piloto	72
XX.	Índice de refracción del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> L.) a escala planta piloto.....	73
XXI.	Solubilidad en etanol del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> L.) a escala planta piloto.....	73
XXII.	Composición química del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> L.) utilizando un lote de 15 kg de materia prima. Obtenida por GC-MS.....	74
XXIII.	Composición química del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> L.) utilizando un lote de 20 kg de materia prima. Obtenida por GC-MS.....	74
XXIV.	Composición química del aceite esencial obtenido del flavelo de la naranja dulce, utilizando un lote de 25 kg de materia prima. Obtenida por GC-MS.....	75
XXV.	Densidad del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) comercial, tomado como base de referencia.....	76

XXVI.	Índice de refracción del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) comercial, tomado como base de referencia	76
XXVII.	Solubilidad en etanol del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) comercial, tomado como base de referencia	77
XXVIII.	Composición química del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) comercial, tomado como base de referencia. Obtenida por GC-MS.....	77
XXIX.	Caracterización organoléptica de los cosméticos	78
XXX.	pH y viscosidad del jabón en gel, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	78
XXXI.	pH y viscosidad de la mascarilla núm. 1, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	79
XXXII.	pH y viscosidad de la mascarilla núm. 2, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	79
XXXIII.	pH y viscosidad de la crema hidratante nocturna núm. 1, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	80
XXXIV.	pH y viscosidad de la crema hidratante nocturna núm. 2, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	80
XXXV.	pH y viscosidad del aceite para masajes, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	81
XXXVI.	Análisis microbiológico del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	81
XXXVII.	Análisis microbiológico del jabón en gel, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	82
XXXVIII.	Análisis microbiológico de la mascarilla núm. 1, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	

XXXIX.	Análisis microbiológico de la mascarilla núm. 2, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	83
XL.	Análisis microbiológico de la crema hidratante nocturna núm. 1, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	83
XLI.	Análisis microbiológico de la crema hidratante nocturna núm. 2, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	84
XLII.	Análisis microbiológico del aceite para masajes, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	84
XLIII.	Rendimiento extractivo del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> L.) a escala planta piloto.....	85
XLIV.	Densidad del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> L.) a escala planta piloto	86
XLV.	Índice de refracción del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> L.) a escala planta piloto.....	86
XLVI.	Solubilidad en etanol del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> L.) a escala planta piloto.....	87
XLVII.	Densidad del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) comercial, tomado como base de referencia.....	87
XLVIII.	Índice de refracción del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) comercial, tomado como base de referencia	88
XLIX.	Solubilidad en etanol del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) comercial, tomado como base de referencia	88
L.	pH y viscosidad del jabón en gel, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	88

LI.	pH y viscosidad de la mascarilla núm. 1, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)89	89
LII.	pH y viscosidad de la mascarilla núm. 2, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)89	89
LIII.	pH y viscosidad de la crema hidratante nocturna núm. 1, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....89	89
LIV.	pH y viscosidad de la crema hidratante núm. 2, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....90	90
LV.	pH y viscosidad del aceite para masajes, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)90	90
LVI.	Cálculo para la variabilidad total, en función de la suma de cuadrados91	91
LVII.	Experimento de un factor, para el rendimiento extractivo del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)92	92
LVIII.	Análisis de varianza de un factor, para el rendimiento extractivo del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....93	93
LIX.	Experimento de un factor, para la densidad del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)93	93
LX.	Análisis de varianza de un factor, para la densidad del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)93	93
LXI.	Experimento de un factor, para el índice de refracción del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)94	94
LXII.	Análisis de varianza de un factor, para el índice de refracción del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....94	94
LXIII.	Experimento de un factor, para la solubilidad en etanol del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)94	94

LXIV.	Análisis de un factor, para la solubilidad en etanol del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	95
LXV.	Rendimiento extractivo del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> L.) a escala planta piloto.....	97
LXVI.	Densidad del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> L.) y del aceite esencial comercial, tomado como base de referencia.....	98
LXVII.	Índice de refracción del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> L.) y del aceite esencial comercial, tomado como base de referencia.....	99
LXVIII.	Solubilidad en etanol del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> L.) y del aceite esencial comercial, tomado como base de referencia.....	100
LXIX.	Componentes químicos mayoritarios del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) utilizando un lote de 15 kg de materia prima	101
LXX.	Componentes químicos mayoritarios del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) utilizando un lote de 20 kg de materia prima	101
LXXI.	Componentes químicos mayoritarios del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) utilizando un lote de 25 kg de materia prima	102
LXXII.	Componentes químicos mayoritarios del aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) comercial, tomado como base de referencia	102
LXXIII.	Contenido de d-limoneno presente en el aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	103
LXXIV.	Contenido de beta-tujano presente en el aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	104
LXXV.	Contenido de 1s-alfa-pineno presente en el aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	105
LXXVI.	Contenido de linalool presente en el aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	106

LXXVII.	Formulación cuantitativa del jabón en gel, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	107
LXXVIII.	Formulación cuantitativa de la mascarilla, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	107
LXXIX.	Formulación cuantitativa de la crema hidratante nocturna, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	108
LXXX.	Formulación cuantitativa del aceite para masajes, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	108
LXXXI.	Caracterización organoléptica de los cosméticos	108
LXXXII.	Medición de pH y viscosidad para cada cosmético	109
LXXXIII.	Análisis microbiológico del jabón en gel, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	109
LXXXIV.	Análisis microbiológico de la mascarilla, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	109
LXXXV.	Análisis microbiológico de la crema hidratante nocturna, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	110
LXXXVI.	Análisis microbiológico del aceite para masajes, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	110

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cP	Centipoise
°C	Grado centígrado
g	Gramo
h	Hora
kg	Kilogramo
psi	Libra-fuerza por pulgada cuadrada
m	Metro
mL	Mililitro
N	Newton
%	Porcentaje
s	Segundo
UFC/g	Unidades formadoras de colonia por gramo

GLOSARIO

Agente antimicrobiano	Agente que impide el crecimiento de los microorganismos.
Agente secante	Sustancia que se usa para eliminar humedad del aire o de alguna otra sustancia.
Anfifílico	Molécula que posee un extremo hidrofílico y otro hidrófobo.
Antioxidante	Es un conservante que evita la oxidación de las grasas y algunos otros principios activos fácilmente oxidables.
Emulsificante	Sustancias que hacen posible la formación de una mezcla homogénea de dos o más fases no miscibles, por alteración de su tensión superficial.
Floculación	Aglomeración de partículas en una solución coloidal, que posteriormente se irán depositando en el fondo.
Fotosensible	Ingrediente que se altera fácilmente por acción de la luz.
GC-MS	Cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas.

Hidratante	Sustancia que imparte o restaura el agua de la piel.
Hidrolato	Subproducto del proceso de destilación, que consiste en una mezcla de agua y aceite.
Homogeneizador	Equipo que produce una suspensión uniforme de emulsiones entre ingredientes incompatibles como el aceite y el agua.
Humectante	Sustancia que absorbe o ayuda a retener la humedad en la piel.
Índice de refracción	Cociente entre la velocidad de la luz en el medio. Este determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio.
Liposoluble	Sustancia que es soluble en grasas y/o aceites.
Miscible	Propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una solución.
Pericarpio	Parte exterior del fruto de las plantas que envuelve las semillas.
Reología	Propiedad que afecta la viscosidad de un compuesto.
Terpeno	Hidrocarburo complejo de forma general C_nH_{2n-4} , de la serie del isopreno, presentes en los aceites esenciales obtenidos de las plantas.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo extraer el aceite esencial del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) utilizando el método de destilación por arrastre con vapor directo, para la elaboración de cuatro cosméticos.

La extracción del aceite esencial se realizó a escala planta piloto, utilizando el método de destilación por arrastre con vapor directo, el cual consiste en poner en contacto la materia prima con vapor saturado. Se utilizaron tres tamaños de lote (15, 20 y 25 kg) y el tiempo de extracción fue de dos horas. El aceite esencial fue caracterizado fisicoquímicamente y analizado por medio de una GC-MS para determinar sus componentes mayoritarios. De igual forma este se comparó con un aceite esencial comercial para evaluar si existía diferencia significativa, en función de la calidad de dicho aceite esencial.

Los cosméticos formulados fueron un jabón antibacterial, una mascarilla, una crema hidratante nocturna y un aceite para masajes. Para evaluar su calidad se determinaron las propiedades organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas regidas por el Reglamento Técnico Centroamericano Núm. 71.03.45:07 "Productos cosméticos. Verificación de la calidad". En función de los resultados obtenidos y el análisis estadístico realizado, se determinó que existe diferencia significativa en función de la calidad entre el aceite esencial proveniente de un desecho agroindustrial y el comercial. En relación con los cosméticos se determinó que el jabón, la crema y aceite para masajes cumplieron con los límites establecidos por el RTCA.

OBJETIVOS

General

Extraer y caracterizar el aceite esencial del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) utilizando el método de destilación por arrastre con vapor a escala planta piloto, para la formulación y evaluación de cuatro cosméticos.

Específicos

1. Caracterizar fisicoquímicamente el aceite esencial extraído de la naranja dulce a partir del flavelo del fruto.
2. Identificar a partir de una cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas, la abundancia de las especies químicas que se encuentran en el aceite esencial de naranja.
3. Comparar mediante un análisis fisicoquímico y una cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas, la diferencia que existe entre el aceite esencial de naranja dulce obtenido por desechos agroindustriales y un aceite esencial de naranja proveído comercialmente.
4. Analizar la calidad de los cosméticos a partir de pruebas organolépticas y fisicoquímicas.

5. Realizar un análisis microbiológico de los cosméticos y compararlo con el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 71.03.45:07 “Productos cosméticos. Verificación de la calidad”; para determinar su cumplimiento con el mismo.

Hipótesis

Es factible extraer el aceite esencial del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) para la elaboración y el análisis de cuatro cosméticos.

Hipótesis nula:

H₀₁: no existe diferencia significativa para el rendimiento extractivo, en función del tamaño de lote utilizado.

H₀₂: no es posible identificar a partir de una cromatografía gaseosa con acoplamiento de espectrometría de masas, las especies mayoritarias para el aceite esencial de naranja.

H₀₃: no existe diferencia significativa entre el aceite esencial de naranja obtenido por desechos agroindustriales y el utilizado comercialmente.

H₀₄: los cosméticos elaborados no cumplen con los parámetros de control de calidad establecidos por el experimentador.

H₀₅: el análisis microbiológico de los cosméticos no cumple con los requerimientos establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 71.03.45:07 “Productos cosméticos. Verificación de la calidad”.

Hipótesis alternativa:

H_{i1}: existe diferencia significativa para el rendimiento extractivo en función del tamaño de lote utilizado.

H_{i2}: es posible identificar a partir de una cromatografía gaseosa con acoplamiento de espectrometría de masas, las especies mayoritarias para el aceite esencial de naranja.

H_{i3}: existe una diferencia significativa entre el aceite esencial de naranja obtenido por desechos agroindustriales y el utilizado comercialmente.

H_{i4}: los cosméticos elaborados cumplen con los parámetros de control de calidad establecidos por el experimentador.

H_{i5}: el análisis microbiológico de los cosméticos cumple con los requerimientos establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 71.03.45:07 "Productos cosméticos. Verificación de la calidad".

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del presente estudio de investigación fue el de extraer el aceite esencial de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.), proveniente de desechos agroindustriales, utilizando el método de destilación por arrastre con vapor directo a escala planta piloto; para su posterior aplicación en la formulación de cosméticos.

La naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) pertenece a la familia de las rutáceas, que contiene unas 145 especies de plantas que crecen en países de clima tropical; siendo Brasil el mayor productor a nivel mundial. En Guatemala la naranja se cultiva de forma semicomercial en Baja Verapaz, Escuintla, Santa Rosa, Zacapa y Suchitepéquez.

Este fruto está formado por una piel externa conocido como flavelo, que contiene abundantes glándulas con aceite esencial y una parte intermedia adherida a la anterior llamada albelo, que es de color blanquecina y esponjosa (fibra). Finalmente, posee una parte más interna y más desarrollada, dividida en una serie de gajos conocida como endocarpio.

De la naranja, no solamente se aprovechan los jugos alimenticios, sino que de la cáscara de la naranja se puede obtener aceite esencial, utilizado en diferentes industrias (farmacéutica, cosméticos, alimenticia, entre otros).

Los aceites esenciales son líquidos volátiles, insolubles en agua, pero fácilmente solubles en alcohol, éter y aceites vegetales. Los compuestos más frecuentes que se encuentran en estos aceites esenciales se les catalogan como terpenos; siendo los más abundantes los monoterpenos y los sesquiterpenos. En el caso del aceite esencial de naranja, este contiene más del 90 % de d-limoneno.

En la actualidad el aprovechamiento de desechos ha despertado gran interés dentro del sector industrial, debido a que se le encuentran diversos usos a la materia prima utilizada; siendo el propósito de este trabajo el de utilizar la cáscara de naranja, con el fin de extraer por medio del método de destilación por arrastre con vapor el aceite esencial y utilizarlo dentro de la industria de cosméticos.

Un cosmético es toda sustancia destinada a ser puesta en contacto con las diversas partes superficiales del cuerpo humano con el fin exclusivo de limpiarlas, perfumarlas y protegerlas o para mantenerlas en buen estado. En el presente trabajo se formularon cuatro cosméticos utilizando el aceite esencial de naranja debido a sus propiedades como antiséptico, regenerador celular, sedante y tonificante para la piel.

La presentación de los cosméticos fue de la siguiente forma: una emulsión agua en aceite (w/o), una emulsión (o/w), una solución anhidra y un gel. A las cuales se les realizó un control de calidad así como un análisis microbiológico, ya que diversos factores físicos tienden a influenciar el desarrollo microbiano en los preparados, en especial los que contienen agua como solvente.

1. ANTECEDENTES

Existen diversos estudios acerca de los cítricos. Sin embargo, se le dará mayor énfasis a la utilización de la naranja, con el objetivo de conocer las características del fruto, ya sea aplicado directamente a la industria de aceites esenciales o dentro de la industria cosmética y alimenticia.

Un valioso estudio realizado por los investigadores Luz Ercilia Garcés Jaraba y Susana Cecilia Coavas Romero (2012), realizado en la Universidad de Cartagena, para optar al título de ingenieros químicos, se enfocó en la evaluación de la capacidad de adsorción en la cáscara de naranja (*Citrus sinensis L.*) modificada con quitosano, para la remoción de Cr (VI) en aguas residuales, con el fin de utilizar la bioadsorción como alternativa para la remoción de cromo en efluentes industriales.

En la Universidad de Pamplona, Colombia, en el Departamento de Biología y Química se realizó un estudio por los investigadores Yáñez Rueda, X., Lugo Mancilla, L. y Parada, D. (2007). La investigación consiste en utilizar como materia prima la cáscara de naranja dulce (*Citrus sinensis L.*) para su estudio dentro de la rama de aceites esenciales. Con este estudio se pretende añadir un valor agregado al fruto, por la aplicación potencial que se puede dar a la cáscara, a partir de la extracción y comercialización de su aceite esencial.

Debido al amplio rango que tienen los cítricos a nivel mundial, en la Universidad de San Carlos de Guatemala se realizó un estudio de tesis denominado como *Obtención de aceite esencial del flavelo del fruto del naranjo dulce (Citrus sinensis L.) tipo blanca, variedad valencia, empleando el método de destilación por arrastre de vapor a nivel laboratorio, en función de diferentes tipos de corte y contenido de humedad*. Este estudio de tesis pretende identificar la forma de procesado del flavelo para un rendimiento óptimo en la extracción del aceite esencial. Dicho estudio fue realizado por la investigadora Estefani Anna Marcela Lossi Nisthal (2012); para optar por el título de Ingeniera Química.

El Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (Fodecyt) realizó un estudio sobre la optimización de variables de proceso de extracción de aceites esenciales a nivel industrial de cinco especies de cítricos: limón persa (*citrus aurantifolia*), limón criollo (*citrus latifolia*), naranja valencia (*citrus sinensis*), mandarina (*citrus reticulata*) y naranja Washington (*citrus sp*). Este estudio fue realizado por los ingenieros químicos José Eduardo Calderón García, Cesar Alfonso García Guerra y Ramón Benjamín Piedrasanta Batz (1998).

El trabajo de investigación de Carla Patricia Bernal Villavicencio denominado como *Extracción del aceite esencial de la cáscara de naranja, caracterización y estudio de potencial industrial en el Ecuador*, realizado en la Universidad San Francisco de Quito, muestra la importancia que tiene la implementación del aceite esencial dentro de las diferentes industrias de productos cosméticos, farmacéuticos y en la rama de alimentos.

La utilización de aceites esenciales dentro de la industria de cosméticos ha experimentado un alto crecimiento debido al aprovechamiento de sus propiedades naturales.

Un valioso estudio realizado por las investigadoras Evelyn Ninett Rodas Cardona, Karen Andrea López Hurtado y Yeni Andrea Tul Bautista (2010), realizado en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala consta de la evaluación de la actividad antioxidante que pueden tener extractos frutales en comparación con antioxidantes sintéticos aplicándolo a cosméticos tipo emulsiones. Las frutas utilizadas fueron: fresa, mora, guayaba y mamey.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aceites esenciales

Los aceites esenciales se pueden encontrar en diferentes partes de la planta: en las hojas, raíces, en el pericarpio del fruto, en las semillas, en el tallo, en las flores y en los frutos.

El contenido total de aceites esenciales en una planta es por lo general bajo (inferior al 1 %). La mayoría de ellos son mezclas muy complejas de sustancias químicas. La proporción de estas sustancias varía de un aceite a otro y también durante las estaciones, a lo largo del día, bajo las condiciones de cultivo y genéticamente (Arraíza, 2010).

2.1.1. Definición de aceites esenciales

Bandoni (2003) mencionó: “Un aceite esencial es una parte del metabolismo de un vegetal, compuesto generalmente por terpenos, que están asociados o no a otros componentes, la mayoría de ellos volátiles y generan en conjunto el olor de dicho vegetal”.

2.1.2. Volatilidad y solubilidad

Para oler en una planta los productos aromáticos pesados habría que dejar secar la planta para eliminar los más livianos. Como esto no ocurre normalmente, la presencia de los más volátiles enmascara continuamente a los constituyentes aromáticos pesados (Bandoni, 2003).

Situación que no ocurre si se huele la esencia pura, a medida que se van evaporando las fracciones más livianas, se van detectando los componentes menos volátiles. Por otro lado los productos con alta volatilidad suelen perderse durante los procesos extractivos, sobre todo cuando se utiliza la destilación por arrastre con vapor de agua (Bandoni, 2003).

2.1.3. Factores metabólicos

Una vez que la planta es cosechada, el metabolismo de la misma no permanece inalterado o estático, sino que continúa evolucionando en la medida de que no se le elimine la mayor cantidad de agua, lo que finalmente inhibe los procesos enzimáticos.

Una vez que se extrajo la esencia, recién entonces el metabolismo queda como congelado, lográndose una relativa estabilidad en la calidad olfativa del producto. Sin embargo, se dice relativa estabilidad, porque se produce una permanente transformación de su composición, algunas veces deseada, muchas otras indeseables (Bandoni, 2003).

2.1.4. Características fisicoquímicas

Los aceites esenciales son líquidos volátiles a temperatura ambiente, incoloros o ligeramente amarillos. Tienen un índice de refracción elevado y su densidad es inferior a la del agua (la esencia de sasafrás o de clavo constituyen excepciones). Son solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos habituales, como éter o cloroformo; son liposolubles y muy poco solubles en agua (Arráiza, 2010).

2.1.5. Características químicas

Arraíza (2010) propuso que los componentes de los aceites se clasificaran en terpenoides y no terpenoides.

2.1.5.1. No terpenoides

En este grupo se encuentran sustancias alifáticas de cadena corta, sustancias aromáticas, sustancias con azufre y sustancias nitrogenadas.

2.1.5.2. Terpenoides

Son una clase de metabolitos secundarios que se encuentran en los aceites esenciales, resinas y otras sustancias aromáticas de muchas plantas. Pueden ser alifáticos, cíclicos o aromáticos.

Según los grupos funcionales que tengan pueden ser ejemplificados como:

- Alcoholes (mentol, bisabolol) y fenoles (timol, carvacrol)
- Aldehídos (geranial, citral) y cetonas (alcanfor, tujona)
- Ésteres (acetato de bornilo, acetato de linalilo, salicilato de metilo)
- Éteres (1,8-cineol) y peróxidos (ascaridol)

2.2. Clasificación

Para Arraíza (2010), los aceites esenciales se clasifican con base en diferentes criterios: consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios.

2.2.1. Consistencia

De acuerdo con su consistencia los aceites esenciales se clasifican de la siguiente manera:

2.2.1.1. Esencias fluidas

Son líquidos volátiles a temperatura ambiente.

2.2.1.2. Bálsamos

Son de consistencia más espesa, son poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización.

2.2.1.3. Oleorresinas

Son extractos vegetales obtenidos mediante el uso de solventes, los cuales deben estar virtualmente libres de dichos solventes. Se utilizan extensamente para la sustitución de especias de uso alimenticio y farmacéutico por sus ventajas (estabilidad, uniformidad química y microbiológica). Son líquidos viscosos o sustancias semisólidas.

2.2.2. Origen

De acuerdo a su origen los aceites esenciales se clasifican como:

2.2.2.1. Naturales

Se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su rendimiento tan bajo son muy costosas.

2.2.2.2. Artificiales

Se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes.

2.2.2.3. Sintéticos

Son producidos por la combinación de sus componentes los cuales son la mayoría de las veces producidos por procesos de síntesis química. Son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, entre otros).

2.2.3. Químico

Los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de sustancias que son los componentes mayoritarios. Según esto los aceites esenciales se denominan, monoterpenoides (hierbabuena, albahaca, salvia), sesquiterpenoides (copaiba, pino, junípero), fenilpropanoides (clavo, canela, anís).

2.3. Métodos de obtención de aceites esenciales

Se han clasificado 4 métodos: la destilación, maceración, expresión y extracción con sus sustancias volátiles.

2.3.1. Destilación por arrastre con vapor directo

Stashenko (2009), lo definió como un método de extracción que consiste en poner en contacto la materia vegetal con vapor seco sobrecalentado, generado usualmente por una caldera o calderín a una presión mayor a la atmosférica.

Es una destilación de mezcla de dos líquidos inmiscibles, en la cual se da la vaporización a temperaturas inferiores a las de ebullición de cada uno de los componentes volátiles por efecto de una corriente directa de vapor de agua. La corriente de vapor rompe las células o canales oleíferos en la planta y arrastra la mezcla volátil a un condensador, donde los vapores se enfrían y regresan a la fase líquida; los dos productos inmiscibles, hidrolato y aceite esencial, finalmente se separan por diferencia de densidad en un decantador o vaso florentino (Bandoni, 2003).

Cuando se realiza este tipo de extracción se debe tener cuidado que el tamaño de partícula de la materia vegetal no sea muy pequeña, ya que puede ser arrastrado por el vapor contaminando el producto condensado. Esta técnica es muy utilizada en la industria debido a su alto rendimiento, alta pureza del aceite obtenido y la baja exigencia tecnológica (Rothstein y Roldán, 2010).

Figura 1. **Planta piloto de extracción-destilación**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería.

2.3.2. Hidrodestilación

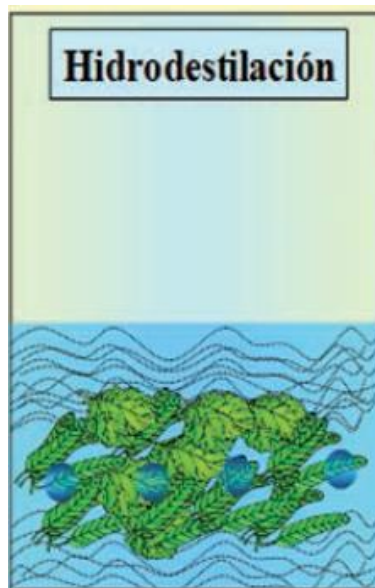
El principio de la destilación en agua es llevar a estado de ebullición una suspensión acuosa de un material vegetal aromático, de tal manera que los vapores generados puedan ser condensados y colectados. El aceite, que es inmisible en agua es posteriormente separado (Bandoni, 2003).

En la hidrodestilación el material vegetal siempre debe encontrarse en contacto con el agua. Un factor importante a considerar es, el que si el calentamiento del extractor es con fuego directo, el agua presente dentro del extractor deberá ser suficiente y permanente para llevar a cabo toda la destilación a fin de evitar el sobrecalentamiento o carbonización del material vegetal (Bandoni, 2003).

Algunas especies vegetales tienden a formar suspensiones mucilaginosas al someterse a calentamiento en medios acuosos, lo cual dificulta la extracción del aceite esencial y la consecución del proceso. Por ello es importante realizar pruebas preliminares a nivel de laboratorio antes de efectuar destilaciones a mayor escala (Bandoni, 2003).

A escala laboratorio, el equipo comúnmente utilizado es el neoclevenger, el cual está compuesto de un balón, donde se deposita la materia y una cantidad conocida de agua desmineralizada. Dentro de las ventajas del método de hidrodestilación se encuentra que el equipo es fácil de instalar, seguro de operar y requiere de un consumo energético bajo.

Figura 2. **Método de hidrodestilación**



Fuente: STASHENKO, Elena E. *Aceites esenciales*. p. 17.

2.3.3. Extracción con disolventes volátiles

Para el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), este método de extracción está basado en el hecho de que los disolventes orgánicos penetran rápidamente el material vegetal y disuelven sus aceites volátiles, debido a las diferencias de punto de ebullición entre el aceite esencial y el solvente.

En este método la muestra seca y molida se pone en contacto con disolventes tales como alcohol, cloroformo, entre otros. Estos disolventes solubilizan la esencia pero también solubilizan y extraen otras sustancias tales como grasas y ceras, obteniéndose al final una esencia impura (Rothstein y Roldán, 2010).

Tiene la ventaja de trabajar a temperaturas bajas, por lo que no provoca alteración química en los componentes del aceite. Además, ofrece la facilidad de separar componentes individuales o presentes en menor cantidad. Se utiliza a escala laboratorio, pues a escala industrial resulta costoso por el valor comercial de los solventes (SENA).

Entre los equipos utilizados para la extracción con disolventes se encuentra el soxhlet, el cual es un equipo de extracción semicontinua, donde una de las fases, el sustrato, se agrega sola al principio mientras que el disolvente de extracción cumple un ciclo de extracción y purificación continua. La purificación se realiza en forma paralela por destilación del disolvente, de manera que el sustrato siempre está en contacto con el disolvente puro.

2.3.4. Extracción con fluidos supercríticos

El material vegetal cortado en trozos pequeños, licuado o molido, se empaca en una cámara de acero inoxidable y se hace circular a través de la muestra un líquido supercrítico (dióxido de carbono líquido), de esta forma las esencias son solubilizadas y arrastradas y el líquido supercrítico que actúa como disolvente extractor, se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente, finalmente se obtiene una esencia pura (Rothstein y Roldán, 2010).

Dentro de las ventajas que tiene el método se encuentran: un rendimiento alto, es ecológicamente compatible, el disolvente se elimina fácilmente e inclusive se puede reciclar y las bajas temperaturas utilizadas para la extracción no cambian químicamente los componentes de la esencia; sin embargo, dentro de sus desventajas se encuentra que el equipo requerido es relativamente costoso, ya que se requieren bombas de alta presión y sistemas de extracción también resistentes a las altas presiones. (Rothstein y Roldán, 2010).

