

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“EXTRACCIÓN Y FRACCIONAMIENTO SIMULTÁNEO  
DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL (*Melissa  
Officinalis*) PARA LA OBTENCIÓN DE LOS DESTILADOS  
DE COMPOSICIÓN DIFERENCIADA”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

YURO KENYO NAVARRO IPANAQUÉ  
BRIGGITT SOLANGGE SALAZAR SÁNCHEZ

Callao, Diciembre, 2017

PERÚ

## **PRÓLOGO DEL JURADO**

La presente tesis fue expuesta por los Bachilleres **NAVARRO IPANAQUÉ YURO KENYO** y **SALAZAR SÁNCHEZ BRIGGITT SOLANGGE**, ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes

Docentes Ordinarios:

ING. MEDINA COLLANA JUAN TAUMATURGO	PRESIDENTE
ING. SUERO IQUIAPAZA POLICARPO AGATÓN	SECRETARIO
ING. AVELINO CARHUARICRA CARMEN GILDA	VOCAL
ING. CARRASCO VENEGAS LUIS AMÉRICO	ASESOR

Tal como está asentado en el Libro N°2, Folio N°101 y Acta N°284 de Sustentación por la Modalidad de Tesis sin Ciclo de Tesis, de fecha **11 DE DICIEMBRE DEL 2017**, para optar por el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Tesis sin Ciclo de Tesis, de conformidad con lo establecido por el reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución N°082-2011-CU de fecha 29 de abril del 2011 y Resolución N°221-2012-CU de fecha 19 de setiembre del 2012.

## **DEDICATORIA**

A nuestros amados padres y hermanos les dedicamos con mucho amor, todo el esfuerzo y la dedicación puesta en este trabajo de investigación, por su apoyo, afecto y optimismo constante.

Del mismo modo, queremos dedicar esta tesis a nuestros queridos profesores, quienes nos formaron como profesionales, y nos apoyaron en todo momento.

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos:

A nuestro Padre Celestial, por regalarnos la dicha de vivir, por darnos salud y la oportunidad de culminar el presente trabajo de tesis.

A nuestras queridas familias, por su cariño y apoyo constante, en especial a nuestros padres María Ipanaqué Zapata, Paulino Navarro Ortiz, Esmeralda Sánchez Toribio y Enrique Salazar Pérez, quienes son nuestro ejemplo a seguir y nuestra fortaleza moral y espiritual, y a nuestros hermanos Jhon Navarro Ipanaqué, Junior Navarro Ipanaqué, Leticia Salazar Sánchez y Karol Salazar Sánchez, quienes nos brindaron su aliento y su optimismo para culminar con éxito el trabajo de tesis y cumplir nuestro anhelado sueño de titularnos como Ingenieros Químicos.

A nuestra prestigiosa y querida Facultad de Ingeniería Química, que nos acogió durante 5 maravillosos años llenos de aprendizaje y experiencias académicas que nunca olvidaremos y llevaremos en nuestras mentes y corazones.

A nuestros queridos profesores, quienes dieron un aporte importante en nuestra vida, tanto a nivel académico como personal, y nos impulsaron a que debemos tener como meta ser profesionales de calidad, que aporten a la sociedad.

A nuestro estimado asesor de tesis, el Dr. Luis Carrasco Venegas, quien nos apoyó constantemente en el trabajo de tesis, desde su planteamiento, desarrollo y culminación, siendo nuestra guía para hacer un correcto enfoque de investigación y que sobre todo tenga como finalidad brindar un aporte al campo de la Ingeniería Química.

## ÍNDICE

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1.1. Identificación del problema .....	13
1.2. Formulación del problema .....	14
1.3. Objetivos de la investigación .....	15
1.4. Justificación .....	15
1.5. Importancia .....	17
II. MARCO TEÓRICO .....	18
2.1. Antecedentes del estudio.....	18
2.2. Aceites Esenciales.....	21
2.3. Clasificación de los Aceites Esenciales .....	22
2.4. Características de los Aceites Esenciales.....	27
2.4.1. Características Físicas .....	27
2.4.2. Características Químicas .....	27
2.5. Distribución y Estado Natural.....	31
2.6. Uso de los Aceites Esenciales.....	32
2.7. Toxicidad de los Aceites Esenciales.....	33
2.8. Comercialización a Nivel Mundial de los Aceites Esenciales.....	36
2.9. Planta de Toronjil.....	41
2.9.1. Clasificación Taxonómica.....	41

4.2.1. Etapas de la investigación .....	70
4.3. Población y muestra .....	71
4.4. Materiales y Métodos .....	72
4.4.1. Materia Prima .....	72
4.4.2. Lugar de ejecución .....	73
4.4.3. Equipos, materiales y reactivos .....	73
4.4.4. Métodos de Análisis Físicos .....	74
4.5. Procedimiento y condiciones de operación:.....	76
4.6. Análisis Estadístico .....	78
V. RESULTADOS .....	80
5.1. Características de las Hojas de Toronjil.....	80
5.1.1. Identificación Taxonómica de la Materia Prima .....	80
5.1.2. Condiciones Físicas y Químicas de las Hojas de Toronjil .....	80
5.2. Características del Equipo Experimental .....	81
5.3. Condiciones Favorables para la Extracción y Fraccionamiento del Aceite Esencial de Toronjil .....	82
5.3.1. Condiciones de Operación para la Obtención de los Destilados de Composición diferenciada .....	88
5.4. Determinación de los Destilados de Composición Diferenciada.....	88

2.9.2. Descripción Botánica .....	41
2.9.3. Hábitat y Distribución .....	43
2.9.4. Composición Química del Toronjil.....	43
2.9.5. Propiedades Medicinales.....	47
2.10. Métodos de extracción de Aceites Esenciales.....	48
2.10.1. Métodos Directos.....	49
2.10.2. Métodos de Destilación .....	50
2.10.3. Métodos de Extracción con Solventes.....	54
2.11. Principios de la Extracción por Arrastre de Vapor .....	58
2.12. Destilación Fraccionada.....	60
2.13. Definiciones básicas utilizadas .....	61
<b>III. VARIABLES E HIPÓTESIS .....</b>	<b>65</b>
3.1. Variables de la investigación .....	65
3.2. Operacionalización de variables .....	66
3.3. Hipótesis General e Hipótesis Específicas.....	67
3.3.1. Hipótesis General .....	67
3.3.2. Hipótesis Específicas.....	67
<b>IV. METODOLOGÍA .....</b>	<b>68</b>
4.1. Tipo de investigación.....	68
4.2. Diseño de investigación .....	68

5.4.1. Caracterización Físicoquímica de los Destilados de composición diferenciada del Aceite Esencial de Toronjil .....	90
VI. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	93
6.1. Contratación de hipótesis con los resultados:.....	93
6.2. Contratación de resultados con otros estudios similares .....	94
VII. CONCLUSIONES .....	95
VIII. RECOMENDACIONES .....	99
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100

## LISTA DE TABLAS

TABLA N° 2.1 GRUPOS FUNCIONALES - ACEITES ESENCIALES.....	30
TABLA N° 2.2 PARTES APROVECHADAS PARA LA EXTRACCIÓN...	31
TABLA N° 2.3 APLICACIONES DEL ACEITE ESENCIAL EN LAS INDUSTRIAS.....	32
TABLA N° 2.4 ALGUNAS ESPECIES CON ACEITES ESENCIALES DE USO COMERCIAL .....	33
TABLA N° 2.5 RELACIÓN DE LOS COMPONENTES EN LOS ACEITES ESENCIALES Y SU TOXICIDAD.....	35
TABLA N° 2.6 PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES DE ACEITES ESENCIALES A NIVEL MUNDIAL (PERIODO 2013-2016).....	36
TABLA N° 2.7 PRINCIPALES PAÍSES IMPORTADORES DE ACEITES ESENCIALES A NIVEL MUNDIAL (PERIODO 2013-2016).....	39
TABLA N° 2.8 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL TORONJIL SEGÚN CRONQUIST.....	41
TABLA N° 2.9 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL .....	44
TABLA N°2.10 COMPOSICIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL SEGÚN ESTUDIO DE D. ACEVEDO .....	45
TABLA N°2.11 TEMPERATURA DE EBULLICIÓN DE LOS COMPONENTES DE ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL.....	46
TABLA N°2.12 DENSIDAD DE LOS COMPONENTES DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL.....	46

<b>TABLA N°2.13 ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL.....</b>	<b>47</b>
<b>TABLA N° 2.14 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN Y PRODUCTOS OBTENIDOS.....</b>	<b>49</b>
<b>TABLA N° 3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....</b>	<b>66</b>
<b>TABLA N° 5.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA MATERIA PRIMA .....</b>	<b>80</b>
<b>TABLA N° 5.2. CONDICIONES FÍSICOQUÍMICAS DE LAS HOJAS DE TORONJIL.....</b>	<b>81</b>
<b>TABLA N° 5.3 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR CON COLUMNA DE RELLENO.....</b>	<b>82</b>
<b>TABLA N°5.4 RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL .....</b>	<b>84</b>
<b>TABLA N°5.5 ANÁLISIS DE LOS MODELOS DEL DCCR PARA EL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL.....</b>	<b>85</b>
<b>TABLA N°5.6.ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA EL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL.....</b>	<b>85</b>
<b>TABLA N°5.7 COEFICIENTES DE REGRESIÓN PARA UN MODELO DE SEGUNDO ORDEN.....</b>	<b>88</b>
<b>TABLA N°5.8 CONDICIONES DE EXTRACCIÓN Y FRACCIONAMIENTO .....</b>	<b>89</b>

<b>TABLA N°5.9</b> OBTENCIÓN DE LOS DESTILADOS DE COMPOSICIÓN DIFERENCIADA PARA CADA UNO DE LOS ENSAYOS.....	90
<b>TABLA N° 5.10</b> DENSIDAD DE LAS FRACCIONES OBTENIDAS EN CADA ENSAYO.....	90
<b>TABLA N° 5.11</b> ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE LAS FRACCIONES OBTENIDAS EN CADA ENSAYO.....	91
<b>TABLA N°5.12</b> COMPOSICIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL PARA EL TOTAL DE ENSAYOS .....	92

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA N° 2.1</b> EJEMPLOS DE MONOTERPENOS.....	24
<b>FIGURA N° 2.2</b> EJEMPLOS DE SESQUITERPENOS.....	25
<b>FIGURA N° 2.3</b> EJEMPLOS DE FENILPROPANOS.....	26
<b>FIGURA N° 2.4</b> PRINCIPALES PAÍSES IMPORTADORES DE ACEITE ESENCIAL EXPORTADO POR PERÚ (2016).....	38
<b>FIGURA N° 2.5</b> PRINCIPALES PAÍSES PROVEEDORES DE ACEITE ESENCIAL IMPORTADO POR PERÚ (2016).....	40
<b>FIGURA N° 2.6</b> HOJAS DE TORONJIL ( <i>Melissa Officinalis</i> ), DETALLES DEL ENVÉS DE LAS HOJAS Y LOS NUDOS DEL TALLO.....	42
<b>FIGURA N° 2.7</b> PARTES DE LA PLANTA DE TORONJIL ( <i>Melissa Officinalis</i> ).....	42
<b>FIGURA N° 2.8</b> ESTRUCTURA DE LOS ÁCIDOS FENIL-CARBOXILICOS EN EL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL .....	43
<b>FIGURA N° 2.9</b> DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA .....	51
<b>FIGURA N° 2.10</b> HIDRODESTILACIÓN.....	53
<b>FIGURA N° 2.11</b> DESTILACIÓN AL VACÍO .....	54
<b>FIGURA N° 2.12</b> EXTRACCIÓN CON SOLVENTES VOLÁTILES.....	55
<b>FIGURA N° 2.13</b> EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS.....	57
<b>FIGURA N° 2.14</b> DESTILACIÓN CON COLUMNA DE FRACCIONAMIENTO.....	65
<b>FIGURA N° 3.1</b> RELACIÓN DE LAS VARIABLES DE LA	

<b>INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>65</b>
<b>FIGURA N° 4.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>69</b>
<b>FIGURA N° 4.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA.....</b>	<b>72</b>

## **LISTA DE GRÁFICOS**

<b>GRÁFICA N° 2.1 PAÍSES CON MAYOR VALOR EXPORTADO EN EL AÑO 2016 A NIVEL MUNDIAL.....</b>	<b>37</b>
<b>GRÁFICA N° 2.2 PAÍSES CON MAYOR VALOR IMPORTADO EN EL AÑO 2016 A NIVEL MUNDIAL.....</b>	<b>40</b>
<b>GRAFICO N°5.1 GRÁFICO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL.....</b>	<b>86</b>
<b>GRAFICO N°5.2 GRÁFICO DE CONTORNO DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL.....</b>	<b>87</b>

## RESUMEN

Los aceites esenciales brindar un gran aporte al ser humano, mejorando aspectos en su vida cotidiana, empleándolos para su salud, belleza, control de plagas, etc. El estudio se enfocará en el aceite esencial de toronjil, el cual presenta actividad antiespasmolítica y actividad antiviral, todo esto debido a las propiedades brindadas por el componente activo de la planta denominado Eugenol, los cuales pueden ser aprovechados por el hombre (Hener U. 1998).

El objetivo de la presente investigación fue la obtención del aceite esencial de toronjil mediante extracción por arrastre de vapor acoplado con una columna de rectificación para obtener destilados de composición diferenciada, tomando como material de extracción hojas de toronjil (*Melissa Officinalis*) previamente acondicionada para esta operación y considerando como parámetros de extracción la humedad de la muestra, tiempo de extracción y altura de la columna de relleno.

Posteriormente se realizaron los análisis fisicoquímicos a los destilados obtenidos, para identificar a que parámetros de operación se obtiene mayor cantidad de aceite con el componente activo.

Los resultados obtenidos en los experimentos, son tratados estadísticamente, y mediante una gráfica de superficie de respuesta se concluye que con la muestra fresca, con una altura relleno de 100 mm y un tiempo de extracción de 3 horas, se obtiene mayor cantidad de aceite esencial enriquecido en su componente activo es decir el eugenol y el cariofileno.

**Palabras Clave:** Aceite esencial, toronjil, eugenol, extracción por arrastre de vapor, columna de rectificación, destilados de composición diferenciada.

## ABSTRACT

The essential oils provide a great contribution to the human being, improving aspects in their daily life, using them for their health, beauty, pest control, etc. The study will focus on essential oil of Melissa, which has antispasmodic activity and antiviral activity, all due to the properties provided by the active component of the plant called Eugenol, which can be used by man (Hener U. 1998).

The objective of the present investigation was to obtain the essential oil of melissa by steam extraction coupled with a rectification column to obtain distillates of different composition, taking as extraction material melissa leaves (*Melissa Officinalis*) previously conditioned for this operation and considering as extraction parameters the sample moisture, extraction time and height of the filling column.

Subsequently, the physicochemical analyzes were performed on the distillates obtained, to identify which operating parameters obtains the highest amount of oil with the active component.

The results obtained in the experiments are treated statistically, and a response surface graph shows that with the fresh sample, with a filled height of 100 mm and a time of extraction of 3 hours, more essential oil is obtained enriched in its active component is eugenol and caryophyllene.

**Keywords:** Essential oil, Melissa, eugenol, steam extraction, rectification column, distillates of differentiated composition.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Identificación del problema

La extracción de aceites es un tema muy estudiado por muchos profesionales por la gran importancia y utilidad que tienen los aceites esenciales en varios campos de la Industria Química, como la Farmacéutica, Alimentaria, etc.

Los aceites esenciales son mezclas muy complejas pueden tener cientos de componentes cada uno en diferente proporción teniendo como principio activo al componente mayoritario, estas mezclas complejas se caracterizan por ser líquidos odoríferos y volátiles producidos por las plantas aromáticas. Estos se acumulan en células especializadas o en partes específicas de la planta. Es posible encontrarlos en los pétalos (rosa), las hojas (eucalipto), la madera (sándalo), la fruta (limón), las semillas (alcaravea), las raíces (sasafrás), los rizomas (jengibre), la resina (pino), las gomas (incienso) y algunas veces en más de una parte de la planta. El naranjo es particularmente interesante pues produce tres esencias de diferentes olores con diferentes propiedades terapéuticas: azahar (flores), petit-grain (hojas y frutos inmaduros) y naranja (piel). (William, 2014)

Los aceites esenciales son usados como agentes carminativos, estimulantes, diuréticos y antirreumáticos; algunos poseen propiedades insecticidas, antifúngicas y antibacterianas frente a microorganismos patógenos y han sido considerados como ingredientes activos en algunos plaguicidas botánicos, debido a su eficacia frente a un número considerable de plagas, su toxicidad mínima en mamíferos y su disponibilidad general (Acevedo et al., 2007; Isman, 2006).

El aceite de Toronjil, presenta diversas propiedades (actividad antiespasmolítica y actividad antiviral) las cuales la convierten en un tema de interés para su investigar la más óptima extracción de su aceite sin que esta pierda sus propiedades (Hener U. 1998).

Por esta razón se requiere la aplicación de métodos de investigación como ensayos de laboratorio para desarrollar el proceso de extracción y rectificación simultánea de aceite esencial de toronjil y obtener destilados con mayor porcentaje de pureza en su componente activo.

## **1.2. Formulación del problema**

### **Problema general**

¿Cuál es el proceso de obtención de los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de toronjil?

### **Problemas específicos**

- a. ¿Cuáles deben ser las condiciones físicas y fisicoquímicas adecuadas de las hojas de toronjil para el proceso de extracción?
- b. ¿Cuáles deben ser las características del equipo experimental?
- c. ¿Cuáles deben ser las condiciones de extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de toronjil?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **Objetivo general**

Determinar el proceso para la obtención de los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de toronjil.

#### **Objetivos específicos**

- a. Determinar las condiciones físicas y fisicoquímicas adecuadas de las hojas de toronjil para el proceso de extracción.
- b. Evaluar las características del equipo experimental a utilizar en el proceso de extracción del aceite de toronjil.
- c. Determinar las condiciones de extracción favorables para la extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de toronjil.

### **1.4. Justificación**

Las razones que justifican la presente investigación son las siguientes:

- a) **Legal:** Lo beneficioso de este trabajo es la fomentación de la investigación de tesis promovida mediante el Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la competitividad y el desarrollo humano establecido por la CONCYTEC, y otras normas aplicables.
- b) **Tecnológica:** Esta investigación del proceso de obtención de los destilados de composición diferenciada facilita información para posteriormente ser llevado a la producción de aceites esenciales a nivel

industrial, generando el diseño y construcción de equipos innovadores para la obtención de un aceite esencial de calidad.

**c) Teórico:** Toma los argumentos teóricos e investigaciones para una mejora de proceso y obtener un producto de calidad. Además de hacer nuevos aportes científicos para ser usados como base en futuras investigaciones en referencia a la extracción de aceites esenciales.

**d) Económica:** Esta investigación se enfoca a determinar un proceso de obtención de destilados de composición diferenciada de aceite de toronjil y ser llevada a la industrialización, ofreciendo al mercado un producto diferente que sería empleado en diversas industrias (farmacéutica, cosmética, agrónoma, etc.).

Además es un aporte al desarrollo y el aumento de la demanda de estas especies medicinales en el sector agricultor, generando puestos de trabajo a muchas personas, y también volver competitivo a nuestro país en este sector del mercado.

**e) Social:** Esta investigación ofrece una nueva alternativa a la población del uso de plantas naturales para la elaboración de productos, favoreciendo a la salud de los usuarios y mejorando la calidad de los productos derivados.

**f) Salud:** Las propiedades medicinales que tiene el aceite esencial de toronjil, podrán ser aprovechadas por la sociedad, ya que de alguna forma la investigación con la proyección de manufacturar este aceite a nivel industrial, tendrá como objetivo generar mayor cantidad de este tipo producto al mercado nacional e internacional.

### **1.5. Importancia**

La importancia del presente trabajo de investigación se basa principalmente en la necesidad de poder crecer en el sector productivo de los aceites esenciales, ya que estos productos principalmente son producidos en Oriente y Europa, esto debido a la falta de inversión y conocimiento en el campo de la ingeniería para la extracción óptima de estos aceites esenciales en el país.

La producción de los aceites esenciales, en el especial del toronjil, no solo son un aporte económico, por su gran valor monetario, sino también un aporte a la salud ya que se ha demostrado científicamente las propiedades medicinales que posee sus componentes activos.

Cabe destacar también que para poder alcanzar la mayor producción de aceites esenciales, se requiere implementar un proceso de extracción eficiente, de tal forma que se pueda obtener mayor cantidad a menor costo y que el producto obtenido posea características fisicoquímicas que la conviertan en un producto calidad y pueda ser competitivo en el mercado.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

El botánico español Ramón Morales en el año 1997 en su artículo “Plantas y cultura popular” nos menciona que el toronjil es una planta medicinal conocida por las personas por todos sus beneficios medicinales. Los beneficios del toronjil (*M. officinalis*) vienen dado por su característica Bacteriostática (presente en su aceite esencial), su poder Antiviral (gracias a los ácidos fenólicos como el caféico, clorogénico y rosmarínico), sus propiedades Antiespasmódica, sedante, anti estrés por tal motivo es una planta muy cotizada en la medicina.

En el año 2013 Diofanor Acevedo, Mario Navarro y Piedad Montero en su Artículo “Composición Química del Aceite Esencial de las Hojas de Toronjil (*Melissa officinalis* L.)” realizaron un estudio sobre la caracterización del aceite esencial de la *M. officinalis*, encontraron sus principales componentes químicos utilizando espectrometría de masas (CG-EM), destacando el Eugenol con 45,47%, seguido del cariofileno,  $\alpha$ -cariofileno, 3- metil-4- isopropil fenol, germacreno D, con 40,77%, 2,94%, 1,52%, 1,17% respectivamente, que representan más del 90% del total registrado .

En el 2004 Allahverdiyev en su publicación “Antiviral activity of the volatile oils of *Melissa officinalis*”, menciona que el aceite que contienen las hojas de toronjil es un aceite que está compuesto por diferentes aldehídos y alcoholes sesquiterpénicos: citral a y b, citronelal, geraniol y linalol. Además, se encuentran taninos, ácidos triterpénicos, marrubina y saponinas, compuestos

amargos y flavonoides. Toda la planta tiene un agradable aroma y sabor que recuerda al limón.

Otro estudio realizado fue por Bandonien el 2009 en su Artículo “¿Son realmente útiles los aceites esenciales?” expresa que es casi imposible lograr dos aceites esenciales idénticos. Como resultado del grado de sensibilidad analítica con que se trabaje, siempre se podrá encontrar alguna diferencia entre dos partidas de un mismo aceite esencial, por la época de cosecha, el año, el método de extracción, las condiciones de almacenamiento. De igual forma, variables como las condiciones geobotánicas, tipo de suelo, época de recolección y edad de la planta.

En el 2003 Stashenko, E., Jaramillo, B. y Martínez, J. En su trabajo “Comparación de la composición química y de la actividad antioxidante”, realizó un Estudio de comparación de aceites esenciales en el cual utilizó como método de extracción para extraer el aceite esencial de la *M. officinalis* la Hidrodestilación con trampa de Clevenger, el procedimiento consistió en picar finamente 1000gr de material fresco de hojas de *M. officinalis* L, depositarlo en un recipiente de acero inoxidable, al que se le añadieron 2000ml de agua destilada, con un tiempo de extracción de 120-180 minutos.

En el año 2007 Manuel Cerpa Chávez en su trabajo “Hidrodestilación de Aceites Esenciales: Modelado y Caracterización” realiza un estudio de la Hidrodestilación para la obtención de aceites esenciales el cual nos habla que la Hidrodestilación o llamado comúnmente: destilación por arrastre de vapor, extracción por arrastre, hidrodestilación, hidrodifusión o hidroextracción, para

definir el proceso para obtener el aceite esencial de una planta aromática, mediante el uso del vapor saturado a presión atmosférica. El generador de vapor no forma parte del recipiente donde se almacena la materia prima, es externo y suministra un flujo constante de vapor. Su presión es superior a la atmosférica, pero el vapor efluente, que extrae al aceite esencial está a la presión atmosférica. La materia prima forma un lecho compacto y se desprecia el reflujó interno de agua debido a la condensación del vapor circundante.

De manera general, la hidrodestilación se describe de la siguiente manera: La materia prima vegetal es cargada en un hidrodestilador, de manera que forme un lecho fijo compactado. Su estado puede ser molido, cortado, entero o la combinación de éstos. El vapor de agua es inyectado mediante un distribuidor interno, próximo a su base y con la presión suficiente para vencer la resistencia hidráulica del lecho. La generación del vapor puede ser local (hervidor), remota (caldera) o interna (base del recipiente). Conforme el vapor entra en contacto con el lecho, la materia prima se calienta y va liberando el aceite esencial contenido y éste, a su vez, debido a su alta volatilidad se va evaporando. Al ser soluble en el vapor circundante, es “arrastrado”, corriente arriba hacia el tope del hidrodestilador. La mezcla, vapor saturado y aceite esencial, fluye hacia un condensador, mediante un “cuello de cisne” o prolongación curvada del conducto de salida del hidrodestilador. En el condensador, la mezcla es condensada y enfriada, hasta la temperatura ambiental. A la salida del condensador, se obtiene una emulsión líquida inestable. La cual, es separada en un decantador dinámico o florentino. Este equipo está lleno de agua fría al inicio de la operación y el aceite

esencial se va acumulando, debido a su casi inmiscibilidad en el agua y a la diferencia de densidad y viscosidad con el agua.

Posee un ramal lateral, por el cual, el agua es desplazada para favorecer la acumulación del aceite. El vapor condensado acompañante del aceite esencial y que también se obtiene en el florentino, es llamado “agua floral”. Posee una pequeña concentración de los compuestos químicos solubles del aceite esencial, lo cual le otorga un ligero aroma, semejante al aceite obtenido. Si un hervidor es usado para suministrar el vapor saturado, el agua floral puede ser reciclada continuamente.

## **2.2. Aceites Esenciales**

Según lo descrito por Martínez M. en el 2003, se da la siguiente definición:

Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles generalmente destilables por arrastre de vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética (perfumes y aromatizantes), de alimentos (condimentos y saborizantes) y farmacéuticos (saborizantes).

Estos aceites esenciales pueden contener hasta más de 100 componentes, entre ellos:

- Compuestos alifáticos de bajo peso molecular. (como por ejemplo: alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos)
- Monoterpenos.
- Sesquiterpenos.
- Fenilpropano

En su mayoría los aceites esenciales, poseen un aroma muy agradable, sin embargo existen algunos aceites esenciales que relativamente tienen un olor desagradable, esta debido a que contienen compuestos azufrados (Por Ejemplo: Aceite esencial de ajo, aceite esencial de cebolla, etc.).

### 2.3. Clasificación de los Aceites Esenciales

De acuerdo a Brunoten (2001), los aceites esenciales se clasifican en:

#### A. Según su Consistencia

- **Esencias:** Líquidos volátiles a temperatura ambiente.
- **Bálsamos:** Son extractos naturales que son obtenidas de un arbusto o un árbol. Se caracterizan porque contienen ácido benzoico y cinámico. Estos extractos son de consistencia espesa, poco volátil y propensa a sufrir reacciones de polimerización. Tenemos de ejemplo a: el bálsamo de copaiba, bálsamo del Perú, bálsamo de Tolú, etc.
- **Resinas:** Dentro del grupo de las resinas, se puede encontrar una serie de combinaciones o mezclas
  - a) **Resinas Puras:** Son productos amorfos sólidos o semisólidos de naturaleza química muy compleja. Como por ejemplo la colofonia (resina de color ámbar, obtenida de las coníferas por exudación de los árboles en crecimiento o durante la extracción de los tocones), compuesta en gran porcentaje por ácido abiético (principal agente irritante del pino).
  - b) **Oleoresinas:** Son mezclas homogéneas de resinas y aceites esenciales, como por ejemplo la trementina, que es obtenida a partir de la incisión de los troncos de las diversas especies de *Pinus*. Esta oleoresina contiene

resina (colofonia) y aceite esencial (esencia de trementina) que se separa por destilación por arrastre de vapor.

Las oleorresinas, tienen el aroma de las plantas en forma concentrada, y son líquidos muy viscosos o en algunos casos sustancias semisólidas (como por ejemplo: oleorresina de pimentón, pimienta negra, clavo, etc).

**c) Gomorresinas:** Son extractos naturales, obtenidos de los árboles a través de una incisión. Son mezcla de goma y resina, que tiene una apariencia blanca y espesa. Estos productos se emplean generalmente como adhesivos naturales.

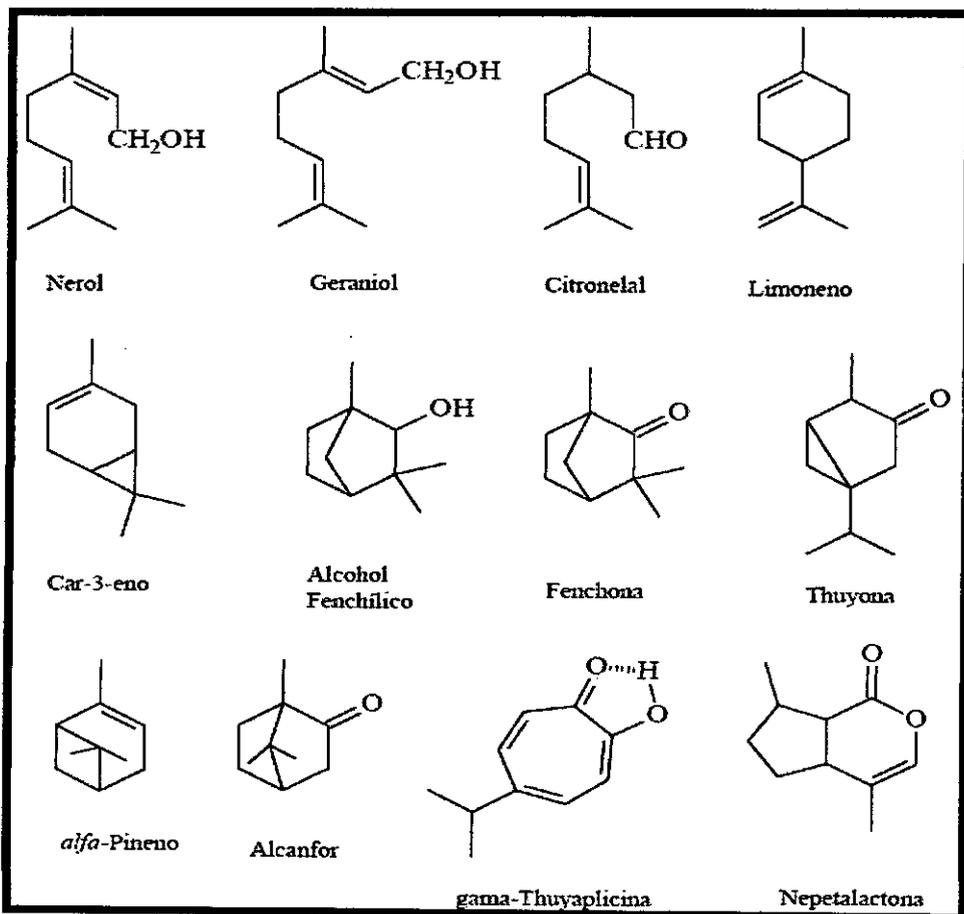
#### **B. Según su origen**

- **Naturales:** Se obtienen directamente de la planta y no sufre modificaciones de físicas ni químicas posteriores, como tienen rendimiento bajo son muy costosos.
- **Artificiales:** Se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes. Como por ejemplo: mezcla de esencias de rosas, geranio y jazmín, que son enriquecidas linalol, o la esencia de anís enriquecida con anetol.
- **Sintéticos:** Son los producidos por procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto más utilizados en la industria, ya sea como aromatizantes o saborizantes. Como por ejemplo: esencias de limón, manzanilla, fresa, etc.

### C. Según su naturaleza química

- **Aceites Esenciales Monoterpenoides:** Son ricos en Monoterpenos. Los monoterpenoides son terpenoides que constan de 2 unidades de isopreno (10 carbonos). Ejemplos: rosa (geraniol), hierbaluisa (nerol), hinojo (fenchona), citronela (citronelal). (Véase la Figura N° 2.1)

**FIGURA N° 2.1**  
**EJEMPLOS DE MONOTERPENOS**

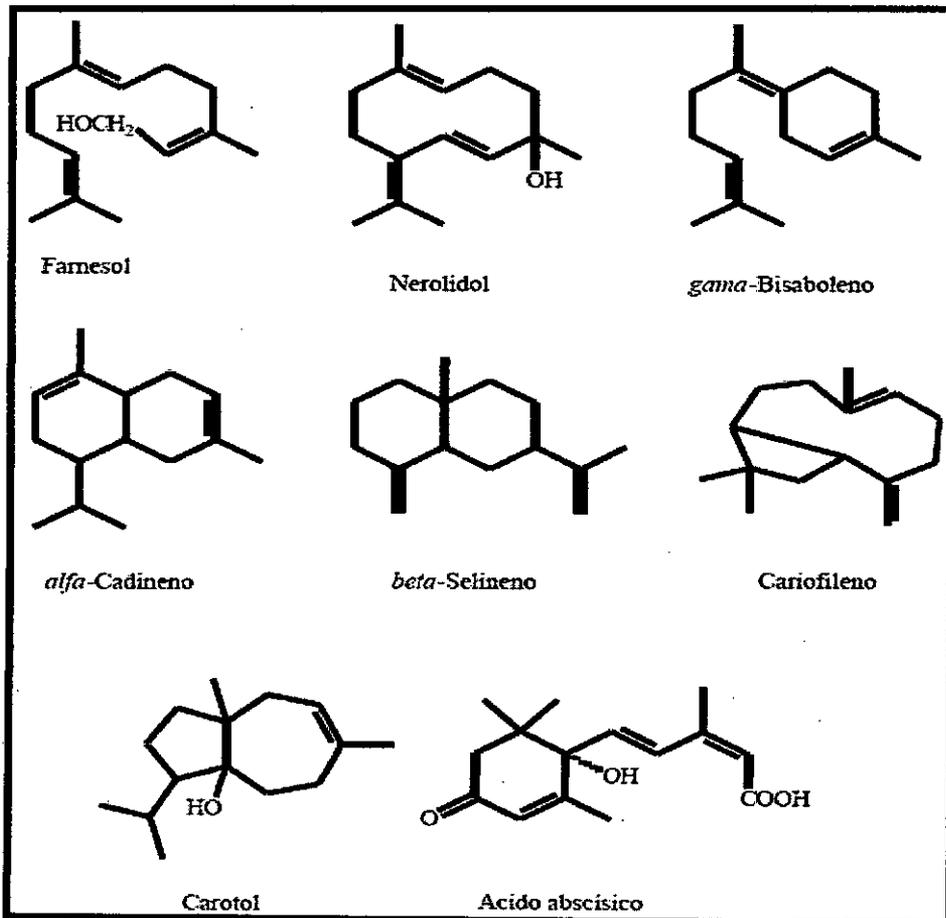


Fuente: MARTINEZ (2003)

- **Aceites Esenciales Sesquiterpenoides:** Son ricos en sesquiterpenos. Los sesquiterpenoides son terpenos de 15 carbonos. Muchos de estos sesquiterpenos contienen componentes que son antibióticos en respuesta a la

aparición de microbios. Ejemplos: clavos de olor (cariofileno), árbol de té (nerolidol), miera (alfa-cadineno), etc. (Véase la Figura N° 2.2)

**FIGURA N° 2.2**  
**EJEMPLOS DE SESQUITERPENOS**

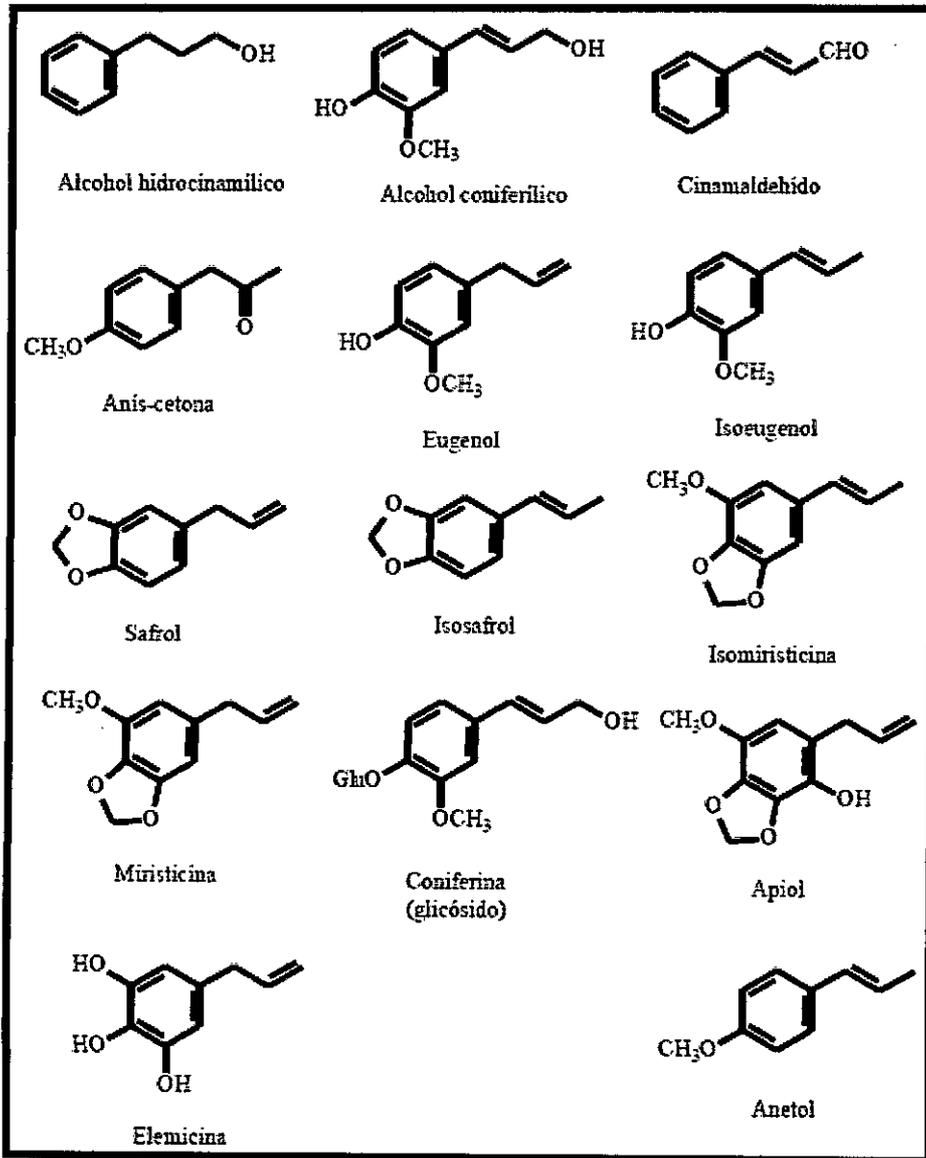


Fuente: MARTINEZ (2003)

- **Aceites Esenciales Fenilpropanoides:** Son ricos en fenilpropanos. Los Fenilpropanoides están relacionados estructuralmente con los aminoácidos fenilalanina y tirosina, pero muchos de ellos se derivan de la ruta bioquímica del ácido shikímico.

Ejemplos: clavo de olor (eugenol), anís (anetol), perejil (apiol), nuez moscada (miristicina), etc. (Véase la Figura N° 2.3)

**FIGURA N° 2.3**  
EJEMPLOS DE FENILPROPANOS



Fuente: MARTINEZ (2003)

## 2.4. Características de los Aceites Esenciales

### 2.4.1. Características Físicas

Van Ginkel (2003), indica que las características físicas de los aceites esenciales son las siguientes:

- Son volátiles y líquidos a temperatura ambiente.
- Recién destilados son incoloros o ligeramente amarillos.
- Su densidad es inferior a la del agua. (Se tienen como excepciones el aceite de azafrán y de clavo de olor).
- Tienen índice de refracción elevado.
- Son solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos (éter o cloroformo).
- Son liposolubles y poco solubles en agua, pero son arrastrables por el vapor de agua.

### 2.4.2. Características Químicas

De acuerdo a los estudios realizados por Van Ginkel (2003), los aceites esenciales tienen diversos componentes químicos que les proporcionan sus características y propiedades.

Según los grupos funcionales que tengan pueden ser:

- a. **Alcoholes:** Son muy apreciados por su aroma, llevan un grupo hidroxilo en su estructura (-OH).

Tenemos por ejemplo, el linalol que se encuentra en la rosa y la lavanda, el mentol que es el componente mayoritario Menta (*Mentha arvensis*), el geraniol que se encuentra en el geranio de

olor, el borneol del romero (*Rosmarinus officinalis*), y el santalol el sándalo (*Santalum album*).

- b. Aldehídos:** Son compuestos muy reactivos. Muchos de ellos se encuentran en los cítricos, y se corresponden con su respectivo alcohol, por ejemplo: geraniol – geranial o citronelol – citronelal. Este compuesto además de su aroma característico de cítricos, tienen propiedades antivirales, antimicrobianas, y sedantes. Pero muchos de ellos, incluido el citral pueden ser irritantes a la piel.
- c. Cetonas:** Se producen por la oxidación de alcoholes y son moléculas bastante estables. Tenemos por ejemplo la carvona que está presente en la Menta (*Mentha spicata*), la tujona que se encuentra en la salvia (*S. officinalis*) y la pulgona que fue aislada por primera vez en el poleo (*Mentha pulegium*).
- d. Ésteres:** La formación del éter se da por la reacción química de un alcohol terpénico con ácido acético. Por ejemplo el aceite de lavanda contiene linalol y su éster, acetato de linalilo. La abundancia relativa de estos dos compuestos nos indica que el aceite esencial es de buena calidad.
- e. Éteres:** También conocidos como óxidos monoterpénicos son reactivos e inestables. Un ejemplo muy claro sería el óxido de bisabolol que se encuentra presente en la manzanilla (*Matricaria chamomilla*).

Otro ejemplo común es el 1,8-cineol (también llamado eucaliptol), que es el componente principal del aceite de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y emplea para los medicamentos que combaten la tos, por sus propiedades expectorante y mucolítico.

- f. **Éteres Fenólicos:** Son los componentes principales de especies como el apio y el perejil (apiol), anís (anetol), albahaca (metilchavicol), etc.

Otro ejemplo destacado es el safrol, un componente muy empleado en la perfumería, este compuesto se obtiene de la corteza del árbol del sasafrás (*Sassafrasalbidum*).

- g. **Fenoles:** Se encuentran en pocas especies, y son muy potentes e irritantes.

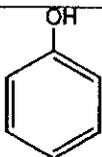
Los más importantes a destacar son el timol que se encuentra en el tomillo (*G. Thymus*), el carvacrol que se obtiene del orégano (*G. Origanum*) y el eugenol en cual se encuentra en muchas especies principalmente en la esencia de clavo de olor, este fenol es un potente bactericida y anestésico que se emplea en el campo de la odontología.

- h. **Hidrocarburos:** Son los compuestos más abundantes en los aceites esenciales, y precursores de los más complejos que son los terpenos oxidados.

Tenemos por ejemplo el limoneno el componente principal de la esencia de menta (*Menta spp.*), el pineno (alfa y beta) que se encuentra en la esencia de trementina del género *Pinus*.

En la Tabla N° 2.1 se muestran los grupos funcionales de cada categoría mencionados.

**TABLA N° 2.1**  
**GRUPOS FUNCIONALES - ACEITES ESENCIALES**

Compuesto	Grupo funcional	Ejemplo	Propiedades
Alcohol	$\begin{array}{c}   \\ -C-OH \\   \end{array}$	Mentol, geraniol	Antimicrobiano, antiséptico, tonificante, espasmolítico
Aldehído	$\begin{array}{c} O \\    \\ R-C-H \end{array}$	Citral, citronelal	Espasmolítico, sedante, antiviral
Cetona	$\begin{array}{c} O \\    \\ R_1-C-R_2 \end{array}$	Alcanfor, tuyona	Mucolítico, regenerador celular, neurotóxico
Éster	$\begin{array}{c} O \\ // \\ R1-C \\ \backslash \\ O-R2 \end{array}$	Metilsalicilato	Espasmolítico, sedativo, antifúngico
Éteres	$-C-O-C-$	Cineol, ascaridol	Expectorante, estimulante
Éter fenólico	Anillo - O - C	Safrol, anetol, miristicina	Diurético, carminativo, estomacal, expectorante
Fenol		Timol, eugenol, carvacrol	Antimicrobiano, irritante, estimulante inmunológico
Hidrocarburo	Sólo contiene C y H	Pineno, limoneno	Estimulante descongestionante antivírico, antitumoral

Fuente: VAN GINKEL (2003).

## 2.5. Distribución y Estado Natural

Stashenko (1996) afirma que los aceites esenciales se encuentran ampliamente distribuidos en unas 60 familias de plantas que incluyen las Compuestas, Labiadas, Lauráceas, Mirtáceas, Pináceas, Rosáceas, Rutáceas, Umbelíferas, etc.

Se pueden encontrar en diversas partes de las plantas (Véase la Tabla N° 2.2).