2.3.5. Enflorado

También conocido como *enfleurage*, el material vegetal (generalmente flores) es puesto en contacto con un aceite vegetal. La esencia se solubiliza en el aceite vegetal, que actúa como vehículo extractor. Se emplea para la extracción de esencias de flores delicadas y consiste en que los pétalos de flores se pongan en contacto con una delgada capa de grasa (Rothstein y Roldán, 2010).

Al desprenderse el perfume de las flores, se fija en la grasa, debido a su gran afinidad. Después de 60 días aproximadamente, la grasa (que no ha sido

renovada) llega a estar saturada y la extracción alcohólica de la grasa olorosa, da una solución llamada extracto; eliminando el alcohol por destilación (SENA).

Rothstein y Roldán (2010 p. 90.) explican: “esta técnica es empleada para la obtención de esencias florales (rosa, jazmín, azahar, entre otros), pero su bajo rendimiento y la difícil separación del aceite extractor la hacen costosa”.

2.3.6. Expresión

En este método la finalidad es exprimir por máquinas o a mano el fruto o la planta, para liberar el aceite y este es recolectado y filtrado. Este método de extracción está prácticamente limitado a los aceites obtenidos de frutas cítricas (Rothstein y Roldán, 2010).

Uno de los primeros métodos utilizados fue el de expresión a mano por medio de esponjas, el cual era realizado exclusivamente por hombres debido a su fortaleza. Su procedimiento consiste en partir la fruta para posteriormente sumergirla por varias horas en agua y luego prensar la cáscara contra una esponja (Güenther, 1996).

Posteriormente a este método se han utilizado máquinas para agilizar el proceso como lo son: máquinas manuales, *sfumatrici* (únicamente procesa la cáscara y no todo el fruto) y máquinas raspadoras (Güenther, 1948).

Figura 3. **Método Sfumatrici**



Fuente: BASER CAN, K. Hüsnu y BUCHBAUER Gerhard. *Handbook of essential oils*. p. 992.

2.4. Factores que afectan el rendimiento de los aceites esenciales

Entre los factores que intervienen directamente en el rendimiento de la producción de aceites esenciales se pueden enumerar los siguientes:

2.4.1. Tipo de materia prima

Se refiere a las características genéticas de la planta, así como el lugar y la época de producción, por la maduración o edad de la planta, de las hojas y por la limpieza en el corte.

2.4.2. Tiempo de secado

Este es utilizado como pretratamiento para aumentar la cantidad de aceite obtenido, debido a que favorece la ruptura de las paredes celulares en la materia vegetal y por lo tanto favorece a la liberación del soluto mediante la acción directa del disolvente.

2.4.3. Tamaño de partícula

El área de transferencia y la cantidad de compartimientos abiertos depende de este factor, así como el flujo de vapor en los métodos de arrastre con vapor.

2.4.4. Tiempo de extracción

Se refiere al tiempo del proceso de extracción, en el cual el aceite de la planta es extraído gradualmente.

2.4.5. Método de extracción

Se refiere al tipo de método utilizado.

2.4.6. Características del equipo de extracción

Tamaño del equipo según su dimensión puede ser: a escala laboratorio, planta piloto o industrial. El material de construcción a nivel planta piloto puede ser acero inoxidable, cobre, entre otros.

2.4.7. Características del flujo

Se refiere a la cantidad de materia prima utilizada, el volumen y la pureza del disolvente utilizado, la cantidad de agua o vapor utilizado, su temperatura y presión.

2.4.8. Tratamiento de los aceites esenciales crudos

Estos contienen impurezas suspendidas y apreciable contenido de mezclas, las cuales degradan su calidad. La presencia de impurezas afecta el almacenamiento, calidad del aceite y acelera la polimerización, donde dos o más moléculas pueden unirse entre sí; como en el caso de los aldehídos y formar un polímero que reduce la cantidad de compuestos volátiles en el aceite.

Para la eliminación de humedad se deben adicionar agentes secantes como el sulfato de sodio, permaneciendo el aceite por varias horas, pasando luego por filtración. Los tres principales agentes deteriorantes, a los que están sometidos los aceites esenciales crudos son: el aire, la luz y el calor.

El oxígeno del aire tiene un efecto oxidante sobre los aceites almacenados, de igual manera un aumento en la temperatura y la luz solar aceleran el proceso de oxidación. Los aceites esenciales suelen ser fotosensibles al contacto de los rayos UV de la luz solar y en presencia de calor, se produce degradación térmica y un pardeamiento no enzimático que afecta el color del extracto; la luz y el calor producen en el aceite esencial pues el oxígeno tiene un efecto oxidante sobre los aceites almacenados y genera un pardeamiento no enzimático.

2.5. Análisis de los aceites esenciales

El análisis químico de los extractos de plantas es muy importante en el control de calidad. Este análisis debe incluir preferiblemente alguna clase de método cromatográfico.

2.5.1. Cromatografía de capa fina

Fue una de las primeras técnicas utilizadas para el análisis de aceites esenciales. "Esta se basa en la preparación de una capa uniforme, de un absorbente sobre una placa, la cual puede ser de vidrio, aluminio u otro soporte" (Universidad de Valencia, *Open Course Ware*, 2011 p. 56.).

La fase móvil es líquida y la estacionaria consiste en un sólido. La estacionaria será un componente polar y el eluyente, por lo general, será menos polar que la fase estacionaria, la polaridad del disolvente influye, asimismo, en la velocidad de ascensión del soluto a lo largo de la capa de adsorbente. "A mayor polaridad del disolvente, mayor grado de ascensión del soluto por la placa" (OCW, 2011 p. 120.)

"A pesar de su simplicidad y rapidez, esta técnica en la actualidad es considerada como obsoleta para el análisis de mezclas complejas como lo son los aceites esenciales, esto se debe a su baja resolución. Sin embargo, para la rápida diferenciación de las especies de plantas individuales, este método puede ser aplicado con éxito todavía" (Baser, 2010 p. 78.).

2.5.2. Cromatografía en fase gaseosa

La cromatografía en fase gaseosa es una técnica de separación basada principalmente en fenómenos de partición entre una fase móvil gaseosa (helio, argón, hidrógeno, nitrógeno) y una fase estacionaria constituida por un líquido muy viscoso retenido en el interior de una columna cromatográfica (Bandoni, (2003).

La muestra es introducida en una columna que contiene la fase estacionaria, a través del sistema de inyección. Temperaturas apropiadas en el sitio de la inyección y en la columna, posibilitan la volatilización de los componentes de la muestra los cuales, de acuerdo con sus propiedades y las de la fase estacionaria, son retenidos por tiempos variables y llegan al final de la columna en tiempos diferentes. Un detector adecuado, a la salida de la columna, permite la detección y la cuantificación de las sustancias.

La cromatografía en fase gaseosa es una técnica de análisis que ofrece resoluciones excelentes, con sensibilidad del orden de miligramos a picogramos. La eficiencia del proceso se mide en términos de platos teóricos (un plato teórico equivale a una etapa del equilibrio de la sustancia entre las fases). La mayor eficiencia se traduce en la obtención de picos estrechos.

2.5.3. Cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas

La ventaja del acoplamiento en línea de un dispositivo cromatográfico a un espectrómetro es que, las mezclas complejas pueden ser analizadas en detalle por interpretación espectral de los componentes individuales.

El acoplamiento de un cromatógrafo de gases con un espectrómetro de masa es la técnica más utilizada y mejor establecida para el análisis de los aceites esenciales (Baser, 2010).

Una mezcla de compuestos inyectada en el cromatógrafo de gases se separa en la columna cromatográfica, obteniendo la elución sucesiva de los componentes individuales aislados, que pasan inmediatamente al espectrómetro de masas.

Cada uno de estos componentes se registra en forma de pico cromatográfico y se identifica mediante su respectivo espectro de masas. En este proceso, el espectrómetro de masas, además de proporcionar los espectros, actúa como detector cromatográfico al registrar la corriente iónica total generada en la fuente iónica, cuya representación gráfica constituye el cromatograma o *total ion current* (TIC).

2.6. Uso de los aceite esenciales

Para Arraíza (2010), el uso de los aceites esenciales se clasifica según las diferentes ramas en la industria.

2.6.1. Industria alimenticia

Se emplean para condimentar carnes preparadas, embutidos, sopas, helados, queso, entre otros. Los aceites más empleados por esta industria son el cilantro, naranja y menta, entre otros.

También son utilizados en la preparación de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, especialmente refrescos. Con respecto a esta utilidad se pueden citar las esencias extraídas del naranja, limón, mentas e hinojo, entre otros.

2.6.2. Industria farmacéutica

Se usan en cremas dentales (aceite de menta e hinojo), analgésicos e inhalantes para descongestionar las vías respiratorias (eucalipto). El eucalipto es muy empleado en odontología.

Son utilizados en la fabricación de neutralizantes de sabor desagradable de muchos medicamentos (naranjas y menta, entre otros).

2.6.3. Industria de cosméticos

Esta industria emplea los aceites esenciales en la producción de maquillaje y cosméticos fragantes como: jabones, colonias y perfumes. En este campo se pueden citar los aceites de geranio, lavanda, rosas y pachouli.

2.6.4. Desodorantes industriales

Actualmente se ha desarrollado el uso de esencias para disimular el olor desagradable de algunos productos industriales como el caucho, los plásticos y las pinturas. La industria de pinturas industriales emplea limoneno como disolvente biodegradable.

2.7. Materia prima

Es extraída de la naturaleza y se transforma para elaborar materiales que más tarde se convertirán en bienes de consumo.

2.7.1. Origen

El género de los cítricos, que comprende dieciséis especies y ocho variedades, puede tener su origen en la región de Nueva Guinea-Melanesia; su posterior evolución en muchas especies diferentes. Sin embargo, se llevó a cabo principalmente en el sudeste de Asia (Güenther, 1996).

Algunas de estas especies llegaron al continente asiático y esta especie de sabor ácido y amargo, de hecho casi no comestibles; se desarrolló, sin duda en la fragante y deliciosa especie del subgénero *Eucitrus*. Los miembros de este género, ampliaron su gama de Asia oriental a la India y, finalmente, llegaron a los países ribereños de la cuenca mediterránea. Desde el sur de Europa fueron finalmente llevados al nuevo mundo (Güenther, 1996).

La Asociación Nacional del Café (Anacafé) explicó “Las especies más cultivadas a nivel mundial son los naranjos, con una producción de casi 60 millones de toneladas (Brasil es el mayor productor del mundo, con casi 22 millones de toneladas, más del 35 % de la producción mundial)”.

2.7.2. Variedades

El curso de Citricultura Infoagro explicó que existen tres tipos de variedades de naranjas, las cuales son:

2.7.2.1. Navel

Buena presencia de frutos partenocárpicos de gran tamaño, muy precoces. Destacan las variedades: Navelate, Navelina, Newhall, Washington Navel, Lane Late y Thompson. Se caracterizan por tener, en general, buen vigor, es decir que su desarrollo es óptimo.

2.7.2.2. Blancas

Dentro de este tipo destaca la Salustiana y Valencia Late (presenta frutos de buena calidad con una o muy pocas semillas y de buena conservación). Se caracterizan por ser árboles de gran vigor, frondosos, tamaño medio a grande y hábito de crecimiento abierto; aunque tienen tendencia a producir brotes indeseables en la planta, son vigorosos en el interior de la copa.

2.7.2.3. Sanguinas

Variedades muy productivas, en las que, la fructificación predomina sobre el desarrollo vegetativo. Son variedades con brotaciones cortas y los impedimentos en la circulación de la savia dan lugar al endurecimiento de ramas. Destaca la variedad Sanguinelli.

La mayoría de las variedades han surgido como mutaciones estables. Estas mutaciones son muy frecuentes en cítricos y se estabilizan rápidamente.

2.7.3. Taxonomía y morfología

Infoagro presentó la información relacionada con la taxonomía y morfología de la naranja de la siguiente manera:

- Nombre común: naranja
- Familia: rutácea
- Género: citrus
- Especie: *Citrus sinensis* L
- Porte: reducido (6 a 10 m). Ramas poco vigorosas y tronco corto
- Hojas: limbo grande, alas pequeñas y espinas no muy acusadas
- Flores: ligeramente aromáticas, solas o agrupadas, con o sin hojas
- Fruto: consta de las siguientes partes:
 - Exocarpo o flavelo: presenta vesículas que contienen aceite esencial.
 - Mesocarpo o alvelo: es pomposo y de color blanco.
 - Endocarpo o pulpa: presenta tricomas con jugo.

2.7.4. Propiedades fisicoquímicas

Según la Norma Mexicana NMX-063-1978, las propiedades para el aceite esencial de naranja dulce centrifugado son:

- Densidad a 25 °C: 0,842 g/mL-0,846 g/mL.
- Rotación óptica a 20 °C: 0,94-0,99.
- Índice de refracción a 20 °C: 1,4720-1,4740.
- Índice de peróxidos: 60.
- Solubilidad: soluble en 7-10 partes de etanol al 95 %, en 1 parte de ácido acético glacial, es miscible en alcohol absoluto y aceites fijos.

2.7.5. Requerimientos climáticos

Es una especie subtropical. El factor limitante más importante es la temperatura mínima, ya que no tolera las inferiores a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. No presenta reposo invernal, sino una parada del crecimiento por las bajas temperaturas (quiescencia), que provocan la inducción de ramas que florecen en primavera. Necesita temperaturas cálidas para la correcta maduración de los frutos (Infoagro).

Requiere importantes precipitaciones (alrededor de 1 200 mm), que cuando no son cubiertas hay que recurrir al riego. Necesita un medio ambiente húmedo tanto en el suelo como en la atmósfera. Es una especie ávida de luz para los procesos de floración y fructificación, y es muy sensible al viento (intensidad no mayor a 25 kilómetros por hora); ya que puede sufrir pérdida de flores y frutos.

Los suelos deben tener una proporción equilibrada de elementos gruesos y finos (textura), para garantizar una buena aireación y facilitar el paso de agua, además de proporcionar una estructura que mantenga un buen estado de humedad y una buena capacidad de cambio catiónico (Infoagro).

2.7.6. Función de los metabolitos secundarios en las plantas

Stashenko (2009) define a los metabolitos secundarios como moléculas de bajo peso molecular, generados en la planta por varias rutas biosintéticas; en general se caracterizan por pertenecer a diferentes clases de sustancias químicas como: alcoholes, ácidos ésteres, fenoles y terpenos. Algunos se destacan por su olor típico y alta volatilidad.

No hay una teoría universalmente aceptada con respecto al papel que juegan los metabolitos secundarios en las plantas, porque ellos cumplen varias funciones y operan a través de diversos mecanismos. Son considerados como agentes de defensa química, repelentes de insectos y algunos compuestos son antialimentarios, es decir que quitan a los depredadores y herbívoros las ganas de consumir las plantas.

2.7.6.1. Metabolitos secundarios presentes en el aceite esencial de naranja dulce, variedad valencia

El aceite esencial de naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) variedad valencia, tipo blanca según el estudio de tesis *Obtención de aceite esencial del flavelo del fruto del naranjo dulce (Citrus Sinensis L.) tipo blanca, variedad valencia, empleando el método de destilación por arrastre de vapor a nivel laboratorio, en función de diferentes tipos de corte y contenido de humedad*; realizado en la Universidad de San Carlos de Guatemala por Estefani Anna Marcela Lossi Nisthal contiene: 90,71 % limoneno, 4,8 % mirceno, 2,68 L-linalool y 0,62 α -terpineol.

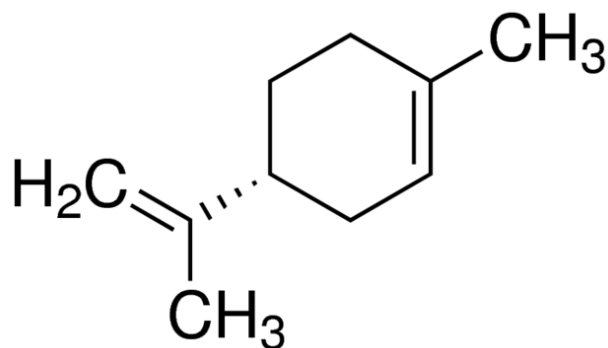
- Limoneno

Tabla I. **Propiedades fisicoquímicas del d-limoneno**

Aspecto y olor	Líquido incoloro con aroma a cítrico
Número CAS	5989-27-5
Nombre IUPAC	1-metil-4-(1-metiletenil)-ciclohexano
Fórmula química	$C_{10}H_{16}$
Peso molecular	136,23 g/mol
Índice de refracción	1,471-1,474
Gravedad específica	0,838-0,843

Fuente: *Transmerquin*. <http://www.gtm.net/images/industrial/d/D-LIMONENO.pdf>. Consulta: 5 de abril de 2015.

Figura 4. **Estructura molecular del d-limoneno**



Fuente: *(R)-(+)-Limonene*. <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/w263303?lang=en®ion=GT>. Consulta: 5 de abril de 2015.

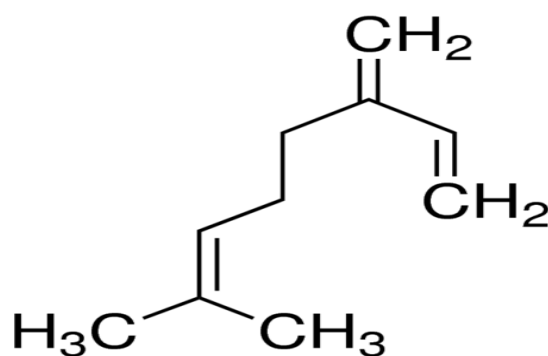
- Mirceno

Tabla II. **Propiedades fisicoquímicas del mirceno**

Aspecto y olor	Líquido incoloro con aroma picante
Número CAS	123-35-3
Nombre IUPAC	7-metil-3-metileno-1,6-octadieno
Fórmula química	$C_{10}H_{16}$
Peso molecular	136,23 g/mol
Índice de refracción	1,469
Gravedad específica	0,791

Fuente: *Myrcene*. <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/fluka/64643?lang=en®ion=GT>. Consulta: 7 de abril de 2015.

Figura 5. **Estructura molecular del mirceno**



Fuente: *Mirceno*. <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/fluka/64643?lang=en®ion=GT>. Consulta: 7 de abril de 2015.

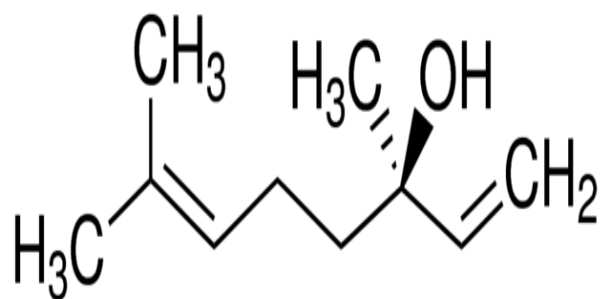
- L-linalool

Tabla III. **Propiedades fisicoquímicas del L-linalool**

Aspecto y olor	Líquido incoloro con aroma floral
Número CAS	126-91-0
Nombre IUPAC	R-(-)-3,7-dimetil-1,6-octadien-3-ol
Fórmula química	$C_{10}H_{18}O$
Peso molecular	154,25 g/mol
Índice de refracción	1,462
Gravedad específica	0,862

Fuente: *L-linalool*. <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/w263516?lang=en®ion=GT>. Consulta: 7 de abril de 2015.

Figura 6. **Estructura molecular del L-linalool**



Fuente: *L-linalool*. <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/w263516?lang=en®ion=GT>. Consulta: 7 de abril de 2015.

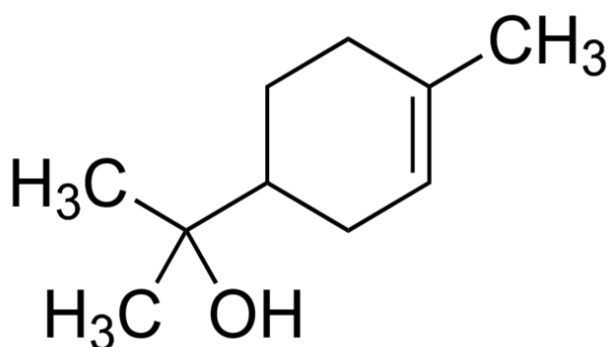
- α -Terpineol

Tabla IV. **Propiedades fisicoquímicas del α -terpineol**

Aspecto y olor	Líquido incoloro con aroma floral
Número CAS	98-55-5
Nombre IUPAC	2-(4-metil-1-ciclohex-3-enil)propan-2-ol
Fórmula química	$C_{10}H_{18}O$
Peso molecular	154,25 g/mol
Índice de refracción	1,482
Gravedad específica	0,930

Fuente: *α -Terpineol*. <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/432628?lang=en®ion=GT>. Consulta: 7 de abril de 2015.

Figura 7. **Estructura molecular del α -terpineol**



Fuente: *α -Terpineol*. <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/432628?lang=en®ion=GT>. Consulta: 7 de abril de 2015.

2.8. Cosméticos

Son productos que se utilizan para la higiene corporal o para mejorar la apariencia, especialmente del rostro. Por lo general son mezclas de compuestos químicos, algunos se derivan de fuentes naturales, muchos otros son sintéticos.

2.8.1. Historia

La palabra cosmético se deriva del griego "*Kosm tikos*", que significa "tener el poder de organizar", pero el verdadero origen de los cosméticos probablemente se encuentra más lejos aún en la antigüedad, porque pinturas rupestres de hace 30 000 años presentan el uso de adornos corporales (cosméticos rudimentarios) en los rituales de apareamiento y caza. (Barel, Paye y Maibach, 2001).

Para Barel, et al. (2001), a lo largo de la historia los cosméticos han sido utilizados esencialmente, con los mismos tres objetivos en mente:

- Para mejorar el atractivo personal a través de la decoración del cuerpo
- Para disimular o enmascarar defectos
- Para alterar o mejorar la naturaleza del cuerpo

2.8.2. Definición de cosmético

Sustancia o mezcla destinada a ser puesta en contacto con las partes superficiales del cuerpo humano (epidermis, sistema piloso y capilar, uñas, labios y órganos genitales externos) o con los dientes y las mucosas bucales, con el fin exclusivo o principal de limpiarlos, perfumarlos, modificar su aspecto,

protegerlos, mantenerlos en buen estado o corregir los olores corporales (Carrasco, 2009).

2.8.3. Excipiente

El término excipiente es utilizado en productos farmacéuticos, así como en los cosméticos en el área de la formulación. En general, este término implica la diferenciación entre los principios activos e inactivos.

El principio activo está incrustado en una matriz, el cual es el vehículo. Con la ayuda del excipiente el principio activo es liberado en el sitio de aplicación o en el órgano considerado como objetivo, respectivamente, donde se logra el efecto deseado (Barel, et al., 2001).

El objetivo de la aplicación tanto en una preparación farmacéutica, así como en un producto cosmético de cuidado tópico es el de lograr el efecto deseado. Los preparados farmacéuticos son eficaces debido a que poseen un compuesto farmacológicamente activo que es suministrado con la ayuda de un vehículo, mientras que para las formulaciones cosméticas no se les permite contener tales compuestos (Barel, et al., 2001).

Sin embargo, un efecto similar se consigue también mediante ingredientes cosméticamente activos o por el propio excipiente en el sitio de aplicación, es decir, sobre la piel en la mayoría de los casos. En contraste con la farmacéutica, en cosméticos el excipiente es de mayor importancia.

Para Barel, et al., (2001), dependiendo de la composición, un excipiente o un ingrediente cosméticamente activo se usa para ejercer principalmente cinco tipos de efectos en la piel:

2.8.3.1. Limpieza

El uso más común y probablemente más antiguo de preparaciones cosméticas es limpiar el cuerpo humano.

2.8.3.2. Decoración

Sirve para producir una apariencia agradable, reduciendo al mínimo los defectos faciales de color o forma y discretamente mejorar y dirigir la atención hacia mejores puntos.

2.8.3.3. Cuidado

El cuidado de la piel, el cabello y las uñas, así como la mejora de su estado es una función importante del producto cosmético aplicado. La aplicación de un vehículo apropiado puede ser suficiente para el cuidado del cuerpo.

2.8.3.4. Hidratación

La piel se hidrata mediante la aplicación de un vehículo apropiado que contiene componentes específicos que son capaces de reducir la pérdida transpidérmica de agua.

2.8.3.5. Protección

Otra función importante de los vehículos es construir una capa de protección contra los factores externos que potencialmente podrían dañar el cuerpo.

2.8.4. Principales formas de presentación

Para Barel, et al., (2001), las formas en las que se puede presentar un cosmético son las siguientes:

2.8.4.1. Dispersión

Sistema que consiste en partículas (fase dispersa) distribuidas a lo largo de un medio de dispersión continuo.

2.8.4.2. Emulsión

Mezcla homogénea de dos o más fases no miscibles, como pueden ser ingredientes que se disuelven en agua (acuosos o hidrófilos) o en aceite (oleosos o lipófilos). Estas dos fases inmiscibles permanecen en un estado metaestable por un componente anfifílico conocido como emulsificante.

Las emulsiones pueden ser cualquiera de los tipos (w/o) de agua-en-aceite o aceite-en-agua (o/w). Si las emulsiones son líquidas, por lo general se llaman lociones. Las cremas son emulsiones que se dan en forma semisólida.

A excepción de los emulsificantes, normalmente se añaden los siguientes tipos de ingredientes a emulsiones cosméticas:

- Emoliente que mejora las propiedades sensoriales de las emulsiones
- Hidratantes y humectantes como el glicerol y la urea
- Se añaden agentes que incrementan la viscosidad
- Las sustancias activas tales como filtros solares UV y vitaminas
- Los preservantes para prevenir el crecimiento microbiano

2.8.4.3. Solución

Una solución verdadera se define como una mezcla de dos o más componentes que forman una dispersión molecular homogénea, un sistema de una sola fase. Un ejemplo de estas son los perfumes.

En general, las soluciones utilizadas en cosméticos se basan ya sea en una fase acuosa, acuosa-alcohólica o en vehículos oleosos inertes. La mayoría de los disolventes orgánicos no se pueden utilizar porque pueden ser tóxicos.

Dentro de las ventajas que poseen las soluciones se encuentran:

- Permanecen estables físicamente
- Se preparan fácilmente
- Son transparentes, claras y tienen una apariencia limpia
- Son especialmente adecuadas para la limpieza del cuerpo

2.8.4.4. Suspensión

Una suspensión es una dispersión gruesa en la que se dispersan partículas sólidas insolubles en un medio líquido.

2.8.4.5. Gel

Sistema sólido o semisólido de al menos dos componentes, que consiste en una masa condensada interpenetrada por un líquido.

2.8.4.6. Aerosol

Suspensión coloidal de partículas líquidas o sólidas en un gas, siendo la fase dispersa líquida o sólida y la fase dispersante gaseosa.

2.8.5. Preservantes

Para garantizar la conservación efectiva, el método de elección consiste en añadir uno o más agentes antimicrobianos al producto. Estos ingredientes deben ser compatibles con los otros ingredientes de la fórmula y deben conservar la eficacia durante un período prolongado de tiempo; ellos no pueden ser tóxicos para el consumidor.

Para elegir un agente antimicrobiano como preservante no es tan fácil; esta molécula debe tener un buen coeficiente de partición aceite-agua debido a que los microbios que contaminan están viviendo en la fase acuosa de la fórmula. No debe inactivarse por factores exteriores tales como el pH y el proceso de fabricación.

En general, los líquidos y los productos cosméticos a base de emulsiones son los más susceptibles para el desarrollo de microorganismos. Una manera de preservar un producto es el desarrollo de una fórmula autoconservable, mediante el uso de materias primas que no promueven el cultivo de gérmenes y la optimización de su contenido relativo. El uso de humectantes, tales como glicerina o sorbitol a un nivel suficiente incrementa la resistencia de la fórmula (Barel, et al., 2001).

Otros ingredientes, tales como alcoholes, detergentes catiónicos, fragancias y ácidos lipofílicos (ácido láurico y mirístico) utilizados como emulsificantes, tienen intrínsecamente propiedades antibacterianas que pueden contribuir a la autopreservación de un cosmético. Esto también se aplica para aceites esenciales (Barel, et al., 2001).

2.8.6. Control microbiológico

Diversos factores físicos influyen el desarrollo microbiano y esto debe tenerse en cuenta cuando se estudia la conservación de los preparados. La actividad de agua es uno de los factores que posibilitan el crecimiento microbiano, esto se debe a que los microorganismos necesitan la presencia de agua, en una forma disponible, para crecer y desarrollar sus funciones metabólicas y no hay duda que los preparados más expuestos, son los que contienen agua como solvente o como integrante de una de las fases.

La temperatura influye en el desarrollo de los gérmenes. Las bacterias lo hacen entre los 20 y 45 °C aunque la temperatura óptima suele ser de 35 a 37 °C. Los hongos requieren una temperatura más baja. El almacenaje a temperaturas alejadas de las señaladas reduce considerablemente el desarrollo.

En general, las bacterias se desarrollan en una zona estrecha de pH. Los hongos en una más amplia. El ajuste del pH hacia las zonas más ácidas o alcalinas constituye un recurso para aumentar la eficacia de los conservadores o disminuir la velocidad de desarrollo de los microorganismos. Los gérmenes que no deben ser encontrados en las preparaciones son los patógenos (Helman, 1981).

En emulsiones y cremas, no se debe de encontrar *Pseudomona auriginosa*, ampliamente expandido y resistente a gran cantidad de antisépticos. Lo más difícil es conservar emulsiones aceite en agua, sobre todo si el agente emulsificante es uno de tipo no iónico que suele constituir buen sustrato para gérmenes (Helman, 1981).

2.9. Control de calidad

Helman (1981) presenta los parámetros fisicoquímicos que deben cumplir algunas formas farmacéuticas, como lo son:

2.9.1. Control de calidad para una emulsión

La estabilidad en buena medida, depende del tamaño de los glóbulos de la fase dispersa. Los homogeneizadores no ofrecen el tamaño deseable del glóbulo, por lo que una vez decidida la elección de la fórmula y la forma de preparar, debe utilizarse el mismo homogeneizador para todo.

Las pruebas de envejecimiento a alta temperatura son útiles no solo para el control del producto, sino y principalmente, para seleccionar la mejor fórmula, la que ofrece menos cambios por el almacenaje y el calor. Además de esta prueba es necesario realizar pH, color y aroma, separación de fases y viscosidad.

Para la prueba la emulsión se somete a temperaturas de 50 a 7 °C. Si la muestra no cumple con la prueba se observa un precipitado luego de su enfriamiento, de lo contrario la emulsión cumple la prueba de estabilidad.

2.9.2. Control de calidad para una suspensión

Se dice que una suspensión es estable, cuando puede redispersarse con agitación moderada y fácilmente dividida en dosis uniformes de tamaño de las partículas. No deberá ofrecer un cambio en la forma cristalina de sus constituyentes y la disponibilidad biológica de que sus componentes no se modificarán con el tiempo.

Es preciso conocer sus condiciones termodinámicas para obtener una suspensión estable. Para reducir un sólido a pequeñas partículas y dispersarlas en un medio continuo, se debe realizar un trabajo. Las partículas en suspensión en un líquido tenderán a flocular, formando conglomerados livianos y esponjosos, unidos por débiles fuerzas de van de Waals.

En determinadas condiciones, las partículas pueden adherirse unas a otras por fuerzas de naturaleza superior, formando los agregados, como ocurre cuando una suspensión llega a formar un sedimento en forma de torta en el fondo. Este fenómeno tiene lugar, a veces, por crecimiento y unión de cristales en los precipitados, produciéndose así un agregado sólido.

La formación de cualquier tipo de aglomerado, sean flóculos o agregados, se considera como una medida de la tendencia del sistema a alcanzar un estado termodinámicamente más estable.

En tanto, el líquido sobrenadante, sean de reducido volumen, es posible entonces lograr la adecuada re suspensión del polvo. Como consecuencia se debe de controlar los siguientes aspectos en las suspensiones:

- El líquido sobrenadante o subyacente debe ser reducido y los polvos sedimentados deben resuspenderse por moderada agitación.
- Las condiciones fisicoquímicas de medio no deben permitir la formación de aglomerados o el crecimiento de cristales.

De igual manera deben verificarse los siguientes ensayos:

- Viscosidad: esta tiende a aumentar. A 30 °C este aumento se registra rápidamente. Por lo tanto, deben mantenerse las muestras a esta temperatura y determinar la viscosidad cada 7 días hasta la obtención de un valor constante.
- Sedimentación y resuspensión: esta prueba se realiza con moderada agitación de las muestras.

2.9.3. Control de calidad para una solución

En este caso los preparados deben someterse a temperaturas de 30 °C para establecer si se produce cristalización o enturbiamiento. La exposición más o menos prolongada a temperatura de 47 °C puede ofrecer información sobre la posibilidad de una contaminación por partículas de vidrio del recipiente o de los tapones.

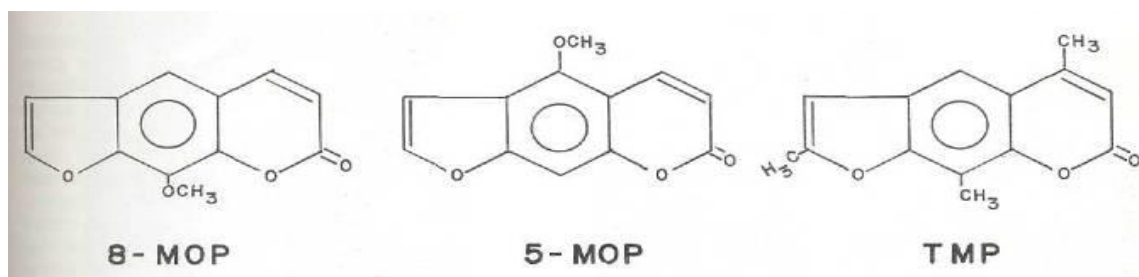
2.10. Cítricos en la industria cosmética

Los cítricos, en especial la naranja son utilizados por sus propiedades aromáticas, inmunológicas y nutricionales (contenido de vitamina C); en la actualidad el uso de aceites esenciales que provienen de cítricos se debe a su acción relajante, tonificante, exfoliante, y como fragancia. Sin embargo, los cítricos deben ser utilizados con precaución ya que pueden tener efectos fotosensibles ante la exposición de la luz solar.

2.10.1. Furocumarinas

Corrales (1988), quien cita a Kuske, menciona que la acción fototóxica que presentan los cítricos se debe a su contenido en furocumarinas. La fotosensibilización de la piel por plantas fue identificada por Kuske en 1938, quien aisló el bergapten del aceite esencial de bergamota. Dentro de las furocumarinas naturales se encuentran: 8-metoxipsoralen (8-MOP) presente en la ruda, 5-metoxipsoralen (5-MOP) presente en la bergamota y limón; y 8-trimetilpsoralen (TMP).

Figura 8. Estructura molecular de furocumarinas



Fuente: CORRALES PADILLA, H. *Reactividad de los Psoralenes*. <http://www.bvs.hn/RMH/pdf/1988/pdf/Vol56-2-1988-s-8.pdf>. Consulta: 12 de abril de 2015.

Corrales (1988) explica que las furocumarinas son compuestos heterocíclicos aromáticos derivados de la condensación de un anillo furano con el anillo cumarínico. Este tipo de fusión entre furano y cumarina se observa generalmente como una estructura lineal tricíclica y una estructura no lineal, angular llamada isopsoralen.

2.10.2. Dermatitis fototóxica

Corrales (1988) menciona que existen tres presentaciones clínicas de dermatitis causada por plantas: reacción fototóxica aguda con eritema y ampollas de diversa intensidad, dermatitis ampollar striata la cual ocurre cuando se humedece la piel frente a la exposición del sol y causa erupciones que duran aproximadamente de 8 a 10 días; y la dermatitis berloque que ocurre frente a la exposición de cítricos y se caracteriza por la pigmentación de la piel.

2.10.3. Uso seguro de aceites esenciales de cítricos en cosméticos

Burnnett y Fiume (2014) realizaron un artículo científico, el cual fue revisado por el panel experto conocido como *Cosmetic Ingredient Review* (CIR), donde hacen referencia a 14 aceites derivados de cítricos y su uso en la industria cosmética. A partir de información provista por la FDA, como parte del programa de registro voluntario de cosméticos se determinó que el aceite esencial de limón es el más utilizado en la industria cosmética, para productos del cuidado personal y posteriormente se encuentra el aceite esencial de naranja dulce; mas de la mitad de los cosméticos a los cuales se aplican es en productos que permanecen en contacto con la piel.

El Consejo de Productos del Cuidado Personal, citado por Burnnett y Fiume (2014), presenta un rango para el uso de aceites esenciales de cítricos en cosméticos referente al cuidado de la piel; excluyendo a aquellos que posteriormente se remueven por lavado de la piel. Para el aceite esencial de limón se presenta un rango entre 0,0001 a 0,5 % y para el aceite esencial de naranja el rango es de 0,00002 a 29 %.

La Asociación Internacional de Fragancias (IFRA) tiene estándares acerca del uso de aceites esenciales que contienen furocumarinas. Productos terminados que son aplicados a la piel, excluyendo a aquellos que posteriormente se remueven por lavado de la piel no deben contener más del 0,0015 % de 5-MOP.

IFRA recomienda restricciones acerca del uso de aceites esenciales que contienen furocumarinas en el caso de aceite esencial de bergamota, limón, lima, toronja, angélica y naranja agria. Estos aceites esenciales contienen una pequeña cantidad de furocumarinas y por lo tanto no requieren de restricciones si su uso es individual, si se utiliza con otro aceite esencial que tenga acción fototóxica se debe asegurar que el producto no exceda 15 ppm de 5-MOP.

CIR estipula que los aceites esenciales considerados como ingredientes seguros para el uso en cosméticos aplicados a la piel, cuando estos no exceden 15 ppm de 5-MOP son los siguientes: aceite esencial de lima, naranja agria, naranja dulce, toronja, limón y mandarina.

2.11. Formulación cualitativa de los cosméticos

El listado de ingredientes que se ve en los cosméticos (nomenclatura INCI) que es de obligado cumplimiento que sea de interés público es la fórmula cualitativa. Eso significa que me indica ponderalmente lo que tiene la fórmula de mayor en menor cantidad.

2.11.1. Jabón antibacterial

Agua desionizada (disolvente), aceite esencial de naranja (ingrediente cosmético activo), carbopol (modificador de la reología), trietanolamina (regulador de pH ácido), etanol 95° (solvente), triclosan (conservante antimicrobiano).

2.11.2. Mascarilla para el rostro

Bentonita (excipiente), agua desionizada (solvente), aceite esencial de naranja (ingrediente cosmético activo) goma xantan (plastificante), dióxido de titanio (tonificante), glicerol (humectante), ácido ascórbico (antioxidante), trietanolamina (regulador de pH ácido), metilparabeno (conservante antimicrobiano), propilparabeno (conservante antifúngico).

2.11.3. Crema

Agua desionizada (disolvente), aceite esencial de naranja (ingrediente cosmético activo), emulsificante en frío, dimetilpolisiloxano (emoliente), glicerol (humectante), metilparabeno (conservante antimicrobiano), propilparabeno (conservante antifúngico), sorbato de potasio (conservante antimicrobiano).

2.11.4. Aceite para masajes

Aceite esencial de naranja (ingrediente cosmético activo) y aceite mineral (excipiente).

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Localización

Las instalaciones en las cuales se realizó la fase experimental del presente estudio, tomando en cuenta la extracción del aceite esencial, caracterización fisicoquímica del mismo, formulación y análisis de los cosméticos fueron las siguientes:

- Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), Sección de Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala.

3.2. Variables

Es un símbolo que puede ser remplazado o que toma un valor numérico en una ecuación o expresión matemática en general.

3.2.1. Variables independientes

Variable que puede cambiar libremente su valor, sin que su valor se vea afectado por alguna otra(s) variable(s).

Tabla V. **Variables independientes en el proceso de extracción del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) por arrastre con vapor directo, a escala planta piloto**

Núm.	Variable	Dimensional	Descripción
1	Tiempo de extracción	h	El tiempo de extracción se mantuvo constante (2h).
2	Flujo de vapor	m ³ /s	El flujo de vapor saturado utilizado en planta piloto, por medio de la caldera se mantuvo constante.
3	Presión de vapor	psi	La presión a la cual se encontraba el vapor se mantuvo constante (17 psi).
4	Temperatura de vapor	°C	La temperatura a la cual se manejó el vapor se mantuvo constante (90 °C).

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Variables independientes para el proceso de formulación de los cosméticos**

Núm.	Variable	Dimensional	Descripción
1	Agente cosmético activo	mL	El agente cosmético activo utilizado fue el aceite esencial de naranja.
2	Tipo de cosmético	adimensional	El tipo de cosmético fue una crema, una mascarilla, un jabón y un aceite para masajes.
3	Forma de presentación del cosmético	adimensional	Las presentaciones de los cosméticos fueron dos emulsiones y una solución.

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Variables dependientes

Es aquella cuyo valor depende del valor numérico que adopta la variable independiente en la función.

Tabla VII. **Variables dependientes en el proceso de extracción del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) por arrastre con vapor directo, a escala planta piloto**

Núm.	Variable	Dimensional	Descripción
1	Volumen de aceite extraído	mL	Depende del tamaño de lote utilizado para la extracción.
2	Densidad	g/mL	
3	Índice de refracción	adimensional	
4	Componentes activos del aceite esencial	adimensional	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Variables dependientes en el proceso de formulación de los cosméticos**

Núm.	Variable	Dimensional	Descripción
1	Tipo de excipiente	adimensional	Depende del tipo de cosmético y su forma de presentación.
2	Apariencia	adimensional	Depende del tipo de cosmético, así como del número de lote.
3	Color	adimensional	Depende del tipo de cosmético, así como del número de lote.
4	pH	adimensional	Depende del tipo de cosmético y su forma de presentación.
5	Viscosidad	Pa/s	Depende del tipo de cosmético y su forma de presentación.
6	Dispersión	adimensional	Depende del número de lote.
7	Recuento de microorganismos	UFC/g	Depende del número de lote y tipo de cosmético.

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Variable de respuesta

En función de los tratamientos que se llevaron a cabo para la realización de la fase experimental, se determinó que la variable respuesta para el proceso de extracción a escala planta piloto del aceite esencial de naranja fue el rendimiento extractivo, en función del tamaño de lote (15, 20 y 25 kg); mientras que para la formulación de los cosméticos la variable respuesta fue la utilización del agente cosmético activo, en función del tipo de cosmético y forma de presentación del mismo.

3.3. Delimitación del campo de estudio

Puede tratarse simplemente de una inspección para evaluar la extensión del área de estudio y estar en condiciones de tomar la mejor decisión para buscar una solución.

3.3.1. Obtención de la materia prima

Se recolectó a partir de desechos agroindustriales, obtenidos del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) variedad valencia, que provienen de la Finca Sonaguera Colón, Honduras; el cual fue provisto por la empresa Naturalisimo S. A., ubicada en 2 calle 16-51 zona 4 de Mixco.

3.3.2. Extracción del aceite esencial

Se utilizó el método de extracción de destilación por arrastre con vapor directo a escala planta piloto, en las instalaciones del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), en la sección de Química Industrial de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.3.3. Análisis fisicoquímico del aceite esencial

Los análisis como índice de refracción, medición de densidad y determinación de solubilidad en etanol para el aceite esencial obtenido de residuos agroindustriales y el proveído comercialmente, se realizaron en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), en la sección de Química Industrial de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.3.4. Análisis cuantitativo del aceite esencial

La cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas para el aceite esencial obtenido de residuos agroindustriales y el obtenido comercialmente, se realizaron en el Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada del Instituto de Investigaciones de la Universidad del Valle de Guatemala

3.3.5. Formulación y control de calidad para los cosméticos

Se realizaron cuatro cosméticos: una crema hidratante nocturna (emulsión), un jabón (gel), un aceite para masajes (solución) y una mascarilla (emulsión). Para determinar la calidad de los mismos se realizó una evaluación del cumplimiento de parámetros fisicoquímicos, en cuanto a su apariencia, color, olor, potencial de hidrógeno y viscosidad; regido por el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 71.03.45:07 “Productos cosméticos, verificación de la calidad”.

La formulación de los cosméticos se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), en la sección de Química Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La caracterización fisicoquímica se llevó a cabo en el Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.3.6. Control microbiológico

Los análisis como: recuento total de mesófilos aerobios, recuento total de mohos y levaduras y recuento de coliformes totales, se realizaron en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 3ª calle 6-47 zona 1.

3.3.7. Recursos humanos disponibles

- Investigadora: Joana Betzabé Estrada Jirón.
- Asesores: Inga. Telma Maricela Cano Morales e Ing. Mario José Mérida Meré.
- Coasesora: Licda. Amanda Ivette Pontaza Nisthal.

3.3.8. Recursos materiales disponibles

Dimetilpolisiloxano 30 %, potasio de sorbato, aceite mineral, propilenglicol, carbopol, glicerol, trietanolina, flavelo de la naranja dulce, agua desionizada, trietanolina, etanol 95 %, metilparabeno, emulsificante en frio, entre otros.

3.3.8.1. Materia prima y reactivos

La materia prima y reactivos utilizados son: flavelo de la naranja dulce, agua desionizada, carbopol, glicerol, trietanolina, etanol 95 %, triclosan, bentonita, goma xantan, dióxido de titanio, metilparabeno, emulsificante en frio, entre otros.

Tabla IX. **Materia prima y reactivos utilizados en la extracción del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) y en la formulación de cosméticos**

Materia prima	Flavelo de la naranja dulce
Reactivos	Agua desionizada
	Carbopol
	Glicerol
	Trietanolamina
	Etanol 95 %
	Triclosan
	Bentonita
	Goma xantan
	Dióxido de titanio
	Metilparabeno
	Emulsificante en frío
	Dimetilpolisiloxano 30 %
	Potasio de sorbato
	Aceite mineral
	Propilenglicol

Fuente: elaboración propia.

3.3.8.2. Instrumentos de laboratorio, cristalería y recursos generales

Agitadores magnéticos, espátulas, embudo, beacker de 600 y 30 mL, probeta de 100, 25 y 10 mL,, ampolla de decantación de 1 000 mL, erlenmeyer de 500 mL, bureta de 25 mL, vidrio de reloj, crisol, viales color ámbar de 7,5 mL, frascos color ámbar de 125 mL, zapatos industriales, bata, mascarilla, guantes de látex, cofia, envases para cosméticos, diésel, cuaderno de bitácora, cámara fotográfica, papel parafilm.

Tabla X. **Instrumentos de laboratorio y cristalería utilizados en la caracterización fisicoquímica del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) y formulación de los cosméticos**

Instrumentos de laboratorio	Agitadores magnéticos
	Espátulas
	Embudo
Cristalería	Beacker de 600 mL y 30 mL
	Probeta de 100 mL, 25 mL y 10 mL
	Ampolla de decantación de 1 000 mL
	Erlenmeyer de 500 mL
	Bureta de 25 mL
	Vidrio de reloj
	Crisol
	Viales color ámbar de 7,5 mL
	Frascos color ámbar de 125 mL

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Recursos generales**

Equipo de seguridad	Zapatos industriales
	Bata
	Mascarilla
	Guantes de látex
	Cofia
Otros	Envases para cosméticos
	Diesel
	Cuaderno de bitácora
	Cámara fotográfica
	Papel parafilm

Fuente: elaboración propia.

3.3.8.3. Instrumentos de medición y equipo auxiliar

- Termómetro
- Picnómetro de 1,088 mL
- Cromatógrafo de gases con acoplamiento a espectrometría de masas
- Balanza analítica: marca WVR, frecuencia 60 Hz

Figura 9. **Balanza analítica digital**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Potenciómetro: marca "HANNA", rango de 0 a 14 pH, resolución de 0,01 pH.

Figura 10. **Potenciómetro**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Refractómetro: marca "Fisher scientific", modelo 698-4, frecuencia 60 Hz

Figura 11. **Refractómetro**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Viscosímetro: Tipo Brookfield, modelo LV.

Figura 12. **Viscosímetro Brookfield**



Fuente: Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

- Campana de extracción de gases: marca PREMLAB, voltaje de 100 voltios y capacidad de 900 watts.

Figura 13. **Campana de extracción de gases**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Plancha de calentamiento con agitación: marca Corning, modelo CP-620, frecuencia de 60 Hz, rango de 0 °C a 4 800 °C y 0 a 1 100 rpm.

Figura 14. **Plancha de calentamiento**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC.

3.4. Técnica cualitativa y cuantitativa

En el presente estudio de investigación se utilizó una técnica cuantitativa para determinar las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial, como: el índice de refracción, la densidad, la solubilidad en etanol y la identificación de los componentes químicos mayoritarios; mientras que para la formulación de cosméticos y determinación del porcentaje de agente cosmético activo se utilizó una técnica cuantitativa-experimental. Para las propiedades fisicoquímicas y la evaluación de los cosméticos por medio de una batería microbiológica se utilizó una técnica cuantitativa.

A continuación se detalla el procedimiento llevado a cabo en la fase experimental, en función de la técnica cuantitativa utilizada para cada análisis.

3.4.1. Extracción de aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) utilizando la técnica de destilación por arrastre con vapor directo, a escala planta piloto

- Encender la caldera y esperar a que la presión de la caldera sea mayor o igual a 80 Psi.
- Verificar que las tuberías, marmita y vaso florentino se encuentren limpios, de lo contrario utilizar vapor para limpiarlos.
- Pesar la cantidad a utilizar de materia prima (15, 20 y 25 kg) y colocarla dentro de la marmita, siendo esta intercalada entre los platos.
- Abrir válvula de vapor y encender el sistema de enfriamiento con sistema de recirculación.
- Esperar la primera gota de condensado e iniciar a tomar tiempo de extracción, que será de dos horas.
- Cerrar válvulas.
- Descargar el aceite esencial junto con el hidrolato del vaso florentino.
- Apagar caldera.
- Colocar aceite esencial e hidrolato en una ampolla de decantación y dejar reposar por 24 h.
- Separar el hidrolato del aceite esencial por decantación.
- Pesar el frasco de color ámbar con el aceite esencial y determinar por diferencia de masas el rendimiento extractivo, obtenido de la masa recuperada del aceite esencial.
- Almacenar en frío el aceite esencial, para evitar que se volatilice.

3.4.2. Cálculo de la densidad del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)

- Limpiar con etanol el picnómetro.
- Tarar el picnómetro de 1 088 mL.
- Utilizar una micropipeta para verter la muestra del aceite esencial en el picnómetro.
- Pesar el picnómetro con la muestra.
- Calcular la densidad, a partir de la relación entre la masa del aceite esencial contenida en el picnómetro y el volumen del mismo.

3.4.3. Medición del índice de refracción del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)

- Limpiar el lente del prisma con agua desionizada.
- Agregar dos o tres gotas de aceite esencial al prisma.
- Encender la lámpara, utilizando el interruptor en el lado izquierdo y ajustar, para asegurar el brillo adecuado en la medición.
- Girar la perilla de compensación de color, hasta que aparezca una línea clara y definida en el campo de visión.
- Girar la perilla de medición, alineando la línea delimitadora con las líneas de intersección.
- Mover hacia abajo la palanca de la parte inferior izquierda.
- Leer en la escala superior el índice de refracción.

3.4.4. Determinación de la solubilidad en etanol para el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)

- Tomar con una pipeta 1 mL del aceite esencial y transferir a una probeta.
- Agregar etanol al 95 % a la muestra, en proporciones de 0,1 mL, hasta que se produce turbidez.
- Anotar el volumen determinado.
- Continuar agregando etanol a la muestra, hasta que la turbidez desaparezca por completo.

3.4.5. Detección de componentes químicos a través de una cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas para el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)

- Inyectar dentro del cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas, 0,1 µL de aceite esencial, en 1 mL de etanol.
- Comparar el peso molecular de las especies que se encuentran en el aceite a partir de un patrón, por medio de iones.
- Asignar un área porcentual a cada pico del cromatograma, que representa un tiempo de retención.
- Identificar y nombrar cada componente del aceite esencial, según la librería contenida en el programa del cromatógrafo.

3.4.6. Procedimiento para la elaboración del jabón en gel

A continuación, se describe el procedimiento para la elaboración del jabón en gel en la tabla XII.

Tabla XII. **Formulación cuantitativa del jabón en gel**

Excipiente	Porcentaje (%)
Etanol 95 %	71,00
Agua desionizada	26,40
Trietanolamina	0,80
Aceite esencial de naranja	0,80
Triclosan	0,56
Carbopol	0,40

Fuente: elaboración propia, utilizando como base las referencias 4, 15, 17 y 18.

El procedimiento a seguir para la elaboración del jabón en gel, en función de la formulación cuantitativa de la tabla XII, es el siguiente:

- Agregar trietanolamina al alcohol y agitar de manera continua.
- Agregar triclosan como agente antimicrobiano.
- Mezclar la solución anterior con agua desionizada.
- Agregar carbopol a la mezcla por medio de un tamizaje para evitar grumos.
- Mezclar de manera continua, hasta la formación de un gel.
- Agregar el aceite esencial.
- Regular el pH de la formulación con trietanolamina.

3.4.7. Procedimiento para la elaboración de la mascarilla de rostro

A continuación, se describe el procedimiento para la elaboración de la mascarilla de rostro en la tabla XIII.

Tabla XIII. **Formulación cuantitativa núm. 1 de la mascarilla**

Excipiente	Porcentaje (%)
Agua desionizada	90,57
Bentonita	4,20
Goma xantan	1,19
Trietanolamina	1,12
Dióxido de titanio	1,00
Aceite esencial de naranja	0,83
Potasio de sorbato	0,22
Metilparabeno	0,22
Propilparabeno	0,02

Fuente: elaboración propia, utilizando como base las referencias 4, 15, 17 y 18.

Tabla XIV. **Formulación cuantitativa núm. 2 de la mascarilla**

Excipiente	Porcentaje (%)
Agua desionizada	89,48
Bentonita	5,00
Propilenglicol	2,00
Goma xantan	1,19
Dióxido de titanio	1,00
Aceite esencial de naranja	0,83
Potasio de sorbato	0,20
Metilparabeno	0,20
Propilparabeno	0,10

Fuente: elaboración propia, utilizando como base las referencias 4, 15, 17 y 18.

El procedimiento a seguir para la elaboración de la mascarilla, en función de la formulación cuantitativa de la tabla XIII y la tabla XIV, es el siguiente:

- Agregar propilenglicol, metilparabeno, propilparabeno, ácido ascórbico y potasio de sorbato al agua desionizada.
- Agitar la solución de forma continua.
- Mezclar la solución anterior con dióxido de titanio.
- Agregar bentonita a la mezcla.
- Agregar goma xantan hasta que la reología de la mezcla aumente.
- Agitar de manera continua hasta que la mezcla se vea uniforme.
- Agregar el aceite esencial.
- Regular el pH de la formulación con trietanolamina, en el caso de la formulación núm. 1.