**TABLA N° 2.2**  
**PARTES APROVECHADAS PARA LA EXTRACCIÓN**

<b>Especie Utilizada</b>	<b>Parte Aprovechada</b>	<b>Principales Zonas de Procedencia</b>
<i>Amygdalus communis</i> (almendro amargo)	Semillas	Europa, Asia, África
<i>Andropogon nardus</i> (citronela)	Hojas	Ceilán, Jaba y América Central
<i>Anethum graveolens</i> (eneldo)	Fruto	URSS, Noruega, Alemania y EE:UU
<i>Artemisia absinthium</i> (ajenjo)	Hojas	España, Francia, América y Argelia
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> (canela)	Corteza	Ceilán y China
<i>Citrus limonum</i> (mandarino)	Corteza de fruto	China, Japón, España, Norte de África, Italia.
<i>Eucalyptus globulus</i> (eucalipto)	Hojas	Australia, Argelia y Provenza
<i>Jasminum grandiflorum</i> (jazmín)	Flores	Francia
<i>Juniperus virginiana</i> (cedro)	Tronco	América del norte
<i>Mentha piperita</i> (menta)	Hojas	Francia, Italia, Japón y América
<i>Ocimum basilicum</i> (albahaca)	Hojas	India, España y Provenza
<i>Rosa alba</i> (rosa)	Flores	Francia; Bulgaria y Turquía
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	Hojas	Francia, Italia, España y Grecia
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	Hojas	Francia, Argelia y España
<i>Vainilla planifolia</i> (vainilla)	Frutos	América central Jaba, Ceilán y Madagascar

Fuente: PAREDES (2010)

## 2.6. Uso de los Aceites Esenciales

Los aceites esenciales son empleados en diversas industrias, de acuerdo a las propiedades que presentan pueden emplearse en la industria alimentaria, cosmética, farmacéutica, tabacalera, agroindustrial, etc. (Véase la Tabla N° 2.3)

**TABLA N° 2.3**  
**APLICACIONES DEL ACEITE ESENCIAL EN LAS INDUSTRIAS**

<b>Tipo de Industria</b>	<b>Aplicación</b>
Alimentaria	Utilizados para la preparación de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, producción de caramelos, chocolates y golosinas. Ejm: Aceite de cilantro, naranja, menta, limón, hinojo, etc.
Cosmética	Producción de jabones, colonias, perfumes, y maquillaje. Ejm: Aceite de geranio, lavanda, rosas, pachouli, etc.
Farmacéutica	Producción de cremas dentales, analgésicos e inhalantes para descongestionar las vías respiratorias. Ejm: Aceite de menta, hinojo, eucalipto, naranja, etc.
Tabacalera	Elaboración de cigarrillos, se emplea el mentol.
Agroindustrial	Elaboración de insecticidas y biocidas, empleando aceites con propiedades bactericidas, como el tomillo, clavo, salvia, menta, orégano, pino, etc.

**Fuente:** BRUNOTEN (2001)

En la actualidad, el aceite esencial ha logrado un lugar importante como materia prima para la elaboración de productos, los cuales fueron mencionados con anterioridad, sin embargo hay algunas especies que se han destacado de entre todas, ya que su presencia en las plantas son altas y además tienen múltiples beneficios los cuales los hacen más versátiles en la industria química. (Véase la Tabla N° 2.4, en la página 33)

**TABLA N° 2.4**

**ALGUNAS ESPECIES CON ACEITES ESENCIALES DE USO COMERCIAL**

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Familia</b>
Ajedrea	<i>Saturejamontana</i>	Labiatae
Albahaca	<i>Ocimumbasilicum</i>	Labiatae
Amaro	<i>Salvia sclarea</i>	Labiatae
Artemisia	<i>Artemisia vulgaris</i>	Asteraceae
Cardamomo	<i>Elettariacardamomum</i>	Zingiberaceae
Enebro	<i>Juniperuscommunis</i>	Cupresaceae
Eucalipto	<i>Eucalyptusglobulus</i>	Myrtaceae
Hisopo	<i>Hyssopusofficinalis</i>	Labiatae
Lavanda	<i>Lavandulaofficinalis; L. angustifolia</i>	Labiatae
Lavandín	<i>L. latifolia x L. angustifolia</i>	Labiatae
Melisa	<i>Melissa officinalis</i>	Labiatae
Menta	<i>Menthapiperita; M. spicata</i>	Labiatae
Mirto	<i>Myrtuscommunis</i>	Myrtaceae
Orégano	<i>Origanumvulgare; O. majoricum</i>	Labiatae
Romero	<i>Rosmarinusofficinalis</i>	Labiatae
Salvia	<i>Salvia officinalis</i>	Labiatae
Sándalo	<i>Santalumalbum</i>	Santalaceae
Tomillo	<i>Thymusvulgaris</i>	Labiatae

**Fuente:** BRUNOTEN (2001)

**2.7. Toxicidad de los Aceites Esenciales**

En el estudio realizado por el Dr. Jacques Pellecuer (1995) en la Universidad de Montpellier, señala la cuestión de si son o no son tóxicos los aceites esenciales, y porque importante el estudio profundo de sus componentes para el uso de los aceites en el campo de la aromaterapia.

En el pasado, el abuso de los licores de ajeno y de arcabuz produjo numerosas intoxicaciones, ya que estos licores contenían numerosas aceites esenciales, cuya cantidad variaba de acuerdo al fabricante.

Los aceites esenciales de anís, ajeno o de hisopo acompañaban generalmente a la esencia de salvia. Esas bebidas provocaban el absintismo, una enfermedad que tenía principalmente como síntomas: locura pasajera, agresividad, convulsiones con babeo de espuma y respiración estertorosa.

En la actualidad, las intoxicaciones por licores anisados ya no moneda corriente, sin embargo es más frecuente encontramos con intoxicaciones provocadas por el abuso de los aceites esenciales que la mayoría de veces se emplean con finalidad terapéutica.

En 1977 en Francia, se dieron nuevas observaciones de intoxicaciones por esencia de hisopo (empleado para el tratamiento de neumopatía gripal), debido a una dosis excesiva se presentaron malestares como pérdida de conocimiento e hipersalivación. En 1979, se presentó crisis convulsivas (con mordedura de lengua) por el exceso de dosis de esencia de thuya.

Se han descrito algunas intoxicaciones por vía interna, pero también se puedan dar a lugar intoxicaciones por vía externa (especialmente las empleadas para perfumería y cosméticos). Se tienen claros ejemplos de mujeres que sufrieron dermatitis por el uso de colonias con esencias de "naranja amargo", o también fotosensibilización a la exposición solar después de usar agua de colonia con esencia de naranja, limón, o perfumes con esencia de bergamota que inclusive producía manchas oscuras en la piel.

En la Tabla N° 2.5 se muestra la relación de los componentes químicos de los aceites esenciales y las intoxicaciones que puedan provocar.

**TABLA N° 2.5**  
RELACIÓN DE LOS COMPONENTES DE ACEITES ESENCIALES Y SU TOXICIDAD.

<b>GRUPO</b>	<b>COMPONENTES QUÍMICOS RESPONSABLES</b>
Convulsionantes	Cetonas Monoterpénicas Monocíclicas: menthona, pulegona, carvona. Cetonas Monoterpénicas Binocíclicas: thuyona, alcanfor. Compuestos aromáticos (Fenoles): Anethol, apiol, Safrol.
Narcóticos y Estupefacientes	Carburo (Monoterperno bicíclico: pineno Alcohol Monoterperno acíclico: linalol, terpineol. Alcohol Monoterperno monocíclico: mentol. Alcohol Monoterperno bicíclico: borneol
Fototóxicos - Irritantes	Carburos: limoneno, felandreno, pineno Alcoholes: Citronelol, geraniol, linalol, nerol (el más tóxico) Aldehído monoterpénico acíclico: citrol. Fenoles: thymol, carvacrol. Compuesto aromático: Safrol Cumarinas: Bergapteno (provoca pigmentación en la piel)
Abortivos	Carburos: Sabinol Cetonas monoterpena bicíclica: pulegona, thuyona.
Hepatóxicos	Fenoles: miristicina (que se encuentra en la nuez moscada), Safrol (degeneración hepática).
Nefrotóxicos	Carburos: felandreno, pineno (sabinol). Alcoholes: Eucaliptol Cetona: Pulegona Fenoles: Apiol, Safrol.

Fuente: JACQUES (1955)

El estudio de la toxicidad pasa por la determinación de la DL50 por vía oral, por vía intravenosa o intraperitoneal, para calcular la dosis que mata, para ello se llevan a cabo ensayos experimentales con animales y estudiar los síntomas.

## 2.8. Comercialización a Nivel Mundial de los Aceites Esenciales

Muchos países han destacado por su gran participación en el mercado de los aceites esenciales, tanto como exportadores y como importadores.

Dentro de los países con mayor valor exportado se encuentra en primer lugar Francia, luego Estados Unidos, Alemania e Irlanda (Véase la Tabla N° 2.6).

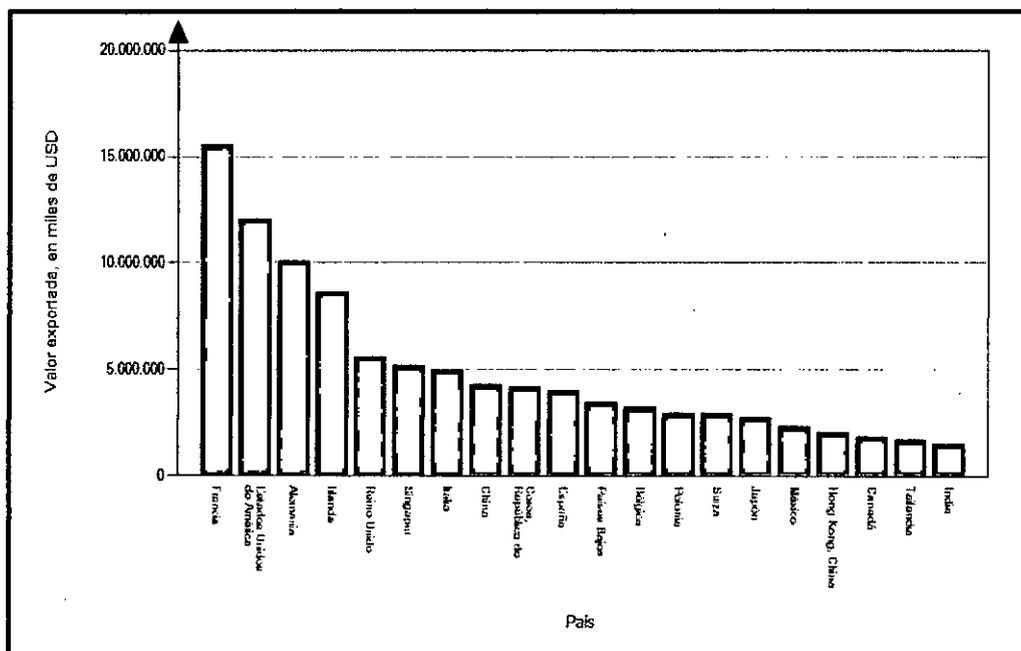
**TABLA N° 2.6**  
**PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES DE ACEITES ESENCIALES A**  
**NIVEL MUNDIAL (PERIODO 2013-2016)**

Exportadores	Valor Monetario de Importaciones (miles \$)			
	2013	2014	2015	2016
Francia	16.662.202	17.321.707	15.117.599	15.558.682
Estados Unidos de América	11.133.099	11.551.622	11.808.302	12.037.480
Alemania	11.132.478	11.118.643	9.708.132	10.058.472
Irlanda	8.207.652	9.142.112	8.798.038	8.631.386
Reino Unido	6.129.798	6.389.094	5.504.745	5.558.354
Singapur	4.499.254	4.570.667	4.554.698	5.174.044
Italia	4.382.151	4.619.725	4.382.316	4.941.976
China	3.620.700	4.187.334	4.694.167	4.287.176
Corea, República de	1.276.977	1.920.013	2.927.565	4.210.464
España	4.036.927	4.245.011	3.816.118	4.021.868
Países Bajos	3.319.389	3.484.617	3.463.013	3.937.797

Fuente: Información estadística de TRADEMAD

En la Gráfica N° 2.1 (Véase la página 37), se muestra los países con mayor valor de exportación de aceites esenciales durante el periodo del año 2016.

**GRÁFICA N° 2.1**  
**PAÍSES CON MAYOR VALOR EXPORTADO EN EL AÑO 2016 A NIVEL**  
**MUNDIAL**

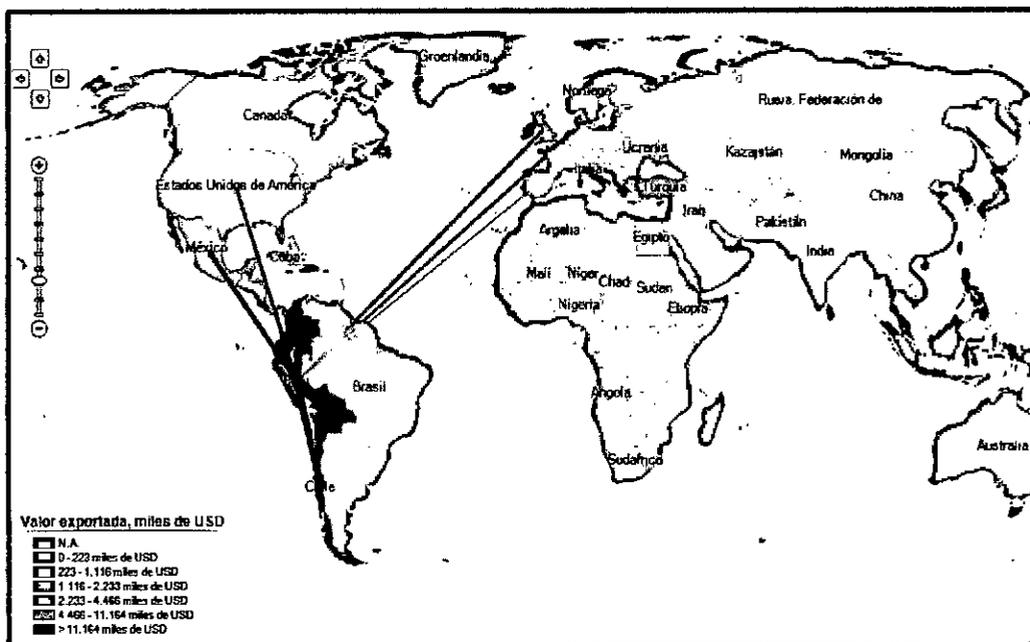


**Fuente:** Información estadística de TRADEMAD

El Perú a pesar de no estar entre los países con mayor valor de exportación a nivel mundial, de alguna forma ha tenido cierta participación en este mercado, exportando sus aceites esenciales a países como: Estados Unidos, México, Chile, Argentina, etc. (Véase la Figura N° 2.4 en la página 38).

Es importante destacar que países como Francia y Estados Unidos se encuentran entre los mayores exportadores de aceites esenciales, debido a la gran inversión y desarrollo de tecnologías para conseguir la extracción de estos aceites con altos valores de productividad.

**FIGURA N° 2.4**  
**PRINCIPALES PAÍSES IMPORTADORES DE ACEITE ESENCIAL**  
**EXPORTADO POR PERÚ (2016)**



**Fuente:** Información estadística de TRADEMAD

De igual forma hay que destacar los países que son los mayores importadores de aceites esenciales, ya que al tener el mayor valor de importación de estos aceites, es porque las emplean para uso en la industria (perfumería, cosmética, alimentaria y todas las aplicaciones que se puedan tener) y de esta manera generan mayores valores económicos al comercializarlo como producto transformado.

Dentro de los países con mayor valor de importación de aceites esenciales destaca Estados Unidos, Alemania, Reino Unido y China. (Véase la Tabla N° 2.7, en la página 39)

En el año 2016, Estados Unidos incremento su valor de importación de 12 083 750 miles de dólares a 12 559 460 miles de dólares, esto debido a que la

industria en la perfumería y cosméticos ha crecido notablemente, como en otros países (Véase la Gráfica 2.2 en la página 40)

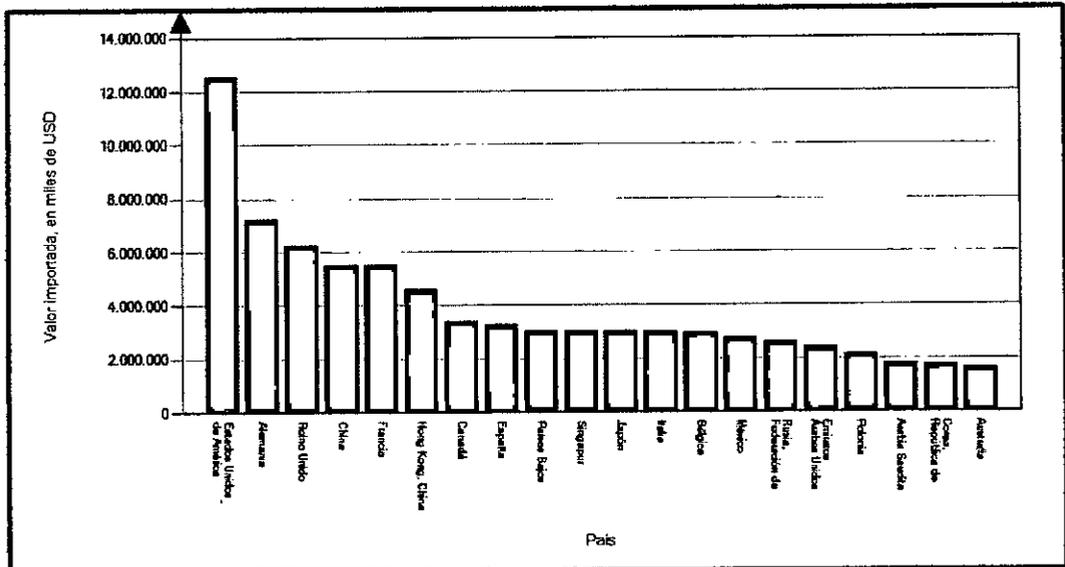
**TABLA N° 2.7**  
**PRINCIPALES PAÍSES IMPORTADORES DE ACEITES ESENCIALES A**  
**NIVEL MUNDIAL (PERIODO 2013-2016)**

Importadores	Valor Monetario de Importaciones (miles \$)			
	2013	2014	2015	2016
Estados Unidos de América	10.774.901	11.546.996	12.083.750	12.559.460
Alemania	7.104.746	7.266.717	7.047.991	7.233.821
Reino Unido	6.164.369	6.618.062	6.428.265	6.242.324
China	2.384.842	3.372.164	4.509.560	5.506.877
Francia	5.630.224	5.760.615	5.299.605	5.490.806
Hong Kong, China	3.447.344	3.711.598	4.013.049	4.606.782
Países Bajos	3.105.731	3.336.530	3.215.393	3.632.851
Canadá	3.110.707	3.175.784	3.292.699	3.402.196
España	3.085.401	3.328.608	3.111.446	3.289.068
Singapur	2.645.036	2.728.286	2.674.209	3.050.397
Japón	3.156.680	2.992.280	2.799.124	3.048.879
Italia	3.089.122	3.111.509	2.812.938	3.006.460
Bélgica	2.695.374	2.612.660	2.569.074	2.986.492
México	2.133.988	2.590.061	2.666.440	2.779.923
Rusia, Federación de	3.901.067	3.622.859	2.629.627	2.600.367
Emiratos Árabes Unidos	3.379.890	3.814.387	2.520.748	2.415.204

**Fuente:** Información estadística de TRADEMAD

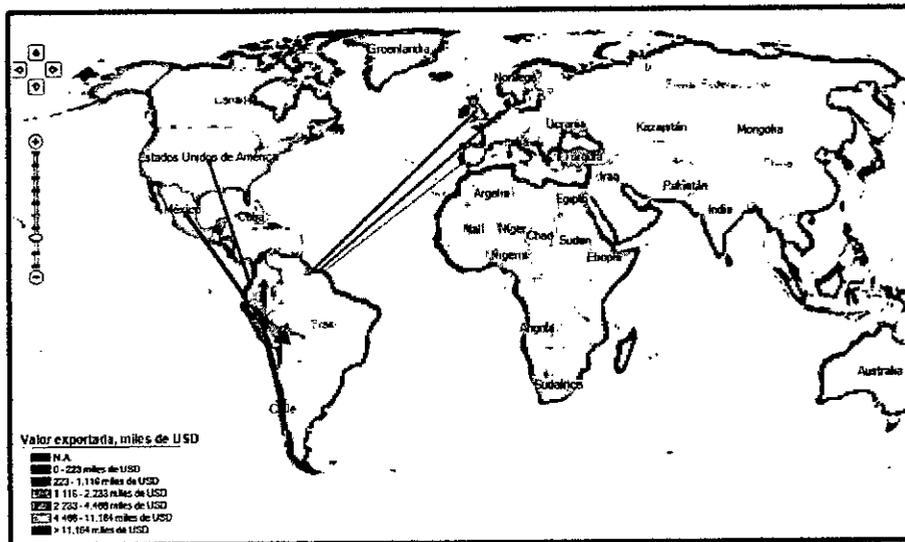
La participación del Perú como importador de aceite esencial ha sido estratégica para el crecimiento de la industria de cosméticos, cabe de destacar que los países de los cuales se tiene mayor valor importado son: México, Colombia, Estados Unidos, Brasil y Argentina (Véase la Figura 2.5 en la página 40)

**GRÁFICA N° 2.2**  
**PAÍSES CON MAYOR VALOR IMPORTADO EN EL AÑO 2016 A NIVEL**  
**MUNDIAL**



Fuente: Información estadística de TRADEMAD

**FIGURA N° 2.5**  
**PRINCIPALES PAÍSES PROVEEDORES DE ACEITE ESENCIAL**  
**IMPORTADO POR PERÚ (2016)**



Fuente: Información estadística de TRADEMAD

## 2.9. Planta de Toronjil

### 2.9.1. Clasificación Taxonómica

Según el sistema de Clasificación de Cronquist (1981), el toronjil tiene la siguiente clasificación taxonómica (Véase la Tabla N° 2.8)

**TABLA N° 2.8**  
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL TORONJIL SEGÚN CRONQUIST

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta.
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Sub-Clase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Lamiales
<b>Familia</b>	Lamiaceae
<b>Género</b>	<i>Melissa</i>
<b>Especie</b>	<i>MelissaOfficinalis L.</i>

Fuente:<https://herbario-comunero.wikispaces.com/Plantas+Medicinales>

### 2.9.2. Descripción Botánica

LOVATI (1994) en un estudio realizado da la siguiente descripción:

Hierba aromática con olor a limón que puede alcanzar hasta un metro de altura,

Su tallo raramente piloso y glanduloso, es erguido, cuadrangular y muy ramificado.

Sus Hojas son pecioladas, opuestas ovales rugosas y de borde festoneado.

(Véase la Figura N° 2.6 en la página 42)

Las flores son de tonalidad blanquecina – rosada, reunidas en verticilastros axilares de 3-6 flores. (Véase la Figura N° 2.7 en la página 42)

**FIGURA N° 2.6**  
**HOJAS DE TORONJIL (*Melissa Officinalis*), DETALLES DEL ENVÉS DE**  
**LAS HOJAS Y LOS NUDOS DEL TALLO**



Fuente: <http://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/pubin/RMV.pdf>

**FIGURA N° 2.7**  
**PARTES DE LA PLANTA DE TORONJIL (*Melissa Officinalis*)**



- (A) Rama con hojas e inflorescencias.
- (1) Aspecto de una flor.
- (2) SL de una flor.
- (3) Detalle de un estambre.
- (4) Detalle del gineceo.
- (5) SL del ovario.
- (6) Aspecto del cáliz.
- (7) Fruto (núcula).
- (8) SL y ST de una semilla.