3.4.8. Procedimiento para la elaboración de la crema hidratante nocturna

A continuación, se describe el procedimiento para la elaboración de la crema hidratante nocturna en la tabla XV.

Tabla XV. **Formulación cuantitativa núm. 1 de la crema hidratante nocturna**

Excipiente	Porcentaje (%)
Dimetilpolisiloxano	54,34
Agua desionizada	40,00
Emulsificante en frío	1,99
Glicerol	1,13
Aceite esencial de naranja	1,11
Trietanolamina	1,01

Continuación de la tabla XV.

Potasio de sorbato	0,20
Metilparabeno	0,20
Propilparabeno	0,02

Fuente: elaboración propia, utilizando como base las referencias 4, 15, 17 y 18.

Tabla XVI. **Formulación cuantitativa núm. 2 de la crema hidratante nocturna**

Excipiente	Porcentaje (%)
Dimetilpolisiloxano	54,34
Agua desionizada	40,00
Propilenglicol	2,06
Emulsificante en frío	1,99
Aceite esencial de naranja	1,11
Potasio de sorbato	0,20
Metilparabeno	0,20
Propilparabeno	0,10

Fuente: elaboración propia, utilizando como base las referencias 4,15, 17 y 18.

El procedimiento a seguir para la elaboración de la crema hidratante, en función de la formulación cuantitativa de la tabla XV y XVI, es el siguiente:

- Agregar propilenglicol, metilparabeno, propilparabeno y potasio de sorbato al agua desionizada.
- Agitar la solución de forma continua.
- Mezclar la solución anterior con emulsificante en frío.
- Agitar la mezcla hasta que se vea uniforme.
- Agregar dimetilpolisiloxano al 30 %.
- Agitar de manera continua hasta que la mezcla se vea uniforme.

- Agregar glicerol y aceite esencial.
- Regular el pH con trietanolamina para la formulación núm. 1.

3.4.9. Procedimiento para la elaboración del aceite para masajes

A continuación, se describe el procedimiento para la elaboración del aceite para masajes en la tabla XVII.

Tabla XVII. **Formulación cuantitativa del aceite para masajes**

Excipiente	Porcentaje (%)
Aceite mineral	50
Aceite esencial de naranja	50

Fuente: elaboración propia, utilizando como base las referencias 4, 15, 17 y 18.

El procedimiento a seguir para la elaboración del aceite para masajes, en función de la formulación cuantitativa de la tabla XVII, es el siguiente:

- Agregar al aceite mineral, el aceite esencial
- Agitar la solución de forma continua

3.4.10. Procedimiento para el control de calidad de los cosméticos establecido por el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 71.03.45:07 “Productos cosméticos, verificación de la calidad”

A continuación, se describe el procedimiento el control de calidad de los cosméticos establecido por el reglamento técnico centroamericano en los siguientes temas.

3.4.10.1. Apariencia

- Colocar una muestra del cosmético en baño maría y visualizar las partes no solubles.
- Determinar de manera visual si la apariencia del cosmético es homogénea o heterogénea.

3.4.10.2. Color

- Realizar la prueba de manera visual
- Verificar que el color es homogéneo en toda la muestra

3.4.10.3. Olor

- Realizar la prueba organoléptica mediante la comparación con el olor deseado.

3.4.10.4. pH

- Tomar una muestra del cosmético y disolver 1 g en 10 mL de agua.
- Medir el potencial de hidrógeno de la solución.
- En el caso de la solución anhidra no realizar esta prueba por ser un cosmético hidrófobo.

3.4.10.5. Viscosidad

- Verificar que el viscosímetro de Brookfield se encuentre calibrado.
- Elegir el número de aguja a utilizar en función de la viscosidad del cosmético.

- Asegurar la aguja al eje inferior del disco rotatorio.
- Tomar una muestra de 120 mL del cosmético.
- Verificar que el nivel del fluido este sobre la ranura en el eje de la aguja.
- Presionar el *clutch* y encender el motor del viscosímetro.
- Liberar el *clutch* para permitir que el cuadrante se estabilice en la posición del factor numérico.
- Multiplicar el factor numérico por el valor establecido por el fabricante en función del número de aguja y las revoluciones por minuto.

3.4.11. Control microbiológico de los cosméticos, establecido por el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 71.03.45:07 “Productos cosméticos, verificación de la calidad”

- Utilizar la técnica de dispersión en placa.
- Preparar y rotular juegos de cajas petri por duplicado, conteniendo agar Lethen modificado (ALM) y agar BP, para diluciones de muestra de 10⁻¹ hasta 10⁻⁶.
- Agregar de 5 a 10 mL de la preparación de cosméticos ya preparada, a 45 o 90 mL de Caldo Lethen modificado (CLM) para una dilución de 10⁻².
- Diluir las muestras en CLM, hasta obtener diluciones desde 10⁻¹ hasta 10⁻⁶.
- Mezclar las diluciones y pipetear 0,1 mL de cada dilución en la superficie sólida del medio en cajas de petri.
- Dispersar el inóculo en toda la superficie con varillas de vidrio, previamente esterilizadas por flameo.
- Permitir que el medio absorba el inóculo antes de invertir e incubar las placas por 48 horas a 30 ± 2 °C.

- Realizar mismo procedimiento con el agar BP, con una temperatura de 35 °C.
- Contar los resultados obtenidos.
- Utilizar el promedio del conteo de colonias y multiplicarlo por diez y el factor de dilución.
- Si el halo de la coagulasa negativo es reportado irregularmente, distinguir los de la coagulasa positiva.
- Seleccionar las placas que tienen más de 250 colonias, de las diluciones grandes que no contiene las colonias típicas.
- Para cada placa de BP que demuestre crecimiento, picar una o más colonias típicas para confirmar su reacción coagulasa.
- Transferir colonias a placas de agares o algún medio conveniente para mantenerlas.
- Incubar las placas hasta que el crecimiento sea evidente.
- Calcular el número de *Staphylococcus aureus* presentes por primera determinación en la fracción de colonias evaluadas que son coagulasa positiva.
- Si no se tienen colonias en ALM o BP, observar las diluciones en CLM ya preparadas, enriquecidas e incubadas a 30 ± 2 °C por 7 días.
- Examinar los enriquecimientos diariamente para crecimiento.
- Después de la incubación, subcultivar los enriquecimientos en agar McConkey y Lethen modificado.
- Incubar las placas por 48 horas a 30 ± 2 °C.
- Calcular el número de microorganismos.

3.5. Recolección y ordenamiento de la información

Una vez definidas las variables tanto dependientes como independientes del estudio de investigación se procedió a realizar la parte experimental del proyecto, así como la recolección y ordenamiento de la información.

Para el aceite esencial se realizaron 3 lotes de extracción con el fin de determinar sus propiedades fisicoquímicas y un análisis cuantitativo de sus componentes, a cada lote de extracción se le realizaron 3 réplicas dando un total de 9 corridas y posteriormente se realizó la comparación entre este aceite esencial y uno provisto comercialmente. La recolección de datos según el tipo de cosmético se ejecutó según la presentación de los mismos. Se realizaron cuatro diferentes cosméticos, cada uno con tres réplicas dando un total de 12 corridas.

El ordenamiento de los resultados obtenidos se realizó de la siguiente manera:

Tabla XVIII. **Rendimiento extractivo del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) a escala planta piloto**

Tamaño de lote (kg)	Tara de frasco (g)	Peso final (g)	Masa aceite (g)	Rendimiento (%)
15	107,32	150,63	43,31	0,2887
	107,17	150,77	43,60	0,2907
	106,94	149,74	42,80	0,2853
20	107,73	206,32	98,59	0,4930
	105,68	200,70	95,02	0,4751
	106,55	200,79	94,24	0,4712

Continuación de la tabla XVIII.

25	107,97	203,20	95,23	0,5094
	106,30	138,42	32,12	
	107,74	202,57	94,83	0,5582
	108,02	152,74	44,72	
	106,07	202,95	96,88	0,5272
	105,81	140,72	34,91	

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XIX. **Densidad del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) a escala planta piloto**

Tamaño de lote (kg)	Tara del picnómetro (g)	Volumen del picnómetro (mL)	Peso final (g)	Densidad (g/mL)
15	3,16	1,088	4,05	0,8180
	3,16	1,088	4,05	0,8180
	3,16	1,088	4,05	0,8180
20	3,15	1,088	4,05	0,8272
	3,15	1,088	4,05	0,8272
	3,16	1,088	4,05	0,8180
25	3,15	1,088	4,05	0,8272
	3,16	1,088	4,04	0,8088
	3,16	1,088	4,05	0,8180

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XX. Índice de refracción del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) a escala planta piloto

Tamaño de lote (kg)	Índice de refracción (adimensional)
15	1,4710
	1,4710
	1,4710
20	1,4715
	1,4715
	1,4710
25	1,4720
	1,4715
	1,4715

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XXI. Solubilidad en etanol del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) a escala planta piloto

Tamaño de lote (kg)	Volumen de turbidez (mL)	Volumen límpido (mL)
15	0,40	19,60
	0,30	19,70
	0,25	19,75
20	0,35	19,65
	0,30	19,70
	0,50	19,50
25	0,55	19,45
	0,45	19,55
	0,50	19,50

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XXII. **Composición química del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) utilizando un lote de 15 kg de materia prima. Obtenida por GC-MS**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% Área	Nombre IUPAC	Nombre común	Clasificación orgánica	Número CAS
1	13,592	92,81	1-metil-4-(1-metiletenil)-ciclohexano	d-limoneno	monoterpeno	005989-27-5
2	11,836	3,76	6,6-dimetil-2-metileno-biciclo [3.1.1] heptano	beta-pineno	monoterpeno	000127-91-3
3	7,965	0,88	(1s)-2,6,6-trimetil, biciclo [3.1.1] hept-2-eno	1s-alfa-pineno	monoterpeno	007785-26-4
4	10,595	0,53	3-metileno-6-(1-metil-etil)-ciclohexano	beta-felandreno	monoterpeno	000555-10-2
5	26,942	0,48	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-	linalool	monoterpenol	000078-70-6
6	14,133	0,47	3-metileno-6-(1-metil-etil)-ciclohexano	beta-felandreno	monoterpeno	000555-10-2
7	11,513	0,33	3,7,7-trimetil-biciclo [4.1.0], hept-3-eno	3-careno	monoterpeno	013466-78-9
8	72,051	0,15	ácido hexadecanóico	ácido palmítico	Ácido graso saturado	000057-10-3
9	16,517	0,11	1-metil-4-(1-metil etilideno)- ciclohexano	terpinoleno	monoterpeno	000586-62-9
10	25,077	0,09	(1R,2S,6S,7S,8S)-8-isopropil-1,3-dimetil-triciclo [4.4.0.0] dec-3-eno	copaeno	sesquiterpeno	003856-25-5

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, II/UVG.

Tabla XXIII. **Composición química del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) utilizando un lote de 20 kg de materia prima. Obtenida por GC-MS**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% Área	Nombre IUPAC	Nombre común	Clasificación orgánica	Número CAS
1	13,592	92,48	1-metil-4-(1-metiletenil)-ciclohexano	d-limoneno	monoterpeno	005989-27-5
2	11,836	3,88	biciclo [3.1.0] hex-2-eno, 4-metil-1-(1-metil etil)-	beta-tujano	monoterpeno	028634-89-1
3	7,961	1,01	(1s)-2,6,6-trimetil, biciclo [3.1.1] hept-2-eno	1s-alfa-pineno	monoterpeno	007785-26-4

Continuación de la tabla XXIII.

4	26,947	0,57	1,6-octadien-3-ol, 3,7-dimetil-	linalool	monoterpenol	000078-70-6
5	10,590	0,52	biciclo [3.1.0] hex-2-eno, 4-metil-1-(1-metil etil)-	beta-tujano	monoterpeno	028634-89-1
6	14,115	0,46	biciclo [3.1.0] hexano, 4-metileno - 1-(1-metil etil)-	sabineno	monoterpeno	003387-41-5
7	11,509	0,41	biciclo [4.1.0] hept-3-eno, 3,7,7-trimetil-, (1S)-	(1s)-3-careno	monoterpeno	000498-15-7
8	25,087	0,13	3a,3b,4,5,6,7-hexahidroxi-3,7-dimetil-4-(1-metil-etil)-	alfa-cubebeno	sesquiterpeno	017699-14-8
9	16,522	0,11	ciclohexano, 1-metil-4-(1-metil etilideno)-	terpinoleno	monoterpeno	000586-62-9
10	32,915	0,10	3-ciclohexano-1-metanol, alfa, alfa, 4-trimetil-, (1S)-	alfa-terpineol	monoterpenol	010482-56-1

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, II/UVG.

Tabla XXIV. Composición química del aceite esencial obtenido del flavelo de la naranja dulce, utilizando un lote de 25 kg de materia prima. Obtenida por GC-MS

Núm.	Tiempo de retención (min)	% Área	Nombre IUPAC	Nombre común	Clasificación orgánica	Número CAS
1	13,592	91,82	1-metil-4-(1-metiletenil)-ciclohexano	d-limoneno	monoterpeno	005989-27-5
2	11,841	3,98	biciclo [3.1.0] hex-2-eno, 4-metil-1-(1-metil etil)-	beta-tujano	monoterpeno	028634-89-1
3	7,970	1,11	(1s)-2,6,6-trimetil, biciclo [3.1.1] hept-2-eno	1s-alfa-pineno	monoterpeno	007785-26-4
4	26,951	0,70	1,6-octadien-3-ol, 3,7-dimetil-	linalool	monoterpenol	000078-70-6
5	10,595	0,57	3-metileno-6-(1-metil-etil)-ciclohexano	beta-felandreno	monoterpeno	000555-10-2
6	14,142	0,49	3-metileno-6-(1-metil-etil)-ciclohexano	beta-felandreno	monoterpeno	000555-10-2
7	11,513	0,38	biciclo [4.1.0] hept-3-eno, 3,7,7-trimetil-, (1S)-	(1s)-3-careno	monoterpeno	000498-15-7

Continuación de la tabla XXIV.

8	32,919	0,18	3-ciclohexano-1-metanol, alfa, alfa, 4-trimetil-	terpineol	monoterpeno	000098-55-5
9	25,091	0,14	3a,3b,4,5,6,7-hexahidroxi-3,7-dimetil-4-(1-metil-etil)-	alfa-cubebeno	sesquiterpeno	017699-14-8
10	16,517	0,11	biciclo [4.1.0] hept-2-eno, 4,7,7-trimetil-	(+)-4-careno	monoterpeno	029050-33-7

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, II/UVG.

Tabla XXV. **Densidad del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) comercial, tomado como base de referencia**

Corrida	Tara del picnómetro (g)	Volumen del picnómetro (mL)	Peso final (g)	Densidad (g/mL)
1	3,15	1,088	4,06	0,8364
2	3,16	1,088	4,06	0,8272
3	3,15	1,088	4,05	0,8272

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XXVI. **Índice de refracción del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) comercial, tomado como base de referencia**

Corrida	Índice de refracción (adimensional)
1	1,4720
2	1,4720
3	1,4720

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XXVII. **Solubilidad en etanol del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) comercial, tomado como base de referencia**

Corrida	Volumen de turbidez (mL)	Volumen límpido (mL)
1	0,40	19,60
2	0,35	19,65
3	0,30	19,70

Fuente: datos experimentales, LIXVE, CII/USAC.

Tabla XXVIII. **Composición química del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) comercial, tomado como base de referencia. Obtenida por GC-MS**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% Área	Nombre IUPAC	Nombre común	Clasificación orgánica	Número CAS
1	13,592	91,27	1-metil-4-(1-metiletenil)-ciclohexano	d-limoneno	monoterpeno	005989-27-5
2	11,832	3,36	biciclo [3.1.0] hex-2-eno, 4-metil-1-(1-metil etil)-	beta-tujano	monoterpeno	028634-89-1
3	7,970	1,19	(1s)-2,6,6-trimetil, biciclo [3.1.1] hept-2-eno	1s-alfa-pineno	monoterpeno	007785-26-4
4	26,961	0,99	1,6-octadien-3-ol, 3,7-dimetil-	linalool	monoterpenol	000078-70-6
5	10,595	0,69	biciclo [3.1.0] hex-2-eno, 4-metil-1-(1-metil etil)-	beta-tujano	monoterpeno	028634-89-1
6	25,114	0,52	decanal	decilaldehído	aldehído	000112-31-2
7	14,138	0,42	biciclo [3.1.0] hexano, 4-metileno -1-(1-metil etil)-	sabineno	monoterpeno	003387-41-5
8	16,640	0,33	octanal	octilaldehído	aldehído	000124-13-0
9	34,170	0,15	2,6-Octadienal, 3,7-dimetil-	citral	monoterpeno	005392-40-5
10	32,919	0,12	p-ment-1-en-8-ol	terpineol	monoterpeno	000098-55-5

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, II/UVG.

Tabla XXIX. **Caracterización organoléptica de los cosméticos**

Cosmético	Presentación	Corrida	Apariencia	Color	Olor
Jabón	Gel	1	Homogénea	Incoloro	Naranja
		2	Homogénea	Incoloro	Naranja
		3	Homogénea	Incoloro	Naranja
Mascarilla 1	Emulsión	1	Heterogénea	Gris	Naranja
		2	Heterogénea	Gris	Naranja
		3	Heterogénea	Gris	Naranja
Mascarilla 2	Emulsión	1	Heterogénea	Gris	Naranja
		2	Heterogénea	Gris	Naranja
		3	Heterogénea	Gris	Naranja
Crema hidratante nocturna 1	Emulsión	1	Homogénea	Blanco	Naranja
		2	Homogénea	Blanco	Naranja
		3	Homogénea	Blanco	Naranja
Crema hidratante nocturna 2	Emulsión	1	Homogénea	Blanco	Naranja
		2	Homogénea	Blanco	Naranja
		3	Homogénea	Blanco	Naranja
Aceite para masajes	Solución	1	Homogénea	Amarillo	Naranja
		2	Homogénea	Amarillo	Naranja
		3	Homogénea	Amarillo	Naranja

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XXX. **pH y viscosidad del jabón en gel, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Corrida	Temperatura (°C)	pH	No. pin	RPM	Viscosidad (cP)
1	24	6,85	4	12	42 500
2		6,98			43 000
3		6,94			41 500

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XXXI. **pH y viscosidad de la mascarilla núm. 1, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Corrida	Temperatura (°C)	pH	Núm. pin	RPM	Viscosidad (cP)
1	24	7,84	4	12	15 500
2		7,79			14 000
3		7,85			16 500

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XXXII. **pH y viscosidad de la mascarilla núm. 2, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Corrida	Temperatura (°C)	pH	Núm. pin	RPM	Viscosidad (cP)
1	23	7,00	4	12	15 500
2		6,95			14 000
3		7,02			16 500

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XXXIII. **pH y viscosidad de la crema hidratante nocturna núm. 1, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Corrida	Temperatura (°C)	pH	Núm. pin	RPM	Viscosidad (cP)
1	23	7,06	4	6	96 000
2		7,12			92 500
3		7,02			94 500

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XXXIV. **pH y viscosidad de la crema hidratante nocturna núm. 2, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Corrida	Temperatura (°C)	pH	Núm. pin	RPM	Viscosidad (cP)
1	22	7,00	4	6	96 000
2		7,00			95 500
3		7,01			94 000

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XXXV. **pH y viscosidad del aceite para masajes, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Corrida	Temperatura (°C)	Núm. pin	RPM	Viscosidad (cP)
1	23	1	12	10
2				15
3				15

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XXXVI. **Análisis microbiológico del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Análisis	Requisito según RTCA 71.03.45.07	Resultado
Recuento total de mesófilos aerobios	$\leq 10^3$	$4,0 \times 10^7$ UFC/g
Recuento de mohos y levaduras	$\leq 10^2$	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes totales	NPL	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes fecales	NPL	< 10 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	ausencia	ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	ausencia	ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ausencia	ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XXXVII. **Análisis microbiológico del jabón en gel, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Análisis	Requisito según RTCA 71.03.45.07	Resultado
Recuento total de mesófilos aerobios	$\leq 10^3$	<10 UFC/g
Recuento de mohos y levaduras	$\leq 10^2$	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes totales	NPL	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes fecales	NPL	< 10 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	ausencia	ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	ausencia	ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ausencia	ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XXXVIII. **Análisis microbiológico de la mascarilla núm. 1, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Análisis	Requisito según RTCA 71.03.45.07	Resultado
Recuento total de mesófilos aerobios	$\leq 10^3$	$6,0 \times 10^9$ UFC/g
Recuento de mohos y levaduras	$\leq 10^2$	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes totales	NPL	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes fecales	NPL	< 10 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	ausencia	ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	ausencia	ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ausencia	ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XXXIX. **Análisis microbiológico de la mascarilla núm. 2, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Análisis	Requisito según RTCA 71.03.45.07	Resultado
Recuento total de mesófilos aerobios	$\leq 10^3$	$3,0 \times 10^6$ UFC/g
Recuento de mohos y levaduras	$\leq 10^2$	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes totales	NPL	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes fecales	NPL	< 10 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	ausencia	ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	ausencia	ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ausencia	ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XL. **Análisis microbiológico de la crema hidratante nocturna núm. 1, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Análisis	Requisito según RTCA 71.03.45.07	Resultado
Recuento total de mesófilos aerobios	$\leq 10^3$	$9,0 \times 10^7$ UFC/g
Recuento de mohos y levaduras	$\leq 10^2$	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes totales	NPL	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes fecales	NPL	< 10 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	ausencia	ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	ausencia	ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ausencia	ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XLI. **Análisis microbiológico de la crema hidratante nocturna núm. 2, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Análisis	Requisito según RTCA 71.03.45.07	Resultado
Recuento total de mesófilos aerobios	$\leq 10^3$	<10 UFC/g
Recuento de mohos y levaduras	$\leq 10^2$	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes totales	NPL	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes fecales	NPL	< 10 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	ausencia	ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	ausencia	ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ausencia	ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XLII. **Análisis microbiológico del aceite para masajes, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Análisis	Requisito según RTCA 71.03.45.07	Resultado
Recuento total de mesófilos aerobios	$\leq 10^3$	<10 UFC/g
Recuento de mohos y levaduras	$\leq 10^2$	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes totales	NPL	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes fecales	NPL	< 10 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	ausencia	ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	ausencia	ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ausencia	ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

3.6. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

En función de la recolección y ordenamiento de los resultados obtenidos en la parte experimental, se procedió a tabular y procesar la información obtenida con el fin de ordenar y poder interpretar los valores obtenidos, tanto para la caracterización del aceite esencial como su aplicación en la industria cosmética.

El ordenamiento de los resultados tabulados se realizó de la siguiente manera:

Tabla XLIII. **Rendimiento extractivo del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) a escala planta piloto**

Tamaño de lote (kg)	Rendimiento (%)	Media (%)	Desviación estándar
15	0,2887	0,2881	2,892E-03
	0,2910		
	0,2850		
20	0,4930	0,4798	1,160 E-02
	0,4751		
	0,4712		
25	0,5094	0,5316	2,470E-02
	0,5582		
	0,5272		

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XLIV. **Densidad del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) a escala planta piloto**

Tamaño de lote (kg)	Densidad (g/mL)	Media (g/mL)	Desviación estándar
15	0,8180	0,8180	8,487E-06
	0,8180		
	0,8180		
20	0,8272	0,8241	5,306E-03
	0,8272		
	0,8180		
25	0,8272	0,8180	9,191E-03
	0,8088		
	0,8180		

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XLV. **Índice de refracción del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) a escala planta piloto**

Tamaño de lote (kg)	Índice de refracción (adimensional)	Media (adimensional)	Desviación estándar
15	1,4710	1,4710	0
	1,4710		
	1,4710		
20	1,4715	1,4713	2,8868E-04
	1,4715		
	1,4710		
25	1,4720	1,4717	2,8868E-04
	1,4715		
	1,4715		

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XLVI. **Solubilidad en etanol del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) a escala planta piloto**

Tamaño de lote (kg)	Volumen de turbidez (mL)	Media (mL)	Volumen límpido (mL)	Media (mL)	Desviación estándar
15	0,40	0,32	19,60	19,68	0,08
	0,30		19,70		
	0,25		19,75		
20	0,35	0,38	19,65	19,62	0,10
	0,30		19,70		
	0,50		19,50		
25	0,55	0,50	19,45	19,50	0,05
	0,45		19,55		
	0,50		19,50		

Fuente: datos experimentales LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XLVII. **Densidad del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) comercial, tomado como base de referencia**

Corrida	Densidad (g/mL)	Media (g/mL)	Desviación estándar
1	0,8364	0,8303	5,306E-03
2	0,8272		
3	0,8272		

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XLVIII. **Índice de refracción del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) comercial, tomado como base de referencia**

Corrida	Índice de refracción (adimensional)	Media (adimensional)	Desviación estándar
1	1,4720	1,4720	0
2	1,4720		
3	1,4720		

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XLIX. **Solubilidad en etanol del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) comercial, tomado como base de referencia**

Corrida	Volumen de turbidez (mL)	Media (mL)	Volumen límpido (mL)	Media (mL)	Desviación estándar
1	0,30	0,25	19,70	19,75	0,05
2	0,25		19,75		
3	0,20		19,80		

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla L. **pH y viscosidad del jabón en gel, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Corrida	pH	Media	Desviación estándar	Viscosidad (cP)	Media (cP)	Desviación estándar
1	6,85	6,92	0,07	4,25E+04	4,23E+04	7,64E+02
2	6,98			4,30E+04		
3	6,94			4,15E+04		

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla LI. **pH y viscosidad de la mascarilla núm. 1, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Corrida	pH	Media	Desviación estándar	Viscosidad (cP)	Media (cP)	Desviación estándar
1	7,84	7,83	0,03	1,55E+04	1,53E+04	1,26E+03
2	7,79			1,40E+04		
3	7,85			1,65E+04		

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla LII. **pH y viscosidad de la mascarilla núm. 2, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Corrida	pH	Media	Desviación estándar	Viscosidad (cP)	Media (cP)	Desviación estándar
1	7,00	6,99	0,04	1,48E+04	1,42E+04	5,20E+02
2	6,95			1,38E+04		
3	7,02			1,40E+04		

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla LIII. **pH y viscosidad de la crema hidratante nocturna núm. 1, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Corrida	pH	Media	Desviación estándar	Viscosidad (cP)	Media (cP)	Desviación estándar
1	7,06	7,07	0,05	9,60E+04	9,43E+04	1,76E+03
2	7,12			9,25E+04		
3	7,02			9,45E+04		

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla LIV. **pH y viscosidad de la crema hidratante núm. 2, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Corrida	pH	Media	Desviación estándar	Viscosidad (cP)	Media (cP)	Desviación estándar
1	7,00	7,00	0,01	9,60E+04	9,52E+04	1,04E+03
2	7,00			9,55E+04		
3	7,01			9,40E+04		

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla LV. **pH y viscosidad del aceite para masajes, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Corrida	Viscosidad (cP)	Media (cP)	Desviación estándar
1	10	13	3
2	15		
3	15		

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

3.7. Análisis estadístico

La estadística inferencial es una de las herramientas necesarias en la investigación científica, para generalizar o tomar decisiones sobre la información obtenida en la elaboración de un diseño experimental. En el presente estudio de investigación se utilizó un análisis de varianza para un factor, conocido como ANOVA, el cual contrasta si la diferencia entre las medias muestrales es significativa.

La diferencia entre las medias muestrales se basa en la variabilidad total del conjunto de datos, conocida como variabilidad entre grupos y la variabilidad debida al azar del muestreo (variabilidad dentro de grupos). La variabilidad se estima en función de la suma de cuadrados.