Fuente: <http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas%20PDF/Labiadas.pdf>

### 2.9.3. Hábitat y Distribución

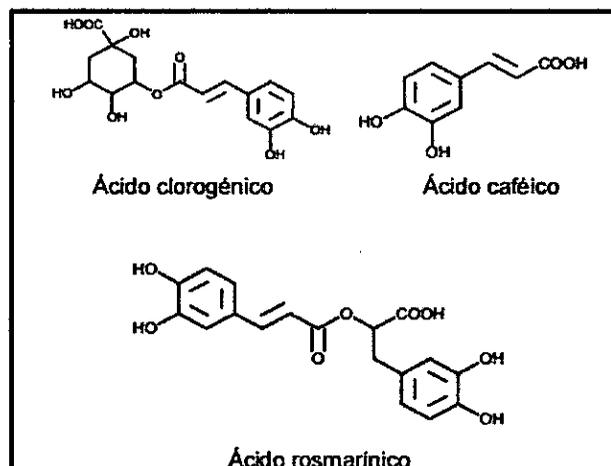
Euroasiática y Norteafricana en zonas húmedas y umbrosas nitrificadas. Cultivada y naturalizada. Crece en clima templado o templado caliente en alturas hasta 1000 m.s.n.m. (MENDOCILLA, 2016).

### 2.9.4. Composición Química del Toronjil

Según los estudios realizados por Briceño (1974, Trujillo), las hojas frescas de toronjil contienen aceites esenciales de 0.1 a 0.3%, compuesto por: taninos (8,421 g%), citronelal, citral; Monoterpenoides (10-epi-a-cadinol, cariofilenol, farnesol), óxidos terpénicos (1-8 cineol, óxido de cariofileno), Monoterpenoides (neral 15% y geranial 15%), sesquiterpenoides (a-cubebeno, a-copeno, b-burboneno, b-cariofileno, a-humuleno, germacraneno D), Monoterpenos (cis y trans-o-cimenos), ácidos fenil-carboxílicos como el caféico, clorogénico, rosmarínico (4%) (Véase la Figura N° 2.8)

FIGURA N° 2.8

ESTRUCTURA DE LOS ÁCIDOS FENIL-CARBOXÍLICOS EN EL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL



Fuente: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2265/1/54764C146.pdf>

En el 2012, Monroy realizó estudios sobre la composición química del aceite esencial de toronjil empleándola técnica acoplada de Cromatografía de Gases-Espectrometría de masas, el cual nos permite obtener un espectro de masas de cada componente con el cual se obtiene el peso molecular y la información estructural. (Véase la Tabla N°2.9)

**TABLA N° 2.9**  
**COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL**

<b>Nombre</b>	<b>Área</b>	<b>Calidad</b>
Eugenol	45.47	98
Cariofileno	40.77	99
Alfa-Cariofileno	2.94	97
3-Metil-4-Isopropifenol	1.52	97
Germacreno D	1.17	96
Beta-Elemeno	0.62	90
L- Borneol	0.60	90
Borneol	0.56	90
Alfa-Elemol	0.49	91
Alfa-Cubebeno	0.44	99
Alfa-Pineno	0.39	95
Benceno	0.32	97
Eucalyptol	0.28	89
Canfeno	0.21	96
Beta-Pineno	0.16	91
Terpineno	0.11	91
Cadineno	0.09	91
Limoneno	0.08	94
Camfor	0.04	91
Otros	3.78	--

**Fuente:** MONROY (2012). Potencial de aceite esencial de Toronjil

En la Tabla N°2.10 se observa la composición del Aceite esencial de toronjil tomada de un estudio sobre la caracterización del Aceite esencial de toronjil, Composición química del Aceite de las hojas de toronjil (*Melissa officinalis*), Diofanor Acevedo, de la cual podemos concluir que las sustancias mayoritaria en el aceite esencial de toronjil son el Eugenol con un 45.47% y el Cariofileno con un 40.77% presentes en la mezcla.

Estas sustancias van a influenciar más en las propiedades fisicoquímicas de la mezcla de aceite esencial de toronjil.

**TABLA N°2.10**  
COMPOSICIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL SEGÚN ESTUDIO  
DE D. ACEVEDO

COMPUESTO	FAMILIA QUÍMICA	ÁREA RELATIVA (%)
3-Metil-4-isopropifenol	Compuesto oxigenado	1.52
Eugenol	Compuesto oxigenado	45.47
Cariofileno	Sesquiterpeno bicíclico	40.77
Alfa – Cariofileno (Humuleno)	Sesquiterpeno bicíclico	2.94
Germacreno D	Compuesto Terpenico	1.17

**Fuente:** Composición química del Aceite de las hojas de toronjil (*Melissa officinalis*), Diofanor Acevedo

Se ordenó la composición del aceite esencial de toronjil de acuerdo a su temperatura de ebullición con la finalidad de saber cuales componentes son los más volátiles y tienden a destilarse a temperaturas más bajas (véase Tabla N°2.11 en la página 46)

**TABLA N°2.11**  
**TEMPERATURA DE EBULLICIÓN DE LOS COMPONENTES DEL ACEITE**  
**ESENCIAL DE TORONJIL**

<b>ORDEN POR T° EBULLICION</b>		
	<i>Componente</i>	<i>T (°C)</i>
<b>Más Volátiles</b>	Alfa - Cariofileno (Humuleno)	110.2
	3-Metil-4-isopropifenol	111
<b>Menos Volátiles</b>	Cariofileno	245.3
	Eugenol	250
	Germacreno D	279.7

**Fuente:** Monografías Farmacéuticas, C.O.F. de Alicante (1998).

Se ordenó la composición del aceite esencial de toronjil de acuerdo a densidad con la finalidad de saber que sustancias ejercen mayor influencia en la densidad en cada fracción obtenida y saber los compuestos mayoritarios en la fracciones. (Véase la Tabla N° 2.12)

**TABLA N°2.12**  
**DENSIDAD DE LOS COMPONENTES DEL ACEITE ESENCIAL DE**  
**TORONJIL**

<b>ORDEN POR Densidad</b>		
	<i>Componente</i>	<i>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</i>
<b>Menos Densos</b>	Alfa - Cariofileno (Humuleno)	0.819
<b>Densos Medios</b>	Germacreno D	0.85
	Cariofileno	0.89
<b>Más densos</b>	Eugenol	1.05
	3-Metil-4-isopropifenol	1.08

**Fuente:** Monografías Farmacéuticas, C.O.F. de Alicante (1998).

Se ordenó la composición del aceite esencial de toronjil de acuerdo a su Índice de Refracción con la finalidad de saber que sustancias ejercen mayor

influencia en el Índice de Refracción en cada fracción obtenida y saber los compuestos mayoritarios en la fracciones. (Véase la Tabla N° 2.13)

**TABLA N°2.13**  
**ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL ACEITE**  
**ESENCIAL DE TORONJIL**

<b>ORDEN POR Índice de Refracción</b>	
<i>Componente</i>	<i>Ind. Refrac</i>
Alfa - Cariofileno (Humuleno)	1.459
Germacreno D	1.482
Cariofileno	1.496
Eugenol	1.535
3-Metil-4-isopropifenol	----

Fuente: Monografías Farmacéuticas, C.O.F. de Alicante (1998).

El eugenol y el cariofileno son las sustancias mayoritarias en el aceite esencial de toronjil las cuales van a influenciar significativamente en las propiedades del destilado.

### 2.9.5. Propiedades Medicinales

La planta de toronjil (parte aérea seca), tiene las siguientes propiedades medicinales (PERI, 1995):

- a) **Antiespasmódico:** Relajantes musculares de las vías digestivas, debido a la presencia de citronelal en el toronjil.
- b) **Colerético:** Activación de la producción de bilis como función hepática.
- c) **Sedante:** Calmante de nervios, ligeramente hipnóticos.
- d) **Antiviral y antibacteriano:** Debido a la presencia de los ácidos fenilcarboxílicos.
- e) **Carminativo:** Favorece la expulsión de gases del tubo digestivo.

**f) Antioxidante:** Debido a la presencia de los ácidos fenólicos, especialmente del rosmarínico).

## **2.10. Métodos de extracción de Aceites Esenciales.**

La extracción es una técnica de separación que se puede aplicar a todo tipo de mezclas, ya sean éstas sólidas, líquidas o gaseosas. (Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA).

La extracción se basa en la diferencia de solubilidad de los componentes de una mezcla en un disolvente adecuado. La forma más simple de realizar una extracción consiste en tratar la mezcla de compuestos con un disolvente de manera que uno de los componentes se disuelva y los demás no. Sin embargo, la técnica de extracción más empleada consiste en la disolución de la mezcla a separar en un disolvente que disuelva a todos los componentes. A continuación, se procede a la adición de un segundo disolvente, no miscible con el primero, de manera que los componentes de la mezcla se distribuyan entre los dos disolventes según su coeficiente de reparto, que está directamente relacionado con la solubilidad de cada compuesto. Si algún componente de la mezcla es muy soluble en uno de los disolventes y muy poco en el otro quedará prácticamente todo en el que es soluble, mientras que los otros componentes de la mezcla quedarán en el otro disolvente.

La separación de los dos disolventes y su evaporación suministrará residuos enriquecidos en los componentes más solubles. Según la variedad del material vegetal y el producto que se quiere obtener, se presentan los tipos de extracción de aceites esenciales. (Véase la Tabla N° 2.14, en la página 49).

**TABLA N° 2.14**  
**MÉTODOS DE EXTRACCIÓN Y PRODUCTOS OBTENIDOS**

<b>Tipo de Método</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Producto Obtenido</b>
Directo	Extrusión	Aceites esenciales cítricos
	Exhudación	Gomas, Resinas, Bálsamos
Destilación	Directa	Aceites Esenciales o Aguas Aromáticas
	Arrastre Vapor	
	Destilación- Maceración	
Extracción por Solventes	Solventes Volátiles	Infusiones y resinoides alcohólicos
	Solventes fijos (grasas y aceites)	Absolutos de pomadas y Absolutos de enflorados
	Extracción con Fluidos súper críticos	

**Fuente:** SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE-SENA

A continuación se detallará cada uno de los métodos de extracción, en qué consiste y como se obtiene el producto.

### **2.10.1. Métodos Directos**

Los métodos directos se aplican principalmente a los cítricos, porque sus aceites están presentes en la corteza de la fruta, y el calor de los métodos de destilación puede alterar su composición. El aceite de los cítricos está contenido en numerosas celdas del epicarpio. Al exprimir la corteza tales celdas se rompen y liberan el aceite, el cual se recoge inmediatamente para evitar que sea absorbido por la corteza esponjosa que resulta después de este tipo de procesos. Los fenómenos que ocurren durante la extracción del aceite se clasifican en varias etapas:

- Laceración de la epidermis y de las células que contienen la esencia.
- Generación en la cáscara de áreas con presión mayor que sus circundantes a través de las cuales el aceite fluye al exterior.
- Abrasión de la cáscara, con la formación de pequeñas partículas de la raspadura.

**a. Método de Raspado:**

En algunos de los equipos en los que se realiza este procedimiento, sale la esencia ya liberada, mientras que en otros se obtienen raspaduras las cuales son comprimidas.

**b. Método de Exudación:**

Este procedimiento se utiliza básicamente para aislar las gomasresinas de árboles y arbustos.

**2.10.2. Métodos de Destilación**

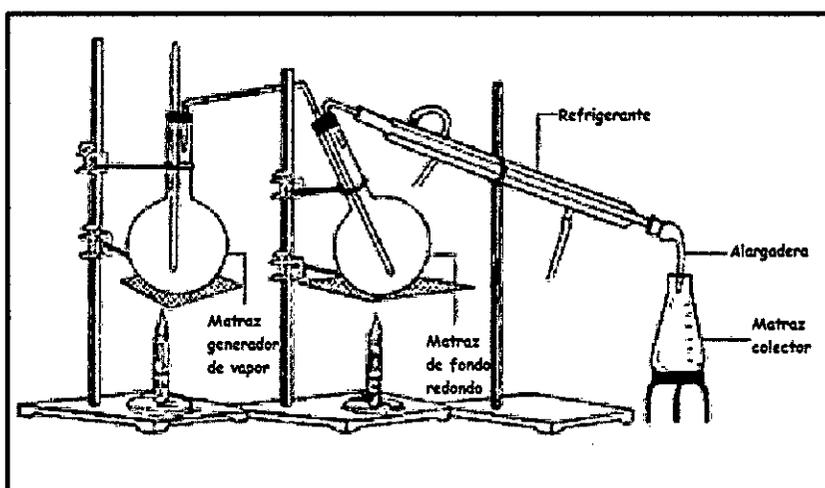
Consiste en separar por calentamiento, en alambiques u otros vasos, sustancias volátiles que se llaman esencias, relativamente inmiscibles con el agua, de otras más fijas, enfriando luego su vapor para reducirlas nuevamente a líquido.

Como la mayoría de los aceites esenciales son una mezcla de compuestos volátiles, que cumplen la ley de Dalton, lo que representa que a una temperatura dada, la presión total del vapor ejercida por el aceite esencial, será la suma de las presiones del vapor de sus componentes individuales, por lo que durante el proceso de la destilación de vapor, la vaporización del aceite ocurre a una temperatura menor que la del punto de ebullición del agua.

**a. Destilación por arrastre con vapor de agua**

Es el proceso más común para extraer aceites esenciales. Usando una corriente de vapor de agua para extraer el aceite inamisible en agua. (Véase la Figura N° 2.9)

**FIGURA N° 2.9**  
**DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA**



Fuente: <http://practicadecuimicaorganica.blogspot.pe/2012/03>

#### **b. Destilación con agua o hidrodestilación**

Similar al arrastre con vapor, el vapor producido arrastra los aceites esenciales hasta otro recipiente donde se condensan y se separan.

Este sistema de extracción tiene el inconveniente de que la temperatura que se emplea provoca que algunos compuestos presentes en las plantas se degraden y se pierdan.

El material vegetal aromático siempre debe encontrarse en contacto con el agua, para así evitar el sobrecalentamiento y la carbonización del mismo. Debe mantenerse en constante agitación para evitar que se aglomere o sedimente al adherirse a las paredes del recipiente, lo cual puede provocar también su degradación térmica.

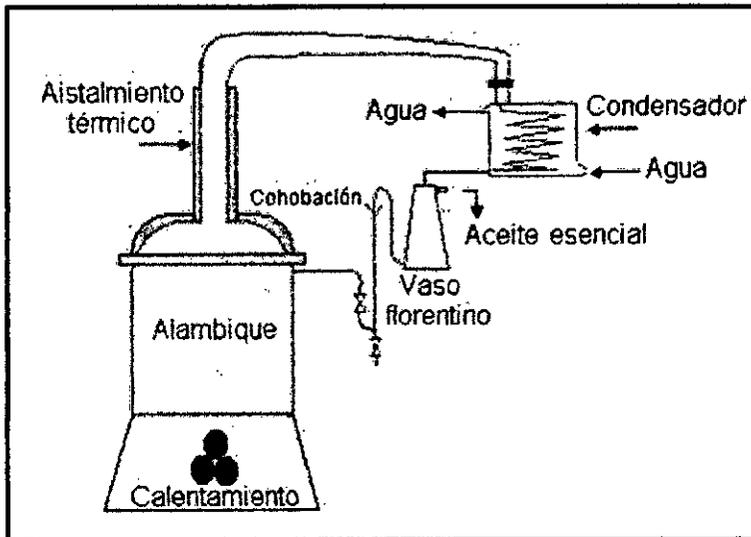
En general, los aceites producidos por destilación en agua son de menor calidad por las siguientes razones:

- Algunos componentes son sensibles a la hidrólisis, mientras que otros, son susceptibles de polimerización.
- Los compuestos oxigenados tienden a ser parcialmente solubles en el agua de destilación, por lo que es imposible la remoción completa de estos compuestos.
- Los tiempos requeridos de destilación son demasiado largos, lo cual se asocia a un detrimento de la calidad del aceite obtenido.
- Destilación agua - vapor o vapor Húmedo

Este procedimiento comúnmente se utiliza en el agro para destilar especialmente hierbas y hojas. El material se coloca sobre una parrilla, y luego, entre el fondo y la parrilla se coloca el agua, hasta un nivel un poco inferior a la parrilla. Cuando se dispone de poca agua, el agua que sale con el aceite esencial en la primera extracción, se recircula al extractor para sostener el proceso de destilación (cohobación).

El calentamiento se puede efectuar desde una fuente externa o dentro del propio cuerpo del extractor. El vapor de agua producido, se satura, atraviesa el material que se encuentra sobre la parrilla y provoca el arrastre de la esencia, no existiendo peligro de sobrecalentamiento del material vegetal, tal como ocurre en la hidrodestilación. (Véase la Figura N° 2.10, en la página 53)

**FIGURA N° 2.10**  
**HIDRODESTILACIÓN**



Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)

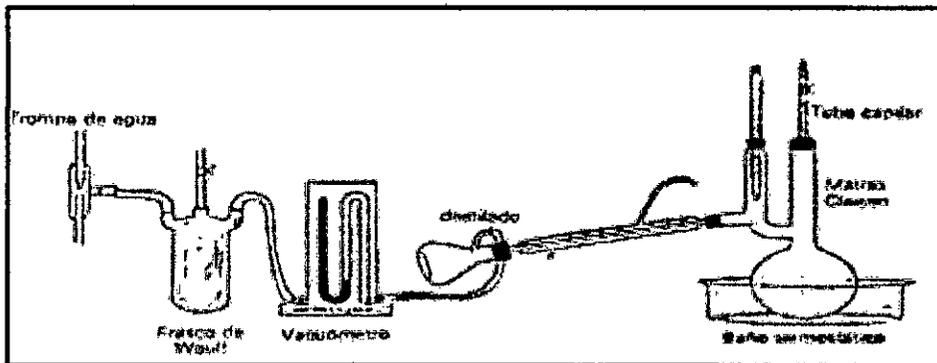
#### **c. Destilación previa maceración**

El método se aplica para extraer el aceite de semilla de almendras amargas, bulbos de cebolla, bulbos de ajo, semillas de mostaza y hojas de corteza de abedul. En el caso de plantas aromáticas, la maceración en agua caliente se emplea para favorecer la separación de su aceite esencial, ya que sus componentes volátiles están ligados a componentes glicosilados.

#### **d. Destilación al vacío**

Se han diseñado sistemas para aislar constituyentes del aceite esencial, el cual se basa en sus diferentes puntos de ebullición. La mayor ventaja de este método, es la mínima probabilidad de descomposición de los aceites esenciales y formación de compuestos no deseados, debido a las bajas temperaturas de trabajo. (Véase la Figura N° 2.11, en la página 54)

**FIGURA N° 2.11**  
**DESTILACIÓN AL VACÍO**



Fuente: <https://es.slideshare.net/mariomuz3/lab-de-gab-n-1-constantas-fisicas>

#### **e. Destilación Molecular**

Este método se utiliza para la obtención de productos coloreados, más estables y la recuperación de las notas más delicadas que caracterizan los aceites esenciales. Se basa en una destilación del material entre 10,3 a 10,6 psi, cuyo producto se procesa con diversos solventes orgánicos, que luego se separan y recuperan, obteniendo en cada fase orgánica compuestos determinados del aceite esencial según su afinidad frente al solvente.

### **2.10.3. Métodos de Extracción con Solventes**

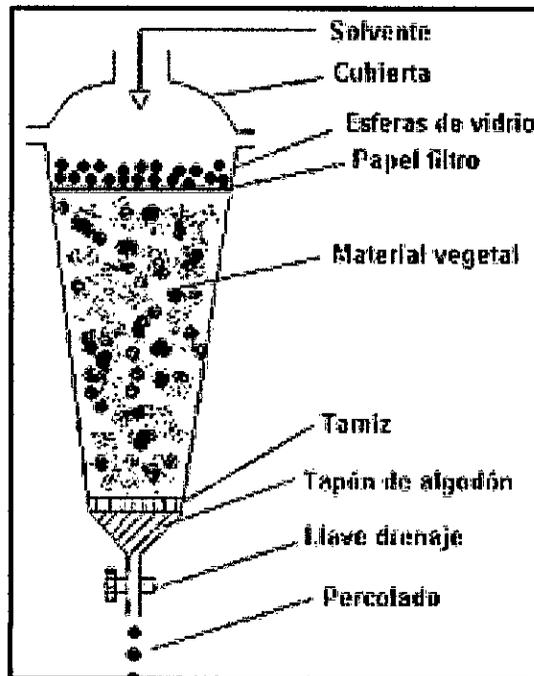
#### **a. Maceración en grasa**

Es un método de extracción con grasa caliente basado en sumergir los pétalos de flores en la grasa, y luego extraer las esencias con alcohol. Este método se ha reemplazado por completo por la extracción con disolventes orgánicos.

#### **b. Extracción con solventes volátiles**

En la Figura N° 2.12 (Véase la página 55) se detalla el procedimiento para la separación de sustancias empleando solventes volátiles.

**FIGURA N° 2.12**  
**EXTRACCIÓN CON SOLVENTES VOLÁTILES**



Fuente: <http://www.gestionforestal.cl/pfnn/procesos/txt/aceites.htm>

Se basa en la facilidad de los disolventes orgánicos para penetrar en el material vegetal y disolver sus aceites volátiles, debido a las diferencias de punto de ebullición entre el aceite esencial y el solvente. Tiene la ventaja de trabajar a temperaturas bajas, por lo que no provoca la termodestrucción ni alteración química de los componentes del aceite. Además ofrece la posibilidad de separar componentes individuales y/o presentes en poca cantidad.

Se utiliza a escala de laboratorio pues a escala industrial resulta costoso por el valor comercial de los solventes. Se obtienen esencias impurificadas con otras sustancias (algunas veces tóxicas). La muestra seca y molida se pone en contacto con solventes tales como éter de petróleo, pentano, éter etílico, alcohol, cloroformo. Estos solventes solubilizan la esencia y extraen otras sustancias tales

como ácidos grasos, ceras y pigmentos. Que se pueden separar por destilación controlada.

### **c. Extracción por Fluidos Supercríticos (EFS)**

Consiste en utilizar como material de arrastre sustancias químicas en condiciones especiales de temperatura y presión. El material vegetal se corta en trozos pequeños, se licua y se empaca en una cámara de acero inoxidable por donde se hace circular un líquido supercrítico. Los aceites esenciales se solubilizan y el líquido supercrítico que actúa como solvente extractor se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente. Finalmente se obtiene un aceite puro.

**Ventajas:** Alto rendimiento, ecológicamente limpio, el solvente se elimina fácilmente y se puede reutilizar, se utilizan para la extracción bajas temperaturas, químicamente no se modifican los componentes de la esencia, reduce los requerimientos de energía de la destilación.