Tabla LVI. **Cálculo para la variabilidad total, en función de la suma de cuadrados**

Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza	Cálculo de F
$SS_T = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}$	N-1		
$SS_E = \left[\frac{(\sum x_1)^2}{n_1} + \frac{(\sum x_2)^2}{n_2} + \frac{(\sum x_k)^2}{n_k} \right] - \frac{(\sum x)^2}{N}$	k-1	$s_E^2 = \frac{SS_E}{k-1}$	$F = \frac{s_E^2}{s_D^2}$
$SS_D = SS_T - SS_E$	N-k	$s_D^2 = \frac{SS_D}{N-k}$	

Fuente: *Métodos de análisis de datos en ecología*.

<https://www.uco.es/servicios/informatica/windows/filemgr/download/ecolog/Metodos%20 analisis %20datos.pdf>. Consulta: 28 de noviembre de 2014.

Donde:

SS_T = suma de cuadrados total

SS_E = suma de cuadrados entre grupos

SS_D = suma de cuadrados dentro de grupos

s_E = varianza entre grupos

s_D = varianza dentro de grupos

N = número total de datos

k = número de grupos

x = cada uno de los datos de cada grupo

n_1, n_2, \dots, n_k = número de datos en cada grupo

F = distribución de Fisher

El contraste de hipótesis se realiza comparando el valor de la F calculada con el valor de F crítico, obtenido a partir de un nivel de confianza del 95 %. En función de los resultados, si el valor de la F calculada es mayor que F crítico existen diferencias entre los grupos y por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Cuando las medias son iguales, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa.

A continuación se presenta el análisis de varianza de un factor, para los resultados obtenidos en el presente estudio de investigación.

Tabla LVII. **Experimento de un factor, para el rendimiento extractivo del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
15 kg	3	0,8650	0,2883	9,333E-06
20 kg	3	1,4390	0,4797	1,373E-04
25 kg	3	1,5940	0,5313	6,143E-04

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla LVIII. **Análisis de varianza de un factor, para el rendimiento extractivo del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
entre grupos	9,833E-02	2	4,916E-02	193,8	3,542E-06	5,143
dentro de grupos	1,522E-03	6	2,537E-04			
total	9,985E-02	8				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla LIX. **Experimento de un factor, para la densidad del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
25 kg	3	2,454	0,8180	8,448E-05
20 kg	3	2,472	0,8240	2,816E-05
15 kg	3	2,454	0,8180	7,203E-11
Aceite esencial comercial	3	2,491	0,8303	2,821E-05

Fuente: datos experimentales LIEXVE, CII/USAC.

Tabla LX. **Análisis de varianza de un factor, para la densidad del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	3,101E-04	3	1,034E-04	2,931	9,954E-02	4,066
Dentro de grupos	2,821E-04	8	3,527E-05			
Total	5,922E-04	11				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla LXI. **Experimento de un factor, para el índice de refracción del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
25 kg	3	4,415	1,472	8,333E-08
20 kg	3	4,414	1,471	8,333E-08
15 kg	3	4,413	1,471	0
Aceite esencial comercial	3	4,416	1,472	0

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla LXII. **Análisis de varianza de un factor, para el índice de refracción del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,667E-06	3	5,556E-07	13,33 3	1,768E-03	4,066
Dentro de grupos	3,333E-07	8	4,167E-08			
Total	2,000E-06	11				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla LXIII. **Experimento de un factor, para la solubilidad en etanol del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
25 kg	3	58,50	19,50	2,500E-03
20 kg	3	58,85	19,62	1,083E-02
15 kg	3	59,05	19,68	5,833E-03
Aceite esencial comercial	3	59,25	19,75	2,500E-03

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla LXIV. **Análisis de un factor, para la solubilidad en etanol del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,1023	3	3,410E-02	6,295	1,683E-02	4,066
Dentro de grupos	0,0433	8	5,417E-03			
Total	0,1456	11				

Fuente: datos experimentales LIEXVE, CII/USAC.

4. RESULTADOS

4.1. Extracción del aceite esencial de naranja, utilizando el método de destilación por arrastre con vapor directo, a escala planta piloto

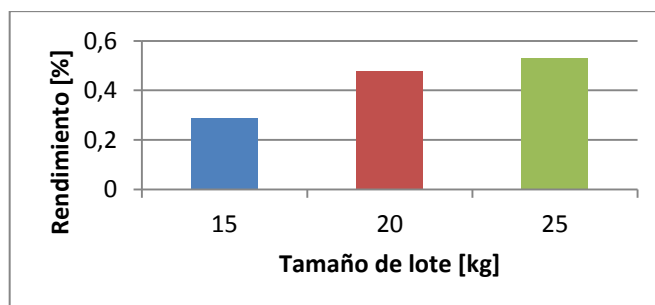
A continuación se muestra el rendimiento, la densidad del aceite esencial, índice de refracción esencial en las siguientes tablas y figuras.

Tabla LXV. **Rendimiento extractivo del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) a escala planta piloto**

Tamaño de lote (kg)	Rendimiento (%)
15	0,2881 ± 2,892E-03
20	0,4798 ± 1,160E-02
25	0,5316 ± 2,470E-02

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Figura 15. **Rendimiento extractivo del aceite esencial, en función del tamaño de lote**



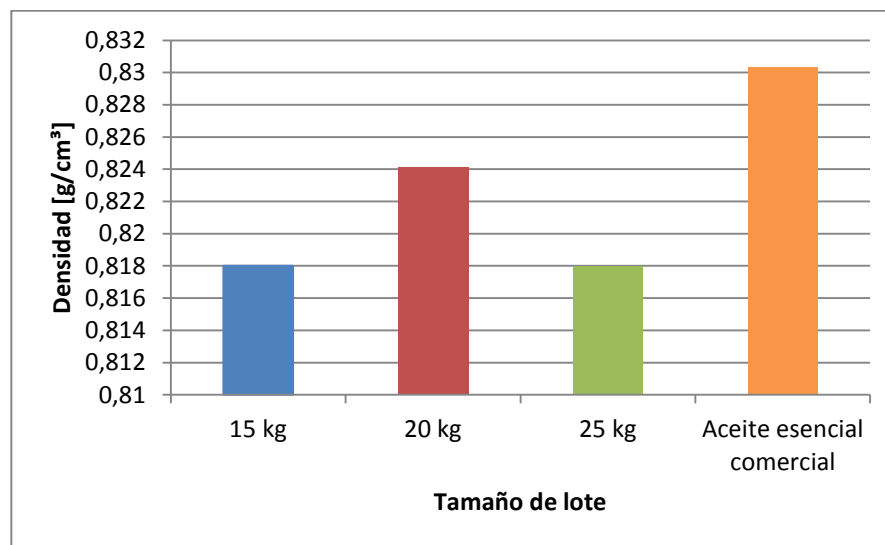
Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla LXVI. **Densidad del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) y del aceite esencial comercial, tomado como base de referencia**

Tamaño de lote (kg)	Densidad (g/cm ³)
15 kg	0,8180 ± 8,487E-06
20 kg	0,8241 ± 5,306E-03
25 kg	0,8180 ± 9,191E-03
Aceite esencial comercial	0,8303 ± 5,306E-03

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Figura 16. **Densidad en función del tamaño de lote para el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**



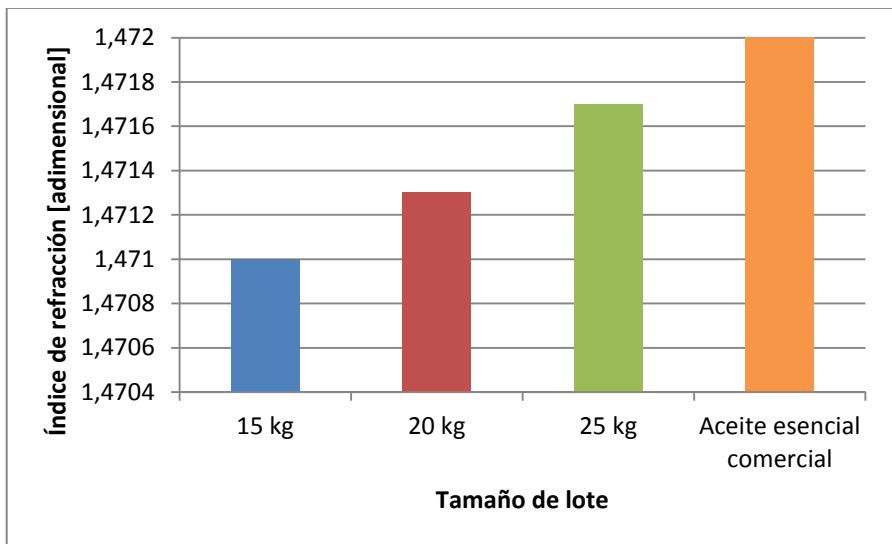
Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla LXVII. Índice de refracción del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) y del aceite esencial comercial, tomado como base de referencia

Tamaño de lote (kg)	Índice de refracción (adimensional)
15 kg	1,4710 ± 0
20 kg	1,4713 ± 2,8868E-04
25 kg	1,4717 ± 2,8868E-04
Aceite esencial comercial	1,4720 ± 0

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Figura 17. Índice de refracción, en función del tamaño de lote para el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)



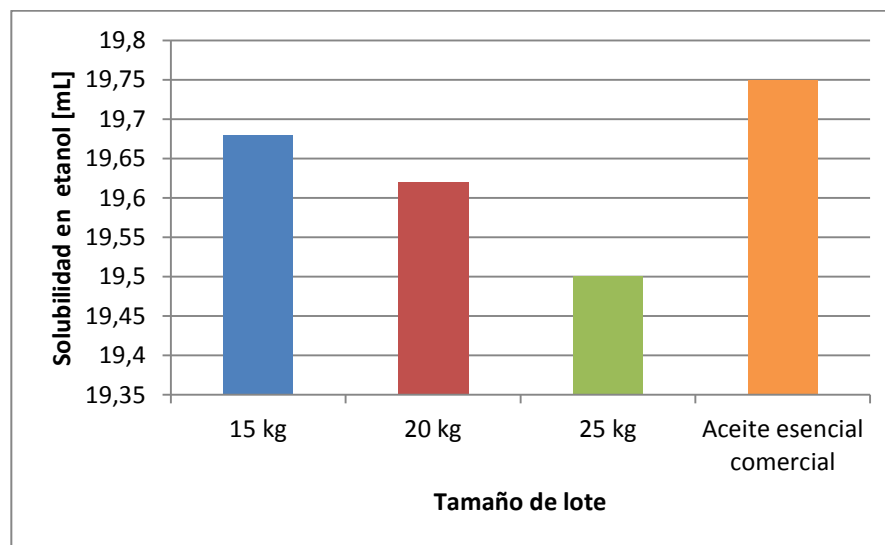
Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla LXVIII. **Solubilidad en etanol del aceite esencial, obtenido del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) y del aceite esencial comercial, tomado como base de referencia**

Tamaño de lote (kg)	Volumen de turbidez (mL)	Volumen límpido (mL)
15 kg	0,32 ± 0,08	19,68 ± 0,08
20 kg	0,38 ± 0,10	19,62 ± 0,10
25 kg	0,50 ± 0,05	19,50 ± 0,05
Aceite esencial comercial	0,25 ± 0,05	19,75 ± 0,05

Fuente: datos experimentales LIEXVE, CII/USAC.

Figura 18. **Solubilidad en etanol, en función del tamaño de lote para el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**



Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla LXIX. **Componentes químicos mayoritarios del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) utilizando un lote de 15 kg de materia prima**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% Área	Nombre IUPAC	Nombre común	Clasificación orgánica	Número CAS
1	13,592	92,81	1-metil-4-(1-metiletienil)-ciclohexano	d-limoneno	monoterpeno	005989-27-5
2	11,836	3,76	6,6-dimetil-2-metileno-biciclo [3.1.1] heptano	beta-pineno	monoterpeno	000127-91-3
3	7,965	0,88	(1s)-2,6,6-trimetil, biciclo [3.1.1] hept-2-eno	1s-alfa-pineno	monoterpeno	007785-26-4
4	10,595	0,53	3-metileno-6-(1-metil-etil)-ciclohexano	beta-felandreno	monoterpeno	000555-10-2
5	26,942	0,48	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-	linalool	monoterpenol	000078-70-6

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, II/UVG.

Tabla LXX. **Componentes químicos mayoritarios del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) utilizando un lote de 20 kg de materia prima**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% Área	Nombre IUPAC	Nombre común	Clasificación orgánica	Número CAS
1	13,592	92,48	1-metil-4-(1-metiletienil)-ciclohexano	d-limoneno	monoterpeno	005989-27-5
2	11,836	3,88	biciclo [3.1.0] hex-2-eno, 4-metil-1-(1-metil etil)-	beta-tujano	monoterpeno	028634-89-1
3	7,961	1,01	(1s)-2,6,6-trimetil, biciclo [3.1.1] hept-2-eno	1s-alfa-pineno	monoterpeno	007785-26-4
4	26,947	0,57	1,6-octadien-3-ol, 3,7-dimetil-	linalool	monoterpenol	000078-70-6
5	10,590	0,52	biciclo [3.1.0] hex-2-eno, 4-metil-1-(1-metil etil)-	beta-tujano	monoterpeno	028634-89-1

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, II/UVG.

Tabla LXXI. **Componentes químicos mayoritarios del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) utilizando un lote de 25 kg de materia prima**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% Área	Nombre IUPAC	Nombre común	Clasificación orgánica	Número CAS
1	13,592	91,82	1-metil-4-(1-metiletenil)-ciclohexano	d-limoneno	monoterpeno	005989-27-5
2	11,841	3,98	biciclo [3.1.0] hex-2-eno, 4-metil-1-(1-metil etil)-	beta-tujano	monoterpeno	028634-89-1
3	7,970	1,11	(1s)-2,6,6-trimetil, biciclo [3.1.1] hept-2-eno	1s-alfa-pineno	monoterpeno	007785-26-4
4	26,951	0,70	1,6-octadien-3-ol, 3,7-dimetil-	linalool	monoterpenol	000078-70-6
5	10,595	0,57	3-metileno-6-(1-metil-etil)-ciclohexano	beta-felandreno	monoterpeno	000555-10-2

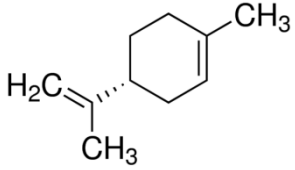
Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, II/UVG.

Tabla LXXII. **Componentes químicos mayoritarios del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) comercial, tomado como base de referencia**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% Área	Nombre IUPAC	Nombre común	Clasificación orgánica	Número CAS
1	13,592	91,27	1-metil-4-(1-metiletenil)-ciclohexano	d-limoneno	monoterpeno	005989-27-5
2	11,832	3,36	biciclo [3.1.0] hex-2-eno, 4-metil-1-(1-metil etil)-	beta-tujano	monoterpeno	028634-89-1
3	7,970	1,19	(1s)-2,6,6-trimetil, biciclo [3.1.1] hept-2-eno	1s-alfa-pineno	monoterpeno	007785-26-4
4	26,961	0,99	1,6-octadien-3-ol, 3,7-dimetil-	linalool	monoterpenol	000078-70-6
5	10,595	0,69	biciclo [3.1.0] hex-2-eno, 4-metil-1-(1-metil etil)-	beta-tujano	monoterpeno	028634-89-1

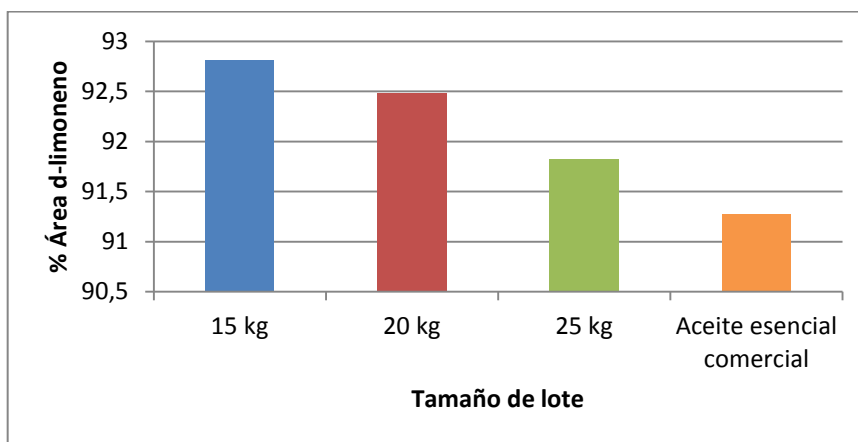
Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, II/UVG.

Tabla LXXIII. **Contenido de d-limoneno presente en el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Tamaño de lote (kg)	Tiempo de retención (min)	% Área	Nombre IUPAC	Estructura molecular
15 kg	13,592	92,81	1-metil-4-(1-metiletenil)-ciclohexano	
20 kg		92,48		
25 kg		91,82		
Aceite esencial comercial		91,27		

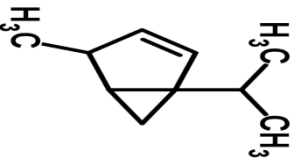
Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, II/UVG.

Figura 19. **Contenido de d-limoneno en función del tamaño de lote para el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**



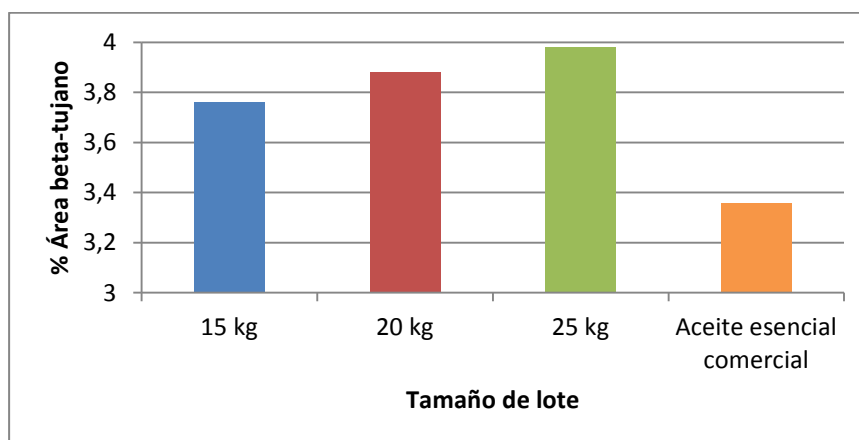
Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, II/UVG.

Tabla LXXIV. **Contenido de beta-tujano presente en el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Tamaño de lote (kg)	Tiempo de retención (min)	% Área	Nombre IUPAC	Estructura molecular
15 kg	11,836	3,76	biciclo [3.1.0] hex-2-eno, 4-metil-1-(1-metil etil)-	
20 kg	11,836	3,88		
25 kg	11,841	3,98		
Aceite esencial comercial	11,832	3,36		

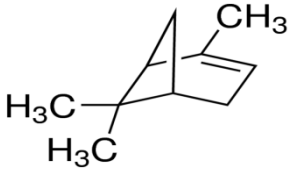
Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, II/UVG.

Figura 20. **Contenido de beta-tujano en función del tamaño de lote para el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**



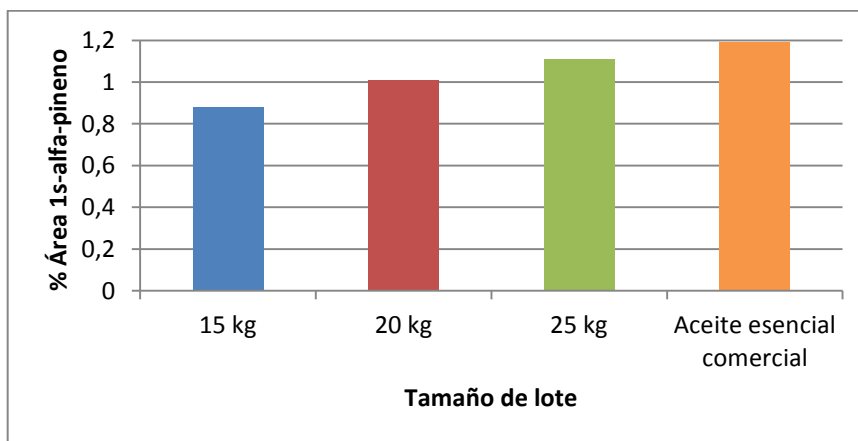
Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada II/UVG.

Tabla LXXV. **Contenido de 1s-alfa-pineno presente en el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Tamaño de lote (kg)	Tiempo de retención (min)	% Área	Nombre IUPAC	Estructura molecular
15 kg	7,965	0,88	(1s)-2,6,6-trimetil,biciclo [3.1.1] hept-2-eno	
20 kg	7,961	1,01		
25 kg	7,970	1,11		
Aceite esencial comercial	7,970	1,19		

Fuete: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, II/UVG.

Figura 21. **Contenido de 1s-alfa-pineno en función del tamaño de lote para el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**



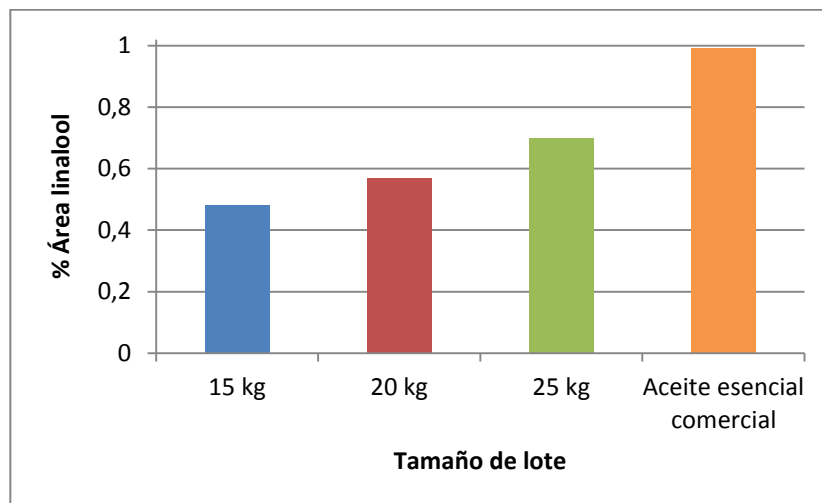
Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, II/UVG.

Tabla LXXVI. **Contenido de linalool presente en el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Tamaño de lote	Tiempo de retención (min)	% Área	Nombre IUPAC	Estructura molecular
15 kg	26,942	0,48	1,6-octadien-3-ol,3,7-dimetil-	
20 kg	26,947	0,57		
25 kg	26,951	0,70		
Aceite esencial comercial	26,961	0,99		

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, II/UVG.

Figura 22. **Contenido de linalool en función del tamaño de lote para el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**



Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, II/UVG.

4.2. Caracterización de los cosméticos formulados a partir de pruebas organolépticas, fisicoquímicas y un análisis microbiológico

A continuación, en las tablas se especifica la caracterización de los cosméticos formulados a partir de pruebas organolépticas, fisicoquímicas y un análisis microbiológico.

Tabla LXXVII. **Formulación cuantitativa del jabón en gel, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Excipiente	Porcentaje (%)
Etanol 95 %	71,00
Agua desionizada	26,40
Trietanolamina	0,80
Aceite esencial de naranja	0,80
Triclosan	0,56
Carbopol	0,40

Fuente: elaboración propia, utilizando como base las referencias 4, 15, 17 y 18.

Tabla LXXVIII. **Formulación cuantitativa de la mascarilla, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Excipiente	Porcentaje (%)
Agua desionizada	89,48
Bentonita	5,00
Propilenglicol	2,00
Goma xantan	1,19
Dióxido de titanio	1,00
Aceite esencial de naranja	0,83
Potasio de sorbato	0,20
Metilparabeno	0,20
Propilparabeno	0,10

Fuente: elaboración propia, utilizando como base las referencias 4, 15, 17 y 18.

Tabla LXXIX. **Formulación cuantitativa de la crema hidratante nocturna, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Excipiente	Porcentaje (%)
Dimetilpolisiloxano 30 %	54,34
Agua desionizada	40,00
Propilenglicol	2,06
Emulsificante en frío	1,99
Aceite esencial de naranja	1,11
Potasio de sorbato	0,20
Metilparabeno	0,20
Propilparabeno	0,10

Fuente: elaboración propia, utilizando como base las referencias 4, 15, 17 y 18.

Tabla LXXX. **Formulación cuantitativa del aceite para masajes, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Excipiente	Porcentaje (%)
Aceite mineral	50
Aceite esencial de naranja	50

Fuente: elaboración propia, utilizando como base las referencias 4, 15, 17 y 18.

Tabla LXXXI. **Caracterización organoléptica de los cosméticos**

Cosmético	Presentación	Apariencia	Color	Olor
Jabón	Gel	Homogénea	Incoloro	Naranja
Mascarilla	Emulsión	Heterogénea	Gris	Naranja
Crema hidratante nocturna	Emulsión	Homogénea	Blanco	Naranja
Aceite para masajes	Solución	Homogénea	Amarillo	Naranja

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla LXXXII. **Medición de pH y viscosidad para cada cosmético**

Cosmético	pH	Viscosidad (cP)
Jabón	6,92 ± 0,07	4,23E+04 ± 7,64E+02
Mascarilla	6,99 ± 0,07	1,42E+04 ± 5,20E+02
Crema hidratante nocturna	7,00 ± 0,01	9,52E+04 ± 1,04E+03
Aceite para masajes		13 ± 3

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla LXXXIII. **Análisis microbiológico del jabón en gel, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Análisis	Requisito según RTCA 71.03.45.07	Resultado
Recuento total de mesófilos aerobios	$\leq 10^3$	< 10 UFC/g
Recuento de mohos y levaduras	$\leq 10^2$	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes totales	NPL	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes fecales	NPL	< 10 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	ausencia	ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	ausencia	ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ausencia	ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla LXXXIV. **Análisis microbiológico de la mascarilla, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Análisis	Requisito según RTCA 71.03.45.07	Resultado
Recuento total de mesófilos aerobios	$\leq 10^3$	3,0x10 ⁶ UFC/g
Recuento de mohos y levaduras	$\leq 10^2$	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes totales	NPL	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes fecales	NPL	< 10 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	ausencia	ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	ausencia	ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ausencia	ausencia

Fuente: datos experimentales LAFYM, Facultad de Ciencias y Farmacia USAC.

Tabla LXXXV. **Análisis microbiológico de la crema hidratante nocturna, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Análisis	Requisito según RTCA 71.03.45.07	Resultado
Recuento total de mesófilos aerobios	$\leq 10^3$	< 10 UFC/g
Recuento de mohos y levaduras	$\leq 10^2$	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes totales	NPL	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes fecales	NPL	< 10 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	ausencia	ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	ausencia	ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ausencia	ausencia

Fuente: datos experimentales LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla LXXXVI. **Análisis microbiológico del aceite para masajes, utilizando como agente cosmético activo aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)**

Análisis	Requisito según RTCA 71.03.45.07	Resultado
Recuento total de mesófilos aerobios	$\leq 10^3$	< 10 UFC/g
Recuento de mohos y levaduras	$\leq 10^2$	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes totales	NPL	< 10 UFC/g
Recuento de coliformes fecales	NPL	< 10 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	ausencia	ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	ausencia	ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ausencia	ausencia

Fuente: datos experimentales LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El presente estudio de investigación tuvo como objetivo la extracción y caracterización del aceite esencial, proveniente del flavelo de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) y su posterior aplicación en la formulación de cuatro cosméticos. La materia prima se recolectó a partir de desechos agroindustriales y la naranja utilizada fue variedad valencia tipo piña, la cual proviene de la Finca Sonaguera, Colón, Honduras.

La extracción del aceite esencial se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC; donde la materia prima se colocó en una marmita y se puso en contacto directo con vapor saturado, generado por una caldera. El vapor contenía las partículas volátiles de la materia vegetal y al ponerlo en contacto con una corriente de agua, condensó y se obtuvo una mezcla de hidrolato y aceite esencial, que posteriormente fue separada por decantación. El tiempo de extracción fue de dos horas y los lotes de materia vegetal fueron de 15, 20 y 25 kg.

En la tabla LXV, se puede observar la media de los rendimientos obtenidos para cada tamaño de lote con su respectiva desviación estándar, la cual indica la variabilidad que existe en las réplicas del experimento. En la figura núm. 15 se muestra la tendencia del rendimiento extractivo en función del tamaño de lote, con lo cual se puede determinar que conforme aumenta la cantidad de flavelo utilizado, aumenta el rendimiento obtenido de aceite esencial; esto ocurre ya que al utilizar mayor cantidad de materia prima, hay

una mayor presencia de vesículas de las cuales se puede extraer aceite esencial.

Es importante mencionar que el rendimiento extractivo obtenido en el presente estudio, es bajo en comparación con el estudio realizado en la Universidad de San Carlos de Guatemala por Estefani Lossi (1,07 %), lo cual se debe a la procedencia de la materia prima, pues en el caso de esta investigación al ser un residuo agroindustrial del proceso de extracción de jugos, se pierde parte del aceite esencial, de igual manera puede afectar el tipo y procedencia del fruto.

En la tabla LVIII, se muestra el análisis de varianza para un factor, que contrasta si la diferencia entre las medias muestrales es significativa. Para un valor del coeficiente de Fisher calculado mayor a su valor crítico, se determinó que el rendimiento extractivo del aceite esencial se ve afectado por la cantidad de materia prima que se utiliza como lote, con un 95 % de confianza.

En relación con la caracterización fisicoquímica del aceite esencial se calculó la densidad, solubilidad en etanol, medición del índice de refracción y determinación de los componentes mayoritarios. De igual manera se procedió a caracterizar un aceite esencial comercial, con el fin de determinar si existe una diferencia significativa entre éste y el obtenido del flavelo del fruto.

La densidad se calculó utilizando un picnómetro, siendo el resultado la relación entre masa y volumen de aceite. En la tabla LXVI se muestran los valores para la densidad, tanto del aceite obtenido del flavelo como del comercial y en la figura 16 se observa que el aceite comercial tiene una mayor densidad que el aceite extraído, lo cual indica que este tiene una menor cantidad de hidrocarburos terpénicos.

La tabla LX muestra el análisis de varianza para los valores obtenidos de la densidad, donde se puede determinar a partir de la F calculada, con un 95 % de confianza que no existe diferencia significativa en las mediciones y por lo tanto, se indica que al comparar un aceite comercial con uno obtenido de desechos agroindustriales, no existe diferencia significativa.

En la tabla LXVII se puede observar el índice de refracción tanto para el aceite obtenido del flavelo del fruto como del aceite comercial y en la figura 17 la tendencia de estos valores. Al aumentar la cantidad de materia prima utilizada, aumenta el valor del índice de refracción. Esta es una propiedad que se utiliza como indicador de la pureza del aceite, por lo tanto según la figura 17 se determina que el lote de 25 kg y el aceite comercial tienen una menor probabilidad de que existan adulteraciones en ellos.

Según el análisis de un factor realizado para el índice de refracción, la tabla LXII muestra que existe diferencia significativa entre las corridas del experimento y por lo tanto existe diferencia significativa entre el aceite esencial comercial y el aceite obtenido del flavelo del fruto.

Otra propiedad que se debe tomar en cuenta para determinar la calidad de un aceite esencial es su miscibilidad en etanol. En la tabla LXVIII y figura 18, se puede observar que ambos aceites esenciales son solubles en un volumen de 20 mL y presentan una turbidez menor a 1 mL, por lo tanto son miscibles en etanol. En relación con el análisis estadístico se rechazó la hipótesis nula afirmando que existe diferencia significativa entre el aceite comercial y el obtenido del flavelo de la naranja dulce, característica que se relaciona con la calidad del mismo.

Para el análisis químico del aceite esencial de naranja se realizó una cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas, donde se determinó mediante un porcentaje de área y un tiempo de retención la abundancia de especies químicas que se encontraron en el aceite esencial comercial y el aceite esencial que se obtuvo en el presente estudio.

Un resumen de los componentes químicos mayoritarios para el aceite proveniente del residuo agroindustrial y el aceite esencial comercial, se muestra de la tabla LXIX a la tabla LXXII, siendo los tres principales el d-limoneno, beta-tujano y 1s-alfa-pineno; cuando se tiene un lote de 25 kg y el aceite comercial.

Para el lote de 15 kg se muestra en la tabla LXIX, que la composición química a partir del segundo componente varía del resto, sin embargo, en el apéndice 2 se observa que para un porcentaje de área de 3,76 % se encuentran los tres compuestos con mayor coincidencia en la base de datos acoplada al equipo, y un porcentaje equivalente para cada compuesto. En el caso del beta-pineno fue de 91 % y para el beta-tujano del 86 %.

Debido a que no existe diferencia significativa entre estos porcentajes, se determinó que no existe diferencia en la composición del aceite esencial según el tamaño de lote utilizado y por lo tanto tampoco existe diferencia en relación al aceite esencial comercial. Del apéndice 1 al 8 se puede visualizar el listado con las especies mayoritarias para cada muestra de aceite esencial y su cromatograma, donde se visualizan los porcentajes de área representados como picos.

La comparación de los componentes químicos mayoritarios según la procedencia del aceite esencial de naranja, se muestra de la tabla LXXIII a la tabla LXXVI; en función del tiempo de retención y porcentaje de área se

determinó que no existe variación entre los valores obtenidos lo cual se puede observar de la figura 19 a la figura 22.

En la figura 19, se muestra el contenido de d-limoneno, en función de la procedencia del aceite esencial de naranja; como se puede observar el que presenta una menor cantidad del compuesto es el aceite esencial comercial, lo cual indica que tiene una menor cantidad de hidrocarburos terpénicos y como se mencionó anteriormente una mayor densidad.

En el caso del aceite obtenido del flavelo de la naranja dulce se observa que la relación entre el porcentaje de área y el tamaño del lote es inversamente proporcional, en lo cual pudo influir que el lote de 25 kg tuvo un mayor tiempo de almacenamiento. Para los cosméticos se utilizó el aceite esencial proveniente del lote de 15 kg ya que el d-limoneno es el compuesto que le provee al aceite esencial su característico aroma a cítrico.

A partir del agente cosmético activo se formuló una crema hidratante nocturna (emulsión tipo agua en aceite), un jabón (gel), un aceite para masajes (solución anhidra) y una mascarilla (emulsión). El aceite esencial de naranja es fotosensible, por lo tanto el uso de la crema hidratante como medida de precaución es nocturno pues el porcentaje utilizado (1,11 %) se encuentra dentro del rango establecido por IFRA (0,00002 %-29 %); de igual forma el jabón en gel se encuentra dentro del rango establecido (0,8 %) y se puede utilizar de día. La mascarilla y aceite para masajes son productos que posteriormente se deben lavar de la piel por lo tanto no presentan problema al utilizarlos de día.

La tabla LXXVII muestra la formulación cuantitativa para el jabón, como se puede observar el componente en mayor proporción es el etanol al 95 %, esto

es debido a que actúa como solvente y agente bactericida, el agua se encuentra en menor proporción ya que este es un disolvente del alcohol pues se necesita que su concentración sea al 70 % para que su acción bactericida sea de amplio espectro y de igual manera se utilizó triclosan como conservante antimicrobiano.

El carbopol es utilizado como un modificador de la reología de la solución, es decir aumentó su viscosidad para que se obtuviera un gel y como regulador de pH ácido se utilizó trietanolamina, para mantener el pH del cosmético cercano al de la piel (5,5). El agente cosmético activo se utilizó en una proporción pequeña debido a que los aceites esenciales tienden a tener un aroma penetrante.

En el caso de la mascarilla se realizaron dos formulaciones debido a que la primera no cumplía con los requerimientos microbiológicos establecidos. La formulación núm. 1 se encuentra en la tabla XIII, y la formulación núm.2 en la tabla LXXVIII. Con el fin de mejorar la actividad antimicrobiana de la misma se procedió a disminuir la cantidad de agua utilizada. Se eliminó el uso de trietanolamina debido a que como se puede observar en la tabla XXXI el pH era mayor a 7, lo cual afectó la eficacia del metilparabeno; de igual forma se utilizó una mayor proporción del preservante propilparabeno, con el fin de potenciar al metilparabeno y se agregó como antimicrobiano al propilenglicol.

Para la formulación de la mascarilla se utilizó como solvente agua desionizada y como excipiente bentonita, la cual se encargó de transportar al agente cosmético activo. La goma xantan fue el plastificante que aumentó la viscosidad de la emulsión y el dióxido de titanio se utilizó como un tonificante que da la sensación de tirantez en la piel. Como se mencionó los preservantes utilizados fueron el metilparabeno que actúa como antimicrobiano,

propilparabeno como antifúngico, potasio de sorbato y propilenglicol el cual actúa también como humectante.

Al igual que en la mascarilla para la crema se realizaron dos formulaciones, las cuales se muestran en las tablas XV y LXXIX. Se utilizó una emulsión de dimetilpolisiloxano al 30 %, agua desionizada como disolvente y para obtener la textura cremosa de la emulsión y controlar su estabilidad se utilizó un emulsificante en frío. Los preservantes utilizados fueron los mismos que en la formulación anterior.

Para el aceite de masajes se utilizó aceite mineral como el excipiente y como agente cosmético activo el aceite esencial de naranja, en este caso no se utilizó algún tipo de preservante debido a que era una solución anhidra.

La determinación de propiedades organolépticas para los cosméticos se llevó a cabo con base en el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 71.03.45.07 “Productos cosméticos, verificación de la calidad”, el cual indica que para todo cosmético se debe evaluar aspecto, color y olor. En la tabla LXXXI, se muestra la caracterización de cada cosmético, como se puede observar en cuanto a su aspecto el jabón, aceite para masajes y crema son homogéneos y en el caso de la mascarilla su apariencia es heterogénea, lo cual se debe a la naturaleza granular de la bentonita.

El color de cada cosmético se encuentra en función de los excipientes utilizados y el aroma se debe al aceite esencial de naranja. Las propiedades evaluadas en la caracterización fisicoquímica fueron el pH y viscosidad. El pH se determinó por medio de un potenciómetro. Sin embargo, debido a la viscosidad alta de estos cosméticos se diluyó un gramo de cada uno en 10 mL

de agua para poder obtener una mejor lectura. En el caso del aceite para masajes no se midió el pH por ser una solución hidrofóbica.

Como se puede observar en la tabla LXXXII, la media del pH para cada cosmético evaluado se aproxima a 7, lo cual ayuda a mantener el pH de la piel que se encuentra aproximadamente en 5,5 y evita de esta manera su irritación. La viscosidad se determinó por medio de un viscosímetro de Brookfield, el cual presentó una dispersión alta en cada réplica de los cosméticos debido a que la lectura del viscosímetro se multiplicó por un factor, que se encuentra en función de las revoluciones por minuto y del número de aguja utilizada.

Debido a que las formulaciones de los cosméticos son inéditas, no contaban con especificaciones de referencia para el control de calidad, por lo tanto como se mencionó antes se utilizó el RTCA para definir que propiedades evaluar y en función del cumplimiento de esta normativa, se determinó que los cosméticos cumplieran con el control de calidad establecido por el experimentador.

Posteriormente al aceite esencial de naranja y los cosméticos se les realizó una batería microbiológica, en la que se evaluaron los límites establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano. En la tabla XXXVI, se puede observar que para el aceite esencial los resultados fueron insatisfactorios, ya que la cantidad de mesófilos aerobios sobrepasaba el límite establecido. Los mesófilos aerobios son bacterias presentes en condiciones a temperatura y presión atmosférica, que se utilizan como indicadores de la calidad del producto.

Para el jabón se obtuvieron resultados favorables, por lo tanto se determinó que cumplía con los parámetros establecidos por el RTCA. Como se

mencionó el jabón es antibacterial y por lo tanto no presentó problemas al analizarlo.

En el caso de la mascarilla se realizaron dos formulaciones. En la sección de Recolección y ordenamiento de la información, en la tabla XXXVIII, se puede observar que la cantidad de mesófilos aerobios sobrepasa el límite establecido por el RTCA, esto se debió a que el agente cosmético activo no cumplió con los requerimientos. Otros factores que pudieron influir fue la utilización de trietanolamina, ya que la acción del metilparabeno por lo general disminuye al aumentar el pH y de igual manera, este preservante puede ser incompatible con la bentonita y el aceite esencial.

En el caso de la segunda formulación, en la tabla LXXXIV se observa que de igual forma el producto no cumplió con el reglamento, sin embargo, la cantidad de mesófilos disminuyó, esto es debido a que se disminuyó la cantidad de agua utilizada, pero al ser este el excipiente en mayor proporción la cantidad de bacterias seguía por encima del límite permisible.

Para la formulación de la crema hidratante núm. 1, se puede ver en la tabla XL, que de igual manera la cantidad de mesófilos aerobios sobrepasó el límite establecido, sin embargo, los resultados obtenidos para la formulación núm. 2 en la tabla LXXXV fueron satisfactorios, por lo tanto este cosmético cumplió con el Reglamento Técnico Centroamericano. La razón por la cual a diferencia de la mascarilla la crema si cumplió pudo ser por la cantidad de agua utilizada, ya que fue menor y al igual que para la mascarilla se aumentó la cantidad de propilparabeno para potenciar al metilparabeno y se utilizó propilenglicol, el cual potencia la eficacia de estos preservantes.

El aceite para masajes es una solución anhidra y a pesar que el aceite esencial no cumplió con el RTCA, al utilizar una mezcla con el aceite mineral se logró inhibir la actividad bacteriana. Por lo tanto se determinó que el aceite para masajes cumplió con los requerimientos establecidos por el RTCA, como se observa en la tabla LXXXVI.

CONCLUSIONES

1. Existe diferencia significativa para el rendimiento extractivo del aceite esencial de naranja en función del tamaño de lote, siendo el mayor valor de $0,5316 \pm 2,470E-02$ % para un lote de 25 kg y el menor valor de $0,2881 \pm 2,892E-03$ % para un lote de 15 kg.
2. No existe diferencia significativa para la densidad del aceite esencial extraído del flavelo del fruto, en función del tamaño de lote.
3. Existe diferencia significativa para el índice de refracción en función del tamaño de lote, el mayor valor fue de $1,4717 \pm 2,8868E-04$ para 25 kg y el menor de 1,4710 para 15 kg. En la solubilidad de etanol existe diferencia significativa en función del tamaño de lote siendo el mayor valor de $19,68 \pm 0,08$ mL para 15 kg y el menor valor de $19,50 \pm 0,05$ mL.
4. El componente mayoritario para el aceite esencial de naranja comercial y el obtenido de un residuo agroindustrial fue el d-limoneno, siendo el aceite esencial proveniente del lote de 15 kg el que mayor porcentaje obtuvo (92,81 %).
5. A partir de un análisis de varianza de un factor se determinó con un 95 % de confianza, que existe diferencia significativa para el índice de refracción y solubilidad en etanol del aceite esencial de naranja comercial y el obtenido por desechos agroindustriales.

6. El jabón en gel, la mascarilla, la crema hidratante nocturna y el aceite para masajes cumplieron con la evaluación del aspecto, color, olor, pH y viscosidad establecido por el RTCA.

7. Los cosméticos que cumplieron satisfactoriamente con los límites microbianos establecidos por el RTCA fueron el jabón antibacterial, la crema hidratante nocturna y el aceite para masajes, mientras que la mascarilla no cumplió con el límite establecido de mesófilos aerobios.

RECOMENDACIONES

1. Realizar una extracción de aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.), proveniente de un residuo agroindustrial a escala planta piloto, utilizando materia prima de origen nacional y compararlo con el presente estudio.
2. Realizar un estudio acerca de la desterpenación del aceite esencial de naranja y la factibilidad económica de este proceso.
3. Verificar por medio del Reglamento Técnico Centroamericano la calidad de la materia prima a utilizar, previamente a la extracción del aceite esencial, con el fin de obtener un producto de calidad.
4. Realizar un estudio sobre la efectividad de la actividad antimicrobiana que pueden tener diferentes aceites esenciales de cítricos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Nacional del Café. *Cultivo de naranja* [en línea]. Guatemala: ANACAFE, http://anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo_de_naranja. [Consulta: 9 de abril de 2014].
2. ARRAÍZA BERMÚDEZ, María Paz. *Uso industrial de plantas aromáticas y medicinales* [en línea]. España: Universidad Politécnica de Madrid, [ref de 9 abril 2014]. Tema 7. Aceites esenciales. Disponible en web: <<http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/uso-industrial-de-plantas-aromaticas-y-medicinales/contenidos/material-de-clase/tema7.pdf>>
3. Asociación Internacional de Fragancia. *Citrus oils and other furocoumarins containing essential oils*. [en línea]: (IFRA). <[file:///C:/Users/Joana/Desktop/23169_STRS_2013_06_11_Citrus_oils_and_other_furocoumarins_containing_essential_oils%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Joana/Desktop/23169_STRS_2013_06_11_Citrus_oils_and_other_furocoumarins_containing_essential_oils%20(2).pdf)> [Consulta: 11 de abril de 2015].
4. BANDONI, Arnaldo. *Los recursos vegetales aromáticos en latinoamérica: su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores*. 2a. ed. Buenos Aires, Argentina: Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, 2003. 418 p.
5. BAREL, André O.; PAYE, Marc.; MAIBACH, Howard I. *Handbook of cosmetic science and technology*. USA: Marcel Dekker, 2001. 886 p.

6. BASER CAN, Hüsnü K.; BUCHBAUER Gerhard. *Handbook of essential oils: science, technology, and applications*. USA: Taylor and Francis Group, 2010. 994 p.
7. BURNETT, Christina; FIUME, Monice. *Safety assessment of citrus-derived peel oils as used in cosmetics*. [en línea]. Washington, DC.: <<http://www.cirsafetyorg/sites/default/files/cpeelo092014FR.pdf>> [Consulta: 13 de abril de 2015].
8. CARRASCO OTERO, Francisco José. *Diccionario de ingredientes cosméticos*. 4a ed. Málaga, España: Autor-Editor 2009. 623 p.
9. CORRALES PADILLA, H. *Fitofotodermatitis algunos aspectos fotobiológicos de los psoralenes*. [en línea]. Honduras. <<http://www.bvs.hn/RMH/pdf/1988/pdf/Vol56-2-1988-s-8.pdf>> [Consulta: 10 de abril de 2015].
10. Departamento de Regulación y Control de Productos Farmacéuticos y Afines. *Reglamento Técnico Centroamericano: RTCA 71.03.45.07. Productos Cosméticos, Verificación de la Calidad* [en línea]. <http://www.medicamentos.com.gt/index.php/legislacion-vigente/resoluciones-comieco>. [Consulta: 25 de abril de 2014].
11. GUENTHER, Ernest. "Individual essential oils of the plant families Rutaceae and Labitae". En: *The essential Oils*. USA: D. Van Nostrand Company, 1996. 427 p.
12. HELMAN, José. *Farmacotecnia teórica y práctica*. México: Continental, 1981. 2624 p.

13. Infoagro. *El cultivo de las naranjas* [en línea]. <<http://www.infoagro.com/citricos/naranja.htm>> [Consulta: 12 de abril de 2014].
14. LOSSI NISTHAL, Estefani Ana Marcela. *Obtención de aceite esencial del flavelo del fruto del naranjo dulce (Citrus Sinensis L.) tipo blanca, variedad valencia, empleando el método de destilación por arrastre de vapor a nivel laboratorio, en función de diferentes tipos de corte y contenido de humedad*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 146 p.
15. MILLER, James N.; MILLER, Jane C. *Estadística y quimiometría para química analítica*. Maté Jiménez, Carlos (traductor). 4a ed. Madrid, España: Pearson Educación, 2002. 286 p.
16. MONTGOMERY Douglas C. *Probabilidad y estadística para ingeniería y administración*. Nagore, Gabriel (traductor). 3a ed. México: Continental, 1996. 850 p.
17. Open Course Ware. *Manual de cromatografía* [en línea]. Universidad de Valencia. <http://ocw.uv.es/ocw-formacio-permanent/2011-1-35_Manual.pdf> [Consulta: 25 de abril de 2014].
18. PONTAZA NISTHAL, Amanda Ivette; ESCOBAR MÉNDEZ, Eyerim Susana. *Uso del Theobroma cacao sp. (cacao), recolectado en el área de Alta Verapaz para la fabricación de cuatro cosméticos*. Trabajo de graduación de Lic. en Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013. 93 p.

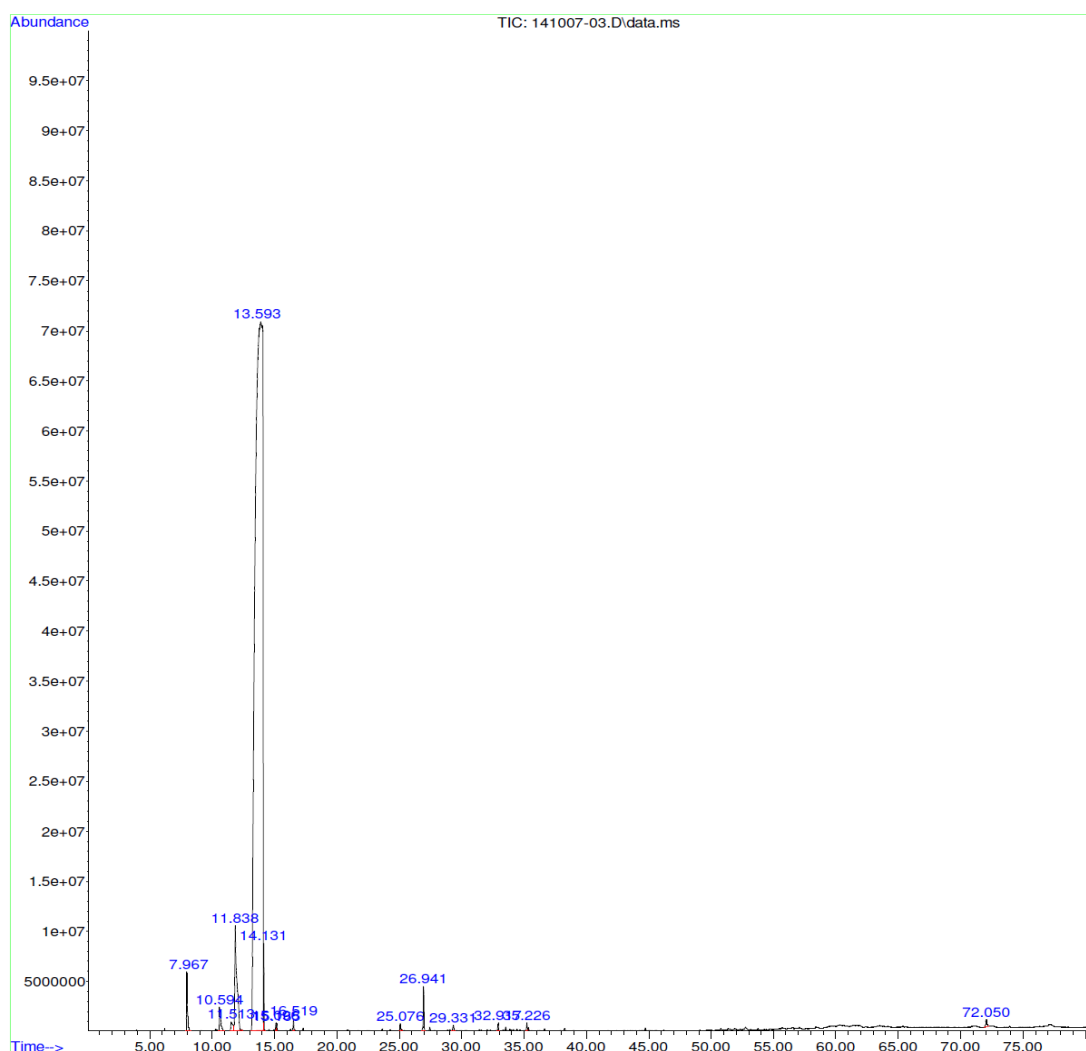
19. ROTHSTEIN GUTIÉRREZ, Erika Roldán; VILLEGAS, Julio Cesar. *Factibilidad del proyecto de extracción de aceites esenciales de la naranja en Antioquía* [en línea]. Revista Soluciones de Postgrado Medellín, Colombia: Escuela de Ingeniería de Antioquía, 2010 <<http://revistapostgrado.eia.edu.co/Revista%20Edicion%20No5/Soluciones%20N5%20Art%206.pdf>> [Consulta: 24 de abril de 2014].
20. ROWE, Raymond C.; SHESKEY, Paul J.; QUINN, Marian E. *Handbook of pharmaceutical excipients*. 6a ed. Londres, Gran Bretaña: Pharmaceutical Press, 2009. 917 p.
21. SABATER, Inmaculada; MOURELLE, Lourdes. *Cosmetología para estética y belleza*. Madrid, España: McGraw-Hill, 2013. 194 p.
22. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. *Norma Mexicana NMX-F-063-1978: Aceite esencial de naranja dulce centrifugado* [en línea]. <<http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-063-1978.PDF>> [Consulta: 10 de abril de 2014].
23. _____. *Norma Mexicana NMX-K-081-1976: Determinación de la solubilidad en etanol de aceites esenciales y productos aromáticos* [en línea]. <<http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-K-081-1976.PDF>> [Consulta: 5 de septiembre de 2014].
24. _____. *Norma Mexicana NMX-K-129-1976: Determinación del índice de refracción en aceites esenciales y productos aromáticos* [en línea]. <<http://www.colpos.mx>

/bancodenormas/nmexicanas/NMX-K-129-1976.PDF.> [Consulta: 5 de septiembre de 2014].

25. Servicio Nacional de Aprendizaje. *Introducción a la industria de los aceites esenciales de plantas medicinales y aromáticas*. Colombia: Sistema de bibliotecas SENA, 2012. 87 p.
26. STASHENKO, Elena E. *Aceites esenciales*. Santander, Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2009. 180 p.
27. Universidad de Alcalá. *Métodos de análisis de datos en ecología* [en línea]. España: <<https://www.uco.es/servicios/informatica/windows/filemgr/download/ecolog/Metodos%20 analisis%20datos.pdf>> [Consulta: 10 de noviembre de 2014].