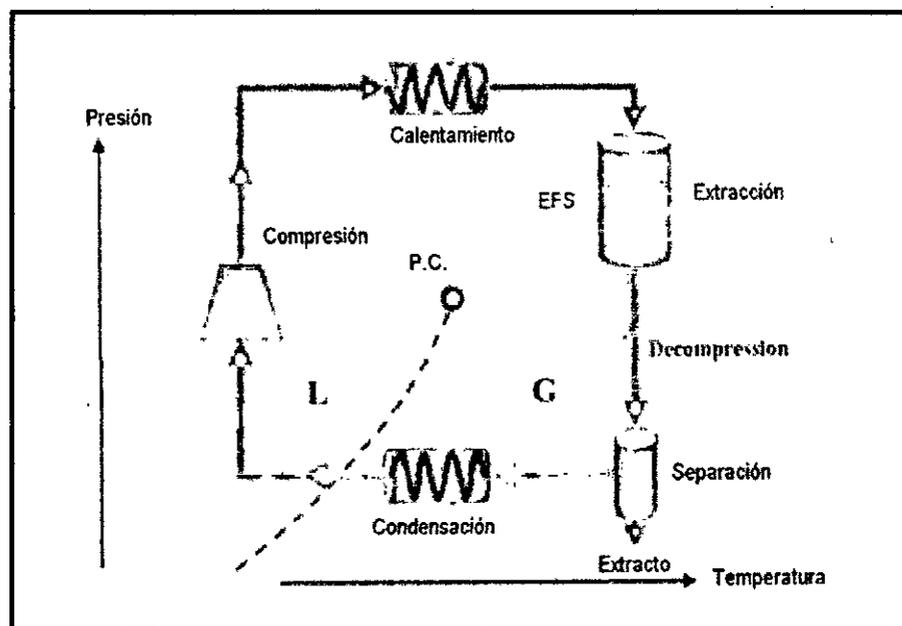
**Desventajas:** Se tiene considerado principalmente 2 aspectos importantes:

- Ácidos grasos, pigmentos y ceras también pueden ser extraídos junto con el aceite esencial.
- El equipo requerido es relativamente costoso, ya que se requieren bombas de alta presión y sistemas de extracción que también sean resistentes a las altas presiones.

De todos los solventes supercríticos, el dióxido de carbono es el más investigado, debido a que no es un elemento tóxico ni inflamable, no perjudica la naturaleza y no requiere de un equipo demasiado sofisticado para cumplir su misión de arrastre de aceites esenciales; presenta propiedades fisicoquímicas

propias de los gases y los líquidas, lo que lo convierte en un solvente muy versátil en procesos de separación; es posible realizar extracciones selectivas a temperaturas menores de 20 °C y presiones fluctuantes entre 60 y 350 bar. (Véase la Figura N° 2.13)

**FIGURA N° 2.13**  
**EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS**



Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).

#### d. Enfloración o Enfleurage

Se emplea para la extracción de esencias de flores delicadas, sensibles al calor y costosas como: rosa, jazmín, azahar, acacia, violeta, y resinas como la mirra.

Los pétalos frescos se ponen en contacto con una delgada capa de grasa y el perfume emitido por las flores se absorbe. Después de dos o tres meses, muchas capas de grasa se saturan con las moléculas perfumadas del aceite de la flor, el cual se trata con alcohol y luego se destila para obtener la esencia.

Es un procedimiento muy costoso por la mano de obra. Generalmente se sustituye por la extracción con hexano ligero como solvente. Este método tiene sus ventajas debido a que la extracción de algunas plantas tiene bajo contenido intrínseco del aceite esencial, y otros métodos destruirían estas frágiles esencias (Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA)

### **2.11. Principios de la Extracción por Arrastre de Vapor**

La extracción se efectúa cuando el vapor de agua entra en contacto con el material vegetal y libera la esencia, para luego ser condensada. Con el fin de asegurar una mayor superficie de contacto y exposición de las glándulas de aceite, se requiere picar el material según su consistencia.

- **Descripción del proceso:**

El vapor de agua se inyecta desde una caldera externa por medio de tubos difusores, ubicados en la parte inferior de la masa vegetal que se coloca sobre una parrilla interior de un tanque extractor.

El vapor de agua provoca que los aceites esenciales se difundan desde las membranas de la célula hacia fuera. Los vapores de agua y aceite esencial que salen, se enfrían hasta regresar a la fase líquida, y se separan en un decantador.

Este método es regido por la ley de Dalton.

#### **Ley de Dalton**

Los vapores saturados de los líquidos inmiscibles sigue la Ley de Dalton sobre las presiones parciales, que dice que: cuando dos o más gases o vapores, que no reaccionan entre sí, se mezclan a temperatura constante, cada gas ejerce la

misma presión que si estuviera solo y la suma de las presiones de cada uno, es igual a la presión total del sistema. Su expresión matemática es la siguiente:

$$P_T = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

Al destilar una mezcla de dos líquidos inmiscibles, su punto de ebullición será la temperatura a la cual la suma de las presiones de vapor es igual a la atmosférica. Esta temperatura será inferior al punto de ebullición del componente más volátil.

Si uno de los líquidos es agua (destilación por arrastre con vapor de agua) y si se trabaja a la presión atmosférica, se podrá separar un componente de mayor punto de ebullición que el agua a una temperatura inferior a 100°C. Esto es muy importante cuando el compuesto se descompone a su temperatura de ebullición o cerca de ella.

En general esta técnica se utiliza cuando los compuestos cumplen con las condiciones de ser volátiles, inmiscibles en agua, tener presión de vapor baja y punto de ebullición alto (SALINAS, 2001)

A continuación se detallará las ventajas y desventajas (Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA)

**Desventaja:**

No es aplicable a flores ni a materiales que se apelmazan. En esta técnica se aprovecha la propiedad que tienen las moléculas de agua en estado de vapor de asociarse con moléculas de aceite.

Pueden ocurrir procesos colaterales como polimerización y resinificación de los terpenos; así como hidrólisis de esteres y destrucción térmica de algunos componentes.

**Ventajas:**

Energéticamente es más eficiente, se tiene un mayor control de la velocidad de destilación, existe la posibilidad de variar la presión del vapor, y el método satisface mejor las operaciones comerciales a escala, al proveer resultados más constantes y reproducibles.

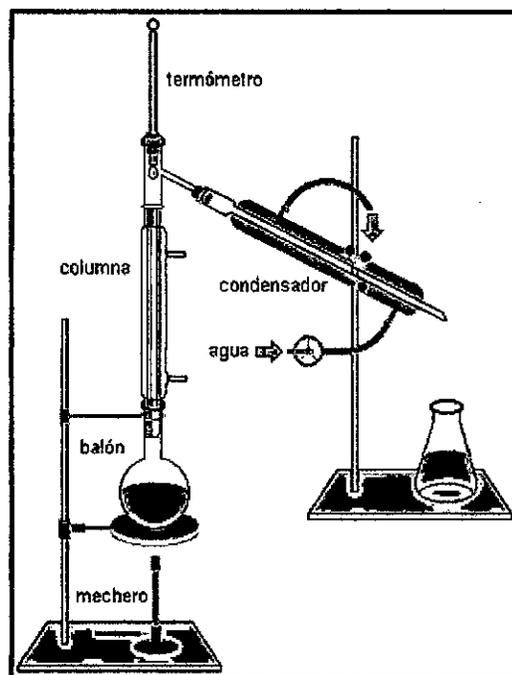
**2.12. Destilación Fraccionada**

De acuerdo a los estudios de Reyes (1998) sobre columnas de rectificación y extracción multicomponente señala que casi todos los aceites esenciales se extraen por destilación. En las modernas destilerías, la materia prima está contenida en cestos o bandejas perforadas. El destilador contiene agua en el fondo, la cual se calienta mediante serpentines por los que circula vapor, o también haciendo pasar a su través vapor de agua a presión. A veces, las materias primas duras, como cortezas, semillas y raíces, se desmenuzan previamente para facilitar la extracción; en cambio, las flores se pasan al destilador, sin tratamiento alguno, lo más pronto posible desde su recolección. El destilado, compuesto de una mezcla de esencias y agua, se condensa por refrigeración y se recoge en un recipiente adecuado. Este suele ser un matraz florentino con un tubo de salida cerca de la base y otro cerca del borde. La capa acuosa, que está saturada de esencia, puede volver al destilador o constituir un producto comercial, como en los casos del agua de rosas y el agua de azahar. Algunas esencias (como las de cajeput,

alcaravea, trementina, y sándalo australiano), son rectificadas. La rectificación consiste en una segunda destilación en corriente de vapor, que libera la esencia de resinas y otras impurezas.

En la Figura N° 2.14, se puede observar el arreglo experimental para la destilación con columna de fraccionamiento.

**FIGURA N° 2.14**  
**DESTILACIÓN CON COLUMNA DE FRACCIONAMIENTO**



Fuente: [https://il.wp.com/www.escolapedia.com/wpcontent/uploads/2011/04/Destilaci%C3%](https://il.wp.com/www.escolapedia.com/wpcontent/uploads/2011/04/Destilaci%C3%99)

### 2.13. Definiciones básicas utilizadas

- a) **Aceite Esencial:** Un aceite esencial o aceite etéreo es una mezcla de varias sustancias químicas biosintetizadas por las plantas, que dan el aroma característico de algunas flores, árboles, frutos, hierbas, especias, semillas y a ciertos extractos de origen animal (almizcle, civeta, ámbar gris). (DEVLIN, T. M. Bioquímica, 2014).

- b) **Terpenos:** Los terpenos son una vasta y diversa clase de compuestos orgánicos derivados del isopreno (2-metilbuta-1,3-dieno), un hidrocarburo de 5 átomos de carbono. Tradicionalmente se han considerado derivadas del 2-metil-butadieno más conocido como isopreno (DEVLIN, T. M. Bioquímica, 2014).
- c) **Destilación por arrastre de vapor:** La destilación es el proceso de separar las distintas sustancias que componen una mezcla líquida mediante vaporización y condensación selectivas. Dichas sustancias, que pueden ser componentes líquidos, sólidos disueltos en líquidos o gases licuados, se separan aprovechando los diferentes puntos de ebullición de cada una de ellas, ya que el punto de ebullición es una propiedad intensiva de cada sustancia, es decir, no varía en función de la masa o el volumen, aunque sí en función de la presión. ([http://dscm1396quimica.blogspot.pe/2015\\_06\\_01\\_archive.html?view=flipcard](http://dscm1396quimica.blogspot.pe/2015_06_01_archive.html?view=flipcard))
- d) **Rectificación:** La rectificación se caracteriza porque una fracción del vapor que sale por la parte superior de la columna de destilación es condensada y reintroducida en ésta como reflujo. Puede tratarse de un proceso discontinuo o continuo, siendo esto último lo más usual. La operación se lleva a cabo en columnas de rectificación, en cuyo interior se ponen en contacto una fase líquida y una fase vapor, que fluyen en contracorriente. En el interior de la columna se producen una serie de vaporizaciones y condensaciones sucesivas a través de las cuales se obtiene la separación

- deseada. Se habla de columnas de relleno o de pisos según que las fases se pongan en contacto de forma continua o discontinua.  
([http://www.gunt.de/download/distillation\\_rectification\\_spanish.pdf](http://www.gunt.de/download/distillation_rectification_spanish.pdf))
- e) Taxonomía: Ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación, generalmente científica; se aplica, en especial, dentro de la biología para la ordenación jerarquizada y sistemática de los grupos de animales y de vegetales. “la taxonomía se ocupa de la clasificación de los seres vivos, encuadrándolos en categorías como orden, familia o género”.  
(<http://www.oxforddictionaries.com/es/definicion/espanol/taxonomia>)
- f) Actividad de agua: La actividad acuosa es un parámetro estrechamente ligado a la humedad del alimento lo que permite determinar su capacidad de conservación, de proliferación microbiana, etc. La actividad acuosa de un alimento se puede reducir aumentando la concentración de solutos en la fase acuosa de los alimentos mediante la eliminación del agua (liofilización) o la adición de nuevos solutos. (YOUNG, 2001)
- g) Presión: Es una magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea.  
(<https://athanieto.wordpress.com/tematicas/presion/>)
- h) Índice de refracción: Valor numérico que expresa la relación entre los senos de los ángulos de incidencia y refracción.  
(<http://www.oxforddictionaries.com/es/definicion/espanol/indice>)

- i) Densidad: Relación entre la masa y el volumen de una sustancia, o entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen igual de otra sustancia tomada como patrón.  
(<http://www.oxforddictionaries.com/es/definicion/espanol/densidad>)
- j) Humedad: cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que está presente en la superficie o el interior de un cuerpo o en el aire.  
([http://es.thefreedictionary.com/humedad.](http://es.thefreedictionary.com/humedad))
- k) Composición: Formación de un todo o un conjunto unificado uniendo con cierto orden una serie de elementos.  
(<http://www.oxforddictionaries.com/es/definicion/espanol/composicion>)

### III. VARIABLES E HIPÓTESIS

#### 3.1. Variables de la investigación

La presente investigación se caracteriza por ser longitudinal estudiando la variable a lo largo del tiempo establecido, por ser éste el determinante en la relación causa efecto.

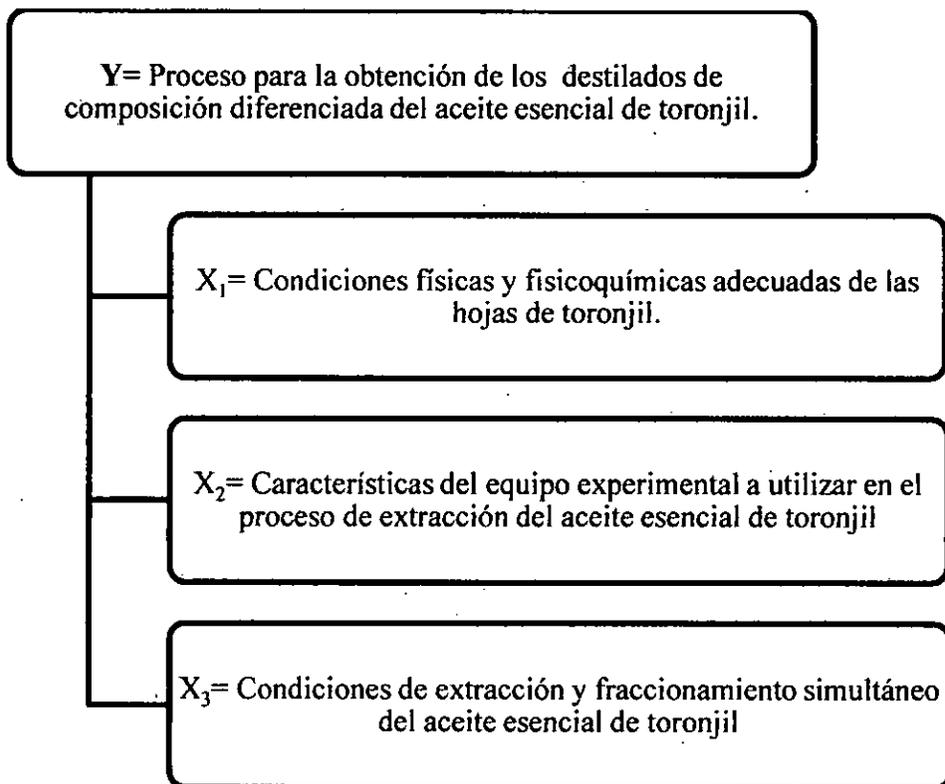
Por su naturaleza, las variables utilizadas son cuantitativas.

Por su dependencia la variable Y es dependiente, y las variables  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  son independientes.

Es decir:  $Y=f(X_1, X_2, X_3)$ . La Figura 3.1 muestra la relación entre las variables

**FIGURA 3.1**

**RELACIÓN DE LAS VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**



Fuente: Elaboración Propia

### 3.2. Operacionalización de variables

La Operacionalización de las variables se muestra en la Tabla N° 3.1.

**TABLA N° 3.1**  
**OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MÉTODO</b>
Y = Proceso para la obtención de los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de toronjil.	- Cantidad de cada una de las fracciones del aceite de toronjil obtenidas. - Composición de cada fracción.	- ml de cada fracción obtenida por cada Kg de toronjil. - Índice de refracción.	- Experimento de laboratorio.
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MÉTODO</b>
X <sub>1</sub> = Condiciones físicas y fisicoquímicas adecuadas de las hojas de toronjil.	-Tamaño de partícula - Humedad.	- Milímetros. - %.	- Experimental
X <sub>2</sub> = Características del equipo experimental a utilizar en el proceso de extracción del aceite esencial de toronjil.	- Volumen de la cámara de arrastre de vapor. - Tamaño y forma del relleno.	- Litros de agua en la cámara de arrastre por Kg. de toronjil. - Centímetros y tipo de relleno.	- Experimental. - Revisión teórica y procedimiento experimental.
X <sub>3</sub> = Condiciones de extracción y fraccionamiento simultaneo del aceite esencial de toronjil.	- Variación de la temperatura en la cabeza de la columna. - Tiempo del procesamiento de cada fracción.	- °C. - min.	- Experimental. - Experimental.

**Fuente:** Elaboración Propia

### **3.3. Hipótesis General e Hipótesis Específicas**

#### **3.3.1. Hipótesis General**

El proceso para la obtención de los destilados de composición diferenciada es mediante la extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de toronjil.

#### **3.3.2. Hipótesis Específicas**

- a. Las condiciones de las hojas de toronjil consiste en preparar la muestra de hojas a una humedad y tamaño de partícula adecuados.
- b. Las características del equipo experimental dependen de la capacidad del equipo y las dimensiones de columna y relleno.
- c. Las condiciones más favorables de extracción y fraccionamiento consiste en hacer pasar un flujo controlado de vapor a la cámara de extracción y luego hacer pasar a través de la columna de relleno que permita el fraccionamiento, cuya fracción se controla con la variación de la temperatura en la cabeza de la columna.

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1. Tipo de investigación**

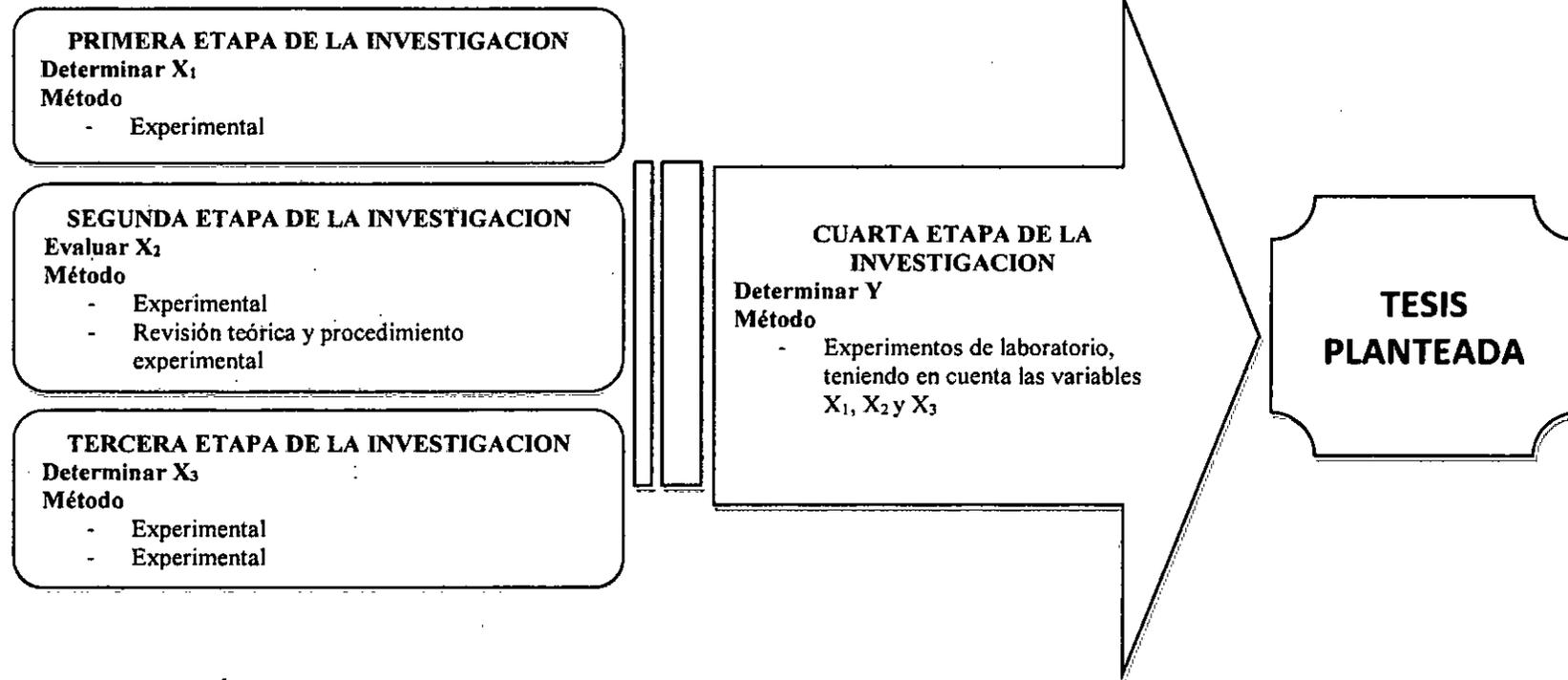
A continuación se detalla que tipo de investigación se realizó en el presente trabajo de tesis son:

- Por su finalidad, es de tipo básica, puesto que generó resultados los cuales forman parte de nuevos conocimientos con respecto a la extracción del aceite esencia de toronjil.
- Por su diseño interpretativo, es experimental porque el estudio se realizó mediante la observación, registro y análisis de las variables intervinientes creados para facilitar la manipulación de las mismas.
- Por el énfasis de la naturaleza de los datos manejados, es del tipo cuantitativo porque las variables de investigación son medibles.
- Por su nivel de estudio, es aplicada, porque esta investigación buscó establecer propuestas para aplicarlos a la práctica.
- Por el ámbito de desarrollo, es de laboratorio, ya que esta investigación se realizó en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao.

### **4.2. Diseño de investigación**

El diseño de la presente investigación ha considerado cuatro momentos para su desarrollo (Véase la Figura 4.1 en la página 69).

**FIGURA 4.1**  
**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**



**RELACIÓN DE VARIABLES:**  $Y=f(X_1, X_2, X_3)$

*Y=Proceso para la obtención de los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de toronjil.*

*X<sub>1</sub>=Condiciones físicas y fisicoquímicas adecuadas de las hojas de toronjil.*

*X<sub>2</sub>= Características del equipo experimental a utilizar en el proceso de extracción del aceite de toronjil.*

*X<sub>3</sub>=Condiciones de extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de toronjil.*

#### **4.2.1. Etapas de la investigación**

El presente trabajo de investigación tiene 4 etapas:

- **Primera etapa de la investigación**

En la primera etapa de la investigación se recurrió a ensayos de laboratorio vinculado a la variable de investigación.

En esta etapa la variable fue  $X_1$  (Condiciones Físicas y Fisicoquímicas adecuadas de las hojas de toronjil) con el propósito de determinar las condiciones óptimas de la materia prima para la extracción de su aceite esencial.

- **Segunda etapa de la investigación**

En la segunda etapa de la investigación se recurrió a la revisión de la teoría vinculada y ensayos de laboratorio a la variable de investigación.

En esta etapa la variable fue  $X_2$ (Características del equipo experimental a utilizar en la extracción del aceite esencial de toronjil), con el propósito de identificar algunos argumentos científicos, antecedentes de estudios y bases científicas.

- **Tercera etapa de investigación**

En la tercera etapa de la investigación se volverá a realizar ensayos experimentales.

En esta etapa la variable fue  $X_3$  (Condiciones de extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de toronjil), con el propósito de identificar algunos argumentos científicos, antecedentes de estudios y bases científicas.

- **Cuarta etapa de investigación**

En la cuarta etapa de la investigación con la teoría y la información lograda tanto en la primera etapa, en la segunda etapa y en la tercera etapa, se realizó un riguroso análisis de la información, y posteriormente se realizaron los ensayos de laboratorio, que comprobó la hipótesis inicialmente planteada.

En esta etapa la variable fue Y (Proceso para la obtención de los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de toronjil).

### **4.3. Población y muestra**

Se determinó la población y muestra para la primera etapa de investigación.

La población está representada por la producción total de toronjil de la Provincia de Sihuas del Departamento de Huaraz, el cual se encuentra como uno de los mayores productores de toronjil en el Perú

La muestra es una porción de 10 Kg de Hojas fresca de Toronjil, tomada aleatoriamente de la producción de la Provincia de Sihuas, de los cuales se emplearan 500 gr en cada corrida experimental para la extracción del aceite esencial de toronjil.

## 4.4. Materiales y Métodos

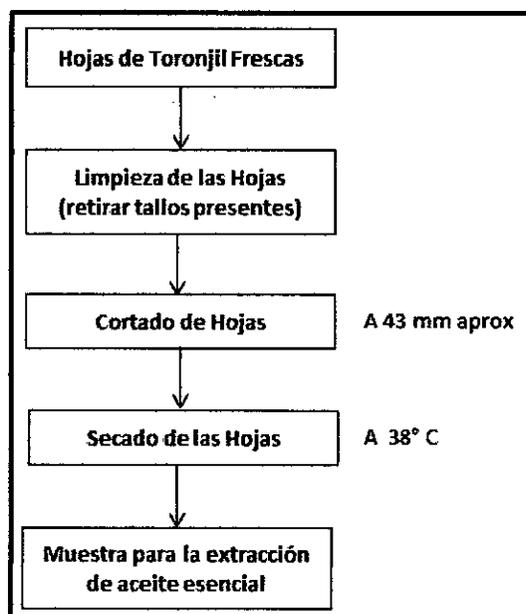
### 4.4.1. Materia Prima

Para la presente investigación se requirió 10 Kg de Hojas frescas de toronjil provenientes de la Provincia de Sihuas, Departamento de Huaraz.

Se trabajó las hojas de toronjil de dos formas; primero se destiló empleando la hoja seca, y también se destiló con las hojas frescas.

En el primer caso, se trabajó a diferentes niveles de humedad y para ello tuvo que pasar por un acondicionamiento de tal manera que facilite el contacto con el vapor de agua y la correcta extracción de su aceite esencial. (Véase la Figura N° 4.2)

**FIGURA N° 4.2.**  
**ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA**



Fuente: Elaboración Propia.

Para verificar que las hojas obtenidas sean de la especie *Melissa Officinalis*, se llevó el material vegetal al Herbario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, donde se realizó los análisis para determinar su clasificación taxonómica.

#### **4.4.2. Lugar de ejecución**

Para la realización de la presente investigación, se empleó las instalaciones del Laboratorio de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao, ambiente que se encuentra acondicionado con equipos y materiales para trabajos de investigación.

#### **4.4.3. Equipos, materiales y reactivos**

Para la realización de los ensayos experimentales, se emplearon algunos equipos y materiales de laboratorio, que a continuación detallamos.

##### **Equipos:**

- Equipo de Destilación por arrastre con vapor de agua y columna de rectificación.
- Balanza digital Marca: SARTORIUS Modelo: TE214S, precisión 0,1 mg.
- Refractómetro Marca: mrc. Modelo: TZ4ST
- Estufa Marca: Modelo: Memmert
- Mufla Marca: Autonics, Modelo: TZ4ST

##### **Materiales:**

- Mangueras de látex de 1.7 x 4.5 mm.
- Matraz esférico de 500 ml con boca esmerilada.
- Picnómetro de 5 ml

- Vaso de precipitado de 100 ml.
- Probeta de 100 ml.

#### **4.4.4. Métodos de Análisis Físicos**

La caracterización e identificación cualitativa de los destilados de aceite esencial de Toronjil obtenidos por arrastre con vapor de agua y fraccionamiento simultáneo se llevó a cabo mediante la determinación de las siguientes propiedades: índice de refracción y densidad relativa, para verificar la diferencia entre los destilados obtenidos en un intervalo de tiempo establecido

##### **A. Densidad Relativa**

La técnica de densidad relativa se llevó a cabo según recomendaciones de la Norma IRAM- SAIPA 18504 mediante un método picnométrico.

Se utilizó para tal fin una balanza Mettler Modelo AJ150 con precisión de 0,1 miligramos.

El procedimiento consistió en la determinación de la masa de agua contenida en el picnómetro a la temperatura de referencia. Para ello se pesó el picnómetro perfectamente limpio y seco y se estabilizó a la temperatura  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ . A continuación se llenó con agua destilada, se colocó en un baño a  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  hasta su estabilización, se enrasó y luego de retirarlo del baño, se secó cuidadosamente. Finalmente se pesó el picnómetro enrasado con agua. La masa de agua ( $m_{H_2O}$ ) se determinó por diferencia entre la masa del picnómetro con agua y la masa del picnómetro vacío.

Luego se realizó la determinación de la masa del aceite utilizando el mismo picnómetro limpio y seco. Se estabilizó la muestra de aceite a  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  en un

baño, a continuación se llenó el picnómetro con el aceite, se dejó unos minutos en el baño y luego se enrasó. Se retiró del baño, se secó exteriormente evitando tocar el picnómetro. La masa de aceite ( $m_{aceite}$ ) se determinó por diferencia entre la masa del picnómetro con aceite y la masa del picnómetro vacío (IRAM-SAIPA, Norma 18504, 2002).

La densidad relativa del aceite se calculó aplicando la siguiente expresión:

$$d^{20^{\circ}\text{C}/4^{\circ}\text{C}} = m_{aceite} / m_{H_2O}$$

Donde,

$d^{20^{\circ}\text{C}/4^{\circ}\text{C}}$ : Densidad del aceite a 20°C, relativa a la del agua a 4°C.

$m_{aceite}$ : Masa de aceite en el picnómetro lleno a 20°C, en gramos.

$m_{H_2O}$ : Masa de agua calculada en la calibración del picnómetro, en gramos.

## B. Índice de Refracción

El índice de refracción se realizó según la Norma IRAM- SAIPA 18505. Para ello se utilizó un refractómetro de Abbe con control termostático de temperatura de trabajo mediante camisa de circulación de agua entre los prismas. La precisión del instrumento es 0,0001, para un intervalo dinámico de  $n_D 20^{\circ}\text{C} = 1,300 - 1,700$ . El procedimiento se basó en la determinación del ángulo crítico de reflexión total entre el aceite y el vidrio Flint del prisma. La observación del ángulo crítico se visualizó en el campo de observación como una separación nítida entre dos campos (claro y oscuro) centrado en el cruce de dos pelos cruzados. La lectura en la escala se realizó manteniendo la temperatura a 20°C. Para verificar el

correcto funcionamiento del instrumento se realizó previamente la determinación del índice de refracción del agua destilada (IRAM-SAIPA, Norma 18505, 2002).

#### **4.5. Procedimiento y condiciones de operación:**

Para la obtención del aceite esencial de toronjil por el método seleccionado, se realizó el montaje del equipo considerando los siguientes componentes. (Véase Anexo N° 2 en la página 108):

##### **A. Fuente de Calor:**

Proporcionado por una estufa de laboratorio que usa de combustible el gas propano, que proporciona calor al destilador.

##### **B. Balón Esférico:**

Se emplea un balón con fondo plano para colocar el agua que posteriormente se convertirá en vapor. Se coloca aproximadamente 200 ml de agua para la generación del vapor

Las medidas de este balón empleado son: 220 mm de diámetro interno y 270 mm de altura.

##### **C. Recipiente Metálico**

Se emplea un recipiente metálico con malla metálica (en las zonas laterales y base) para colocar el material vegetal dentro. Este recipiente tiene 4 patas lo que permite colocarlo dentro del balón esférico y que el agua del balón no tenga contacto con el material vegetal.

Las medidas de este recipiente son: 239 mm de altura.

##### **D. Conector de Balón Esférico y Columna de Relleno:**

Este componente nos ayuda a conectar el balón esférico con la columna de relleno, de tal forma que este sellada y se evite la pérdida de calor.

Las dimensiones de este conector son: 137 mm de diámetro mayor (base que conecta con el balón) y 55 mm de diámetro menor (zona superior que conecta con la columna de relleno).

#### **E. Columna de Relleno:**

Para optimizar la obtención de los destilados, se emplea una columna de relleno el cual tiene por finalidad prolongar el tiempo de contacto y obtener destilados enriquecidos en el componente más volátil. A medida que se extrae se obtiene destilados menos enriquecidos.

Las medidas de la columna de relleno son: 370 mm de altura y 50 mm de diámetro aproximadamente.

Se emplean unidades de anillo Raschig como relleno de la columna.

Las medidas promedios de los anillos Raschig de la columna de relleno son: 6 mm de diámetro externo, 4 mm de diámetro interno, 1 mm de espesor y 8 mm de altura.

En la parte superior de la columna de relleno se tiene un termómetro el cual ayudará a determinar la temperatura de destilación.

#### **F. Condensador:**

Posteriormente se condensará la mezcla vaporizada (vapor de agua y aceite).

El condensador consta de un tubo de vidrio con un serpentín dentro del mismo, por una pasa agua fría y dentro del serpentín pasa el flujo de vapor, el cual por intercambio de calor pasará de estado gaseoso a líquido. El condensador está

conectado por un extremo con la columna de relleno y el otro extremo con una copa que conduce el líquido a un florentino.

El condensador tiene una altura de 615 mm.

#### **G. Florentino (Separador):**

Se tiene finalmente una probeta graduada con un tubo paralelo conectado en la parte baja de la probeta (florentino). Este instrumento ayuda a separar el agua del aceite por diferencia de densidades, quedando en la superficie el aceite esencial, y el agua en la parte inferior. El tubo paralelo ayuda a despejar el agua de forma progresiva y trasladando el exceso en un vaso de precipitado.

El separador tiene una altura de 94 mm y una capacidad de 30 ml.

También se puede emplear un matraz colector, y posteriormente separar los destilados en una pera de decantación.

Para la presente investigación, se consideró trabajar con 1000 ml de agua y 500 gr de hojas de toronjil en cada ensayo, una relación de 2:1.

#### **4.6. Análisis Estadístico**

Para el procesamiento estadístico de los datos obtenidos en el trabajo de investigación, se empleó el Método ANOVA, para poder determinar los parámetros óptimos para la extracción del aceite esencial de toronjil por arrastre de vapor con fraccionamiento simultáneo.

##### **a. Método ANOVA**

Este método conocido también como análisis de varianza es considerado el método más exacto para calcular la variabilidad de un sistema de medición porque

posee la ventaja de cuantificar la variación debida a la interacción entre los operadores y las partes.

La prueba F de ANOVA supone que las observaciones en cada una de la K poblacionales corresponden a muestras aleatorias simples, independientes, normalmente distribuidas y con varianzas iguales ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2$ )

Para trabajar con esta técnica se debe seguir los siguientes pasos.

1. Enuncie  $H_0$ , por ejemplo:  $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$
2. Especifique el nivel de significancia, por ejemplo:  $\alpha = 0,05$
3. Calcule el estadístico Fp como la razón:  $F = CMTR / CME$
4. Halle el valor crítico  $F_c$  por medio de la tabla de la distribución F para los valores de  $\alpha$ ,  $v_1$  y  $v_2$  correspondientes.
5. Enuncie la conclusión: rechazar  $H_0$  si  $F_p > F_c$ ; mantenga  $H_0$  en otro caso.

#### **b. Superficie de Respuesta**

Para graficar los datos obtenidos en el trabajo de investigación se emplearon las gráficas de Superficie de Respuesta, el cual nos brindó un panorama más amplio para determinar las condiciones de operación óptimas para la extracción del aceite esencial.

La Superficie de respuesta es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas utilizadas para modelar y analizar problemas en los que una variable de interés es influenciada por otras. El objetivo de esta metodología es optimizar la variable de interés. Los datos obtenidos en la parte experimental fueron graficados bajo esta metodología. La región experimental especifica la región de valores para los niveles de los factores.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Características de las Hojas de Toronjil

#### 5.1.1. Identificación Taxonómica de la Materia Prima

En la Tabla N° 5.1 se puede observar la identificación y clasificación taxonómica proporcionada por el Herbario del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

**TABLA N° 5.1**  
**CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA MATERIA PRIMA**

<b>División</b>	MAGNOLIOPHYTA
<b>Clase</b>	MAGNOLIOPSIDA
<b>Sub Clase</b>	ASTERIDAE
<b>Orden</b>	LAMIALES
<b>Familia</b>	LAMIACEAE
<b>Género</b>	<i>Melissa</i>
<b>Especie</b>	<i>Melissa officinalis</i> L
<b>Nombre Vulgar</b>	Toronjil
<b>Determinado por:</b>	Blgo. Severo Baldeón Malpartida

Fuente: Museo de Historia Natural UNMSM

Se puede revisar la constancia N° 37-USM-2016 emitida por el Herbario del Museo de Historia Natural de la UNMSM. (Véase el Anexo 7 en la página 113)

#### 5.1.2. Condiciones Físicas y Químicas de las Hojas de Toronjil

Para la presente investigación se trabajó con la muestra de toronjil fresca y también se sometió la muestra ha secado para trabajar a diferentes % de humedad.

En la Tabla N° 5.2 se detalla, las condiciones de humedad de las muestras de hojas de toronjil que se ensayarán.

**TABLA N° 5.2.**  
CONDICIONES FÍSICOQUÍMICAS DE LAS MUESTRAS DE HOJAS DE  
TORONJIL UTILIZADAS

<b>N° Muestra</b>	<b>Tiempo de Secado (h) (38°C)</b>	<b>Humedad Resultante (%)</b>
1	0.5	64
2	1.0	61
3	1.5	58
4	2.0	56
5	2.5	55

**Fuente:** Ensayos experimentales.

Para todas las muestras se trabajó un tamaño promedio de 43 mm aproximadamente de largo y ancho.

### **5.2. Características del Equipo Experimental**

El equipo experimental empleado para la extracción de aceite esencial de toronjil tiene las siguientes características (Véase la Tabla N° 5.3, en la página 82)

**TABLA N° 5.3**  
**CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE DE**  
**VAPOR CON COLUMNA DE RELLENO UTILIZADO**

<b>Característica</b>	<b>Resultado</b>
Volumen de la cámara de arrastre de vapor	3000 ml
Diámetro promedio de un anillo Raschig	6 mm
Peso promedio de un anillo Raschig	0.323 gr

**Fuente:** Elaboración propia.

Para los ensayos experimentales se trabajó con la siguiente relación de masas con la finalidad de generar suficiente vapor de agua para obtener una fase acuosa y orgánica en el balón extractor.

Relación toronjil: agua = 1:2

$$R = \frac{\text{Masa de toronjil (gr)}}{\text{Masa de agua (gr)}} = \frac{500 \text{ gr de hojas de toronjil}}{1000 \text{ gr de agua}} = 0.5$$

Para la presente investigación se vio conveniente trabajar con 2 alturas de relleno para medir la eficiencia en la extracción de aceite esencial de toronjil.

- Altura 1: 18.5 cm
- Altura 2: 10.0 cm

### **5.3. Condiciones Favorables para la Extracción y Fraccionamiento del Aceite Esencial de Toronjil**

Para poder determinar cuáles son las condiciones favorables para aplicar este método, se tomó al rendimiento como variable resultante.

El rendimiento de la materia prima está basado en la cantidad de aceite esencial que se extrae de determinado peso de materia prima fresca.

Para el cálculo del rendimiento se utilizó un tiempo de extracción de 3 horas (Stashenko et al., 2006; WHO, 2002).

El rendimiento se determina de la siguiente forma:

$$\%R = \frac{V_{aceite} \times \rho_{aceite} \times 100}{W_{material\ seco}}$$

Donde:

$V_{aceite}$ : Se refiere al volumen de aceite esencial obtenido experimentalmente por cada carga de 1 Kg de material vegetal seleccionado.

$\rho_{aceite}$ : Es la relación de masa y volumen del aceite obtenido en el experimento.

$W_{materialseco}$ : Es el peso del material seco (hojas de toronjil). Se determina pesando la muestra seleccionada y acondicionada restándole a humedad contenida en esa misma muestra.

Los rendimientos (R%) del aceite esencial son variados ya que dependen de varios factores como el contenido de humedad (H%) en las hojas, la altura del relleno (AR) empleado y el tiempo de destilación.

En la Tabla N°5.4 (Véase en la página 84). Se muestra el rendimiento del aceite esencial de toronjil, el cual fue obtenido con diferentes tipos de parámetros de humedad (%) y altura de columna (mm) como se puede observar a menor humedad se observa menor eficiencia de extracción donde:

- H : humedad,
- AR: altura de relleno,
- $\rho$ : densidad,
- IR: índice de refracción.

**TABLA N°5.4**  
**RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL**  
**OBTENIDO**

N° MUESTRA	H (%)	AR (mm)	R (%)
1	64	185	0.64
2	64	100	0.65
3	61	185	0.60
4	61	100	0.57
5	58	185	0.56
6	58	100	0.53
7	56	185	0.54
8	56	100	0.49
9	55	185	0.47
10	55	100	0.48

**Fuente:** Datos obtenidos en los ensayos experimentales.

Tomando como variables independientes la Humedad (H) y la altura de relleno (AR) Utilizando Statistica 7 y con los valores de la Tabla N°5.4, se obtuvo los valores de  $R^2$  y suma de cuadrados del error que permitieron elegir el modelo adecuado para predecir la eficiencia de extracción del aceite esencial de toronjil.

Donde se obtuvo que el mejor modelo que correlaciona los datos experimentales de rendimiento de extracción del aceite de toronjil fue el modelo de Segundo orden “Modelo de términos lineales y cuadráticos de los efectos principales y las interacciones de segundo orden”, debido a que presente un  $R^2$  más cercano a la unidad (Véase Tabla N°5.5, en la página 85).

**TABLA N°5.5**

**ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE DETERMINACION PARA EL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL.**

Factores	Modelos de análisis del DCCR			
	1	2	3	4
R2	0.94219	0.94324	0.94533	0.94639
Suma de cuadrados del Error	0.002105	0.002066	0.001991	0.001952

Fuente: Programa Estadística 7.0.

Realizando el análisis de varianza (ANOVA) para la variable del rendimiento de extracción de aceite esencial de toronjil aplicando el modelo primario seleccionado (Véase la Tabla N°5.6), se obtuvo que el efecto principal (Humedad) es significativo ( $p < 0.05$ ) mientras que la altura de relleno no ejerce un efecto significativo en el rendimiento de extracción de aceite esencial de toronjil ( $p > 0.05$ ) por tal motivo se tomó en cuenta los valores de la Humedad.

**TABLA N°5.6.**

**ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA EL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL.**

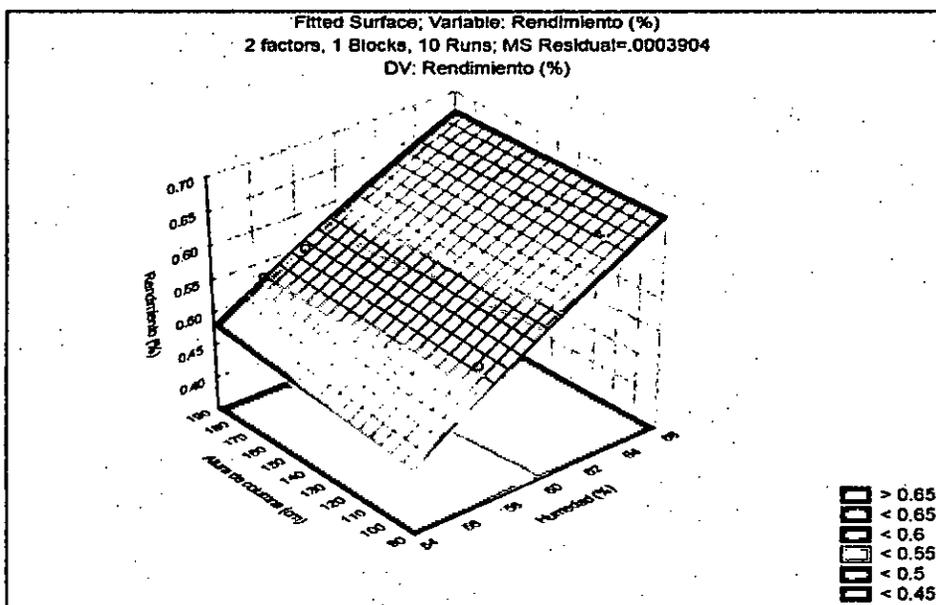
Factor	ANOVA, Variable: Rendimiento; R-sqr=0.94639; Adj:0.9035(Spreadsheet1) 2 factors, 1 Blocks, 10 Runs; MS Residual = 0.0003904 DV: rendimiento				
	SS	df	MS	F	p
(1) Humedad (L)	0.021533	1	0.021533	55.15582	0.000697
<b>Humedad(Q)</b>	<b>0.000038</b>	<b>1</b>	<b>0.000038</b>	<b>0.09861</b>	<b>0.766187</b>
(2) altura de relleno(L)	0.000859	1	0.000859	2.20047	0.198081
<b>1L by 2L</b>	<b>0.000114</b>	<b>1</b>	<b>0.000114</b>	<b>0.29317</b>	<b>0.611443</b>
Error	0.001952	5	0.000390		
Total SS	0.036410	9			

Fuente: Programa Estadística 7.0.

El elevado valor del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) del modelo seleccionado para predecir el rendimiento de extracción del aceite esencial de toronjil ( $R^2=0.94639$ ) permite interpretar los resultados mediante gráficos superficiales de respuesta (Véase la Gráfica N°5.1) como las gráficas de contorno (Véase la Gráfica N°5.2. en la página 87)

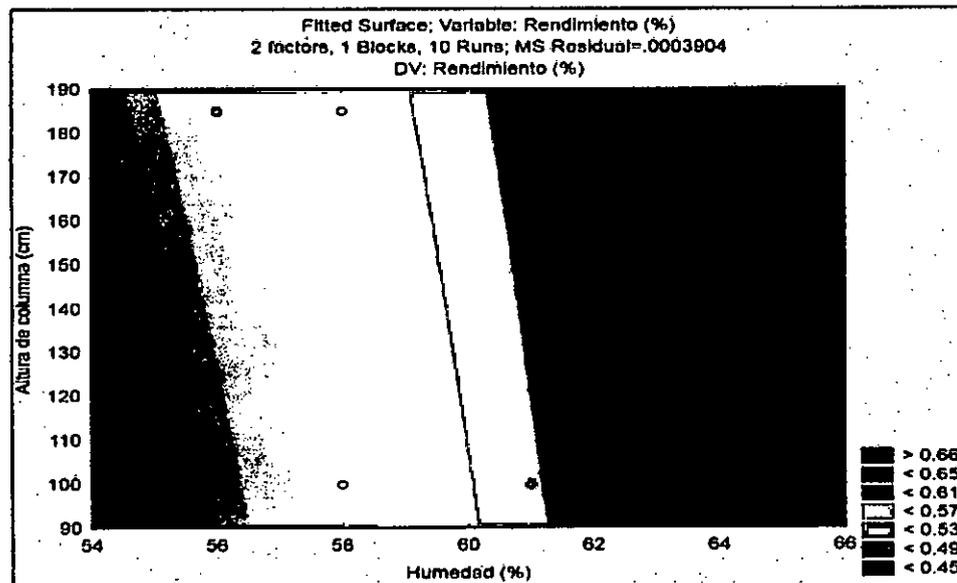
Donde la región de color rojo representa la combinación de humedad y altura de relleno para obtener el mayor rendimiento de extracción de aceite esencial de toronjil.

**GRAFICA N°5.1**  
**GRÁFICO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL RENDIMIENTO DE**  
**EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL**



Fuente: Programa Estadística 7.0.

**GRAFICA N°5.2**  
**GRÁFICO DE CONTORNO DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DEL**  
**ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL.**



Fuente: Programa Estadística 7.0.

Se muestra la zona óptima para la extracción de aceite esencial de toronjil (Véase la Gráfica N° 5.2). Teniendo como referencia el modelo de regresión de segundo orden “Modelo de términos lineales y cuadráticos de los efectos principales y las interacciones de segundo orden”

Teniendo la humedad (H) como efecto principal para la extracción de aceite esencial de toronjil se tomará una humedad de muestras de 64 % para la extracción y la altura de columna de relleno de 100 mm

En la Tabla N° 5.7 (Véase la página 88), se muestran los coeficientes de regresión para un modelo de segundo orden para la obtención de rendimientos a diferentes humedades y altura de relleno siendo.

- Humedad: A

- Altura de columna: B

**TABLA N°5.7**  
**COEFICIENTES DE REGRESIÓN PARA UN MODELO DE SEGUNDO**  
**ORDEN**

Factor	Regr. Coefficients; Var: Rendimiento (%); R-sqr = 0.94639; Adj:0.9035(Spreadsheet1) 2 factors, 1 Blocks, 10 Runs; MS Residual = 0.0003904 DV: Rendimiento				
Variables	A	A <sup>2</sup>	B	A.B	Mean/Interc.
Regressn Coeff.	-1.56507	0.04987	-0.00024	0.00163	0.00002

Fuente: Programa Estadística 7.0.

### **5.3.1. Condiciones de Operación para la Obtención de los Destilados de Composición diferenciada**

Para la extracción de los destilados que se obtienen en el proceso se ha considerado un tiempo de 5 minutos debido al tiempo que toma el equipo en llegar a su temperatura máxima.

La temperatura de operación variará de 90°C a 123 °C. La temperatura fue tomada desde la primera gota de destilado hasta llegar a la temperatura máxima a la que puede llegar el equipo (Temperatura medida en la cabeza de la columna de relleno).

### **5.4. Determinación de los Destilados de Composición Diferenciada**

Para extraer los destilados de composición diferenciada se consideró las siguientes condiciones resultado de los análisis anteriores (Véase la Tabla N°5.8, en la página 89)

**TABLA N°5.8**  
**CONDICIONES DE EXTRACCIÓN Y FRACCIONAMIENTO**

<b>CONDICIONES</b>	<b>RESULTADOS</b>
Altura de Relleno de Columna	10.0 cm
Humedad (%)	65 %
Tiempo de cada fracción	5 min
Relación ente kg materia prima y litros de Agua	0.5

**Fuente:** Elaboración propia

Para nuestro procedimiento se recolectaron fracciones de destilados cada 5 min después de la caída de la primera gota de destilado obteniéndose 7 fracciones de destilados con diferentes composiciones, cada fracción presenta diferente composición en relación a la temperatura a la cual se obtuvo, se realizaron 3 ensayos para obtener un promedio del volumen extraído en cada fracción.

Esto es debido a la composición de la fracción la cual queda enriquecida en los componentes más volátiles a medida que aumenta la temperatura (véase Tabla N°5.9, en la página 90).

**TABLA N°5.9**  
**OBTENCIÓN DE LOS DESTILADOS DE COMPOSICIÓN DIFERENCIADA**  
**PARA CADA UNO DE LOS ENSAYOS**

N°	ENSAYO N°1		ENSAYO N°2		ENSAYO N°3	
	T(°C)	V(ml)	T(°C)	V(ml)	T(°C)	V(ml)
1	90	0.1	89	0.1	90	0.1
2	98	0.3	99	0.3	99	0.2
3	105	0.3	104	0.3	105	0.4
4	113	0.4	114	0.3	113	0.4
5	123	0.4	123	0.4	122	0.3
6	123	0.3	123	0.3	123	0.2
7	123	0.2	123	0.3	123	0.3

Fuente: Datos obtenidos en los ensayos experimentales.

#### 5.4.1. Caracterización Físicoquímica de los Destilados de composición diferenciada del Aceite Esencial de Toronjil obtenidos.

Se procedió a caracterizar mediante análisis físicoquímicos cada una de las fracciones obtenidas de los 3 ensayos realizados. Se analizó las densidades de los destilados obtenidos (Véase Tabla N°5.10).

**TABLA N° 5.10**  
**DENSIDAD DE LAS FRACCIONES OBTENIDAS EN CADA ENSAYO.**

N°	ENSAYO N°1		ENSAYO N°2		ENSAYO N°3	
	T(°C)	$\rho$ (g/ml)	T(°C)	$\rho$ (g/ml)	T(°C)	$\rho$ (g/ml)
1	90	0.833	89	0.832	90	0.832
2	98	0.864	99	0.866	99	0.865
3	105	0.892	104	0.893	105	0.892
4	113	0.934	114	0.937	113	0.937
5	123	0.957	123	0.952	122	0.958
6	123	0.954	123	0.954	123	0.954
7	123	0.962	123	0.961	123	0.957

Fuente: Datos obtenidos de la lectura de densidad de las muestras

Se realizó el análisis del Índice de Refracción a cada una de las fracciones obtenidas con la finalidad de observar si existen diferencias entre los destilados a diferentes temperaturas. (Véase la Tabla N° 5.11, en la página 91)

**TABLA N° 5.11**  
**ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE LAS FRACCIONES OBTENIDAS EN CADA**  
**ENSAYO**

N°	ENSAYO N°1		ENSAYO N°2		ENSAYO N°3	
	T(°C)	IR	T(°C)	IR	T(°C)	IR
1	90	1.461	89	1.460	90	1.462
2	98	1.482	99	1.483	99	1.481
3	105	1.499	104	1.497	105	1.498
4	113	1.512	114	1.513	113	1.511
5	123	1.524	123	1.522	122	1.523
6	123	1.523	123	1.521	123	1.523
7	123	1.521	123	1.523	123	1.522

**Fuente:** Datos obtenidos de la lectura del índice de refracción de las muestras.

La composición del Aceite esencial de toronjil tomada de un estudio sobre la caracterización del Aceite esencial de toronjil, Composición química del Aceite de las hojas de toronjil (*Melissa officinalis*), Diofanor Acevedo, de la cual podemos concluir que las sustancias mayoritaria en el aceite esencial de toronjil son el Eugenol con un 45.47% y el Cariofileno con un 40.77% presentes en la mezcla.

Estas sustancias van a influenciar más en las propiedades fisicoquímicas de la mezcla de aceite esencial de toronjil.

El eugenol y el cariofileno son las sustancias mayoritarias en el aceite esencial de toronjil las cuales van a influenciar significativamente en las propiedades de los destilados. Observamos que los destilados que tienen propiedades fisicoquímicas más similares al eugenol y el cariofileno, serán las fracciones más enriquecidas en los componentes principales del toronjil. Las características físicas y fisicoquímicas de cada destilado obtenido a diferentes temperaturas nos indican que existe diferente composición en cada uno de los destilados. (Véase la Tabla N°5.12 en la página 92)

**TABLA N°5.12**

COMPOSICIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL PARA EL TOTAL DE LOS ENSAYOS.

<b>TABLA DE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS PARA LOS DESTILADOS OBTENIDOS</b>					
<i>Temperatura de Destilado</i>	<i>90°C</i>	<i>98°C</i>	<i>105°C</i>	<i>113°C</i>	<i>123°C</i>
<i>Características</i>	<i>Destilado N° 1</i>	<i>Destilado N° 2</i>	<i>Destilado N° 3</i>	<i>Destilado N° 4</i>	<i>Destilado N° 5</i>
<b>I. ORGANOLÉPTICAS</b>					
Color	Incoloro	Ligeramente amarillento	Amarillento	Amarillento	Ligeramente amarillento
Olor	Ligeramente a aroma a Limón	Aroma agradable (similar al limón)			
Sabor	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado
Aspecto	Líquido fluido y transparente	Líquido fluido y transparente	Líquido fluido y transparente	Líquido fluido y transparente	Líquido fluido y transparente
<b>II. FISICOQUÍMICAS</b>					
Densidad g/ml (a 25°C)	0.833	0.864	0.882	0.934	0.957
Índice de Refracción (a 20°C)	1.461	1.482	1.499	1.512	1.524

Fuente: Datos obtenidos en los ensayos experimentales

## VI. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados:

1. Las condiciones de las hojas toronjil para la extracción de aceite esencial fueron empleando la muestra con una humedad a 64%, ya que cuando la muestra pierde la humedad, también pierde aceite esencial porque los componentes activos son volátiles. De igual forma se trabajó con un tamaño de partícula aproximado de 43 mm, ya que al reducir demasiado las hojas de toronjil, esta pierde su aceite por extrusión.
2. El equipo que se empleó para la extracción del aceite esencial de toronjil tiene acoplado una columna de rectificación para enriquecer a los destilados en sus componentes más volátiles, consta de un balón de una capacidad 3 litros, conector de balón-columna de relleno (anillos Raschig con 6mm de diámetro promedio), una columna de relleno con un termómetro en la cabeza de la columna para el control de la temperatura, un condensador y florentino para la recolección del aceite esencial.
3. Las condiciones favorables para la extracción del aceite esencial con fraccionamiento simultáneo fueron trabajando en un rango de temperatura de 90°C a 123°C (temperatura medida en la cabeza de la columna de relleno) y empleando un tiempo extracción total de 3 horas, tomando cada 5 min un destilado en el florentino.
4. El proceso de extracción de aceite esencial de toronjil por destilación con arrastre de vapor y acoplado con una columna de relleno, ayuda que las

fracciones obtenidas sean de composición diferenciada, esto es comprobado con los análisis fisicoquímicos realizados resultando fracciones con diferentes composiciones.

## **6.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares**

1. Se obtuvieron fracciones con propiedades fisicoquímicas similares a las obtenidas en el trabajo experimental COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS HOJAS DE TORONJIL (MELISSA OFFICINALIS L.) by Diofanor Acevedo, Mario Navarro y Piedad Montero, corroborando la existencia de los principios activos en nuestras fracciones de destilado.
2. Se observó que no se tiene estudios similares con respecto a la extracción de aceite esencial de toronjil, solo se ha podido evidenciar experimentos con arrastre de vapor pero con baja eficiencia de extracción.

## VII. CONCLUSIONES

1. Se determinó que las condiciones adecuadas para las hojas toronjil que se emplearon en la extracción del aceite esencial del mismo, es trabajando con una humedad de 64% (material fresco) y con un tamaño de partícula aproximado de 43 mm, en la Tabla N° 5.2 Condiciones Fisicoquímicas de las Hojas de Toronjil (Véase la página 81), se muestra los diferentes % de humedad con el cual se ejecutó el ensayo experimental, y posteriormente se determinó que el más adecuado fue trabajar las hojas de toronjil frescas. Se observó que en los estudios de Acevedo en su trabajo de investigación de la “Composición Química del Aceite Esencial de las Hojas de Toronjil”, se encontró óptimo trabajar con hojas con 64% a 65% de humedad (Hojas Frescas), ya que se evidenció que al secar las hojas de toronjil, estas perdían su aceite esencial porque los componentes del mismo son muy volátiles, en el caso del tamaño partícula se trabajó con un promedio de largo de 45 mm. Estos valores son muy similares a los obtenidos en el presente trabajo de investigación.
2. Se evaluó las características del equipo experimental a utilizar en el proceso de extracción del aceite esencial de toronjil y se concluyó que la relación entre agua y materia prima es de 2:1 respectivamente, la altura de relleno 100 mm, empleando anillo Raschig (6 mm de diámetro promedio), estos valores se encuentran detallados en la Tabla N° 5.3 Características del Equipo de Extracción por arrastre de vapor con columna de relleno (Véase la página 82)

En el estudio de Acevedo en su trabajo de investigación de la “Composición Química del Aceite Esencial de las Hojas de Toronjil”, emplearon una técnica de hidrodestilación con trampa de Clevenger y consistió colocando 1 Kg de hojas frescas de toronjil en un recipiente de acero inoxidable al cual se añadió 2 Lt. de agua destilada (relación de 2:1), en este caso la extracción no tenía acoplado una columna de relleno. No se pudo evidenciar investigaciones donde se haya acoplado lo anteriormente mencionado.

3. Se determinó que las condiciones de extracción favorables para la extracción y fraccionamiento simultáneo, son trabajando en un rango de temperatura de 90°C a 123°C, tomando muestras de destilados cada 5 minutos desde la primera gota de destilado los cuales se obtuvieron en función al tiempo que toma el equipo en pasar de su temperatura mínima 90°C a su temperatura máxima 123°C desde la primera gota de destilado, en un tiempo de extracción total de 2 horas. En la Tabla N° 5.9 Obtención de los destilados de composición diferenciada para cada uno de los ensayos (Véase la página 90) se muestran las temperaturas de trabajo vs. la obtención de volumen de aceite esencial. El tiempo establecido de forma independiente, en base a que se evidencia que después de 3 horas no se tiene destilado continuo.

En el estudio de Acevedo en su trabajo de investigación de la “Composición Química del Aceite Esencial de las Hojas de Toronjil”, emplearon una técnica de hidrodestilación con trampa de Clevenger y

tomaron como tiempo de extracción 120 a 180 min, sin embargo no se tomaron destilados en tiempos cortos solo me midió la eficiencia de la extracción. No se pudo evidenciar investigaciones donde se haya empleado extracción por arrastre de vapor con fraccionamiento simultáneo.

4. Se determinó que para el proceso de extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de toronjil, bajo las condiciones anteriormente mencionada se obtuvieron destilados con las siguiente propiedades fisicoquímicas; el primer destilado tiene una densidad 0.833 g/ml y un índice de refracción de 1.461, el segundo destilado tiene una densidad de 0.864 g/ml y un índice de refracción de 1.482, el tercer destilado tiene una densidad de 0.882 g/ml y un índice de refracción de 1.499, el cuarto destilado tiene una densidad de 0.934 g/ml y un índice de refracción de 1.512 y el quinto destilado tiene una densidad de 0.957 g/ml y un índice de refracción de 1.524, concluyendo que dichos destilados poseen composición diferenciada. Todos estos valores anteriormente mencionados se encuentran detallados en la Tabla N° 5.12 Composición del aceite esencial de toronjil para el total de los ensayos (Véase la página 92).

En el estudio de Acevedo en su trabajo de investigación de la “Composición Química del Aceite Esencial de las Hojas de Toronjil”, menciona que los componentes mayoritarios de un aceite esencial de toronjil son el Eugenol y Cariofileno. En otro estudio realizado por

Navarro en su trabajo de investigación “Potencial de los Aceites esenciales de toronjil, orégano y bleo”, menciona que los componentes mayoritarios también son Eugenol y Cariofileno. Ambos estudios están respaldados por análisis cromatográfico realizados a sus muestras de toronjil. En base a estos antecedentes se pudo predecir los posibles componentes de cada destilado según sus propiedades fisicoquímicas anteriormente mencionadas.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Para estudios posteriores se recomienda realizar un análisis cromatográfico de masas con la finalidad de obtener los porcentajes cuantitativos en los destilados de cada fracción obtenida de aceite esencial de toronjil.
2. Para que el aceite de Toronjil extraído con fraccionamiento simultaneo sea utilizado se debe realizar análisis toxicológicos debido a que cada fracción queda con concentraciones enriquecidas en los componentes mayoritarios los cuales pueden afectar la salud del ser humano a mediano o largo plazo.
3. En caso de realizarse réplicas de extracción de aceites siguiendo la metodología desarrollada en esta tesis, considerar otros orígenes de la planta de toronjil, analizando si el origen de la planta es un factor significativo en el rendimiento de extracción de aceite esencial de toronjil.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACEVEDO A., **Composición Química de Aceite Esencial de Hojas de Toronjil**, Scientia et Technica, 13(33), 125-128 (2007).
2. ALBADO, E., SAEZ, G.y GRABIEL, S., **Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial del Origanum vulgare (orégano)**. Revista Médica Herediana, 12(1), 17-19(2001).
3. ALLAHVERDIYEV, A. Y OTROS CUATRO AUTORES, **Antiviral activity of the volatile oils of Melissa officinalis**, (2004).
4. ARCILA-LOZANO, C. y otro tres autores, **Orégano: Propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes**, ALAN, 54(1), 100-111 (2004).
5. BALDEÓN MALPARTIDA, Severo. **Estudio realizado a muestras de hojas de toronjil**. Herbario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (UNMSM). Abril 2016.
6. BANDONI, A. Y OTROS TRES AUTORES, **¿Son realmente útiles los Aceites Esenciales**,BLACPMA, (2009).
7. BRICEÑO RH, OLANO LG. **Estudio Fitoquímico y extracción de aceite esencial de las hojas de la especie *Melissa officinalis* L.** Tesis de grado de bachiller. Farmacia. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. 1974.
8. BRUNOTEN J. **Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas Medicinales**. Zaragoza. 2º edición.2001
9. BOZIN B. y otros tres autores, **Characterization of the volatile composition of essential oils of some lamiaceae spices and the antimicrobial and**

**antioxidant activities of the entire oils**, J Agric Food Chem., 54(5), 1822-8 (2006)

10. BURT, S.A., **Antibacterial activity of essential oils: potential applications in food**, PhD thesis, Institute for Risk Assessment Sciences, Division of Veterinary Public Health, Utrecht University, Utrecht, Netherlands (2007).

11. CARHUAPOMA, M., **Estudio de la composición química y actividad antioxidante del aceite esencial de Luma (Molina) A. Gray "arrayán"**. Tesis de maestría, Facultad de farmacia y bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú (2006).

12. DEVLIN, T. M. *Bioquímica*. Barcelona. Reverté. 4.ª Edición. 2004

13. ESQUIVEL, A. & VARGAS P., **Uso de aceites esenciales extraídos promedio de fluidos súper críticos para la elaboración de alimentos funcionales**. Tecnología en Marcha. 20(4), 41-50 (2007).

14. FONNEGRA, R., **Plantas medicinales aprobadas en Colombia**. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 2da edición, 193-196, (2006).

15. ISCAN, G. y otros cuatro autores, **Antimicrobial Screening of Mentha piperita Essential Oils**, J Agric Food Chem., 50(14), 3943-3946 (2002).

16. LLUVIA BRISEIDA ESPINOZA MORALES, **Esencias y Resinas** Disponible en <https://es.slideshare.net/LluviaBriseida/esencias-y-resinas>

17. LOVATI S, CASTELLANI F. **Alimentos y Plantas medicinales**. Editorial Norma. 1º edición. Colombia. 1994. pág. 165

18. MARTIN ESCUDERO. **La plantas de extractos – Plan de Desarrollo del sector industrial**. Madrid. 1999

19. MARTINEZ M. Alejandro. **Aceites Esenciales. Medellín.** Universidad de Antioquía. 2003.
20. MENDOCILLA Moisés. **Plantas Medicinales.** Disponible en. Consultado el 07 de abril del 2016
21. NAVARRO, Mario. **Potencial de los aceites esenciales de toronjil (*Melissa officinalis*), Orégano (*Origanum vulgare* L.) y bleo (*Pereskia bleo*) para su utilización como saborizantes en aceites comestibles.** Pág. 48. Universidad de Cartagena. 2012.
22. OCAMPO, ROGELIO Y AMANDA, LUZ, **Curso Practico De Química Orgánica, Enfocado A Biología Y Alimentos.** Pág. 39. Universidad de Caldas 2008. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=qmFQ3LwymmMC&pg=PA39&lpg=PA39&dq=Aceites+Esenciales+Fenilpropanoides&source=bl&ots=wYgWPR6QDh&sig=KKwmF1r07wpreCiZMre7fZ3kr-M&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjvjr-Og5nWAhXL4SYKHStpAQ0Q6AEIMDAB#v=onepage&dq=Aceites%20Esenciales%20Fenilpropanoides&f=false>
23. OXFORD DICTIONARY. **Definición de Índice de Refracción.** Disponible en: <http://www.oxforddictionaries.com/es/definicion/espanol/indice>. Consultada el 16 de abril del 2016
24. OXFORD DICTIONARY. **Definición de Índice de Refracción.** Disponible en: <http://www.oxforddictionaries.com/es/definicion/espanol/densidad>. Consultada el 15 de abril del 2016.

25. OXFORD DICTIONARY. **Definición de la Composición.** Disponible en:  
<http://www.oxforddictionaries.com/es/definicion/espanol/composicion>.

Consultada el 15 de abril del 2016

26. PAREDES Diego, QUINATO, Fabián. **Desarrollo de un Sistema de Extracción de Aceites Esenciales.** Tesis pre-grado para optar título profesional de Ingeniero Mecánico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba - Ecuador. 2010. Pág. 52 – pág 60.

27. PERI JB, STUBING G, VANACLOCHA B. **Fitoterapia Aplicada.** Colegio oficial de farmacéuticos de Valencia. Valencia. 1995. Pág. 828

28. RAMON MORALES, **Plantas y Cultura popular: la Etnobotánica en España, 1997**

29. REYES LAVARTA, Juan Antonio. **Diseño de Columnas de Rectificación y extracción Multicomponente Cálculo del reflujo mínimo** Universidad de Alicante.

30. SADREI H., GHAMADI A.y MALEKSHAHI K., **Effect of essential oil of M. officinalis and citral on rat ileon contraction, Fitoterapia, 74, 445-52 (2003).**

31. SAEBY, K. & GHOLAMREZAEE, G., **Variation of essential oil composition of Melissa officinalis L. leaves during different stages of plant growth, Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2(1), 547-549 (2012).**

32. SALINAS VÁZQUEZ, María. **Manuales de Laboratorio Química Orgánica I (1311) UNAM**

33. SERVICIO NACIONAL DE APRENDISAJE-SENA **Introducción a la Industria de los Aceites Esenciales extraídos de Plantas Medicinales y Aromáticas** pág. 10
34. SIMÁNDI, B. y otros seis autores, **Supercritical carbon dioxide extraction and fractionation of oregano oleoresin**. Food Research International, 31(10), 723-728 (1998).
35. STASHENKO, E. **Memorias del IV Congreso Nacional de Fitoquímica**. Universidad Industrial de Santander. Escuela Química. Pág.29-30. Bucaramanga. 1996.
36. THE FREE DICTIONARY. **Definición de la Humedad**. Disponible en: <http://es.thefreedictionary.com/humedad>. Consultada el 12 de abril del 2016
37. VALENZUELA, A., SANHUEZA, J. Y NIETO, S. **Natural antioxidants in functional foods: from food safety to health benefits**. Grasas y Aceites, 54(3), 295-303 (2003).
38. VAN GINKEL A. **Plantas Medicinales y Fitoterapia. Tecnología y Producción**. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra. 2003
39. YOUNG, Linda; CAUVAIN, Stanley P. **Bakery food manufacture and quality: water control and effects**. Oxford: Black well Science. 2000
40. WILLIAMS Chambi Canahuiri y NINATANTA ROMAN Carla Paola. **Diseño Del Extractor Multifuncional Para Aceites Esenciales A Nivel Banco Para Fines Experimentales**. Tesis para optar título profesional Universidad Nacional del Callao, 2014 .Pág. 20.

41. MANUEL GUILLERMO CERPA CHÁVEZ, **Hidrodestilación de aceites esenciales: Modelado y Caracterización**, 2007
42. WORDPRESS. **Física, Fluidos y Termodinámica**. Disponible en: <https://athanieto.wordpress.com/tematicas/presion/>. Consultada el 16 de abril del 2016

# **ANEXO**

## ANEXO N° 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

#### EXTRACCIÓN Y FRACCIONAMIENTO SIMULTÁNEO DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL (*Melissa Officinalis*) PARA LA OBTENCIÓN DE DESTILADOS DE COMPOSICIÓN DIFERENCIADA.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuál es el proceso de obtención de los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de toronjil?	Determinar el proceso para la obtención de los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de toronjil.	El proceso para la obtención de los destilados de composición diferenciada es mediante la extracción y fraccionamiento simultaneo del aceite esencial de toronjil.	Y = Proceso para la obtención de los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de toronjil.	- Cantidad de cada una de las fracciones del aceite de toronjil obtenidas. - Composición de cada fracción.	- ml de cada fracción obtenida por cada Kg de toronjil. - Índice de refracción.	- Experimento de laboratorio.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
a. ¿Cuáles deben ser las condiciones físicas y fisicoquímicas adecuadas de las hojas de toronjil para el proceso de extracción?	a. Determinar las condiciones físicas y fisicoquímicas adecuadas de las hojas de toronjil para el proceso de extracción.	Las condiciones de las hojas de toronjil consiste en preparar la muestra de hojas a una humedad y tamaño de partícula adecuados.	X <sub>1</sub> = Condiciones físicas y fisicoquímicas adecuadas de las hojas de toronjil.	-Tamaño de partícula  - Humedad.	- Milímetros.  - %.	- Experimental
b. ¿Cuáles deben ser las características del equipo experimental?	b. Evaluar las características del equipo experimental a utilizar en el proceso de extracción del aceite de toronjil.	Las características del equipo experimental dependen de la capacidad del equipo y las dimensiones de columna y relleno.	X <sub>2</sub> = Características del equipo experimental a utilizar en el proceso de extracción del aceite esencial de toronjil.	- Volumen de la cámara de arrastre de vapor.  - Tamaño y forma del relleno.	- Litros de agua en la cámara de arrastre por Kg. de toronjil. - Centímetros y tipo de relleno.	- Experimental.  - Revisión teórica y procedimiento experimental.
c. ¿Cuáles deben ser las condiciones de extracción y fraccionamiento simultaneo del aceite esencial de toronjil?	c. Determinar las condiciones de extracción favorables para la extracción y fraccionamiento simultaneo del aceite esencial de toronjil.	Las condiciones más favorables de extracción y fraccionamiento consiste en hacer pasar un flujo controlado de vapor a la cámara de extracción y luego hacer pasar a través de la columna de relleno que permita el fraccionamiento, cuya fracción se controla con la variación de la temperatura en la cabeza de la columna.	X <sub>3</sub> = Condiciones de extracción y fraccionamiento simultaneo del aceite esencial de toronjil.	- Variación de la temperatura en la cabeza de la columna. - Tiempo del procesamiento de cada fracción.	- °C  - min.	- Experimental.  - Experimental.

**RELACION DE VARIABLES: Y=f(X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>)**

Y= Proceso de extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de toronjil.

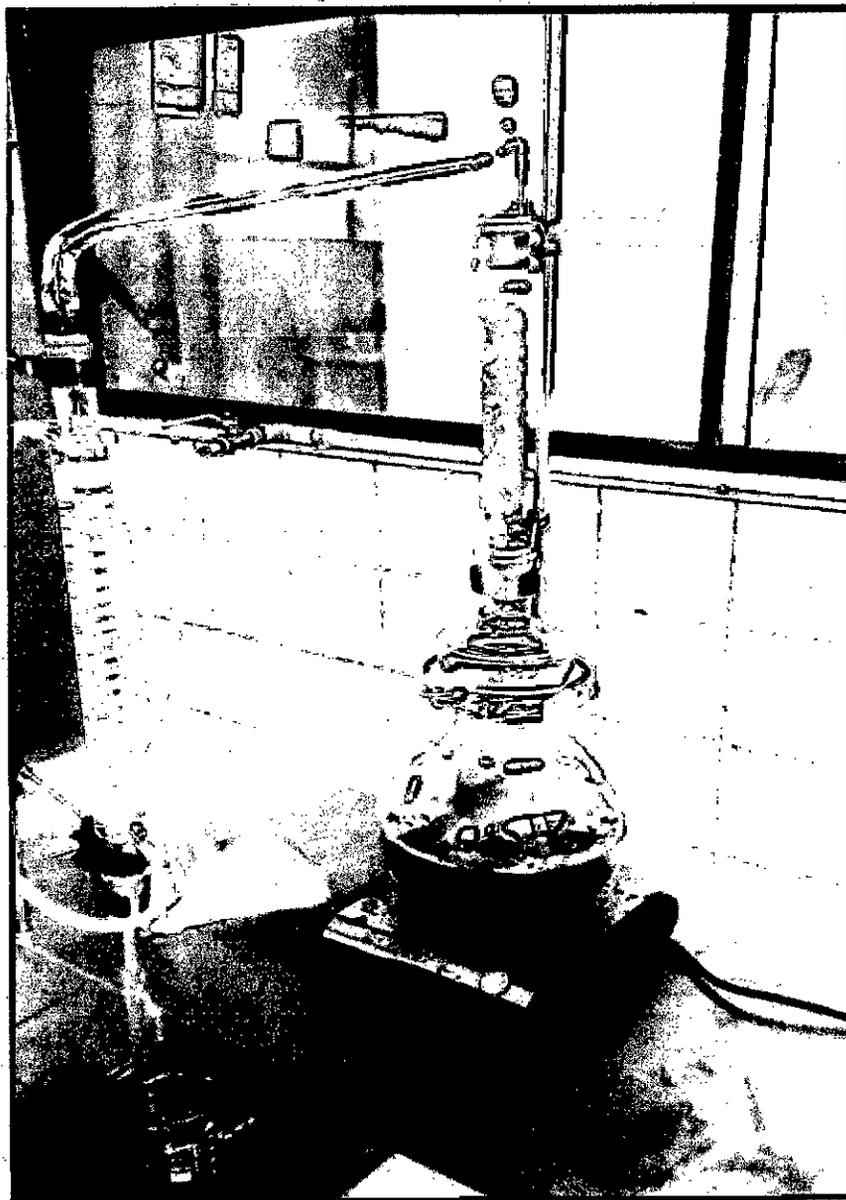
X<sub>1</sub>=Condiciones físicas y fisicoquímicas adecuadas de las hojas de toronjil.

X<sub>2</sub>= Características del equipo experimental a utilizar en el proceso de extracción del aceite de toronjil

X<sub>3</sub>= Condiciones de extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de toronjil

## ANEXO Nº 2

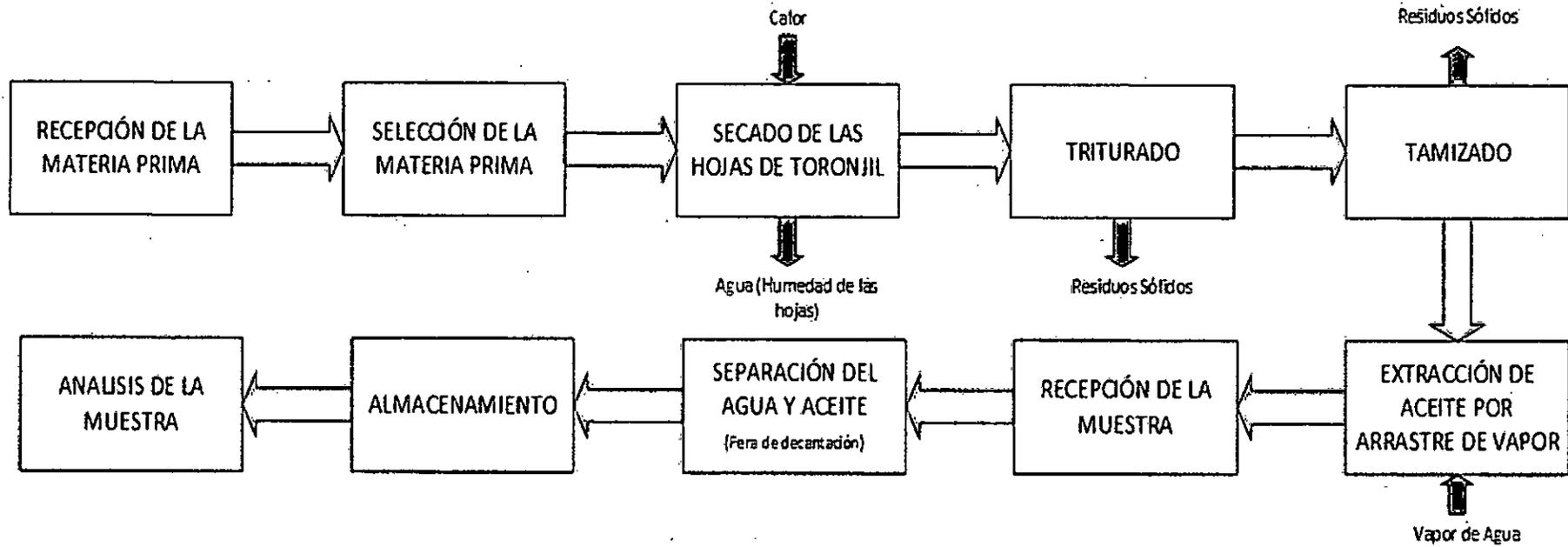
### EQUIPO DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR Y FRACCIONAMIENTO SIMULTÁNEO



### ANEXO N° 3

#### DIAGRAMA DE BLOQUES

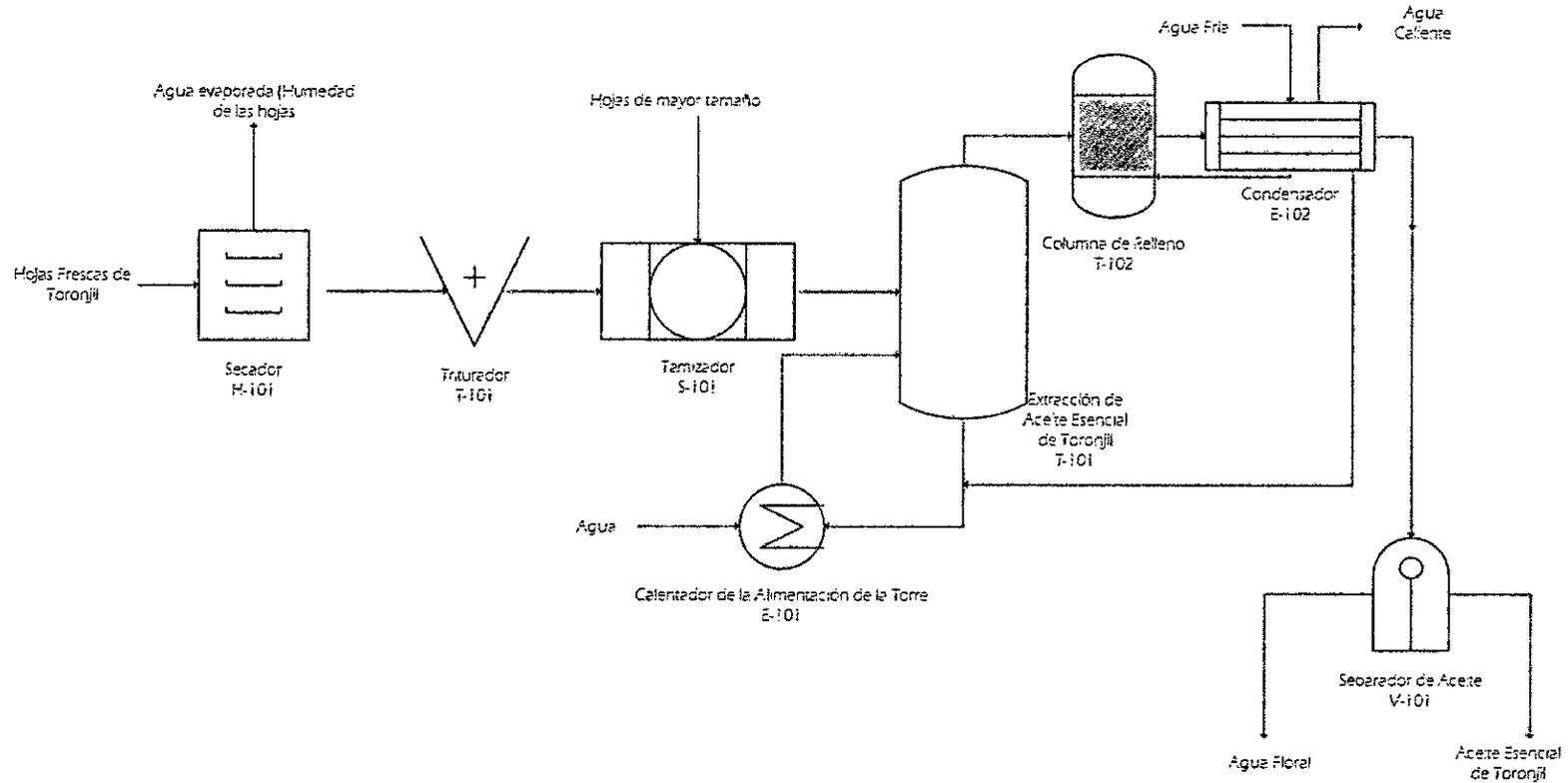
#### EXTRACCIÓN Y FRACCIONAMIENTO SIMULTÁNEO DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL



## ANEXO N° 4

### DIAGRAMA DE FLUJO

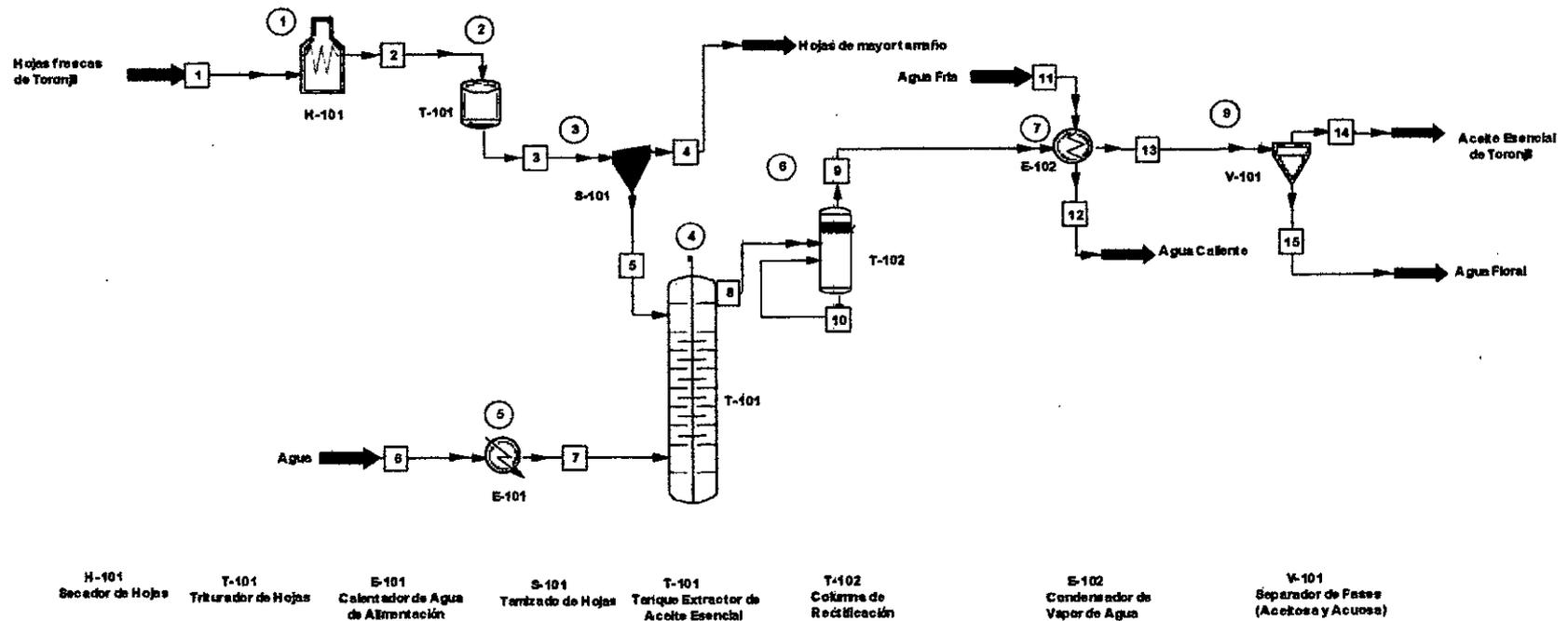
#### EXTRACCIÓN Y FRACCIONAMIENTO SIMULTÁNEO DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL



## ANEXO Nº 5

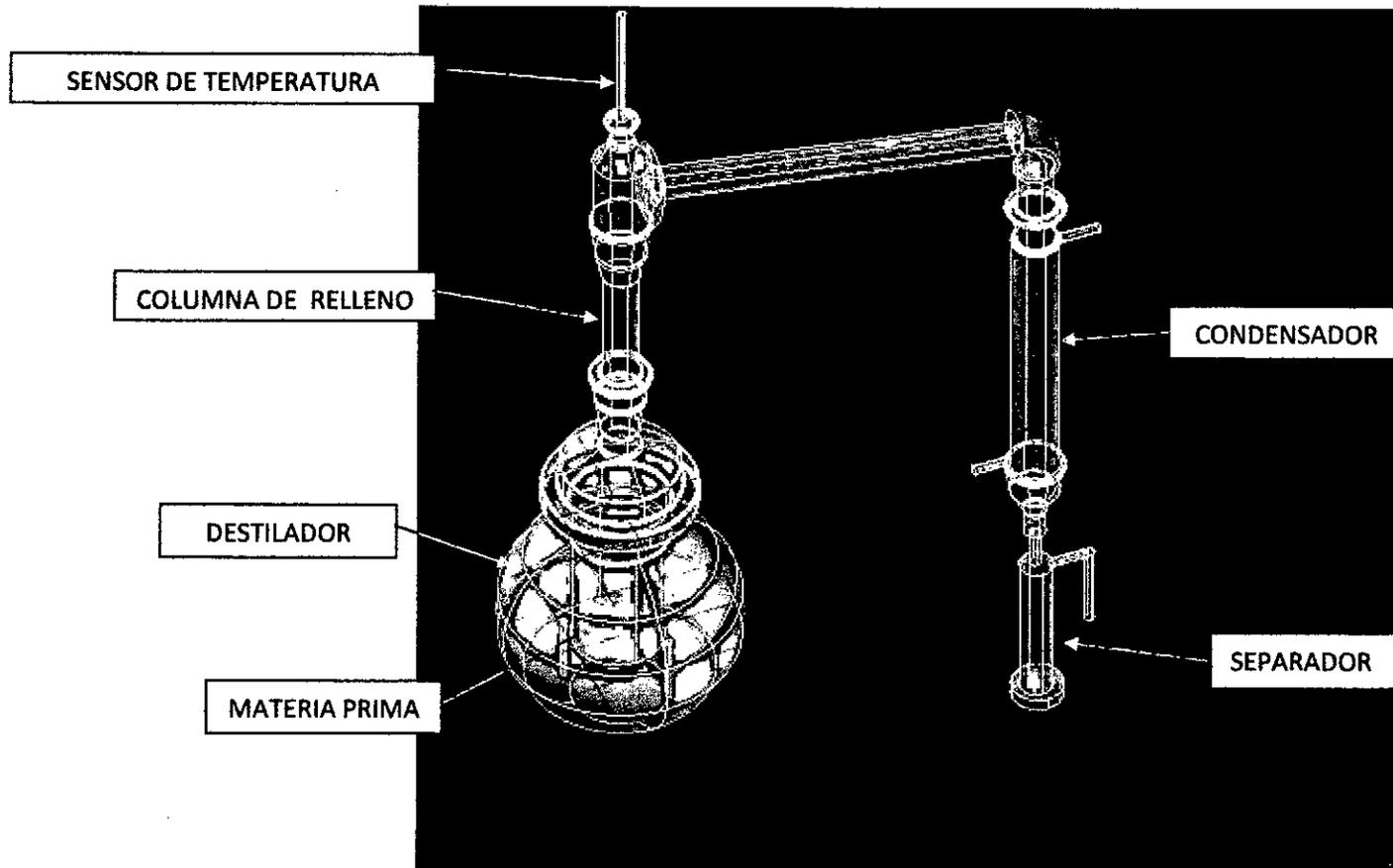
### DIAGRAMA DE FLUJO

#### EXTRACCIÓN Y FRACCIONAMIENTO SIMULTÁNEO DEL ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL



## ANEXO N° 6

### DISEÑO DEL EQUIPO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL POR ARRASTRE DE VAPOR Y FRACCIONAMIENTO SIMULTÁNEO



ANEXO N° 7

CONSTANCIA DE CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL TORONJIL



NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú. DECANA DE AMÉRICA  
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

CONSTANCIA N° 37-USM-2016

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (hojas), recibida de Yuro Kenyo, **NAVARRO IPANAQUE**, de la Universidad Nacional del Callao, ha sido estudiada y clasificada como: **Melissa officinalis** L.; y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1981):

**DIVISION: MAGNOLIOPHYTA**

**CLASE: MAGNOLIOPSIDA**

**SUB CLASE: ASTERIDAE**

**ORDEN: LAMIALES**

**FAMILIA: LAMIACEAE**

**GENERO: *Melissa***

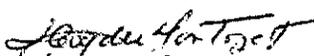
**ESPECIE: *Melissa officinalis* L**

Nombre vulgar: "Toronjil".

Determinado por: Blgo. Severo Baldeón Malpartida

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines de estudios.

Fecha, 07 de abril de 2016

  
**Dra. HAYDEÉ MONTOYA FERREROS**  
JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

ANEXO N° 8

ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL OBTENIDO