ANEXOS

1. Cromatograma del aceite esencial de naranja, proveniente del lote de 15 kg



Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

2. Base de datos para la identificación de los componentes mayoritarios del aceite esencial de naranja, proveniente del lote de 15 kg

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\
 Data File : 141007-03.D
 Title :
 Acq On : 7 Oct 2014 14:37
 Operator : AdeM
 Sample : Naranja Citrus sinensis L
 Misc : 15
 ALS Vial : 3 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality:

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - events.e

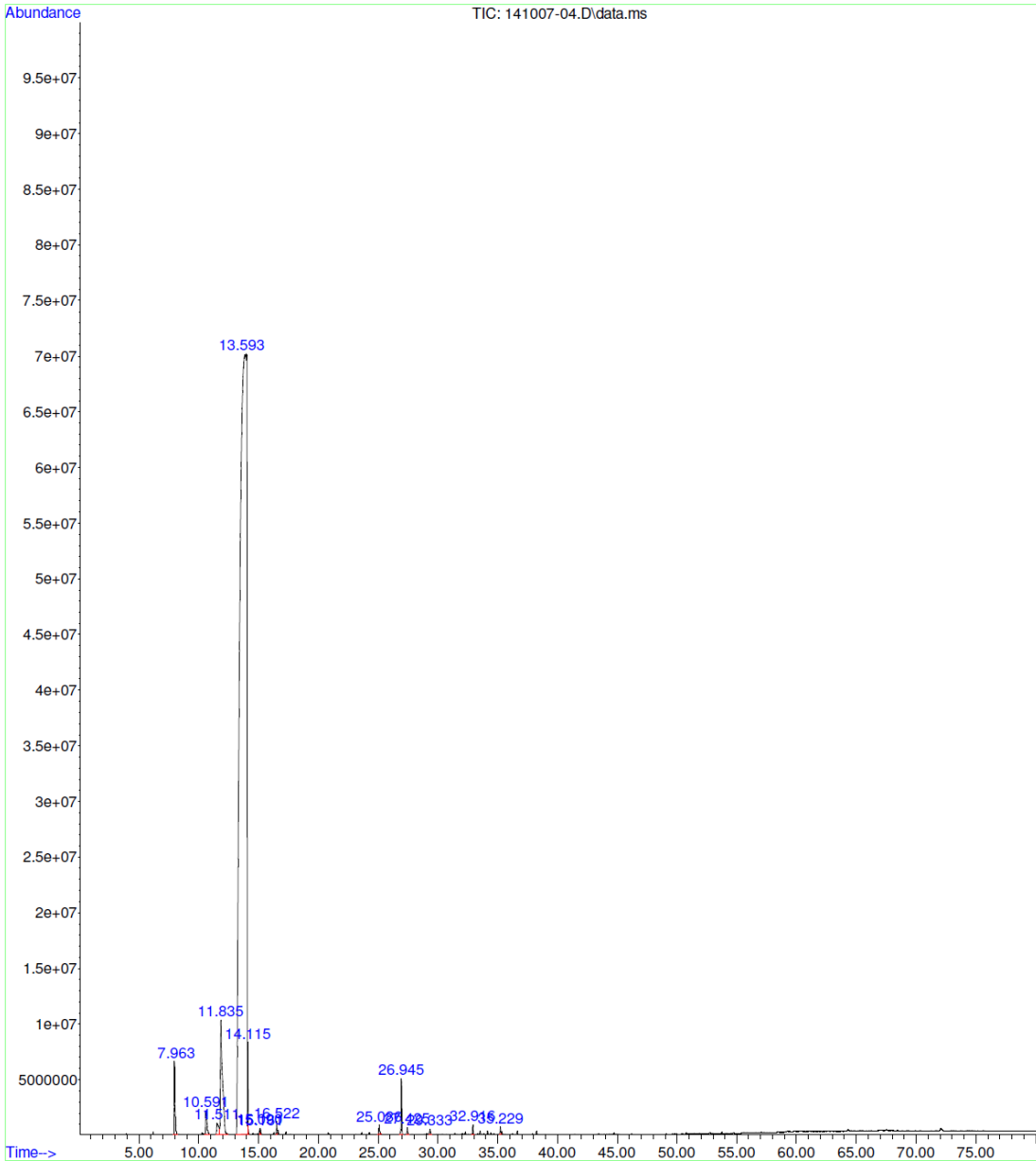
PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qua
1	7.965	0.88	C:\Database\NIST05a.L			
			1S-.alpha.-Pinene	15185	007785-26-4	96
			1R-.alpha.-Pinene	15186	007785-70-8	96
			.alpha.-Pinene	15178	000080-56-8	95
2	10.595	0.53	C:\Database\NIST05a.L			
			.beta.-Phellandrene	15198	000555-10-2	91
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	91
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	15378	003387-41-5	91
3	11.513	0.33	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Carene	15157	013466-78-9	97
			Bicyclo[4.1.0]hept-3-ene, 3,7,7-trimethyl-, (1S)-	15369	000498-15-7	96
			1R-.alpha.-Pinene	15186	007785-70-8	95
4	11.836	3.76	C:\Database\NIST05a.L			
			.beta.-Pinene	15176	000127-91-3	91
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	86
			.beta.-Pinene	15174	000127-91-3	78
5	13.592	92.81	C:\Database\NIST05a.L			
			D-Limonene	15165	005989-27-5	94
			D-Limonene	15162	005989-27-5	94
			Limonene	15153	000138-86-3	91
6	14.133	0.47	C:\Database\NIST05a.L			
			.beta.-Phellandrene	15200	000555-10-2	91
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	91
			.beta.-Phellandrene	15198	000555-10-2	91
7	15.098	0.07	C:\Database\NIST05a.L			
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15347	000099-85-4	94
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15353	000099-85-4	93
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15354	000099-85-4	91
8	15.166	0.06	C:\Database\NIST05a.L			
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15243	000502-99-8	97
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15284	003338-55-4	96
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15240	000502-99-8	94
9	16.517	0.11	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15339	000586-62-9	97
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	96
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15338	000586-62-9	96

Continuación del anexo 2.

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
10	25.077	0.09	C:\Database\NIST05a.L			
			Copaene	59779	003856-25-5	99
			.alpha.-Cubebene	59824	017699-14-8	96
			Copaene	59778	003856-25-5	96
11	26.942	0.48	C:\Database\NIST05a.L			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25643	000078-70-6	64
			1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl butyrate	74331	000078-36-4	52
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	54271	000115-95-7	52
12	29.330	0.09	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	25745	000562-74-3	97
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	25750	000562-74-3	96
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, (R)-	25784	020126-76-5	96
13	32.915	0.08	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha., 4-trimethyl-, (S)-	25843	010482-56-1	91
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha., 4-trimethyl-, acetate	54339	000080-26-2	64
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15317	000554-61-0	64
14	35.225	0.08	C:\Database\NIST05a.L			
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59980	000483-76-1	98
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59977	000483-76-1	93
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59979	000483-76-1	93
15	72.051	0.15	C:\Database\NIST05a.L			
			n-Hexadecanoic acid	96235	000057-10-3	96
			n-Hexadecanoic acid	96234	000057-10-3	95
			Propionic acid, 3-tetrazol-1-yl-	18622	1000304-09-3	38

Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

3. Cromatograma del aceite esencial de naranja, proveniente del lote de 20 kg



Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

4. Base de datos para la identificación de los componentes mayoritarios del aceite esencial de naranja, proveniente del lote de 20 kg

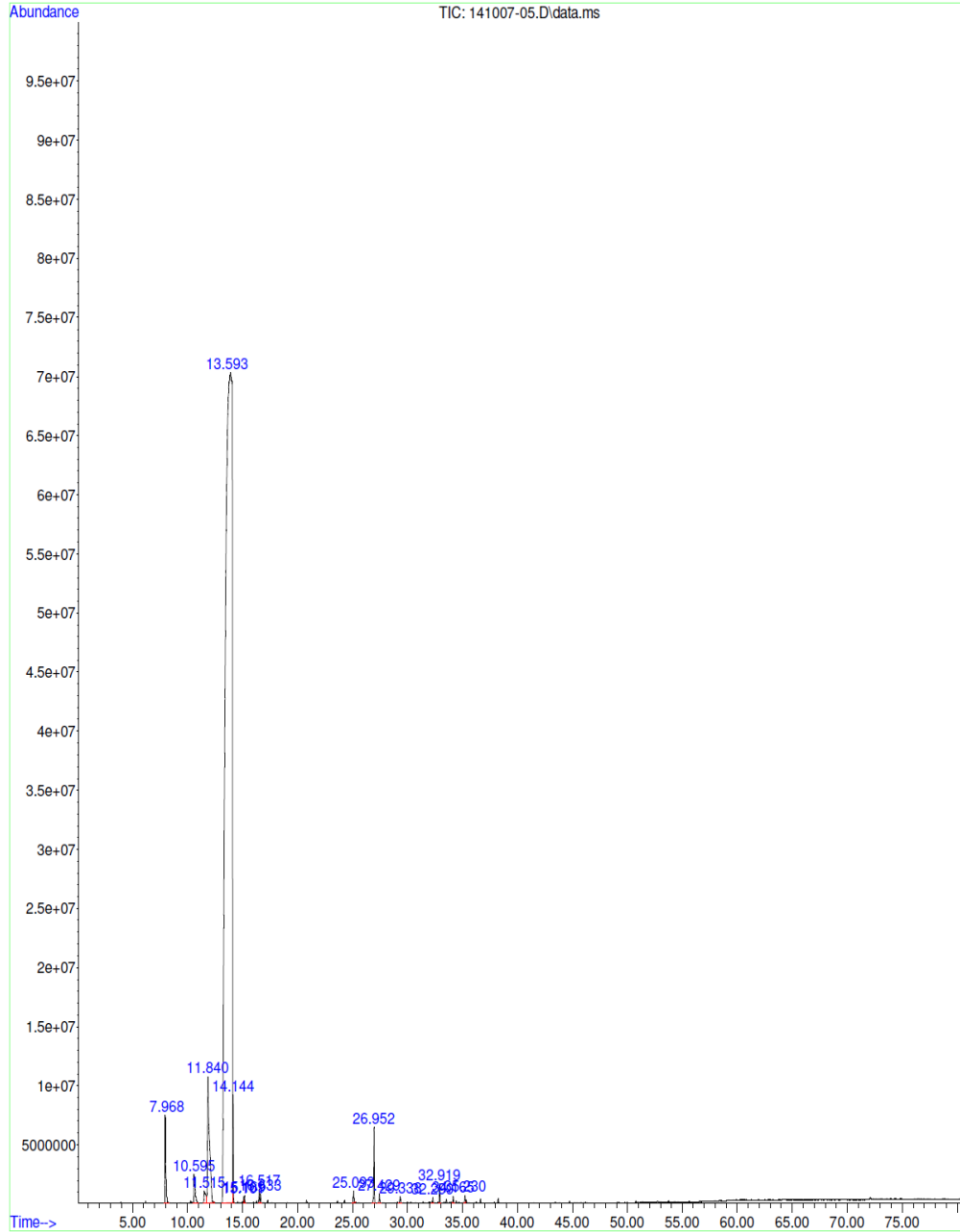
Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	7.961	1.01	C:\Database\NIST05a.L			
			1S-.alpha.-Pinene	15185	007785-26-4	96
			1R-.alpha.-Pinene	15188	007785-70-8	95
			1R-.alpha.-Pinene	15186	007785-70-8	95
2	10.590	0.52	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	91
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	15378	003387-41-5	91
			.beta.-Phellandrene	15200	000555-10-2	91
3	11.509	0.41	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[4.1.0]hept-3-ene, 3,7,7-trimethyl-, (1S)-	15369	000498-15-7	97
			3-Carene	15157	013466-78-9	95
			1R-.alpha.-Pinene	15186	007785-70-8	95
4	11.836	3.88	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	86
			.beta.-Pinene	15174	000127-91-3	78
			.beta.-Myrcene	15177	000123-35-3	64
5	13.592	92.48	C:\Database\NIST05a.L			
			D-Limonene	15162	005989-27-5	94
			D-Limonene	15165	005989-27-5	94
			Limonene	15153	000138-86-3	91
6	14.115	0.46	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	15378	003387-41-5	91
			.beta.-Phellandrene	15200	000555-10-2	91
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	91
7	15.089	0.05	C:\Database\NIST05a.L			
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15355	000099-85-4	94
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15347	000099-85-4	94
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15354	000099-85-4	94
8	15.161	0.05	C:\Database\NIST05a.L			
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15284	003338-55-4	98
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15243	000502-99-8	97
			3-Carene	15151	013466-78-9	94
9	16.522	0.11	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	96
			(+)-4-Carene	15169	029050-33-7	96
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15317	000554-61-0	96

Continuación del anexo 4.

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
10	25.087	0.13	C:\Database\NIST05a.L			
			.alpha.-Cubebene	59823	017699-14-8	95
			.alpha.-Cubebene	59821	017699-14-8	95
			.alpha.-Cubebene	59824	017699-14-8	94
11	26.947	0.57	C:\Database\NIST05a.L			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25643	000078-70-6	86
			1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl butyrate	74331	000078-36-4	52
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, 2-aminobenzoate	107591	007149-26-0	52
12	27.425	0.08	C:\Database\NIST05a.L			
			1-Octanol	13203	000111-87-5	91
			1-Octanol	13196	000111-87-5	83
			1-Octanol	13191	000111-87-5	83
13	29.335	0.08	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	25750	000562-74-3	96
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, (R)-	25781	020126-76-5	95
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, (R)-	25784	020126-76-5	94
14	32.915	0.10	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., 4-trimethyl-, (S)-	25843	010482-56-1	91
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., 4-trimethyl-	25797	000098-55-5	90
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., 4-trimethyl-, acetate	54339	000080-26-2	68
15	35.230	0.07	C:\Database\NIST05a.L			
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59979	000483-76-1	94
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59978	000483-76-1	93
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59977	000483-76-1	93

Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

5. Cromatograma del aceite esencial de naranja, proveniente del lote de 25 kg



Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

6. Base de datos para la identificación de los componentes mayoritarios del aceite esencial de naranja, proveniente del lote de 25 kg

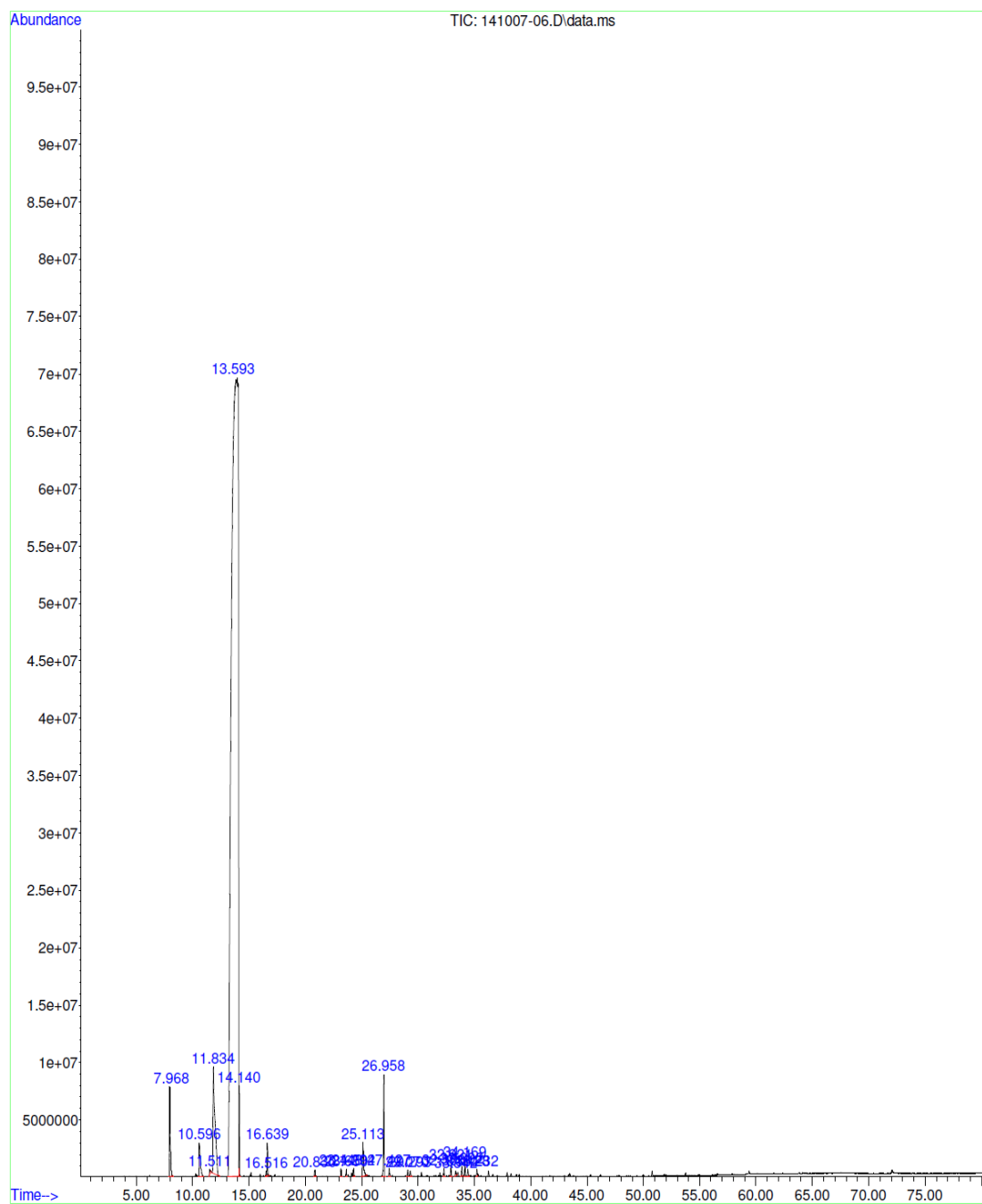
Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	7.970	1.11	C:\Database\NIST05a.L			
			1S-.alpha.-Pinene	15185	007785-26-4	96
			1R-.alpha.-Pinene	15186	007785-70-8	96
			1R-.alpha.-Pinene	15188	007785-70-8	95
2	10.595	0.57	C:\Database\NIST05a.L			
			.beta.-Phellandrene	15200	000555-10-2	91
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	91
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	15378	003387-41-5	91
3	11.513	0.38	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[4.1.0]hept-3-ene, 3,7,7-trimethyl-, (1S)-	15369	000498-15-7	96
			3-Carene	15156	013466-78-9	95
			1R-.alpha.-Pinene	15186	007785-70-8	95
4	11.841	3.98	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	86
			.beta.-Pinene	15174	000127-91-3	78
			.beta.-Myrcene	15177	000123-35-3	64
5	13.592	91.82	C:\Database\NIST05a.L			
			D-Limonene	15165	005989-27-5	94
			D-Limonene	15162	005989-27-5	94
			Limonene	15153	000138-86-3	93
6	14.142	0.49	C:\Database\NIST05a.L			
			.beta.-Phellandrene	15198	000555-10-2	91
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	91
			.beta.-Phellandrene	15200	000555-10-2	91
7	15.102	0.05	C:\Database\NIST05a.L			
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15353	000099-85-4	94
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15347	000099-85-4	94
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15354	000099-85-4	94
8	15.170	0.05	C:\Database\NIST05a.L			
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15243	000502-99-8	97
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15284	003338-55-4	96
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15240	000502-99-8	94
9	16.517	0.11	C:\Database\NIST05a.L			
			(+)-4-Carene	15169	029050-33-7	97
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15339	000586-62-9	97
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	96
10	16.631	0.08	C:\Database\NIST05a.L			

Continuación del anexo 6.

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			Octanal	12032	000124-13-0	97
			Octanal	12028	000124-13-0	96
			Octanal	12030	000124-13-0	91
11	25.091	0.14	C:\Database\NIST05a.L			
			.alpha.-Cubebene	59821	017699-14-8	91
			.alpha.-Cubebene	59823	017699-14-8	90
			Copaene	59779	003856-25-5	90
12	26.951	0.70	C:\Database\NIST05a.L			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25643	000078-70-6	86
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, 2-aminobenzoate	107591	007149-26-0	58
			1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl but yrate	74331	000078-36-4	52
13	27.429	0.10	C:\Database\NIST05a.L			
			1-Octanol	13203	000111-87-5	91
			1-Octanol	13196	000111-87-5	87
			1-Octanol	13191	000111-87-5	72
14	29.339	0.08	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)-	25750	000562-74-3	96
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)-	25745	000562-74-3	96
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)-, (R)-	25781	020126-76-5	93
15	32.301	0.05	C:\Database\NIST05a.L			
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24148	000106-26-3	97
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24106	005392-40-5	80
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24150	000106-26-3	59
16	32.919	0.18	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha.4-trimethyl-	25798	000098-55-5	91
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha.4-trimethyl-	25797	000098-55-5	90
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha.,4-trimethyl-, acetate	54339	000080-26-2	87
17	34.166	0.06	C:\Database\NIST05a.L			
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24109	005392-40-5	96
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	24151	000141-27-5	96
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24102	005392-40-5	94
18	35.230	0.07	C:\Database\NIST05a.L			
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydr o-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59980	000483-76-1	99
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydr o-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59977	000483-76-1	94
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydr o-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59979	000483-76-1	93

Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

7. Cromatograma del aceite esencial de naranja comercial



Fuente: Laboratorio de análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

8. Base de datos para la identificación de los componentes mayoritarios del aceite esencial de naranja comercial

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	7.970	1.19	C:\Database\NIST05a.L			
			1S-.alpha.-Pinene	15185	007785-26-4	96
			1R-.alpha.-Pinene	15186	007785-70-8	96
			1R-.alpha.-Pinene	15188	007785-70-8	95
2	10.595	0.69	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-.beta.-Phellandrene	15374	028634-89-1	91
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	15200	000555-10-2	91
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	15373	003387-41-5	91
3	11.513	0.06	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[4.1.0]hept-3-ene, 3,7,7-trimethyl-, (1S)-	15369	000498-15-7	96
			3-Carene	15156	013466-78-9	95
			3-Carene	15157	013466-78-9	95
4	11.832	3.36	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-.beta.-Myrcene	15374	028634-89-1	78
			Pyridine, 2-propyl-	15177	000123-35-3	70
			Pyridine, 2-propyl-	9271	000622-39-9	59
5	13.592	91.27	C:\Database\NIST05a.L			
			D-Limonene	15162	005989-27-5	94
			D-Limonene	15165	005989-27-5	94
			Limonene	15154	000138-86-3	91
6	14.138	0.42	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-.beta.-Phellandrene	15378	003387-41-5	91
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	15198	000555-10-2	91
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	91
7	16.517	0.04	C:\Database\NIST05a.L			
			(+)-4-Carene	15169	029050-33-7	97
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	96
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15338	000586-62-9	96
8	16.640	0.33	C:\Database\NIST05a.L			
			Octanal	12031	000124-13-0	97
			Octanal	12028	000124-13-0	97
			Octanal	12030	000124-13-0	91
9	20.829	0.06	C:\Database\NIST05a.L			
			Nonanal	19202	000124-19-6	97
			Nonanal	19204	000124-19-6	96
			Nonanal	19203	000124-19-6	91
10	23.149	0.07	C:\Database\NIST05a.L			
			Limonene oxide, cis-	24056	004680-24-4	96
			7-Oxabicyclo[4.1.0]heptane, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-	24329	001195-92-2	91
			7-Oxabicyclo[4.1.0]heptane, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-			

Continuación del anexo 8.


PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trimethyl-	24286	001686-14-2	83
11	23.649	0.06	C:\Database\NIST05a.L Limonene oxide, trans- Limonene oxide, trans- Cyclopentene, 3-ethenyl-	24071 24063 2551	006909-30-4 006909-30-4 026727-45-7	98 83 43
12	24.295	0.08	C:\Database\NIST05a.L 6-Octenal, 3,7-dimethyl-, (R)- 6-Octenal, 3,7-dimethyl- 6-Octenal, 3,7-dimethyl-	25617 25584 25581	002385-77-5 000106-23-0 000106-23-0	96 94 68
13	25.114	0.52	C:\Database\NIST05a.L Decanal Decanal Decanal	27019 27023 27022	000112-31-2 000112-31-2 000112-31-2	91 83 72
14	26.961	0.99	C:\Database\NIST05a.L 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl- Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,3 3-trimethyl- 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	25643 15345 54271	000078-70-6 000488-97-1 000115-95-7	64 64 53
15	27.429	0.08	C:\Database\NIST05a.L 1-Octanol 1-Octanol Formic acid, octyl ester	13203 13196 28901	000111-87-5 000111-87-5 000112-32-3	87 87 86
16	29.071	0.07	C:\Database\NIST05a.L 1H-Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]b enzene, octahydro-7-methyl-3-methy lene-4-(1-methylethyl)-, [3aS-(3a. alpha.,3b.beta.,4.beta.,7.alpha.,7 aS*)]- 1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-met hylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]- Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isoprop yl-5-methyl-9-methylene-	60103 59960 59918	013744-15-5 023986-74-5 150320-52-8	97 95 93
17	29.294	0.07	C:\Database\NIST05a.L Caryophyllene Caryophyllene Caryophyllene	59797 59800 59802	000087-44-5 000087-44-5 000087-44-5	99 99 99
18	32.301	0.07	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z) 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl- 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24148 24106 24150	000106-26-3 005392-40-5 000106-26-3	97 72 53
19	32.919	0.12	C:\Database\NIST05a.L p-menth-1-en-8-ol 3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha.4-trimethyl- 3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha.,	25545 25797 25843	1000157-89-9 000098-55-5 010482-56-1	90 87 87

Continuación del anexo 8.

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			.alpha.,4-trimethyl-, (S)-			
20	33.342	0.07	C:\Database\NIST05a.L			
			Tridecanal	55874	010486-19-8	91
			Cyclodecane	17323	000293-96-9	90
			Dodecanal	45952	000112-54-9	90
21	33.893	0.10	C:\Database\NIST05a.L			
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octa hydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methyleth enyl)-, [1S-(1.alpha.,7.alpha.,8a. alpha.)]-	60053	010219-75-7	99
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octa hydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methyleth enyl)-, [1R-(1.alpha.,7.beta.,8a.a lpha.)]-	60048	004630-07-3	99
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octa hydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methyleth enyl)-, [1R-(1.alpha.,7.beta.,8a.a lpha.)]-	60046	004630-07-3	98
22	34.170	0.15	C:\Database\NIST05a.L			
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24109	005392-40-5	96
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	24151	000141-27-5	96
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24102	005392-40-5	94
23	34.429	0.07	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1- methylethenyl)-, (S)-	22931	002244-16-8	94
			2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1- methylethenyl)-, (S)-	22932	002244-16-8	94
			2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1- methylethenyl)-, (S)-	22929	002244-16-8	93
24	35.235	0.06	C:\Database\NIST05a.L			
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydr o-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59980	000483-76-1	94
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydr o-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59977	000483-76-1	93
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydr o-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59979	000483-76-1	93

Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

9. Informe de análisis microbiológico para el jabón en gel

Universidad de San Carlos de Guatemala

 Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
 Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

1

Informe de Resultados de Análisis Microbiológico en Cosméticos

No. de ingreso: 1728 No. de muestra: 1 (una)
 Dirigido a: Juana Betzabé estrada Girón Ingreso: 24/10/14
 Nombre del producto: Gel antibacterial Sporks and Fun Inicio de análisis: 24/10/14
 Reporte final: 03/11/14
 Presentación: 60 mL
 Lote: No. 1

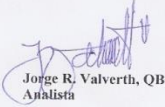
Análisis	Resultado	Dimensional	RTCA 71.03.45:07
Recuento total de Mesófilos aerobios	< 10 UFC/g	UFC/g	$\leq 10^3$
Recuento de Mohos y Levaduras	< 10 UFC/g	UFC/g	$\leq 10^2$
Recuento Coliformes Totales	< 10 UFC/g	UFC/g	NPL
Recuento de Coliformes Fecales	< 10 UFC/g	UFC/g	NPL
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia


CONCLUSIÓN:
 La muestra recibida y analizada en el laboratorio, satisface los criterios microbiológicos.

*Métodos de Referencia: Pharmacopea USP 36
 Límites microbiológicos: RTCA/Reglamento técnico centroamericano
 *Prohibida la parcial o total reproducción por el cliente u otra persona, sin la debida autorización escrita por parte del laboratorio LAFYM
 *Estos informe pertenecen única y exclusivamente a la muestra descrita, tal y como fue recibida en el laboratorio.

I. Nomenclatura utilizada:

UFC/g Unidades Formadoras de Colonia por gramo



 Jorge R. Valverth, QB
 Analista


 Lic. Ana Rodas de García, QB
 Jefe LAFYM
 PROGRAMA EDS: Calle 6-47 zona 1
 Guatemala, Guatemala, Guatemala
 Teléfono: 22531319
 Email: lafymusac@intelnnet.com

Licda. Ana E. Rodas García
 QUÍMICA BIÓLOGA
 COL. 2323

Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

11. Informe de análisis microbiológico para la formulación núm. 2 de la mascarilla

Universidad de San Carlos de Guatemala

 Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
 Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

1

Informe de Resultados de Análisis Microbiológico en Cosméticos


No. de ingreso: 1851 No. de muestra: 1 (una)
 Dirigido a: Joana estrada Ingreso: 11/11/14
 Nombre del producto: SPARKS AND FUN, Mascarilla Inicio de análisis: 11/11/14
 Presentación: Crema Reporte final: 21/11/14
 Lote: 2

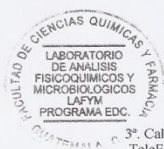
Análisis	Resultado	Dimensional	RTCA 71.03.45:07
Recuento total de Mesófilos aerobios	3.0 x 10 ⁶ UFC/g	UFC/g	≤ 10 ³
Recuento de Mohos y Levaduras	< 10 UFC/g	UFC/g	≤ 10 ²
Recuento Coliformes Totales	< 10 UFC/g	UFC/g	NPL
Recuento de Coliformes Fecales	< 10 UFC/g	UFC/g	NPL
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia


CONCLUSIÓN:
 La muestra recibida y analizada en el laboratorio, no satisface los criterios microbiológicos.

*Métodos de Referencia: Pharmacopea USP 36
 Límites microbiológicos: RTCA/Reglamento técnico centroamericano
 *Prohibida la parcial o total reproducción por el cliente u otra persona, sin la debida autorización escrita por parte del laboratorio LAFYM
 *Estos informe pertenecen única y exclusivamente a la muestra descrita, tal y como fue recibida en el laboratorio.

1. Nomenclatura utilizada:
 UFC/g Unidades Formadoras de Colonia por gramo


 Lidia Vera Paredes, QB
 Analista



 Lic. Ana Rodas de García, QB
 Garantía Calidad


 Licda. Ana E. Rodas Garcia
 QUÍMICA BIÓLOGA
 COL. 2323

3^a. Calle 6-47 zona 1
 TeleFax: 22531319
 lafymusac@intelnet.com

Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

12. Informe de análisis microbiológico para la formulación núm. 1 de la crema hidratante nocturna

Universidad de San Carlos de Guatemala

 Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
 Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

1

Informe de Resultados de Análisis Microbiológico en Cosméticos

No. de ingreso: 1726 No. de muestra: 1 (una)
 Dirigido a: Juana Betzabé estrada Girón Ingreso: 24/10/14
 Inicio de análisis: 24/10/14
 Nombre del producto: Crema Hidratante Sporks and Fun Reporte final: 03/11/14

Presentación: 112 mL
 Lote: No. 1


Análisis	Resultado	Dimensional	RTCA 71.03.45:07
Recuento total de Mesófilos aerobios	9.0 x 10 ⁷ UFC/g	UFC/g	≤ 10 ³
Recuento de Mohos y Levaduras	< 10 UFC/g	UFC/g	≤ 10 ²
Recuento Coliformes Totales	< 10 UFC/g	UFC/g	NPL
Recuento de Coliformes Fecales	< 10 UFC/g	UFC/g	NPL
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia

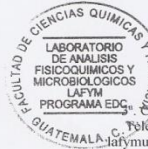

CONCLUSIÓN:
 La muestra recibida y analizada en el laboratorio, no satisface los criterios microbiológicos.

*Métodos de Referencia: Pharmacopea USP 36
 Límites microbiológicos: RTCA/Reglamento técnico centroamericano
 *Prohibida la parcial o total reproducción por el cliente u otra persona, sin la debida autorización escrita por parte del laboratorio LAFYM
 *Estos informe pertenecen única y exclusivamente a la muestra descrita, tal y como fue recibida en el laboratorio.

1. Nomenclatura utilizada:

UFC/g Unidades Formadoras de Colonia por gramo


 Jorge R. Valverth, QB
 Analista




 Lic. Ana E. Rodas de Garcia, QB
 Jefe LAFYM

Licda. Ana E. Rodas Garcia
 QUÍMICA BIÓLOGA
 COL. 2323

Calle 6-47 zona 1
 TeléFax: 22531319
 lafymusac@intelnett.com

Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

13. Informe de análisis microbiológico para la formulación núm. 2 de la crema hidratante nocturna

Universidad de San Carlos de Guatemala

 Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
 Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

1

Informe de Resultados de Análisis Microbiológico en Cosméticos


No. de ingreso: 1850 No. de muestra: 1 (una)
 Ingreso: 11/11/14
 Dirigido a: Joana estrada Inicio de análisis: 11/11/14
 Nombre del producto: SPARKS AND FUN, Crema Reporte final: 21/11/14
 Presentación: Crema
 Lote: 2


Análisis	Resultado	Dimensional	RTCA 71.03.45:07
Recuento total de Mesófilos aerobios	< 10 UFC/g	UFC/g	≤ 10 ³
Recuento de Mohos y Levaduras	< 10 UFC/g	UFC/g	≤ 10 ²
Recuento Coliformes Totales	< 10 UFC/g	UFC/g	NPL
Recuento de Coliformes Fecales	< 10 UFC/g	UFC/g	NPL
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia


CONCLUSIÓN:
 La muestra recibida y analizada en el laboratorio, satisface los criterios microbiológicos.

*Métodos de Referencia: Pharmacopea USP 36
 Límites microbiológicos: RTCA/Reglamento técnico centroamericano
 *Prohibida la parcial o total reproducción por el cliente u otra persona, sin la debida autorización escrita por parte del laboratorio LAFYM
 *Estos informe pertenecen única y exclusivamente a la muestra descrita, tal y como fue recibida en el laboratorio.

1. Nomenclatura utilizada:
 UFC/g Unidades Formadoras de Colonia por gramo


 Licda. Vera Paredes, QB
 Analista



 LABORATORIO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS LAFYM PROGRAMA EDC. GUATEMALA, C. A.


 Licda. Ana E. Rodas García, QB
 Garantía Calidad

Licda. Ana E. Rodas García
 QUÍMICA BIÓLOGA
 COL. 2323
 3ª. Calle 6-47 zona 1
 Telefax: 22531319
 lafymusac@intelnett.com

Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

14. Informe de análisis microbiológico para el aceite de masajes

Universidad de San Carlos de Guatemala

 Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
 Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

1

Informe de Resultados de Análisis Microbiológico en Cosméticos

No. de ingreso: 1727 No. de muestra: 1 (una)
 Dirigido a: Juana Betzabé estrada Girón Ingreso: 24/10/14
 Inicio de análisis: 24/10/14
 Nombre del producto: Aceite para masajes Sporks and Fun Reporte final: 03/11/14
 Presentación: 60 mL
 Lote: No. 1

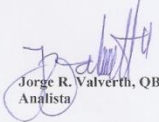
Análisis	Resultado	Dimensional	RTCA 71.03.45:07
Recuento total de Mesófilos aerobios	< 10 UFC/g	UFC/g	≤10 ³
Recuento de Mohos y Levaduras	< 10 UFC/g	UFC/g	≤10 ²
Recuento Coliformes Totales	< 10 UFC/g	UFC/g	NPL
Recuento de Coliformes Fecales	< 10 UFC/g	UFC/g	NPL
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia

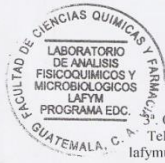
CONCLUSIÓN:
 La muestra recibida y analizada en el laboratorio, satisface los criterios microbiológicos.

*Métodos de Referencia: Pharmacopea USP 36
 Límites microbiológicos: RTCA/Reglamento técnico centroamericano
 *Prohibida la parcial o total reproducción por el cliente u otra persona, sin la debida autorización escrita por parte del laboratorio LAFYM
 *Estos informe pertenecen única y exclusivamente a la muestra descrita, tal y como fue recibida en el laboratorio.

I. Nomenclatura utilizada:

UFC/g Unidades Formadoras de Colonia por gramo


 Jorge R. Valverth, QB
 Analista


 Lic. Ana Rodas de García, QB
 Jefe LAFYM

Calle 6-47 Zona 1
 TeleFax: 22531319
 lafymusac@intelnet.com

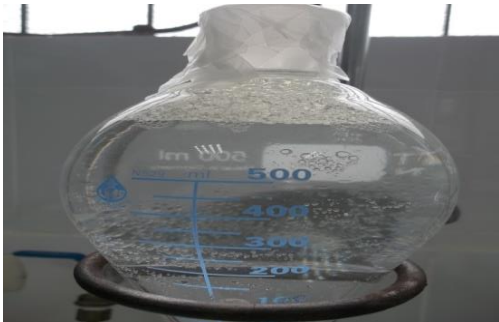
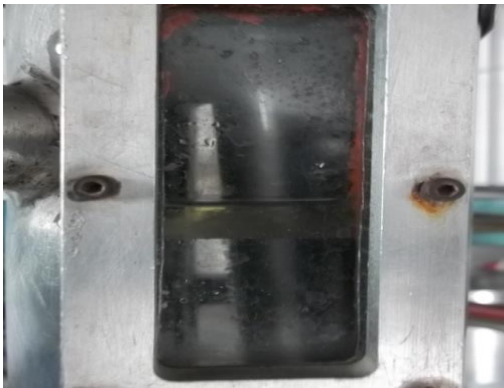
Licda. Ana E. Rodas García
 QUÍMICA BIÓLOGA
 COL. 2323

Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

16. Extracción del aceite esencial de naranja, proveniente del flavelo del fruto. Por medio del método de destilación por arrastre con vapor, a escala planta piloto

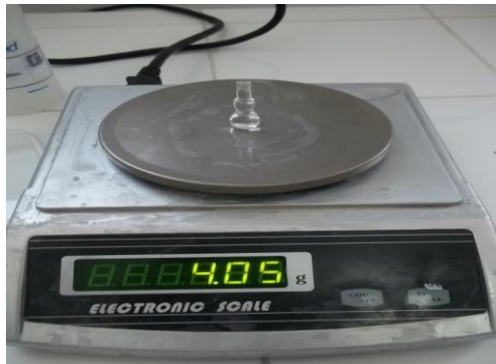


Continuación del anexo 16.



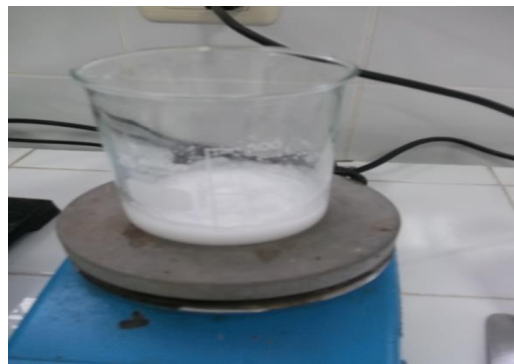
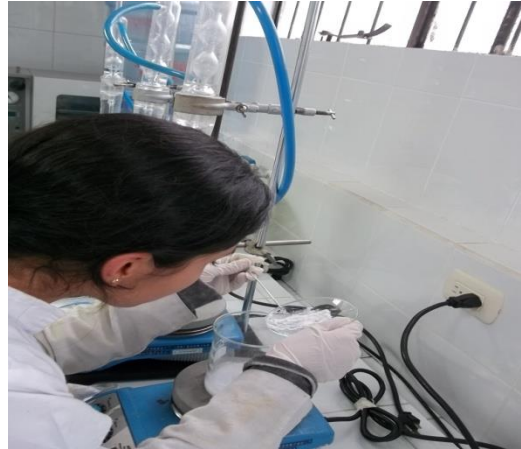
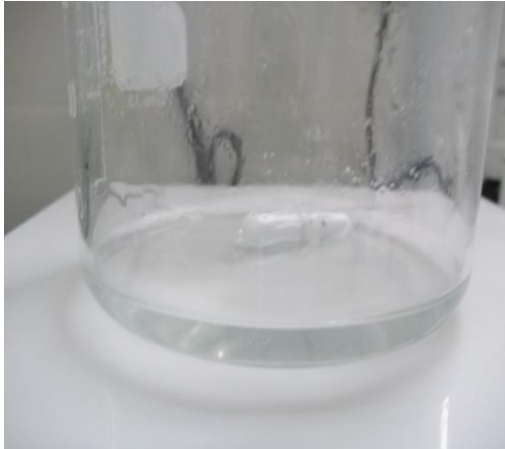
Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

17. Análisis fisicoquímico del aceite esencial de naranja

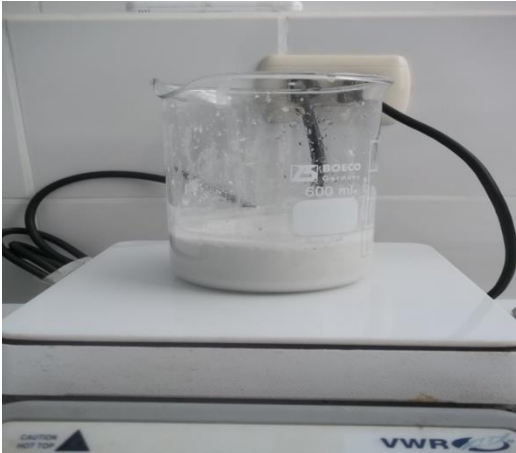


Fuente: Laboratorio de análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

18. Formulación de los cosméticos, utilizando como agente cosmético activo el aceite esencial de naranja



Continuación del anexo 18.



Continuación del anexo 18.

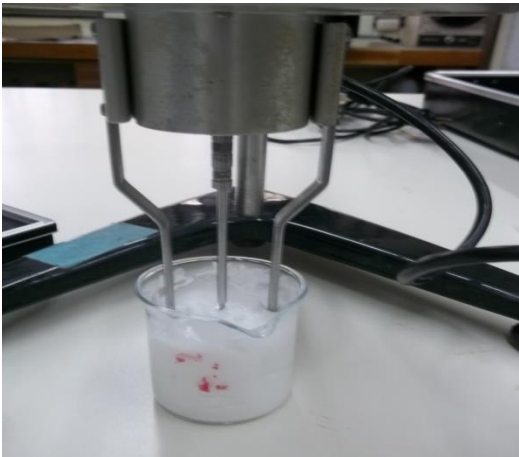
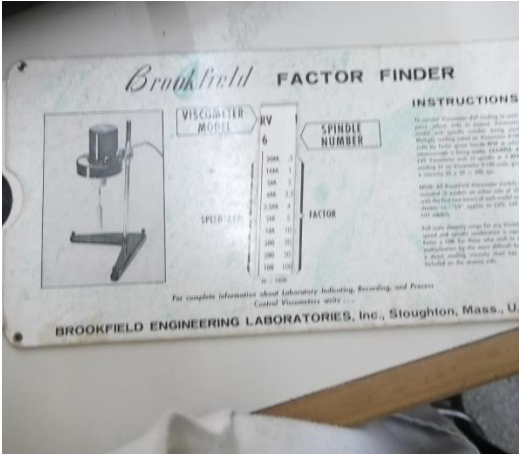


Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

19. Análisis fisicoquímico para los cosméticos

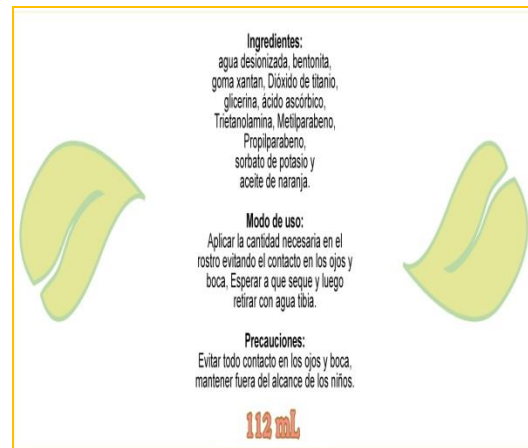


Continuación del anexo 19.



Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

20. Etiqueta utilizada para la identificación de cada cosmético



Continuación del anexo 20.



Ingredientes:
Dimetilpolisiloxano 30%, agua desionizada, emulsificante en frío, aceite esencial de naranja, glicerina, trietanolamina, potasio de sorbato, metilparabeno, propilparabeno.

Modo de uso:
Aplicar la cantidad necesaria en el cuerpo, dispersando de manera homogénea.

Precauciones:
Evitar todo contacto en los ojos y boca, mantener fuera del alcance de los niños.

112 mL



**Sparks
and
Fun**

**Aceite para
Masajes**

60 mL



**Sparks
and
Fun**

Ingredientes:
Aceite mineral, aceite de naranja.

Modo de uso:
aplicar la cantidad necesaria en las manos y esparcir en la piel, de manera que su absorción sea completa.


Precauciones:
Exclusivo para uso externo, mantener fuera del alcance de los niños.

**Aceite para
Masajes**


60 mL

Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

21. Informe de resultados obtenidos en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



No. 0904

O.T. No. 33743
No. Informe LIEXVE-QI 31-2014

Interesado: Joana Betzabé Estrada Jirón
Camé No. 2010-20700
Facultad de Ingeniería/USAC

Proyecto: Trabajo de de Graduación a nivel tesis "EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL FLAVELO DE LA NARANJA DULCE (*Citrus sinensis* L.) VARIEDAD VALENCIA , PROVENIENTE DE DESECHOS AGROINDUSTRIALES, UTILIZANDO EL MÉTODO DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR A ESCALA PLANTA PILOTO, PARA SU APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE COSMÉTICOS"

Fecha: Guatemala, 21 de noviembre de 2014

RESULTADOS

Tabla No.1 Rendimiento del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.), obtenido a escala planta piloto.


TAMAÑO DE LOTE (kg)	RENDIMIENTO (%)	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
25	0.5094	0.5316	±0.02469
	0.5582		
	0.5272		
20	0.4930	0.4798	±0.01159
	0.4751		
	0.4712		
15	0.2887	0.2881	±0.02891
	0.2907		
	0.2850		

Fuente: Datos experimentales obtenidos en -LIEXVE-


Página 1 de 6

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 21.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



No. 0905

Tabla No. 2 Índice de refracción del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) obtenido a escala planta piloto.

TAMAÑO DE LOTE (kg)	ÍNDICE DE REFRACCIÓN	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
25	1.4720	1.4717	±0.0002887
	1.4715		
	1.4715		
20	1.4715	1.4713	±0.0002887
	1.4715		
	1.4710		
15	1.4710	1.4710	±0.00000
	1.4710		
	1.4710		

Fuente: Datos experimentales obtenidos en -LIEXVE-

Tabla No. 3 Densidad del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) obtenido a escala planta piloto.

TAMAÑO DE LOTE (kg)	MASA ACEITE (g)	VOLUMEN PICNÓMETRO	DENSIDAD (g/mL)	PROMEDIO (g/mL)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
25	0.90	1.088	0.8272	0.818	±0.009191
	0.88		0.8088		
	0.89		0.8180		
20	0.90		0.8272	0.8241	±0.005306
	0.90		0.8272		
	0.89		0.8180		
15	0.89		0.8180	0.8180	±0.00000
	0.89		0.8180		
	0.89		0.8180		

Fuente: Datos experimentales obtenidos en -LIEXVE-

Página 2 de 6

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 21.



No. 0906

Tabla No.4

Formulación del jabón en gel, aplicando como aditivo aromatizante el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) obtenido a escala planta piloto.

EXCIPIENTE	PORCENTAJE DE FORMULACIÓN (%)
Etanol 95%	71.0
Agua desionizada	26.4
Trietanolamina	0.80
Carbopol	0.40
Triclosan	0.56
Aceite de naranja	0.80

Fuente: Datos experimentales obtenidos en -LIEXVE-

Tabla No.5

Formulación de la mascarilla, aplicando como aditivo aromatizante el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) obtenido a escala planta piloto.

EXCIPIENTE	PORCENTAJE DE FORMULACIÓN (%)
Agua desionizada	90.57
Bentonita	4.20
Goma Xantan	1.19
Dióxido de titanio	1.00
Glicerol	0.63
Trietanolamina	1.12
Metilparabeno	0.22
Propilparabeno	0.02
Potasio de sorbato	0.22
Aceite esencial	0.83

Fuente: Datos experimentales obtenidos en -LIEXVE-

Continuación del anexo 21.



No. 0907

Tabla No.6

Formulación de la crema hidratante, aplicando como aditivo aromatizante el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) obtenido a escala planta piloto.

EXCIPIENTE	PORCENTAJE DE FORMULACIÓN (%)
Agua desionizada	50.60
Dimetilpolisiloxano 30%	43.94
Emulsificante en frío	1.73
Glicerol	1.09
Ácido ascórbico	0.20
Trietanolamina	0.98
Metilparabeno	0.2
Propilparabeno	0.02
Potasio de sorbato	0.2
Aceite esencial	1.07

Fuente: Datos experimentales obtenidos en -LIEIXVE-



Tabla No.7

Formulación del aceite para masajes, aplicando como aditivo aromatizante el aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) obtenido a escala planta piloto.

EXCIPIENTE	PORCENTAJE DE FORMULACIÓN (%)
Aceite mineral	50
Aceite esencial	50

Fuente: Datos experimentales obtenidos en -LIEIXVE-




Continuación del anexo 21.

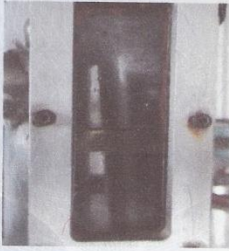


 **CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA** 

No. **0908**




ANEXOS

Proceso de extracción a escala planta piloto del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)



Análisis fisicoquímico del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)

Página 5 de 6

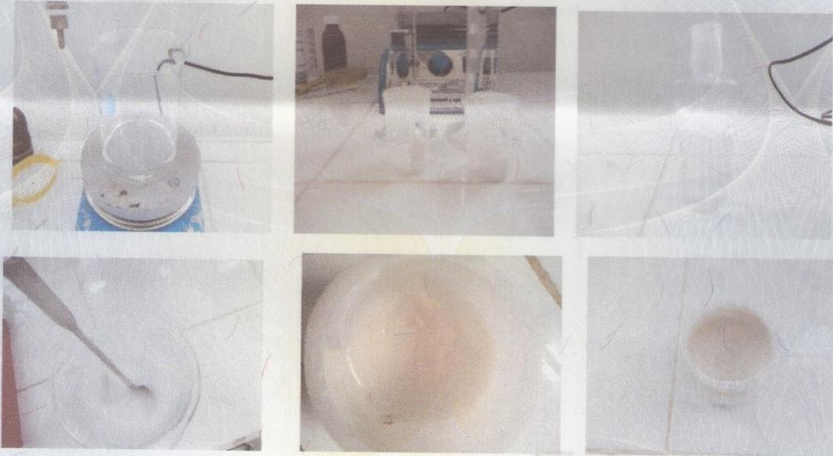
FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

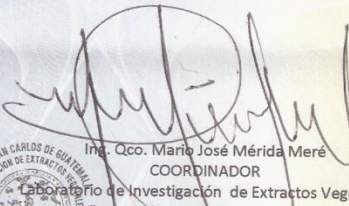
Continuación del anexo 21.


 **CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA** 

No. **0910**

Formulación de los cosméticos a base de aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.)




Ing. Qco. María José Mérida Meré
COORDINADOR
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales
-LIEXVE-
Sección Química Industrial CII/USAC


Vo.Bo. Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC

Página 6 de 6

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

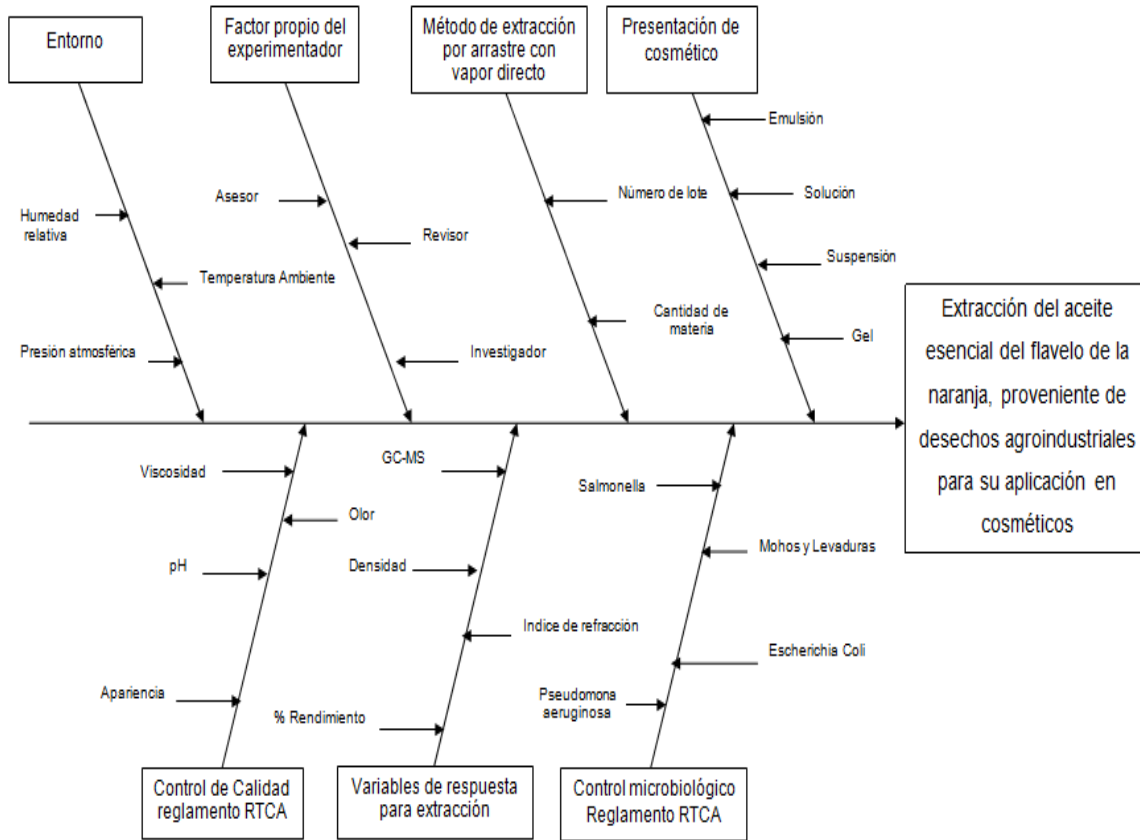
Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

22. Tabla de requisitos académicos para la carrera de Ingeniería Química

Área	Curso	Tema
Química	Química 4	Soluciones
	Análisis Cuantitativo	Errores de medición
	Microbiología	Control microbiológico
	Bioquímica	Lípidos
Operaciones Unitarias	Transferencia de calor IQ3	Transferencia de calor
	Transferencia de masa IQ4	Destilación
	Operaciones unitarias complementarias IQ6	Manejo de sólidos
	Laboratorio de Ingeniería Química 2	Uso de caldera
Fisicoquímica	Termodinámica 3	Leyes de la termodinámica
	Termodinámica 4	Leyes de la termodinámica
Especialización	Tecnología de los alimentos	Inocuidad y forma de envasado.
	Extracciones industriales	Extracción de aceite esencial
Área de ciencias básicas y complementarias	Técnicas de estudio e Investigación	Método de Investigación
	Ingeniería Económica	Presupuesto
	Estadística 1	Análisis de datos

Fuente: Laboratorio de análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.

23. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Laboratorio de análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM.