



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO AGROINDUSTRIAL



**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**TEMA:**

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE HOJAS DE *Citrus aurantifolia* (LIMÓN SUTIL) *Citrus sinensis* (NARANJA) Y *Citrus nobilis* (MANDARINA) MEDIANTE HIDRODESTILACIÓN.

**AUTORA:**

**FRANCO TORRES YULI LISSETH**

**DIRECTORA:**

**M.SC. FON FAY VÁSQUEZ FLOR MARINA**

**QUEVEDO – ECUADOR**

**2015**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**Facultad de Ciencias de la Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería para el Desarrollo Agroindustrial**

Teléfonos: (593-05) 2750320 – 2752430 – 2753302  
Fax: (593-05) 2753300 – 2753303  
e-mail: [info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec)  
Página web: [www.uteq.edu.ec](http://www.uteq.edu.ec)

Quevedo – Los Ríos – Ecuador  
Km. 1.5 vía a Quito

CASILLAS  
Guayaquil: 10672  
Quevedo: 73

---

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **FRANCO TORRES YULI LISSETH**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**FRANCO TORRES YULI LISSETH**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**Facultad de Ciencias de la Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería para el Desarrollo Agroindustrial**

Teléfonos: (593-05) 2750320 – 2752430 – 2753302  
Fax: (593-05) 2753300 – 2753303  
e-mail: [info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec)  
Página web: [www.uteq.edu.ec](http://www.uteq.edu.ec)

Quevedo – Los Ríos – Ecuador  
Km. 1.5 vía a Quito

CASILLAS  
Guayaquil: 10672  
Quevedo: 73

---

## **CERTIFICADO**

La suscrita, Ing. M.Sc. FON FAY VÁSQUEZ FLOR MARINA, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la Egresada **FRANCO TORRES YULI LISSETH**, realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial titulada: **EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE HOJAS DE *Citrus aurantifolia* (LIMÓN SUTIL) *Citrus sinensis* (NARANJA) Y *Citrus nobilis* (MANDARINA) MEDIANTE HIDRODESTILACIÓN**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

**Ing. M.Sc. FON FAY VÁSQUEZ FLOR MARINA**

**DIRECTORA DE TESIS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**Facultad de Ciencias de la Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería para el Desarrollo Agroindustrial**

Teléfonos: (593-05) 2750320 – 2752430 – 2753302

Fax: (593-05) 2753300 – 2753303

e-mail: [info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec)

Página web: [www.uteq.edu.ec](http://www.uteq.edu.ec)

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

Km. 1.5 vía a Quito

CASILLAS

Guayaquil: 10672

Quevedo: 73

---

## CERTIFICACIÓN

Yo, Soc. Teddy Elizabeth de la Cruz Valdivieso con CC N°. 091048152-2, docente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifico que he revisado la tesis de grado de la Egresada **FRANCO TORRES YULI LISSETH** con CC N°. **120753837-0** previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, titulada **“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE HOJAS DE *Citrus aurantifolia* (LIMÓN SUTIL) *Citrus sinensis* (NARANJA) Y *Citrus nobilis* (MANDARINA) MEDIANTE HIDRODESTILACIÓN”**, habiendo cumplido con la redacción y corrección ortográfica que se ha indicado.

---

Soc. Teddy Elizabeth de la Cruz Valdivieso

**DOCENTE DE LA F.C.I.**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**Facultad de Ciencias de la Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería para el Desarrollo Agroindustrial**

Teléfonos: (593-05) 2750320 – 2752430 – 2753302

Fax: (593-05) 2753300 – 2753303

e-mail: [info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec)

Página web: [www.uteq.edu.ec](http://www.uteq.edu.ec)

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

Km. 1.5 vía a Quito

CASILLAS

Guayaquil: 10672

Quevedo: 73

---

## CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Iván Patricio Viteri García, docente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifico que he revisado la tesis de grado de la Egresada **FRANCO TORRES YULI LISSETH** con CC N°. **1207538370** previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, titulada “**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE HOJAS DE *Citrus aurantifolia* (LIMÓN SUTIL) *Citrus sinensis* (NARANJA) Y *Citrus nobilis* (MANDARINA) MEDIANTE HIDRODESTILACIÓN**”, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

**Ing. Iván Patricio Viteri García**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**Facultad de Ciencias de la Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería para el Desarrollo Agroindustrial**

Teléfonos: (593-05) 2750320 – 2752430 – 2753302  
Fax: (593-05) 2753300 – 2753303  
e-mail: [info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec)  
Página web: [www.uteq.edu.ec](http://www.uteq.edu.ec)

Quevedo – Los Ríos – Ecuador  
Km. 1.5 vía a Quito

CASILLAS  
Guayaquil: 10672  
Quevedo: 73

---

## **CERTIFICADO**

Yo, **SUNGEY NAYNEE SÁNCHEZ LLAGUNO Ph.D.**, docente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifico que he revisado la tesis de grado de la Egresada **FRANCO TORRES YULI LISSETH** con CC N°. **1207538370** previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, titulada “**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE HOJAS DE *Citrus aurantifolia* (LIMÓN SUTIL) *Citrus sinensis* (NARANJA) Y *Citrus nobilis* (MANDARINA) MEDIANTE HIDRODESTILACIÓN**”, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

**Sungey Naynee Sánchez Llaguno Ph.D.**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**Facultad de Ciencias de la Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería para el Desarrollo Agroindustrial**

Teléfonos: (593-05) 2750320 – 2752430 – 2753302  
Fax: (593-05) 2753300 – 2753303  
e-mail: [info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec)  
Página web: [www.uteq.edu.ec](http://www.uteq.edu.ec)

Quevedo – Los Ríos – Ecuador  
Km. 1.5 vía a Quito

CASILLAS  
Guayaquil: 10672  
Quevedo: 73

---

## CERTIFICACIÓN

**PROF. JUAN ALEJANDRO NEIRA MOSQUERA, DOCENTE INVESTIGADOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CERTIFICA:**

Luego de revisado el trabajo de Tesis de grado “**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE HOJAS DE *Citrus aurantifolia* (LIMÓN SUTIL) *Citrus sinensis* (NARANJA) Y *Citrus nobilis* (MANDARINA) MEDIANTE HIDRODESTILACIÓN**”. Previo a la obtención del título Ingeniero Agroindustrial de la autoría del Srta.: FRANCO TORRES YULI LISSETH, informo que este trabajo de investigación cumple con los criterios mínimos de investigación exigidos, por lo que en calidad de PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS considero que el trabajo puede ser presentado para la sustentación respectiva.

**Atentamente.**

-----  
**JUAN ALEJANDRO NEIRA MOSQUERA Ph.D.**  
**PRESIDENTE DE TRIBUNAL DE TESIS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO**  
**AGROINDUSTRIAL**  
**CARRERA: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

Tesis de grado presenta al Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería Previo a la Obtención del Título de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Título de tesis:**

**“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE HOJAS DE *Citrus aurantifolia* (LIMÓN SUTIL) *Citrus sinensis* (NARANJA) Y *Citrus nobilis* (MANDARINA) MEDIANTE HIDRODESTILACIÓN”.**

**Aprobado:**

---

**Juan Alejandro Neira Mosquera Ph.D.**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS**

---

**Sungey Naynee Sánchez Llaguno Ph.D.**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**Ing. Iván Viteri García**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**QUEVEDO – ECUADOR**

**2015**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento eterno a Dios por la vida y por todas las bendiciones que eh recibido a lo largo de mi vida, por las cosas buenas y las malas porque de cada una de ellas eh tenido lecciones de vida y me han ayudado a crecer como persona, gracias a dios que me ha bendecido con inteligencia objetividad de seguir adelante en mis estudios y tomar las mejores decisiones que ayuden al crecimiento profesional de mi vida.

A mis amados padres Leobardo Franco y Jacqueline Torres por ser mi apoyo incondicional en todo momento tanto económico como moral, por darme el ejemplo de superación y por toda la confianza depositada en mí. A mis hermanos Paola y Stalin por sus consejos su apoyo, por ser mi fuente de inspiración porque es son personas con disciplina y constancia de que todo los objetivos que se proponen en la vida se puede cumplir siempre y cuando con la bendición de dios y esfuerzo, a mi pequeña María Franco porque a pesar de su corta edad me apoya y confía en mí.

A la persona especial que tengo en mi vida Ángel Avalos por su amor, respeto y apoyo, a mis compañeros de clases que siempre estuvieron presentes para apoyarme durante la difícil y larga vida estudiantil en especial a mis verdaderas amigas-hermanas Erika, Flor, Mary, Viviana, por ser las personas más cercanas a mí, porque saben todo el esfuerzo que dedique a este trabajo y por el gran aprecio que les tengo.

A Juan Alejandro Neira Mosquera Ph.D. por sus conocimientos, paciencia, apoyo, ayuda, y disponibilidad de tiempo en la redacción de mi tesis.

A mi directora de tesis Ing. Flor Fon Fay por su colaboración y apoyo en la redacción de mi trabajo. A todos los docentes que compartieron sus conocimientos a lo largo de mi vida estudiantil ayudando a formarme como profesional íntegro y capaz.

***Franco Torres Yuli Lisseth***

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios porque es el ser más importante en mi vida porque gracias a Él eh podido lograr cada una de mis metas propuestas,

Dedico a las personas que más admiro y amo en esta vida a mis queridos padres por estar en los momentos más difíciles de mi vida por formarme con buena disciplina y valores como el respeto la dedicación y el esfuerzo y las ganas de superación, de que los sueños se pueden cumplir y este trabajo es la experiencia de que si es cierto, y que en la vida hay que seguir adelante porque la educación es sinónimo de libertad.

A mi Paola y Stalin por ser esos bellos angelitos que dios me regalo como hermanos que siempre están ahí conmigo apoyándome y ayudándome a seguir adelante porque los adoro con mi vida.

Dedico este trabajo a mi hermanita para que sea fuente de inspiración para ella y siga adelante superándose y que nunca se rinda por más difícil que parezca siempre que haya dedicación esfuerzo y optimismo de lograr los objetivos propuestos se pueden cumplir.

A mi gran amor Ángel Avalos por ser mi apoyo incondicional que siempre está a mi lado diciéndome que siga adelante que al final todo el esfuerzo valdrá la pena y por entenderme en todo momento. A mis hermanas-amigas Erika, Viviana, Mary y Flor que son una de las mejores bendiciones que recibí a lo largo de mi vida estudiantil personas que son importantes en mi vida por su apoyo por sus buenos consejos y por ser siempre ellas las que están en mis momentos triste y felices, porque con la ayuda de ellas todo es menos difícil.

Quien no vive para servir, no sirve para vivir.

***Franco Torres Yuli Lisseth***

# ÍNDICE GENERAL

## CONTENIDO

PORTADA	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO	II
CERTIFICADO DE DIRECTORA DE TESIS	III
CERTIFICADO DEL TRIBUNAL DE REDACCIÓN	IV
CERTIFICADO MIEBRO DE TRIBUNAL	V
CERTIFICADO MIEBRO DE TRIBUNAL	VI
CERTIFICADO DEL PRESIDENTE DE INVESTIGACIÓN	VII
	VIII
AGRADECIMIENTO	IX
DEDICATORIA	X
ÍNDICE DE GENERAL	XI
ÍNDICE DE CONTENIDO	XII
ÍNDICE DE CAUDROS	XIV
INDICE DE GRAFICOS	XV
INDICE DE ANEXOS	XVI
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XIX

# INDICE DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
1. Marco Contextual de la Investigación.....	2
1.1. Introducción .....	2
1.1.1. Antecedentes .....	2
1.1.2. Problematización .....	3
1.1.3. Justificación .....	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.2. Objetivo General:.....	5
1.2.3. Objetivos específicos:.....	5
1.3. HIPOTESIS.....	6
1.4. Variables de Estudio .....	6
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>7</b>
2. Fundamentación Teórica.....	8
2.1. Hojas de Cítricos.....	8
2.1.1. <i>Citrus Aurantifolia</i> (Limón) .....	8
2.1.2. <i>Citrus Sinensis</i> (Naranja) .....	9
2.1.3. <i>Citrus Nobilis</i> (Mandarina) .....	10
2.2. Procesos de Extracción .....	10
2.2.1. Extracción por hidrodestilación .....	10
2.3. Aceite esencial.....	11
2.3.1. Aceites esenciales de cítricos .....	11
2.5. Propiedades de los aceites esenciales .....	13
2.6. Características físicas de los aceites esenciales .....	14
2.7. Características químicas de los aceites esenciales (terpenoides) .....	14
2.7.1. Composición química de aceites esenciales de <i>Citrus aurantifolia</i> , <i>Citrus Sinensis</i> y <i>Citrus nobilis</i> .....	15
2.8. Rendimiento de los aceites esenciales. ....	16
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>17</b>
3. Metodología de la Investigación .....	18
3.1. Materiales y Equipos.....	18
3.2. Metodología .....	19

3.3. Ubicación .....	20
3.4. Factores de estudio. ....	20
3.4.1. Diseño Experimental.....	21
3.4.3. Características del experimento de la extracción de aceite esencial de hojas de cítricos mediante hidrodestilación. ....	22
3.4.5. Análisis Estadístico .....	22
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>25</b>
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. Resultados.....	26
4.1.1. Resultados con respecto a los factores de estudio.....	26
4.1.2. Resultados con respecto a los Factores de Estudio (prueba de significación de Tukey) .....	29
4.2. Discusión .....	32
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>34</b>
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	35
5.1. Conclusiones .....	35
5.2. Recomendaciones .....	37
5.2.1. De los tipos de Hojas (Factor A) .....	37
5.2.2. De los estados de las Hojas (Factor B).....	37
<b>CAPITULO VI .....</b>	<b>38</b>
6. Bibliografía .....	39
6.1. Literatura Citada .....	39
<b>CAPÍTULO VII .....</b>	<b>44</b>
7. ANEXOS .....	44

## ÍNDICE DE CUADROS

		Pág.
<b>CUADRO N° 1:</b>	Extracción de aceite esencial	18
<b>CUADRO N° 2:</b>	Materiales para el análisis de pH	18
<b>CUADRO N° 3:</b>	Materiales para el análisis densidad	18
<b>CUADRO N° 4:</b>	Materiales para el análisis de índice de refracción	18
<b>CUADRO N° 5:</b>	Ubicación geográfica	20
<b>CUADRO N° 6:</b>	Descripción factores de estudio para la obtención de aceite esencial de hojas de naranja, limón y mandarina.	21
<b>CUADRO N° 7:</b>	Combinación de los tratamientos propuestos para la obtención de aceite esencial.	21
<b>CUADRO N° 8:</b>	Análisis de varianza para Ph	26
<b>CUADRO N° 9:</b>	Análisis de varianza para densidad	26
<b>CUADRO N° 10:</b>	Análisis de varianza para índice de refracción	27
<b>CUADRO N° 11:</b>	Análisis de varianza para rendimiento	28

## ÍNDICE DE GRAFICO

	<b>Pag.</b>
<b>GRÁFICO N° 1:</b> Resultados obtenidos de la prueba de tukey ( $p < 0.05$ ) entre los niveles: (a <sub>0</sub> ) Hojas de limón, (a <sub>1</sub> ) Hojas de Naranja y (a <sub>2</sub> ) Hojas de Mandarina.	29
<b>GRÁFICO N° 2:</b> Resultados obtenidos de la prueba de tukey ( $p < 0.05$ ) entre los niveles: (b <sub>0</sub> ) Estado Fresco, (b <sub>1</sub> ) Estado Deshidratado.	30

## ÍNDICE DE ANEXO

		<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1.</b>	Valores promedios del análisis físico-químico	44
<b>ANEXO 2.</b>	Fotos de la fase experimental	45
<b>ANEXO 3.</b>	Pruebas de significación tukey en statgraphics	49
<b>ANEXO 4.</b>	Cálculo de la densidad y el rendimiento	52
<b>ANEXO 5.</b>	Normas Mexicanas utilizadas para el índice de refracción	59
<b>ANEXO 6.</b>	Certificado del URKUND	63

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue Evaluar el proceso de extracción de aceite esencial de hojas de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) naranja (*Citrus X sinensis*) y mandarina (*Citrus nobilis*) por hidrodestilación, con el interés de darles un uso en la industria.

Las extracciones de aceites esenciales de estos cítricos se los realizo en Laboratorio ISABRUBOTANIK localizado en Ambato y en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los análisis de Densidad, Rendimiento en el laboratorio de química básica de la universidad; con respecto al índice de refracción, pH se los realizo en la el laboratorio de bromatología de la UTEQ.

Se trataron 18 unidades experimentales, se tomaron muestras de 80 gramos (para la extracción en estado fresco) y 40 gramos (para la extracción en estado deshidratado) para 6 tratamientos y 3 repeticiones. A su vez se realizaron análisis fisicoquímicos como: pH, densidad, índice de refracción, rendimiento. En el análisis estadístico se utilizó un arreglo factorial de bloques AxB con 3 repeticiones considerando como factor A: Tipo de hojas, factor B: Estado de las hojas (Frescas y Deshidratadas), también se caracterizó los componentes químicos del aceite esencial de estos cítricos (Ph, Densidad, índice de refracción, Rendimiento). Para el análisis de datos se empleó el paquete estadístico StatGraphics, además para la separación de medias de los niveles de los tratamientos se acudió a la prueba de significación de Tukey ( $p < 0.05$ ).

En la valoración de los tratamientos se concluyó que existió diferencia significativa entre los niveles de los tratamientos. Como consecuencia se determinó el mejor tratamiento para cada variable: con respecto al factor A (tipos de Cítricos) en pH  $a_0$  (hojas de limón) es el que está más próximo a los rangos establecidos; referente a Densidad  $a_2$  (hojas de mandarina) porque está dentro de los rangos; en el Índice de refracción  $a_0$  (hojas de limón); y en el rendimiento  $a_2$  (hojas de mandarina).

En lo que compete al estado de las hojas los mejores tratamientos para cada variable fueron: pH  $b_0$  (Estado Fresco); densidad  $b_0$  (Estado Fresco); índice de

refracción  $b_1$  (Hojas Deshidratadas); y en rendimiento  $b_1$  (Hojas Deshidratadas).

**PALABRAS CLAVES:** Aceite esencial, Hojas de Limón, Naranja, Mandarina, hidrodestilación.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the extraction of essential oil of lemon subtle leaves (*Citrus aurantifolia*) orange (*Citrus sinensis* X) and mandarin (*Citrus nobilis*) by hydrodistillation, in the interest of them to use in the industry. The extraction of essential oils from these citrus ISABRUBOTANIK conducted at the Laboratory located in Ambato and the State Technical University Quevedo. The analysis of density, performance in basic chemistry lab; refractive index, pH is performed in the laboratory of food science UTEQ. 18 experimental units treated samples of 80 grams (for extracting fresh) and 40 grams (for extraction in dehydrated state) to 6 treatments and 3 replications were taken. PH, density, refractive index, yield turn as physicochemical analysis were performed. Type leaves, factor B: a factorial arrangement AxB block with 3 replications considering as factor A was used in the statistical analysis State of the leaves (fresh and dried), the chemical components of essential oil of citrus fruit was also marked ( pH, density, refractive index, Performance). For data analysis the statistical package StatGraphics addition to the mean separation of the levels of treatments he attended the Tukey significance test ( $p < 0.05$ ) was used.

In assessing treatments concluded that significant difference between levels of treatments. As a result the best treatment for each variable was determined: relative to factor A (types Citrus) in pH a0 (lemon leaves) is the one closest to the established ranges; Density concerning a2 (mandarin leaves) because it is within the ranges; in the index of refraction a0 (lemon leaves); and the performance a2 (mandarin leaves).

In what concerns the state leaves the best treatments for each variable were: pH b0 (Fresco State); b0 density (Fresco State); b1 refractive index (Dried Leaves); b1 and performance (Dried Leaves).

**KEYWORDS:** Essential oil, lemon leaves, orange, tangerine, hidrodestilación.

# **CAPÍTULO I**

# 1. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

## 1.1. Introducción

### 1.1.1. Antecedentes

Se decidió realizar la siguiente investigación debido a que en la zona de Moraspungo existe una gran cantidad de plantaciones de cítricos como naranja, limón y mandarina, de las cuales las hojas no son aprovechadas o industrializadas.

Los cítricos en todo su contexto constituyen un género de plantas rico en contenido de fenoles y flavonoides, metabolitos secundarios que debido a su efecto antioxidante y baja toxicidad, han recibido en los últimos años mucha atención como potenciales fármacos (Ojito, Herrera , Vega, & Portal , 2012).

Los aceites esenciales de cítricos se aplican ampliamente en la industria alimentaria como la columna vertebral de sabores cítricos. Desafortunadamente, debido a la composición química relativamente simple y enormes contradicciones de precios entre las especies de cítricos, la adulteración ha estado plagando la industria desde sus inicios (Fan, Wu, Simon , Neng Lou , & Tanh Ho , 2015).

El monoterpénico  $\beta$ -mirceno ha sido ampliamente utilizado en los cosméticos, alimentos y bebidas, y normalmente se encuentran en el aceite esencial de cítricos (Bonamin, y otros, 2014).

Los aceites esenciales, son líquidos aromáticos obtenidos de diferentes partes de la planta y utilizados ampliamente en la industria alimentaria, como condimentos y saborizantes; y en las industrias farmacéutica, cosmética y tabacalera, como perfumes y esencias (Ramirez , Isaza, Veloza , Stashenko, & Marín , 2009).

En esta investigación se pretende aprovechar las hojas de naranja, limón y mandarina con el fin de aportar científicamente con datos estadísticos, para así extender el campo de la investigación.

## **1.1.2. Problematización**

### **1.1.2.1. Diagnóstico.**

La falta de industria de aceites esenciales de las hojas de estos cítricos en nuestro medio conlleva a la importación de los mismos haciéndolos más costosos y pocos conocidos de los cuales se desconocen sus propiedades ya que se ha utilizado en la medicina popular durante siglos no tiene un uso en la industria, (Faleiro & Miguel, 2013)

Las hojas de los cítricos como limón, naranja y mandarina emanan aromas y no son aprovechadas, por la falta de información y poca importancia del aprovechamiento que se le puede dar a esta materia prima.

### **1.1.2.2. Formulación del problema.**

¿El desconocimiento del método de extracción adecuado limita la cantidad en la obtención de aceite esencial de las hojas de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) naranja (*Citrus X sinensis*) y mandarina (*Citrus nobilis*)?

### **1.1.2.3. Sistematización del problema.**

El rendimiento y calidad de los aceites esenciales está supeditada a las características las variedades por ejemplo: podría existir notable diferencia aun siendo cítricos entre los aceites de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus nobilis*), por otro lado el acondicionamiento de la materia prima podría ser limitante es decir podría variar los aceites obtenidos de las hojas en estados frescos y deshidratados.

### **1.1.3. Justificación**

El tratamiento de los subproductos representa una fuerte demanda para el procesamiento de frutas industrial, que produce toneladas de material de desecho, tales como cáscaras, semillas, fibras y hojas. La eliminación de estos materiales por lo general representa un problema legal industrial restricción. Por otra parte, el tratamiento de residuos representa costos significativos y a menudo se deduce mal por las empresas, (Sahraoui, Abert Vian , El Maataoui, Boutekedjiret, & Chemat, 2011).

La transformación de los residuos con alto valor añadido permite a las empresas reducir los costos de tratamiento globales, a veces incluso tomar algunas ganancias y por lo tanto mejorar su competitividad. Por otra parte, el proceso de recuperación de las hojas es parte de la corriente de desarrollo sostenible existente y protección del medio ambiente, (Sahraoui, Abert Vian , El Maataoui, Boutekedjiret, & Chemat, 2011).

Muchos consumidores están exigiendo alimentos y sin lo que ellos perciben como productos químicos artificiales y perjudiciales, incluyendo muchos usados como antimicrobianos y conservantes en los alimentos. En consecuencia, el interés por los antimicrobianos más naturales, no sintetizada, como posibles alternativas a los antimicrobianos convencionales para extender la vida útil y los patógenos transmitidos por los alimentos ha aumentado de combate, (Rivera Calo, Crandall, O'Bryan , & Ricke, 2015)

Las Industrias alimentarias están buscando antioxidantes naturales para reemplazar los sintéticos ya que estos últimos son cuestionados por razones saludables. Los aceites esenciales son productos naturales que pueden tener actividad antioxidante, pero su composición y actividad (Olmedo, Asensiob, & Grossob, 2015).

Es así, que con esta investigación se pretende darle un uso útil a las hojas de estos cítricos obteniendo un aceite esencial además la importancia de este sería utilizarlo con fines agroindustriales caracterizando su composición físico - química.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.2. Objetivo General:

- Evaluar el proceso de extracción de aceite esencial de hojas de ***Citrus aurantifolia*** (limón sutil); ***Citrus sinensis*** (naranja) y ***Citrus nobilis*** (mandarina) por hidrodestilación.

### 1.2.3. Objetivos específicos:

- Determinar las características de los aceites esenciales utilizando tres cítricos: ***Citrus aurantifolia*** (limón sutil); ***Citrus sinensis*** (naranja) y ***Citrus nobilis*** (mandarina) mediante extracción por hidrodestilación.
- Establecer las diferencias de rendimiento entre los aceites esenciales de tres cítricos en estudio aplicando dos estados de la materia prima (frescos y deshidratados).

### 1.3. HIPOTESIS

#### Hipótesis Nula:

H<sub>01</sub>: Las características de los aceites esenciales utilizando tres cítricos limón (*Citrus aurantifolia*) naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus nobilis*) no influye en la extracción por el método de hidrodestilación.

H<sub>0</sub>: El estado de las hojas en fresco y deshidratado no influye en los aceites esenciales extraídos de tres cítricos.

#### Hipótesis Alternativa:

H<sub>a</sub>: Las características de los aceites esenciales utilizando tres cítricos limón (*Citrus aurantifolia*) naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus nobilis*) influye en la extracción por el método de hidrodestilación.

H<sub>a</sub>: El estado de las hojas en fresco y deshidratado influye en los aceites esenciales extraídos de tres cítricos.

### 1.4. Variables de Estudio

#### Indicadores:

- **pH.**- Este análisis realizó al aceite esencial extraído
- **Densidad.**- Se realizó al aceite esencial extraído
- **Índice de refracción.**- Se realizó al aceite esencial extraído
- **Rendimiento.**- El cálculo se lo realizo con la fórmula para determinar en cuál de los tratamientos se obtenía un mayor rendimiento.

## **CAPÍTULO II**

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. Hojas de Cítricos

Este capítulo tiene como objetivo revisar el procesamiento de alimentos e industrias de subproductos para la información química básica sobre la composición de los cítricos, (Kefford, 1960).

Plantas aromáticas, medicinales y los cítricos, a través de su metabolismo secundario, proporcionan una mezcla compleja de moléculas volátiles conocidos como aceites esenciales. Estas moléculas volátiles ejercen actividad antibacteriana que se ha utilizado en la medicina popular durante siglos. En las últimas décadas, la aparición de resistencia a los antibacterianos nos ha obligado a buscar nuevos agentes antimicrobianos y eficientes, (Faleiro & Miguel, 2013).

#### 2.1.1. *Citrus Aurantifolia* (Limón)

**Nombre científico:** *Citrus limón L.*

**Nombres comunes:** Limón, limón pajarito, limón limonero.

**Otros idiomas:** Lemon (Ing)

Citronnier (Fr)

Linonen, Sauer Zitrone (Al)

Limao (Por)

#### **Descripción botánica**

El árbol es pequeño, con alternativa, generalmente de hoja perenne, hojas, que son brillantes y coriácea y salpicadas de glándulas sebáceas. La mayor parte del tiempo, los tallos son en su mayoría alas y articulado con las hojas. El olor a flores es fuerte dulce y tienen cinco pétalos. El fruto es esférico o en forma de huevo. Tiene 8-14 secciones jugosas que contienen semillas grandes, blancos o de color verdoso, (Freitas , Queiroz, & Machado , 2003).

#### **Usos**

Los extractos crudos de diferentes partes de limón mostraron contra el cáncer y propiedades antibacterianas contra clínicamente significativa cepa bacteriana ha sido reportado, (Saidan, Dhifi, & Marzouk, 2004).

Se utiliza principalmente para reducir la presión arterial alta, la salud mental, problemas respiratorios, artritis y reumatismo, (Saidan, Dhifi, & Marzouk, 2004) y (Silalahi, 2002).

También se utiliza para evita cálculos renales. Además, el limón de frutas y verduras se utilizan para lavar para la salud oral para refrescar el aliento y para tratar la caspa escamosa, dolores de cabeza y reducir los síntomas de asma, (Saidan, Dhifi, & Marzouk, 2004), (Silalahi, 2002) y (Reichling, Schnitzler, Suschke, & Saller, 2009).

### **2.1.2. Citrus Sinensis (Naranja)**

#### **Taxonomía de la Naranja**

**Nombre científico:** *Citrus sinensis*

**Nombres comunes:** Naranja.

**Otros idiomas:** Orange tree, sweet orange

Oranger (Fr)

Arancio (It)

Pomeranzenbaum (Al)

Laranjeira

#### **Descripción Botánica**

El naranja tiene un hermoso porte, con hojas no coriáceas, brillantes y verde oscuras, las flores son blancas e intensamente aromáticas y aparecen en las axilas de las hojas, (Aldana, 2001).

#### **Usos**

Como fruta fresca o en bebidas refrescantes, la naranja puede ser preparada en ensaladas, postres; el aceite esencial es utilizado como un excelente aromatizante. En la industria cosmética son muy utilizadas las flores y las hojas, también en jugos envasados, (Aldana, 2001).

### **2.1.3. Citrus Nobilis (Mandarina)**

**Nombre científico:** *Citrus Nobilis*

**Nombres comunes:** Naranja mandarino, mandarineru, mandarín.

**Otros idiomas:** Tangerine, mandarin orange (Ing)

#### **Descripción botánica**

Es un árbol de unos 5 m de altura de tronco leñoso y sin espinas; algunas variedades pueden presentar una gran expansión lateral tienden a ser quebradizas y con una gran carga pueden desgarrarse, (Aldana, 2001).

## **2.2. Procesos de Extracción**

Extracción de los aceites esenciales de las plantas se lleva a cabo por métodos clásicos e innovadores. Numerosos procesos de encapsulación se han desarrollado y descrito en la literatura con el fin de encapsular biomoléculas, moléculas activas, nanocristales, aceites y aceites esenciales también para diversas aplicaciones tales como el diagnóstico in vitro, terapia, cosmética, textiles, alimentos, etc. Los aceites esenciales de encapsulación llevada a numerosas nuevas formulaciones con nuevas aplicaciones. Esto asegura la protección del aceite frágil y de liberación controlada. Las aerolíneas más comúnmente preparados son partículas poliméricas, liposomas y nanopartículas sólidas lipídicas, (Asbahani, y otros, 2015).

### **2.2.1. Extracción por hidroddestilación**

La hidroddestilación es una técnica de destilación directa. En este tipo de extracción el material vegetal que puede estar molido, cortado, entero o la combinación de éstos, se dispone en un recipiente cerrado y se adiciona agua hasta la mitad de la capacidad del recipiente. Posteriormente éste se somete a calentamiento durante el proceso de extracción. El agua al llegar al punto de ebullición genera vapor. La generación del vapor debe ser interna (base del recipiente), produciendo la presión suficiente para vencer la resistencia hidráulica del material vegetal. Conforme el vapor entra en contacto con la planta, éste extrae los componentes volátiles. La mezcla de vapor saturado y aceite

esencial, fluye hacia un condensador, en donde se condensa y enfría hasta la temperatura ambiente. A la salida del condensador, se obtiene una emulsión líquida inestable, la cual es separada en la Trampa de Dean-Stark o en un tubo separador, en donde se va acumulando el aceite esencial debido a su inmiscibilidad en el agua. La trampa posee un ramal lateral por la cual el agua es desplazada para favorecer la acumulación del aceite. Esta técnica es utilizada comúnmente para extraer aceite esencial de diferentes tipos de vegetales, (Plazas González, 2011).

## **2.3. Aceite esencial**

Los aceites esenciales son productos naturales que se caracterizan por un fuerte olor y formados por plantas aromáticas como metabolitos secundarios. Las características de estas plantas aromáticas se diferencian de todas las demás, a pesar de que pertenecen a muchas familias diferentes, son la producción de compuestos secundarios relacionados químicamente, el peso molecular bajo, y la presencia de isoprenoides volátiles, (De Martino , Nazarro, Mancini, & De Feo, 2015).

### **2.3.1. Aceites esenciales de cítricos**

Aceites esenciales de cítricos tienen numerosas aplicaciones en múltiples sectores, incluyendo alimentos, bebidas y las industrias de cuidado personal. Aunque constituida principalmente por terpenos, las características atractivas de los aceites esenciales de cítricos se deben a oxyterpenes y otros compuestos oxigenados derivados. De hecho, la presencia de terpenos en el aceite esencial puede conducir a la inestabilidad o pérdida de calidad. Por lo tanto, la concentración del aceite en sus compuestos oxyterpene por la eliminación de terpenos es deseable, (Lago , Rodríguez , Arce , & Soto , 2014).

Además, el aceite esencial como conservantes de alimentos naturales ha sido ampliamente utilizado y aceptado por los consumidores de todo el mundo, (Militello, Settanni, Aleo, Mammina, Moschetti, & Giammanco, 2011).

Los mayores cambios en los aceites de la cáscara de naranja y la mandarina es que tienen constituyentes oxigenados, particularmente linalol, disminuyeron

notablemente en concentración relativa como el fruto maduro, (Attaway, Pieringer, & Barabas, 1967).

Por otro lado las actividades tales como actividades biológicas y químicas son siempre las que dependen de los ingredientes activos en el aceite, (Mohammed & Saad, 2010).

### **2.3.1. Aceite esencial de *Citrus Aurantifolia* (Limón Sutil)**

El limón fue utilizado por su aroma derivada de sus aceites esenciales en las hojas y cáscaras de frutas y como símbolos en la religión judía. Posteriormente, el cultivo de limón se amplió significativamente, alcanzando un máximo en el siglo XIX, cuando se utilizaron sus frutos en los cosméticos y productos de confitería, (Luro, Venturini, Costantino, Paolini, Ollitrault, & Costa, 2012).

La composición química del aceite de hoja de varias variedades económicas, tales como Corso, es distinto y puede aumentar la calidad de los productos agrícolas específicos para las industrias cosmética y de caramelo, (Luro, Venturini, Costantino, Paolini, Ollitrault, & Costa, 2012).

El aceite esencial de *Citrus aurantium* y el limoneno monoterpene son ampliamente utilizados agentes aromatizantes que se encuentran en algunos alimentos comunes. Esta especie también se utiliza con fines medicinales en todo el mundo para el tratamiento de la gastritis y trastornos gástricos, (Bonamin, y otros, 2014).

### **2.3.2. Aceite esencial de *Citrus Sinensis* (Naranja)**

El aceite esencial de naranja es un antidepresivo, sedante, los aroma-terapeutas creen que este aroma ayuda a mejorar la comunicación y es muy efectivo en contra de la celulitis, porque ayuda a activar la circulación. Se utiliza en la industria de fármacos y como cosméticos porque limpia y revive la piel opaca, ayudando la eliminación de excesos de fluidos y toxinas, también es usado por sus propiedades germicidas, antioxidantes y anticancerígenas en la producción de fármacos, (Cerón & Cardona, 2010 ).

El aceite esencial de naranja tiene una fracción considerable de compuestos de alto peso molecular como el linalol, decanal y octanal, responsables del olor y

sabor característico de este producto, permitiendo obtener aceites esenciales de buena calidad mediante la extracción con arrastre de vapor, (Cerón & Cardona, 2010 ).

### **2.3.3. Aceite esencial *Citrus nobilis* (Mandarina)**

Los árboles de mandarina presentados a la misma y las condiciones edafoclimáticas culturales. Su composición química fue investigada por GC. Dos importantes quimotipos, limoneno y limoneno /  $\gamma$ -terpinene, se distinguieron de los aceites de cáscara, mientras que tres grandes quimotipos, sabineno / linalool, linalool /  $\gamma$ -terpinene y metil-N metilantranilato, se observaron para los aceites de las hojas, (Lota, Serra, Tomi, & Casanova, 2000).

## **2.4. Calidad de los aceites esenciales**

La calidad del aceite depende de factores que influyen sobre la composición como las condiciones geobotánicas del medio (clima, altitud, tipo de suelo, cantidad de lluvias, etcétera.), edad de la planta y estado fenológico, método de cultivo (uso de fertilizantes, abono, pesticidas, otros químicos, etcétera.), época de recolección, modo de manejo y almacenamiento del material vegetal (fresco, seco, fermentado, etcétera.) y método de obtención del aceite (destilación, maceración, prensado, extracción con solventes, extracción con fluidos supercríticos.), (Cerón & Cardona, 2010 ).

## **2.5. Propiedades de los aceites esenciales**

Aceites esenciales de cítricos se pliegan principalmente (concentrado) usando alto vacío destilación fraccionada, los monoterpenos principalmente d-limoneno (el d-limoneno representa en promedio más que el 80% de la composición de los aceites esenciales de cítricos) se eliminan en parte en este proceso, en función del grado de plegado. Tal mezcla de d-limoneno y otros monoterpenos se conoce comercialmente bajo el nombre "terpenos", (Muñosa, 2014).

Los principales grados plegables disponibles comercialmente son: 2 veces a 5 veces para los aceites de limón y mandarina, 2 veces a 10 veces para los aceites de limón y pomelo y 2 veces a 20 veces para el aceite de naranja. Aceites plegadas son menos propensos a la oxidación, su solubilidad en agua aumenta y también tienen altas cualidades organolépticas, (Muñosa, 2014).

## 2.6. Características físicas de los aceites esenciales

Las propiedades físicas de los aceites esenciales están relacionadas con la diversidad de sus constituyentes, convirtiéndose en un instrumento rápido de identificación y evaluación del grado de pureza o del origen del producto, puesto que se trata de su huella digital, (Murillo, Fernández , Sierra, & Viña , 2004).

- ❖ **Color.** Aunque la gran mayoría de las esencias vegetales son incoloras, algunas presentan coloraciones modificables por el oxígeno del aire; es el caso del aceite esencial de albahaca querendona morada, cuyo color amarillo suave es modificado por acción de la luz, lo que a su vez insinúa la presencia de compuestos alifáticos con pocas insaturaciones o bien aromáticos monoanulares, (Murillo, Fernández , Sierra, & Viña , 2004).
- ❖ **Densidad.** Las densidades de los aceites esenciales generalmente oscilan entre 0,8 y 1,2 g/mL (28). El valor de 1,0332 g/mL encontrado en la esencia bajo estudio, implicaría un alto contenido de compuestos de bajo peso molecular o de constituyentes tipo fenol capaz de asociarse a través de puentes de hidrógeno, que aumentarían la masa en un volumen pequeño, (Murillo, Fernández , Sierra, & Viña , 2004).
- ❖ **Índice de refracción.** En su gran mayoría las esencias vegetales muestran índices de refracción entre 1,40 y 1,61 a 20 °C (28). Como se observa en la Tabla 1, el valor encontrado para la esencia bajo estudio se encuentra dentro de los rangos normales, (Murillo, Fernández , Sierra, & Viña , 2004).

## 2.7. Características químicas de los aceites esenciales (terpenoides)

Los terpenoides o terpenos forman el grupo más numeroso de compuestos presentes en la mayoría de aceites esenciales el nombre “terpeno” se deriva de la palabra “terpentina”, que es un líquido muy oloroso, volátil e inflamable, formado básicamente por pinenos, los terpenos son productos de la unión de varias moléculas (unidades) del isopreno, que es un hidrocarburo insaturado con formula condensado  $C_5H_8$ , (Stashenko, 2009).

El precio de un aceite esencial, su valor comercial y, sobre todo, su aplicación en diferentes ramas de la industria están relacionados directamente con las propiedades físico-químicas, olor, actividad biológica y, sobre todo con la composición química, que comprende no solamente los compuestos mayoritarios, sino aquellos presentes a nivel de tranza. Por todo ellos se hace necesario la caracterización física, química y sensorial completa del aceite, (Stashenko, 2009).

### **2.7.1. Composición química de aceites esenciales de *Citrus aurantifolia*, *Citrus Sinensis* y *Citrus nobilis***

Estos resultados mostraron que hay muchas similitudes cualitativas entre los aceites aunque las cantidades de algunos compuestos correspondientes son diferentes, (Espina , Somolinos , Lorán , Conchello , García , & Pagán , 2011 ).

En naranja, limón y mandarina AE, se identificaron 44, 43 y 30 componentes, que representa aproximadamente el 94,5, el 96,0 y el 92,7% del total detectado componentes, respectivamente. Limoneno era el componente presente en mayor cantidad en todos los casos: 85,5% en naranja AE, el 59,1% en AE limón y el 74,4% en AE mandarina. Naranja AE no contiene ningún otro constituyente importante, y sólo óxido de cis-limoneno y mirceno alcanza una concentración cerca de 1%. En cuanto al AE limón, además de limoneno, 7 constituyentes alcanzaron concentraciones superiores al 1%, en particular  $\gamma$ -terpineno (9,7%),  $\beta$ -pineno (5,2%),  $\beta$ -bisaboleno (3,6%), p-cimeno (3,3%), cis -thujopsene (2,4%) y gerianal (2,1%). En AE mandarina, sólo limoneno cis-óxido (2,8%), cis-para-menta-2, 8-dien-1-ol (2,3%), carvona (1.9%), trans-carveol (1,8%) y (Z ) - patchenol (1,2%) estaban presentes en cantidades superiores al 1%. Monoterpenos hidrocarburos representaron aproximadamente el 76-87% de los componentes identificados entre las organizaciones de empleadores ensayadas. Monoterpenos oxigenados alcanzaron 5.2 a 5.7% en el limón y las organizaciones de empleadores naranja y un valor significativamente mayor (13,6%) en AE mandarina. Sin embargo, monoterpenos oxigenados constituyentes con actividad antimicrobiana reconocido como timol, carvacrol (fenoles), linalol (alcohol), carvona (cetona) o gerianal (aldehído) estaban

presentes en concentraciones inferiores a 3%. Por último, hay que destacar la mayor cantidad de sesquiterpenos en EO limón (9,5%) en comparación con las organizaciones de empleadores y de mandarina naranja (<1%), (Espina , Somolinos , Lorán , Conchello , García , & Pagán , 2011 ).

## **2.8. Rendimiento de los aceites esenciales.**

Los aceites, cuyo promedio de rendimiento es el siguiente: limón 0,9% v / w, naranja' Valencia '1,2%, (Tong-Yanga, y otros, 2013).

Los aceites esenciales fueron extraídos de epicarpio (producto de desecho) de *C. Sinensis* por hidro-destilación rindieron 1,8% de aceite esencial, (Sharma & Tripathi, 2008).

## **CAPÍTULO III**

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Materiales y Equipos

En esta investigación se utilizó los materiales y equipos disponibles en el Laboratorio de Química Básica y Laboratorio de Bromatología, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

**CUADRO N° 1: Extracción de Aceite Esencial**

Materia Prima	Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Hojas de limón</li><li>• Hojas de naranja</li><li>• Hojas de mandarina</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hidrodestilador</li><li>• Licuadora</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Éter etílico</li><li>• Sulfato de sodio</li><li>• Agua</li></ul>

Elaborado por: Franco, Y. (2015).

**CUADRO N° 2: Materiales para el Análisis de pH**

Materiales	Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Vaso de precipitación de 10 ml</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Potenciómetro</li><li>• Balanza</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agua destilada</li></ul>

Elaborado por: Franco, Y. (2015).

**CUADRO N°3: Materiales para el Análisis Densidad**

Materiales	Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pipeta automática 1ml</li><li>• Micropipeta con punta azul de 1ml</li><li>• Pinzas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Picnómetro</li><li>• Balanza analítica</li><li>• Desecador</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agua destilada</li></ul>

Elaborado por: Franco, Y. (2015).

**CUADRO N°4: Materiales para el Análisis de índice de refracción**

Materiales	Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Vaso de precipitación</li><li>• Micro-pipetas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Refractómetro</li></ul>	Agua destilada

Elaborado por: Franco, Y. (2015).

## 3.2. Metodología

En este estudio se empleó como material de investigación las hojas de tres cítricos (Naranja, Limón, Mandarina), para esto se realizó 6 experimentos con 3 repeticiones, para cada uno de ellos se empleó 5 kilogramos de hojas por muestra eso equivale 30 kilogramos de muestra. Para la extracción se utilizó el método de hidrodestilación en dos estados fresco y deshidratado que se lo realizó a 50°C durante 72 horas, Este método consiste en someter la hojas de estos cítricos a cocción por medio de vapor y agua fría, con lo cual se logra extraer el aceite esencial que contienen las hojas para luego agregarle éter etílico para separar el aceite esencial del agua i sulfato de sodio como agente higroscópico este proceso se lo efectuó en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Para demostrar el mejor tratamiento se evaluó parámetros fisicoquímicos como: pH, densidad, índice de refracción. Se estableció diferencias entre los niveles de los tratamientos en estudio se aplicó un Diseño Experimental al azar con arreglo factorial AXB. Los tratamientos incluyeron el Factor A) HOJAS DE CÍTRICOS, Factor B) EL ESTADO DE LAS HOJAS, el primer factor con tres niveles de estudio (Limón, Naranja y Mandarina) mientras que el otro factor presentó dos niveles de forma independiente, se realizarán 3 repeticiones. Los análisis de laboratorio se hicieron por triplicado a cada uno de los tratamientos. Para el análisis de datos se empleó el paquete estadístico StatsGraphics Centurión de la Universidad de Massachusetts, Además para la separación de medias de los niveles de los tratamientos se acudió a la prueba de significación de TUKEY ( $p > 0.05$ ).

Los análisis realizados a los aceites esenciales de estos cítricos fueron pH se manipuló el potenciómetro, se colocó cada una de las muestras en vaso de precipitación, luego se colocó la punta del potenciómetro en la muestra y se esperó unos minutos para que se estabilicé el valor que aparece y se observa los resultados para la densidad se utilizó picnómetro de 10ml de capacidad. Se lavó con agua y detergente, se enjuagó con agua destilada se envolvió con papel aluminio, se secó en la estufa por tres horas a 105°C, una vez esterilizado el

picnómetro se manipuló con pinzas para no contaminarlo, después se coloca en el desecador durante 15 minutos. Se pesó en la balanza electrónica el picnómetro tomando el peso hasta que este sea constante. Una vez estabilizado el peso se procedió a colocar 1ml de cada una de las muestras de aceite esencial se tapó el picnómetro y se tomó el peso. Por diferencias de pesos se determinó la densidad relativa del aceite esencial de cada uno de los tratamientos con la siguiente fórmula.

$$\text{Densidad } \rho \left( \frac{\text{g}}{\text{ml}} \right) = \frac{[(\text{Peso del picnómetro} + \text{muestra}) - (\text{peso del picnómetro})] (\text{g})}{\text{Volumen del aceite esencial (ml)}}$$

Índice de refracción se manejó el refractómetro, con la ayuda de un capilar se tomó dos gotas de aceite esencial de cada una de las muestras y se colocó sobre el diafragma del refractómetro, luego se procedió a calibrar el refractómetro y así verificar el índice de refracción dado. Para cada muestra se procedió a limpiar el diafragma del refractómetro con agua destilada. Para el rendimiento de cada una de las muestras de aceites esenciales se aplicó la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso del aceite esencial extraido}}{\text{Materia prima}} * 100$$

### 3.3. Ubicación

En la reciente investigación se utilizaron materiales y equipos disponibles en el la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y Laboratorio ISABRUBOTANIK S.A en Ambato.

**Lugar:** UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

#### CUADRO N°5: UBICACIÓN GEOGRÁFICA

<b>Altitud:</b>	120 m.s.n.m
<b>Longitud de:</b>	79° 28' 30" Oeste
<b>Latitud:</b>	1° 6' S
<b>T° media:</b>	24.8

**Fuente:** IGM (Instituto Geográfico Militar)

### 3.4. Factores de estudio.

**CUADRO N° 6: Factores de estudio para la obtención de aceite esencial de hojas de naranja, limón y mandarina**

FACTORES DE ESTUDIO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Factor A: Hojas de cítricos	a <sub>0</sub>	H. Limón
	a <sub>1</sub>	H. Naranja
	a <sub>2</sub>	H. Mandarina
Factor B : Estados de la hoja	b <sub>0</sub>	E. Fresco
	b <sub>1</sub>	E. Deshidratado

Elaborado por: Franco, Y. (2015).

#### 3.4.1. Diseño Experimental.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar, con tres repeticiones con arreglo factorial A x B, donde A, representa las diferentes hojas de cítricos y B el estado de las hojas. Para determinar los efectos entre niveles y tratamientos se utilizará la prueba de Tukey.

#### 3.4.2. Tratamientos

De la combinación de los factores A y B (Tipos de hojas y estados de las hojas) respectivamente, se estructuraron 6 tratamientos que se detallan en el siguiente cuadro.

**CUADRO N° 7: Combinación de los tratamientos propuestos para la obtención de aceite esencial.**

Nº.	SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
1	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	Hojas de limón+ estado fresco
2	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	Hojas de limón+ estado deshidratado
3	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	Hojas de naranja + estado fresco
4	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	Hojas de naranja+ estado deshidratado
5	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	Hojas de mandarina+ estado fresco
6	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	Hojas de mandarina+ estado deshidratado

Elaborado por: Franco, Y. (2015).

### 3.4.3. Características del experimento de la extracción de aceite esencial de hojas de cítricos mediante hidrodestilación.

Tratamientos: 6

Repeticiones: 3

Unidades Experimentales: 18

Tamaño de la muestra: 5 kilogramos

### 3.4.4. Identificación de la Materia Prima

La recolección de las hojas de naranja, limón y mandarina se realizó en la finca Franco en el Cantón Moraspungo de la provincia de Cotopaxi.

### 3.4.5. Análisis Estadístico

Para llevar a cabo el análisis estadístico de los datos se utilizó el Software STATGRAPHICS CENTURION. La prueba de ANOVA y de Tukey se aplicó a los datos para determinar las diferencias significativas entre los componentes analizados; se consideró una significativa de  $p \leq 0,05$ .

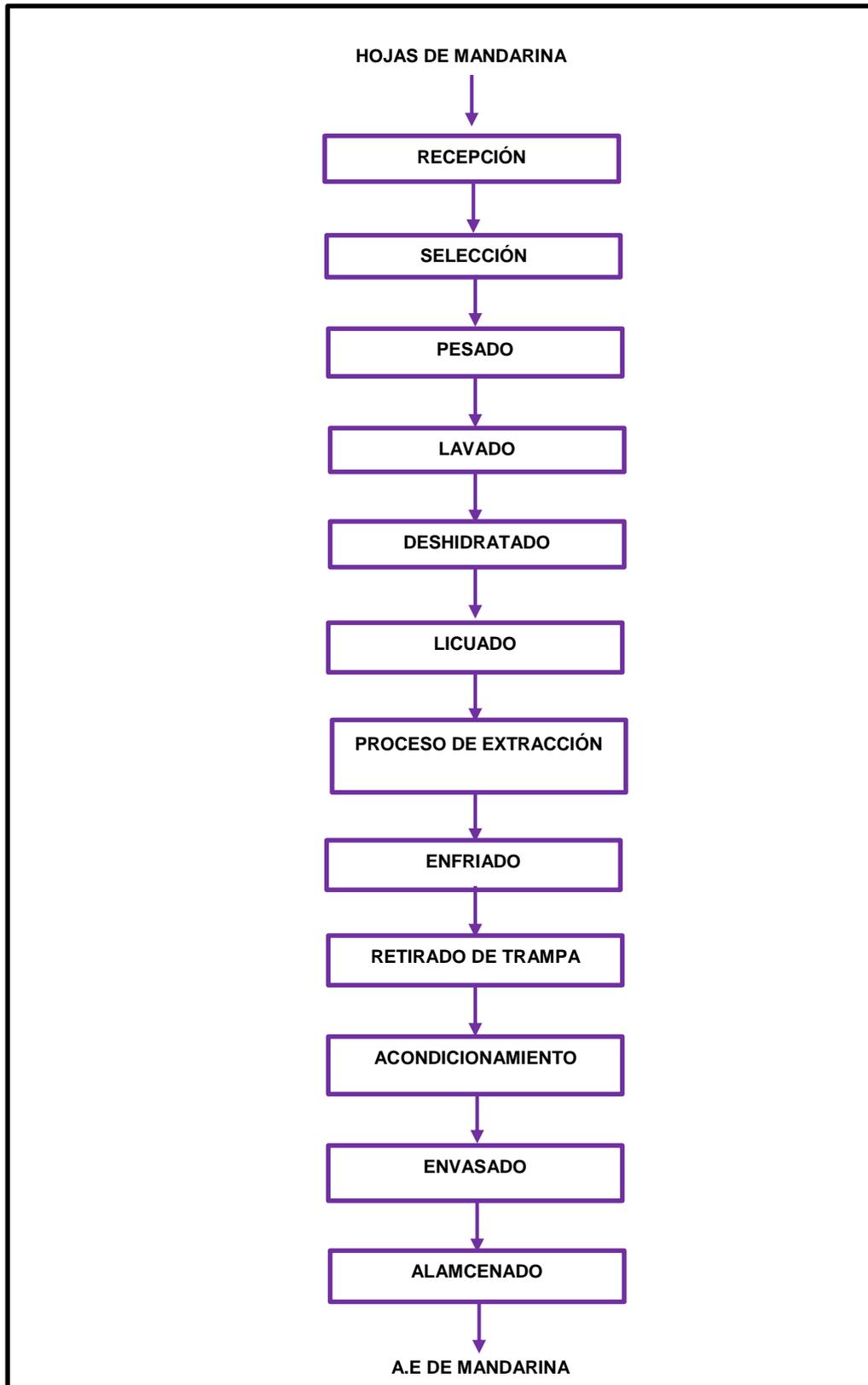
#### 3.4.5.1. Esquema del análisis de varianza.

Fuente	GI
EFECTOS PRINCIPALES	
Factor A	2
Factor B	1
Replicas	2
INTERACCIONES	
AB	2
RESIDUOS	10
TOTAL	17

Elaborado por: Franco, Y. 2015

### 3.5. MANEJO DEL EXPERIMENTO

#### 3.5.1. Flujograma de proceso de extracción de aceite esencial de limón Naranja y Mandarina



Elaborado por: Franco, Y. 2015

### 3.5.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CITRICOS

- **RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA:** Se recolectó aproximadamente 100 gramos de hojas de limón sutil, naranja y mandarina las cuales estuvieron en excelentes condiciones.
- **SELECCIÓN DE LAS HOJAS:** Se realizó una clasificación a las hojas de limón sutil, naranja y mandarina las cuales estén en estado fresco libre de insecticidas, que no contenga, suciedad, manchas blancas, negras ni material extraño.
- **PESADO:** Se procedió a pesar 80 gramos de cada una de las muestras de hojas de limón sutil, naranja y mandarina en una balanza electrónica EK055.
- **LICUADO:** Se rasgó las hojas de cada una de las muestras, se agrega 500 ml de agua y se procede a licuar.
- **UBICACION DE LA MUESTRA EN EL BALON:** Se colocó la muestra en el balón modelo Ns2932 JENAERGLAS de 1000ml de capacidad, se llena hasta la mitad con la muestra licuada que contenía una mayor cantidad de hojas.
- **ENCENDIDO DEL EQUIPO:** Se encendió el equipo y se abre la llave del agua que está adaptada al refrigerante de laboratorio y se coloca a 50 °C por el tiempo de media hora. Transcurrido este tiempo se sube la temperatura a 80°C hasta que empieza a ebulir
- **EBULLICION:** Se bajó la temperatura a 70°C durante 3 horas.
- **ENFRIADO:** Se dejó enfriar a temperatura ambiente 25°C por una hora hasta que el balón quedé completamente frio para no causar daños.
- **RETIRADO DE LA MUESTRA:** Se depositó en un tubo de ensayo de 10ml la muestra de aceite esencial con agua y se agitó.
- **ACONDICIONAMIENTO DEL ACEITE:** Se agregó 1 ml de éter etílico y 1 gramo de sulfato de sodio a la muestra en el tubo de ensayo se agitó para separar el agua del aceite esencial.
- **ENVASADO:** Se envasó en frascos de vidrio color ámbar de 10 ml.
- **ALMACENAMIENTO:** Se almacenó a temperatura de refrigeración en un lugar fresco y oscuro.

## **CAPÍTULO IV**

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.2. Resultados

#### 4.2.1. Resultados con respecto a los factores de estudio

En el anexo N° 1 se reportan los valores de cada indicador.

##### 4.2.1.1. Análisis de pH.

**CUADRO N° 8: Análisis de varianza para pH.**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
<b>Factor A</b>	6,60111	2	3,30056	127,49	0,0000
<b>Factor B</b>	36,6939	1	36,6939	1417,36	0,0000
<b>Replicas</b>	0,0477778	2	0,0238889	0,92	0,4288
<b>INTERACCIONES</b>					
<b>AB</b>	8,36111	2	4,18056	161,48	0,0000
<b>RESIDUOS</b>	0,258889	10	0,0258889		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	51,9628	17			

( $P < 0.05$ )

Elaborado por: Franco, Y. 2015

Con relación a los resultados reportados en el cuadro N° 8 del análisis de varianza (ADEVA) para pH: En el Factor A (tipo de hojas), Factor B (estado de las hojas frescas y deshidratadas) y en las interacciones AB también existió diferencia significativa. Con respecto a las réplicas no existió diferencia significativa por lo que revela que existe normalidad en la toma de datos y es confiable el análisis estadístico.

##### 4.1.1.2 Análisis de densidad

**CUADRO N° 9: Análisis de varianza para densidad**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
<b>FACTOR A</b>	0,383233	2	0,191617	660,75	0,0000
<b>FACTOR B</b>	0,005	1	0,005	17,24	0,0020
<b>REPLICAS</b>	0,00143333	2	0,000716667	2,47	0,1342
<b>INTERACCIONES</b>					
<b>AB</b>	0,00163333	2	0,000816667	2,82	0,1071
<b>RESIDUOS</b>	0,0029	10	0,00029		
<b>TOTAL</b>	0,3942	17			

( $P < 0.05$ )

Elaborado por: Franco, Y. 2015

Con relación a los resultados reportados en el cuadro N° 9 del análisis de varianza (ADEVA) para Densidad: En el Factor A (tipo de hojas) y en el Factor B (estado de las hojas frescas y deshidratadas) existió diferencia significativa y en las interacciones AB no existió diferencia significativa. Con respecto a las réplicas no existió diferencia significativa por lo que revela que existe normalidad en la toma de datos y es confiable el análisis estadístico.

#### 4.2.1.2. Análisis de índice de Refracción

**CUADRO N° 10: Análisis de varianza para índice de refracción**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
<b>Factor A</b>	0,0436323	2	0,0218162	28455,87	0,0000
<b>Factor B</b>	0,00200556	1	0,00200556	2615,94	0,0000
<b>Replicas</b>	0,00000433333	2	0,00000216667	2,83	0,1064
<b>INTERACCIONES</b>					
<b>AB</b>	0,0346741	2	0,0173371	22613,55	0,0000
<b>RESIDUOS</b>	0,00000766667	10	7,66667E-7		
<b>TOTAL</b>	0,080324	17			

(P < 0.05)

Elaborado por: Franco, Y. 2015

Con relación a los resultados reportados en el cuadro N° 10 del análisis de varianza (ADEVA) para índice de Refracción: En el Factor A (tipo de hojas) existió diferencia significativa. En el Factor B (estado de las hojas frescas y deshidratadas) y en las interacciones AB también existió diferencia significativa. Con respecto a las réplicas no existió diferencia significativa por lo que revela que existe normalidad en la toma de datos y es confiable el análisis estadístico.

#### 4.1.1.4. Análisis de varianza para Rendimiento

**CUADRO N° 11: Análisis de varianza para rendimiento**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
Factor A	2,5623	2	1,28115	988,03	0,0000
Factor B	1,46205	1	1,46205	1127,54	0,0000
Replicas	0,0021	2	0,00105	0,81	0,4721
INTERACCIONES					
AB	0,142033	2	0,0710167	54,77	0,0000
RESIDUOS	0,0129667	10	0,00129667		
TOTAL (CORREGIDO)	4,18145	17			

(P < 0.05)

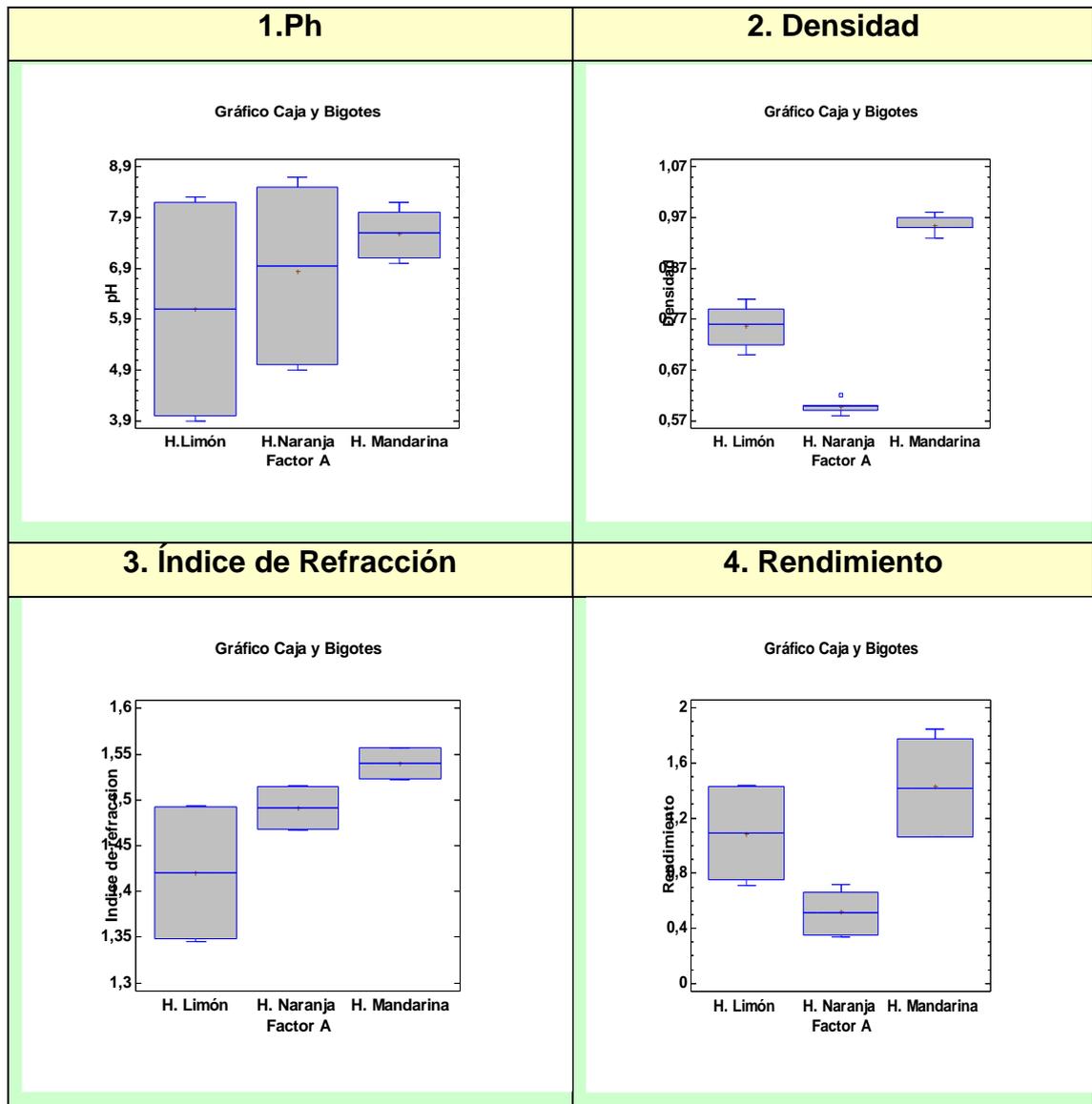
**Elaborado por:** Franco, Y. 2015

Con relación a los resultados reportados en el cuadro N° 11 del análisis de varianza (ADEVA) para Rendimiento: En el Factor A (tipo de hojas) existió diferencia significativa. En el Factor B (estado de las hojas frescas y deshidratadas) y en las interacciones AB también existió diferencia significativa. Con respecto a las réplicas no existió diferencia significativa por lo que revela que existe normalidad en la toma de datos y es confiable el análisis estadístico.

## 4.2.2. Resultados con respecto a los Factores de Estudio (prueba de significación de Tukey)

### 4.2.2.1. Resultados con respecto al Factor A (Tipos de Hojas).

**GRÁFICO N° 1:** Resultados obtenidos de la prueba de tukey ( $p < 0.05$ ) entre los niveles: ( $a_0$ ) Hojas de limón, ( $a_1$ ) Hojas de Naranja y ( $a_2$ ) Hojas de Mandarina. Revela. 1.- pH ( $a_0 = 6,1$ ;  $a_1 = 6,83333$ ;  $a_2 = 7,58333$ ) 2.- Densidad ( $a_0 = 0,756667$ ;  $a_1 = 0,598333$ ;  $a_2 = 0,955$ ) 3.- Índice de Refracción ( $a_0 = 1,41983$ ;  $a_1 = 1,4915$ ;  $a_2 = 1,53967$ ) 4.- Rendimiento ( $a_0 = 1,08667$ ;  $a_1 = 0,516667$ ;  $a_2 = 1,43167$ ).

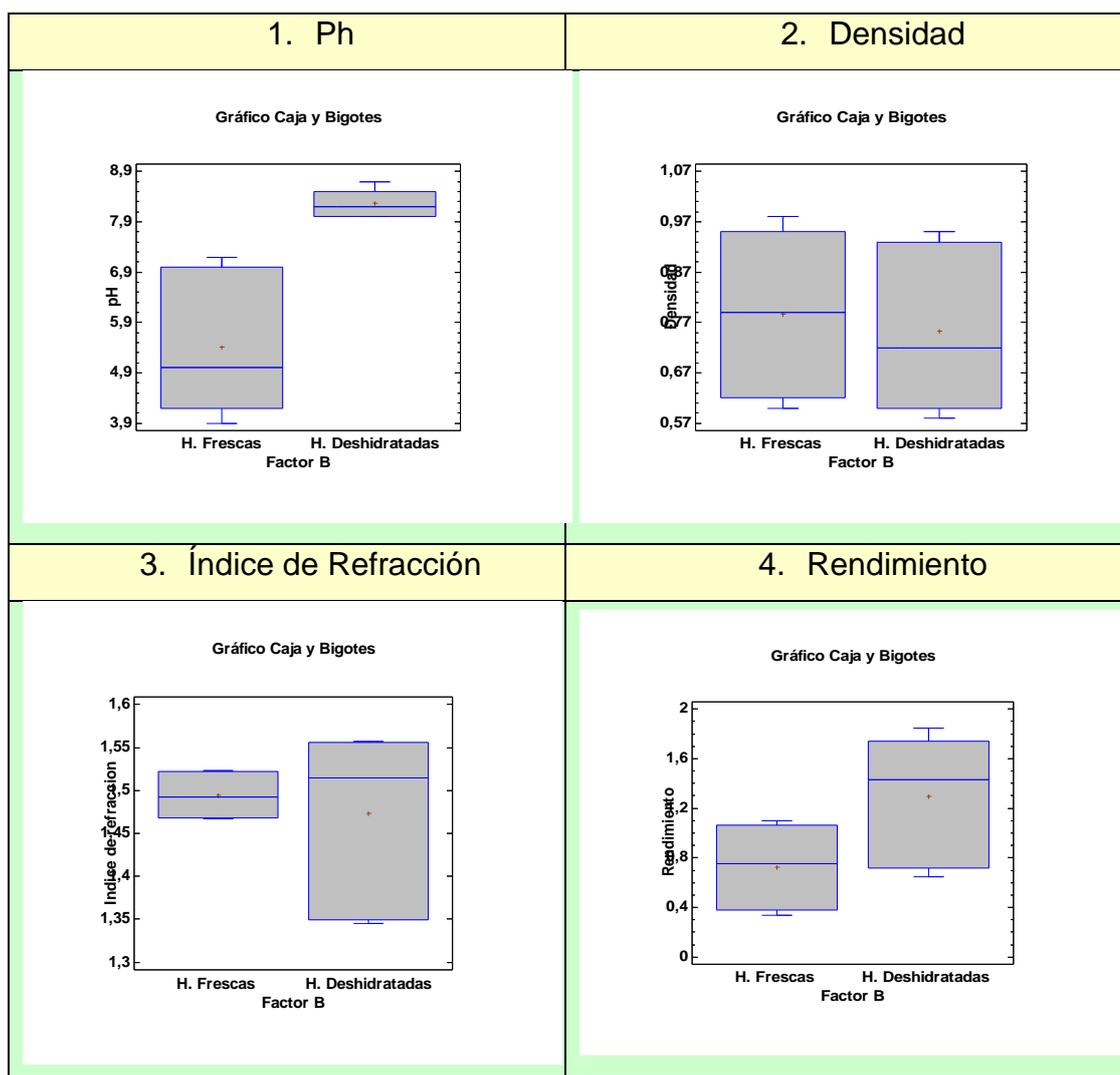


Elaborado por: Franco, Y. 2015

En el gráfico 1 se exponen los valores de las diferencias de medias de entre los niveles del Factor A. existió diferencia significativa en pH y el valor más alto presento  $a_2$  (7,58333), densidad el valor más alto nos dio  $a_2$  (0,955504), en índice de refracción el valor más alto fue  $a_2$  (1,53969), y en lo que respecta a rendimiento el valor más alto es  $a_2$  (1,43217).

#### 4.1.2.2. Resultados con respecto al Factor B (Estado de las hojas).

**GRÁFICO N° 2:** Resultados adquiridos de la prueba de tukey ( $p < 0.05$ ) entre los niveles: ( $b_0$ ) Estado Fresco, ( $b_1$ ) Estado Deshidratado Revela. 1.- pH ( $b_0 = 5,40999$ ;  $b_1 = 8,27031$ ) 2.- Densidad ( $b_0 = 0,753838$ ;  $b_1 = 0,761695$ ) 3.- Índice de Refracción ( $b_0 = 1,47314$ ;  $b_1 = 1,49423$ ; 4.- Rendimiento ( $b_0 = 0,732409$ ;  $b_1 = 1,29717$ ).



Elaborado por: Franco, Y. 2015

En el gráfico 2 se descubren los valores alcanzados en la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para el Factor B. en el pH en los dos niveles el valor más alto fue  $b_1$  (8,27031), a lo que respecta a densidad entre los dos niveles el valor más alto nos dio  $b_0$  (0,790187), en lo que respecta al análisis de índice de refracción entre los dos niveles el valor más alto fue  $b_0$  (1,49423), a lo que respecta a el rendimiento el valor más alto es  $b_1$  (1,29717).

## 4.2. Discusión

### 4.2.1. Discusión de Resultados con relación a las variables estudiadas en el aceite esencial de hojas de Cítricos.

#### 4.2.1.1. Discusión con relación al Factor A (Tipos de Hojas)

En lo que respecta a pH se obtuvieron valores de 6,1 a<sub>0</sub> (hojas de limón), 6,83333 a<sub>1</sub> (hojas de naranja) y 7,58333 a<sub>2</sub> (hojas de mandarina) y estos valores son superiores establecido por Murillo E., Fernández K., Sierra D. & Viña A.; en su investigación titulada: Caracterización físico-química del aceite esencial de albahaca. II (2004) (5).

En lo que respecta a densidad se obtuvieron valores de 0,756667 g/mL a<sub>0</sub> (hojas de limón), 0,598333 g/mL a<sub>1</sub> (hojas de naranja) los cuales son inferiores a los expuestos por Murillo E., Fernández K., Sierra D. & Viña A.; y el valor 0,955 g/mL a<sub>2</sub> (hojas de mandarina) se encontró dentro del rango a lo establecido por Murillo E., Fernández K., Sierra D. & Viña A.; en su investigación titulada: Caracterización físico-química del aceite esencial de albahaca. II (2004) (0,8 - 1,2 g/mL).

En cuanto a índice de refracción se observaron valores de 1,41983 a<sub>0</sub> (hojas de limón), el cual se encuentra dentro del rango a lo propuesto en la NMX NMX-F-062, y los valores de 1,4915 a<sub>1</sub> (hojas de naranja) y 1,53967 a<sub>2</sub> (hojas de mandarina) se encuentra superior a lo expuesto por la NMX NMX-F-062 (1974) (1.4745 - 1.4770).

En lo que respecta a rendimiento se obtuvieron valores de 1,08667 a<sub>0</sub> (hojas de limón), 0,516667 a<sub>1</sub> (hojas de naranja), 1,43167 a<sub>2</sub> (hojas de mandarina) los cuales se encuentran dentro del rango a lo propuesto por Durán D., Monsalve L, Martínez J & Stashenko E.; en su investigación titulada; Estudio comparativo de la composición química de aceites esenciales de (*lippia alba*) provenientes de diferentes regiones de Colombia, y efecto del tiempo de destilación sobre la composición del aceite (2007) (0,30-2,50).

#### 4.2.1.2. Discusión con relación al Factor B (Estado de las Hojas).

Los efectos de mi ensayo confirma que en el Factor B (Estado de Hojas) en lo que pertenece a pH se adquirieron valores de 5,41111  $b_0$  (Estado Fresco), 8,26667  $b_1$  (Estado Deshidratado) por lo que podemos mencionar que estos valores se encuentran superiores establecido por Murillo E., Fernández K., Sierra D. & Viña A.; en su investigación titulada: Caracterización físico-química del aceite esencial de albahaca. II (2004) (5).

En lo que respecta a densidad se obtuvieron valores de 0,786667  $b_0$  (Hojas Fresco); 0,753333  $b_1$  (Hojas de Deshidratadas) los cuales son inferiores a los expuestos por Murillo E., Fernández K., Sierra D. & Viña A.; en su investigación titulada: Caracterización físico-química del aceite esencial de albahaca. II (2004) (0,8 -1,2 g/mL).

En cuanto a índice de refracción se observó el valor de 1,47311  $b_1$  (Hojas Deshidratadas) se encuentran dentro del rango a lo propuesto en la NMX NMX-F-062, y el valor 1,49422  $b_0$  (Hojas Frescas) se encuentra superior a lo expuesto por la NMX NMX-F-062 (1974) (1.4745 - 1.4770).

En lo que corresponde al rendimiento se obtuvieron valores de 0,726667  $b_0$  (Hojas Frescas), 1,29667  $b_1$  (Hojas Deshidratadas), los cuales se encuentran dentro del rango a lo propuesto por Durán D., Monsalve L, Martínez J & Stashenko E.; en su investigación titulada Estudio comparativo de la composición química de aceites esenciales de (*lippia alba*) provenientes de diferentes regiones de Colombia, y efecto del tiempo de destilación sobre la composición del aceite (2007) (0,30-2,50).

## **CAPÍTULO V**

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

#### 5.1.1. Conclusión de Resultados con relación a las variables estudiadas en el aceite esencial de hojas de Cítricos.

##### 5.1.1.1. Conclusión con relación al Factor A (Tipos de Hojas)

Con relación a pH: existió diferencia significativa, se acepta la hipótesis alternativa y se concluye que el valor más alto presentó el nivel  $a_2$  (7,58333) (*Hojas de Mandarina*), seguido por el nivel  $a_1$  (6,1) hojas de naranja frente al nivel más bajo  $a_0$  (6,83333) (*Hojas de Limón*) los cuales son inferiores a los reportados por Murillo E., Fernández K., Sierra D. & Viña A.; en su investigación titulada: Caracterización físico-química del aceite esencial de albahaca. II (2004) (5).

En lo que respecta a densidad; existió diferencia significativa, se acepta la hipótesis alternativa y se concluye que el valor más bajo presento  $a_1$  (0,598333) Hojas de naranja; seguido por  $a_0$  0,756667 (hojas de limón) los cuales son inferiores a los expuestos por Murillo E., Fernández K., Sierra D. & Viña A.; y el valor  $a_2$  0,955 (hojas de mandarina) se encontró dentro del rango a lo establecido por Murillo E., Fernández K., Sierra D. & Viña A.; en su investigación titulada: Caracterización físico-química del aceite esencial de albahaca. II (2004) (0,8 - 1,2 g/mL).

En todo lo que pertenece a la variable índice de refracción; existió diferencia significativa, se acepta la hipótesis alternativa y se concluye que el valor más alto presento el valor  $a_2$  1,53967 (hojas de mandarina), seguido por  $a_1$  1,4915 (hojas de naranja), los cuales se encuentran superiores a lo expuesto por la NMX-F-062; mientras que el valor de  $a_0$  1,41983 (hojas de limón), se encuentran dentro del rango a lo expuesto por la NMX-F-062 (1974) (1.4745 - 1.4770).

En lo que corresponde al rendimiento; existió diferencia significativa, se acepta la hipótesis alternativa y se concluye que el valor más alto presento  $a_2$  1,43167 (hojas de mandarina), seguido por el valor  $a_0$  1,08667 (hojas de limón) y el valor más bajo fue  $a_1$  0,516667 (hojas de naranja), los cuales se encuentran dentro del rango a lo propuesto por Durán D., Monsalve L, Martínez J & Stashenko E.; en

su investigación titulada Estudio comparativo de la composición química de aceites esenciales de (*lippia alba*) provenientes de diferentes regiones de Colombia, y efecto del tiempo de destilación sobre la composición del aceite (2007) (0,30-2,50).

#### **5.1.1.2. Conclusión con relación al Factor B (Estado de las Hojas).**

Con razón a pH; existió diferencia significativa, se acepta la hipótesis alternativa y se concluye que el valor más alto presentó el nivel  $b_1$  8,26667 (Estado Deshidratado) y el nivel más bajo  $b_0$  5,41111 (Estado Fresco), por lo que podemos mencionar que estos valores se encuentran superiores establecido por Murillo, Fernández, Sierra & Viña; en su investigación titulada: Caracterización físico-química del aceite esencial de albahaca. II (2004) (5).

En lo que hace referencia a Densidad; existió diferencia significativa, se acepta la hipótesis alternativa y se concluye que el valor más alto presentó el nivel  $b_0$  0,786667 (Hojas Fresco), el nivel más bajo  $b_1$  0,753333 (Estado de Deshidratado) los cuales son inferiores a los expuestos por Murillo, Fernández, Sierra & Viña; en su investigación titulada: Caracterización físico-química del aceite esencial de albahaca. II (2004) (0,8 -1,2 g/mL).

Con lo que respeta a Índice de Refracción; existió diferencia significativa, se acepta la hipótesis alternativa y se concluye que el valor de 1,47311  $b_1$  (Estado Deshidratado) se encuentran dentro del rango a lo propuesto en la NMX NMX-F-062, y el valor 1,49422  $b_0$  (Estado de Fresco) se encuentra superior a lo expuesto por la NMX NMX-F-062 (1974) (1.4745 - 1.4770).

En lo que compete a Rendimiento; existió diferencia significativa, se acepta la hipótesis alternativa y se concluye que el valor más alto presentó 1,29667  $b_1$  (Estado Deshidratado), y el valor más bajo 0,726667  $b_0$  (Hojas Frescas), los cuales se encuentran dentro del rango a lo propuesto por Durán, Monsalve, Martínez, Stashenko en su investigación titulada Estudio comparativo de la composición química de aceites esenciales de (*lippia alba*) provenientes de diferentes regiones de Colombia, y efecto del tiempo de destilación sobre la composición del aceite (2007) (0,30-2,50).

## **5.2. Recomendaciones**

### **5.2.1. De los tipos de Hojas (Factor A)**

- En lo que incumbe al uso del tipo de Hojas de Cítricos, en relación a mejores contenidos de pH hojas de limón; Densidad, Índice de refracción y rendimiento es recomendable utilizar las hojas de mandarina en la extracción de aceite esencial.

### **5.2.2. De los estados de las Hojas (Factor B)**

- En lo que compete al estado de las hojas, en relación a mejores contenido de pH, Densidad estado frescas; referente a rendimiento e Índice de refracción es recomendable utilizar el estado deshidratado ya que se obtiene un mayor rendimiento en la extracción de aceite esencial.

## **CAPÍTULO VI**

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### 6.1. Literatura Citada

- Aldana, H. (2001). *Terranova Enciclopedia Agropecuaria: Produccion Agricola* 1. Bogotá, Colombia : Terranova Editores Ltda. .
- Asbahani, A., Miladi, K., Bradi, W., Sala, M., Addi, E., Casabianca, A., y otros. (2015). Aceites esenciales: desde la extracción hasta la encapsulación. *Science Direct*, 220-243.
- Attaway, J., Pieringer, A., & Barabas, L. (1967). El origen del sabor cítrico componentes-III. ☆ : Un estudio de las variaciones porcentuales en cáscara y el aceite de hoja terpenos durante una temporada. *Science Direct* , 25-32.
- Bonamin, F., Moraes , T., Dos Santo , R., Kushima , H., Faria , F., Silva , M., y otros. (2014). El efecto de un constituyente menor de aceite esencial de *Citrus aurantium* : El papel de la  $\beta$ -mirceno en la prevención de la enfermedad de úlcera péptica. *Science Direct*, 11-19.
- Cerón, I., & Cardona, C. (2010 ). Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de naranja . *SCielo* .
- De Martino , L., Nazarro, F., Mancini, E., & De Feo, V. (2015). Capítulo 58 - Aceites esenciales de plantas aromáticas mediterráneas. *Science Direct*, 649-661.
- Espina , L., Somolinos , M., Lorán , S., Conchello , P., García , D., & Pagán , R. (2011 ). La composición química de los aceites esenciales de cítricos comercial de frutas y evaluación de su actividad antimicrobiana actuando solo o en procesos combinados. *Science Direct* , 896-902.
- Faleiro, M., & Miguel, M. (2013). Capítulo 6 - El uso de los aceites esenciales y sus componentes contra Bacterias resistentes a múltiples fármacos. *Science Direct* , 65-94.

- Fan, H., Wu, Q., Simon, J., Neng Lou, S., & Tanh Ho, C. (2015). Análisis de autenticidad de aceites esenciales de cítricos mediante HPLC-UV-MS en componentes heterocíclicos oxigenados. *Science Direct*, 30-39.
- Freitas, D., Queiroz, D., & Machado, M. (2003). Implicaciones taxonómicas de un estudio de la evolución de ADN cp en la tribu Citreae. *Science Direct*, 55-62.
- Gavahiana, M., Farhoosha, R., Javidniab, K., Shahidia, F., & Farahnakyc, A. (2015). Efecto de la tensión aplicada y la frecuencia de los parámetros de extracción y los aceites esenciales extraídos de *Mentha piperita* por hidrodestilación asistida óhmica. *Science Direct*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2010). Metodología de la investigación. McGrawHill.
- Hossain, M., Saliha, R., Afaf, M., Qasim, A., & Jamal, N. (2014). Comparación de los componentes químicos y en vitro actividades antimicrobianas de tres marcas de aceites esenciales de clavo de la región de Golf. *Science Direct*, 262-268.
- Kefford, J. F. (1960). Los componentes químicos de Cítricos. *Science Direct*, 285-372.
- Lago, S., Rodríguez, H., Arce, A., & Soto, A. (2014). Mejora de la concentración de aceite esencial de cítricos mediante extracción con disolventes líquidos iónicos acetato. *Science Direct*, 37-44.
- Lota, L. M., Serra, D. D., Tomi, F., & Casanova, J. (2000). Variabilidad química de cáscara y de la hoja aceites esenciales de mandarinas de *Citrus reticulata* Blanco. *Science Direct*, 61-78.
- Luro, F., Venturini, N., Costantino, G., Paolini, J., Ollitrault, P., & Costa, J. (2012). La diversidad genética y química de limón (*Citrus medica* L.) en base a marcadores nucleares y citoplasmáticos y la hoja de composición del aceite esencial. *Science Directa*, 186-196.

- Militello, M., Settanni, L., Aleo, A., Mammina, C., Moschetti, G., & Giammanco, G. (2011). Composición química y potencial antibacteriano de *Artemisia arborescens* L. aceite esencial. *Science Direct*, 1274-81.
- Mohammed, H., & Saad, A. (2010). La contaminación de las especias comunes en Arabia Saudita mercados con potencial de hongos productores de micotoxinas. *Science Direct* , 167-175.
- Muñosa, L. (2014). Caracterización fototérmica de aceites esenciales de cítricos y sus derivados. *Science Direct* , 40-44 .
- Murillo, E., Fernández , K., Sierra, D., & Viña , A. (2004). Caracterización Físico-Química del A ceite Esencial de AlBahaca . II. *Revista Colombiana de Química*, VOLUMEN 33, No. .
- Ojito, K., Herrera , Y., Vega, N., & Portal , O. (2012). Actividad Antioxidante in vitro y Toxicidad de extractos Hidroalcolicos de Hojas de Citrus spp.(Rutaceae). *SCIELO* , vol. 17 .
- Pavlica, B. S., & Vlaica, J. (2015). Aislamiento de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) aceite esencial mediante extracciones verdes en comparación con las técnicas tradicionales. *Science Direct*, 220-243.
- Ramirez , L., Isaza, J., Veloza , L., Stashenko, E., & Marín , D. (2009). Actividad antibacteriana de aceites esenciales de *Lippia origanoides* de diferentes orígenes de Colombia. *Science Direct*, 313-321.
- Reichling, J., Schnitzler, P., Suschke, U., & Saller, R. (2009). Los aceites esenciales de plantas aromáticas con antibacterianos, antifúngicos, antivirales y citotóxicos propiedades de una visión general. *Science Direct* , 79-90.
- Saidan, M., Dhifi, W., & Marzouk, B. (2004). Evaluación de lípidos de algunas semillas de cítricos Tuisian. *Science Direct*, 242-250.
- Sharma , N., & Tripathi, A. (2008). Efectos de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck epicarpio aceite esencial en el crecimiento y la morfogénesis de *Aspergillus niger* (L.) Van Tieghem. *Science Direct* , 337-344.

Silalahi, J. (2002). Contra el cáncer y la salud propiedades protectoras de componentes cítricos. *Science Direct* , 79-84.

Stashenko, E. (2009). *Aceites Esenciales*. Santander: Division de Publicaciones UIS.

Tong-Yanga, L., Ping-Qic, Y., Bin-Lua, Y., Guob, P., Sangb, W., Fenga, H., y otros. (2013). Análisis del perfil de proteínas de las raíces *Citrus sinensis* en respuesta a la deficiencia de boro-largo plazo ☆. *Science Direct*, 176-206.

## **CAPÍTULO VII**

## 6. ANEXOS

### ANEXO 1. VALORES PROMEDIOS DEL ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO

N°	Tratamientos	Ph			DENSIDAD			INDICE DE REFEFRACCIÓN			RENDIMIENTO		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	4	4,2	3,9	0,76 g/cm <sup>3</sup>	0,79 g/cm <sup>3</sup>	0,81 g/cm <sup>3</sup>	1,492	1,492	1,493	0,71	0,79	0,75
2	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	8,2	8	8,3	0,70 g/cm <sup>3</sup>	0,72 g/cm <sup>3</sup>	0,76 g/cm <sup>3</sup>	1,345	1,349	1,348	1,4	1,44	1,43
3	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	4,9	5	5,4	0,60g/cm <sup>3</sup>	0,62g/cm <sup>3</sup>	0,60g/cm <sup>3</sup>	1,467	1,468	1,468	0,38	0,35	0,34
4	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	8.5	8,7	8,5	0,58 g/cm <sup>3</sup>	0,58 g/cm <sup>3</sup>	0,59 g/cm <sup>3</sup>	1,515	1,516	1,515	0,65	0,72	0,66
5	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	7	7,1	7,2	0,95 g/cm <sup>3</sup>	0,97 g/cm <sup>3</sup>	0,98 g/cm <sup>3</sup>	1,523	1,523	1,522	1,06	1,06	1,1
6	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	8	8,2	8	0,95 g/cm <sup>3</sup>	0,93 g/cm <sup>3</sup>	0,95 g/cm <sup>3</sup>	1,556	1,557	1,557	1,78	1,74	1,85

Elaborado por: Franco, Y. 2015

**ANEXO 2. FOTOS DE LA FASE EXPERIMENTAL  
EQUIPO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL**



**BALON Y DESTILADOR**



**OLLA DE PRESIÓN Y DESTILADOR**



**PUESTA DE LA MUETRA**



**PROCESO DE EXTRACCION EN EL EQUIPO**

Elaborado por: Franco, Y. 2015

## DENSIDAD



**PESO DE PICNOMETRO VACIO**



**UBICACION DE LA MUESTRA EN EL  
PICNOMETRO**



**PESO DEL PICNOMETRO CON LA MUESTRA**



**TOMA DE DATOS**

Elaborado por: Franco, Y. 2015

## Índice de Refracción



**REFRACTOMETRO**



**DESINFECTANDO EL REFRACTOMETRO**



**UBICACIÓN DE LA MUESTRA**



**TOMA DE DATOS**

Elaborado por: Franco, Y. 2015

## DESHIDRATACIÓN DE LAS HOJAS



**HOJAS FRESCAS**



**PESADO DE LA MUESTRA**



**UBICACIÓN DE LA MUESTRA EN LA ESTUFA**



**HOJAS DESHIDRATADAS**

Elaborado por: Franco, Y. 2015

### ANEXO 3. PRUEBAS DE SIGNIFICACIÓN TUKEY EN STATGRAPHICS

pH					Pruebas de Múltiple Rangos para pH por Factor B																																				
<b>Pruebas de Múltiple Rangos para pH por Factor A</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD					Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD																																				
<i>Factor A</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Factor B</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>																																
1	6	6,1	0,0656873	X	1	9	5,41111	0,0536334	X																																
2	6	6,83333	0,0656873	X	2	9	8,26667	0,0536334	X																																
3	6	7,58333	0,0656873	X																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th><i>Contraste</i></th> <th><i>Sig.</i></th> <th><i>Diferencia</i></th> <th><i>+/- Límites</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 – 2</td> <td style="text-align: center;">*</td> <td style="text-align: center;">-0,733333</td> <td style="text-align: center;">0,254931</td> </tr> <tr> <td>1 – 3</td> <td style="text-align: center;">*</td> <td style="text-align: center;">-1,48333</td> <td style="text-align: center;">0,254931</td> </tr> <tr> <td>2 – 3</td> <td style="text-align: center;">*</td> <td style="text-align: center;">-0,75</td> <td style="text-align: center;">0,254931</td> </tr> </tbody> </table>					<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>	1 – 2	*	-0,733333	0,254931	1 – 3	*	-1,48333	0,254931	2 – 3	*	-0,75	0,254931	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th><i>Contraste</i></th> <th><i>Sig.</i></th> <th><i>Diferencia</i></th> <th><i>+/- Límites</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 – 2</td> <td style="text-align: center;">*</td> <td style="text-align: center;">-2,85556</td> <td style="text-align: center;">0,169003</td> </tr> </tbody> </table>					<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>	1 – 2	*	-2,85556	0,169003								
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>																																						
1 – 2	*	-0,733333	0,254931																																						
1 – 3	*	-1,48333	0,254931																																						
2 – 3	*	-0,75	0,254931																																						
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>																																						
1 – 2	*	-2,85556	0,169003																																						
* indica una diferencia significativa.					* indica una diferencia significativa.																																				
<b>Pruebas de Múltiple Rangos para pH por Replicas</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD					<b>Densidad</b> <b>Pruebas de Múltiple Rangos para Densidad por Factor A</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD																																				
<i>Replicas</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Factor A</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>																																
1	6	6,76667	0,0656873	X	2	6	0,598333	0,00695222	X																																
2	6	6,86667	0,0656873	X	1	6	0,756667	0,00695222	X																																
3	6	6,88333	0,0656873	X	3	6	0,955	0,00695222	X																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th><i>Contraste</i></th> <th><i>Sig.</i></th> <th><i>Diferencia</i></th> <th><i>+/- Límites</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 – 2</td> <td></td> <td style="text-align: center;">-0,1</td> <td style="text-align: center;">0,254931</td> </tr> <tr> <td>1 – 3</td> <td></td> <td style="text-align: center;">-0,116667</td> <td style="text-align: center;">0,254931</td> </tr> <tr> <td>2 – 3</td> <td></td> <td style="text-align: center;">-0,0166667</td> <td style="text-align: center;">0,254931</td> </tr> </tbody> </table>					<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>	1 – 2		-0,1	0,254931	1 – 3		-0,116667	0,254931	2 – 3		-0,0166667	0,254931	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th><i>Contraste</i></th> <th><i>Sig.</i></th> <th><i>Diferencia</i></th> <th><i>+/- Límites</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 – 2</td> <td style="text-align: center;">*</td> <td style="text-align: center;">0,158333</td> <td style="text-align: center;">0,0269815</td> </tr> <tr> <td>1 – 3</td> <td style="text-align: center;">*</td> <td style="text-align: center;">-0,198333</td> <td style="text-align: center;">0,0269815</td> </tr> <tr> <td>2 – 3</td> <td style="text-align: center;">*</td> <td style="text-align: center;">-0,356667</td> <td style="text-align: center;">0,0269815</td> </tr> </tbody> </table>					<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>	1 – 2	*	0,158333	0,0269815	1 – 3	*	-0,198333	0,0269815	2 – 3	*	-0,356667	0,0269815
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>																																						
1 – 2		-0,1	0,254931																																						
1 – 3		-0,116667	0,254931																																						
2 – 3		-0,0166667	0,254931																																						
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>																																						
1 – 2	*	0,158333	0,0269815																																						
1 – 3	*	-0,198333	0,0269815																																						
2 – 3	*	-0,356667	0,0269815																																						
* indica una diferencia significativa.					* indica una diferencia significativa.																																				
<b>Pruebas de Múltiple Rangos para Densidad por Factor B</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD					<b>Pruebas de Múltiple Rangos para Densidad por Replicas</b> Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD																																				
<i>Factor B</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Replicas</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>																																
2	9	0,753333	0,00567646	X	1	6	0,76	0,00695222	X																																
1	9	0,786667	0,00567646	X	2	6	0,768333	0,00695222	X																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th><i>Contraste</i></th> <th><i>Sig.</i></th> <th><i>Diferencia</i></th> <th><i>+/- Límites</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 – 2</td> <td style="text-align: center;">*</td> <td style="text-align: center;">0,0333333</td> <td style="text-align: center;">0,0178869</td> </tr> </tbody> </table>					<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>	1 – 2	*	0,0333333	0,0178869	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th><i>Contraste</i></th> <th><i>Sig.</i></th> <th><i>Diferencia</i></th> <th><i>+/- Límites</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 – 2</td> <td></td> <td style="text-align: center;">-0,00833333</td> <td style="text-align: center;">0,0269815</td> </tr> <tr> <td>1 – 3</td> <td></td> <td style="text-align: center;">-0,0216667</td> <td style="text-align: center;">0,0269815</td> </tr> <tr> <td>2 – 3</td> <td></td> <td style="text-align: center;">-0,0133333</td> <td style="text-align: center;">0,0269815</td> </tr> </tbody> </table>					<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>	1 – 2		-0,00833333	0,0269815	1 – 3		-0,0216667	0,0269815	2 – 3		-0,0133333	0,0269815								
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>																																						
1 – 2	*	0,0333333	0,0178869																																						
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>																																						
1 – 2		-0,00833333	0,0269815																																						
1 – 3		-0,0216667	0,0269815																																						
2 – 3		-0,0133333	0,0269815																																						
* indica una diferencia significativa.					* indica una diferencia significativa.																																				

Elaborado por: Franco, Y. 2015

<b>Índice de Refracción</b>					<b>Pruebas de Múltiple Rangos para Índice de refracción por Factor B</b>				
Pruebas de Múltiple Rangos para Índice de refracción por Factor A					Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD				
Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD					Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD				
Factor A	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos	Factor B	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	1,41983	0,00035746	X	2	9	1,47311	0,000291865	X
2	6	1,4915	0,00035746	X	1	9	1,49422	0,000291865	X
3	6	1,53967	0,00035746	X					
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites		Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
1 - 2	*	-0,0716667	0,0013873		1 - 2	*	0,0211111	0,000919688	
1 - 3	*	-0,119833	0,0013873		* indica una diferencia significativa.				
2 - 3	*	-0,0481667	0,0013873						
* indica una diferencia significativa.					<b>Rendimiento</b>				
<b>Pruebas de Múltiple Rangos para Índice de refracción por Replicas</b>					<b>Pruebas de Múltiple Rangos para Rendimiento por Factor A</b>				
Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD					Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD				
Replicas	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos	Factor A	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	1,483	0,00035746	X	2	6	0,516667	0,0124722	X
3	6	1,48383	0,00035746	X	1	6	1,08667	0,0124722	X
2	6	1,48417	0,00035746	X	3	6	1,43167	0,0124722	X
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites		Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
1 - 2		-0,00116667	0,0013873		1 - 2	*	0,57	0,0628519	
1 - 3		-0,000833333	0,0013873		1 - 3	*	-0,345	0,0628519	
2 - 3		0,000333333	0,0013873		2 - 3	*	-0,915	0,0628519	
* indica una diferencia significativa.					* indica una diferencia significativa.				
<b>Pruebas de Múltiple Rangos para Rendimiento por Factor B</b>					<b>Pruebas de Múltiple Rangos para Rendimiento por Replicas</b>				
Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD					Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD				
Factor B	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos	Replicas	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	9	0,726667	0,0101835	X	1	6	0,996667	0,0124722	X
2	9	1,29667	0,0101835	X	2	6	1,01667	0,0124722	X
					3	6	1,02167	0,0124722	X
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites		Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
1 - 2	*	-0,57	0,0399855		1 - 2		-0,02	0,0628519	
* indica una diferencia significativa.					1 - 3		-0,025	0,0628519	
					2 - 3		-0,005	0,0628519	
					* indica una diferencia significativa.				

Elaborado por: Franco, Y. 2015

## ANEXO 4. CALCULO DE LA DENSIDAD Y EL RENDIMIENTO RESULTADOS

### DENSIDAD

$$\text{Densidad } \rho = \frac{[(\text{Peso del picnómetro} + \text{muestra}) - (\text{peso del picnómetro})] (\text{g})}{\text{Volumen del aceite esencial (ml)}}$$

#### TRATAMIENTO 1

a<sub>0b0</sub> (hojas de limón en estado fresco)

##### Repetición 1

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(18,251) - (17,491\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,76 \text{ g/cm}^3$$

##### Repetición 2

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(14,616) - (13,820\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,79 \text{ g/ cm}^3$$

##### Repetición 3

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(15,898) - (15,088)}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,81 \text{ g/ cm}^3$$

#### TRATAMIENTO 2

a<sub>0b1</sub> Hojas de limón en estado deshidratado

##### Repetición 1

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(16,850) - (16,158\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,70 \text{ g/ cm}^3$$

### Repetición 2

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(18,320) - (17,600\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,72 \text{ g/cm}^3$$

### Repetición 3

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(12,630) - (11,930\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,76 \text{ g/cm}^3$$

## TRATAMIENTO 3

a<sub>1</sub>b<sub>0</sub> Hojas de naranja en estado fresco

### Repetición 1

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(13,562) - (12,962\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,60\text{g/cm}^3$$

### Repetición 2

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(13,539) - (12,919\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,62 \text{ g/cm}^3$$

### Repetición 3

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(13,550) - (12,950\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,60 \text{ g/cm}^3$$

## TRATAMIENTO 4

a<sub>1</sub>b<sub>1</sub> Hojas de naranja en estado deshidratado

### Repetición 1

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(12,290) - (11,710\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,58 \text{ g/cm}^3$$

### Repetición 2

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(18,780) - (18,200\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,58 \text{ g/cm}^3$$

### Repetición 3

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(11,546) - (10,956\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,59 \text{ g/cm}^3$$

## TRATAMIENTO 5

a<sub>2</sub>b<sub>0</sub> Hojas de mandarina+ estado fresco

### Repetición 1

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(13,237) - (12,287, \text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,95 \text{ g/cm}^3$$

### Repetición 2

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(13,058) - (12,087\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,97 \text{ g/cm}^3$$

### Repetición 3

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(13,147) - (12,167\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,98 \text{ g/cm}^3$$

### TRATAMIENTO 6

a2b1 Hojas de mandarina en estado deshidratado

### Repetición 1

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(12,592) - (11,642\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,95 \text{ g/cm}^3$$

### Repetición 2

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(17,261) - (16,331\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,93\text{g/cm}^3$$

### Repetición 3

$$\text{Densidad } \rho = \frac{(18,221) - (17,271\text{g})}{1\text{ml}}$$

$$\text{Densidad } \rho = 0,95\text{g/cm}^3$$

**Tabla de densidad de los aceites esenciales**

Tratamientos	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
T1	0,76 g/cm <sup>3</sup>	0,79 g/ cm <sup>3</sup>	0,81 g/ cm <sup>3</sup>
T2	0,70 g/cm <sup>3</sup>	0,72 g/ cm <sup>3</sup>	0,76 g/ cm <sup>3</sup>
T3	0,84 g/ cm <sup>3</sup>	0,82 g/ cm <sup>3</sup>	0,85 g/ cm <sup>3</sup>
T4	0,81 g/ cm <sup>3</sup>	0,81 g/ cm <sup>3</sup>	0,80 g/ cm <sup>3</sup>

<b>T5</b>	0,95 g/ cm3 <sup>3</sup>	0,97 g/ cm3 <sup>3</sup>	0,98 g/ cm3 <sup>3</sup>
<b>T6</b>	0,95 g/ cm3 <sup>3</sup>	0,93g/ cm3 <sup>3</sup>	0,95 g/ cm3 <sup>3</sup>

Elaborado por: Franco, Y. 2015

### Formula de rendimiento

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso del aceite esencial extraido}}{\text{Materia prima}} * 100$$

### TRATAMIENTO 1

a0b0 (hojas de limón en estado fresco)

#### Repetición 1

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,57g}{80g} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 0,71\%$$

#### Repetición 2

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,632g}{80g} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 0,79\%$$

#### Repetición 3

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,60g}{80g} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 0,75\%$$

### TRATAMIENTO 2

a0b1 Hojas de limón en estado deshidratado

#### Repetición 1

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,56g}{40g} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 1,4 \%$$

### Repetición 2

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,576g}{40g} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 1,44\%$$

### Repetición 3

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,57g}{40g} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 1,43\%$$

## TRATAMIENTO 3

a1b0 Hojas de naranja en estado fresco

### Repetición 1

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,30g}{80g} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 0,38\%$$

### Repetición 2

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,28g}{80g} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 0,35\%$$

### Repetición 3

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,27g}{80g} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 0,34\%$$

#### TRATAMIENTO 4

a<sub>1</sub>b<sub>1</sub> Hojas de naranja en estado deshidratado

##### Repetición 1

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,26 \text{ g}}{40 \text{ g}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 0,65\%$$

##### Repetición 2

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,29 \text{ g}}{40 \text{ g}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 0,72\%$$

##### Repetición 3

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,27 \text{ g}}{40 \text{ g}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 0,66\%$$

#### TRATAMIENTO 5

a<sub>2</sub>b<sub>0</sub> Hojas de mandarina en estado fresco

##### Repetición 1

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,85 \text{ g}}{80 \text{ g}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 1,06\%$$

##### Repetición 2

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,85 \text{ g}}{80 \text{ g}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 1,06\%$$

##### Repetición 3

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,88g}{80g} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 1,10\%$$

### TRATAMIENTO 6

a2b1 Hojas de mandarina en estado deshidratado

#### Repetición 1

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,71g}{40g} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 1,78\%$$

#### Repetición 2

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,69g}{40g} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 1,74\%$$

#### Repetición 3

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,741g}{40g} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 1,85\%$$

**Tabla de rendimiento de los tratamientos**

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	0,71	0,79	0,75
T2	1,4	1,44	1,43
T3	0,38	0,35	0,34
T4	0,65	0,72	0,66
T5	1,06	1,06	1,10
T6	1,78	1,74	1,85

Elaborado por: Franco, Y. 2015

## ANEXO 5: NORMAS MEXICANAS UTILIZADAS EN EL INDICE DE REFRACCIÓN.

---

NMX-F-062-1974. ALIMENTOS. ACEITE ESENCIAL DESTILADO DE LIMÓN MEXICANO. FOODS. DISTILLED ESSENCIAL OIL OF MEXICAN LEMON. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1 Definiciones

Para los efectos de esta Norma se entiende por aceite esencial de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) destilado al aceite obtenido por destilación con arrastre de vapor de agua de la emulsión jugo-aceite obtenida por prensado del fruto del *Citrus aurantifolia* Swingle.

#### 1.2 Alcance

La presente Norma se aplica al aceite esencial de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) destilado.

#### 1.3 Usos

Este aceite se usa en la elaboración de sabores para la industria alimentaria y farmacéutica; y en la preparación de fragancias para la industria de cosméticos y perfumes.

### 2. CLASIFICACIÓN

Para los efectos de esta Norma, el aceite esencial de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle), destilado, se clasifica en un sólo tipo y grado de calidad.

### 3. ESPECIFICACIONES

#### 3.1 Especificaciones del producto

3.1.1 El producto objeto de esta Norma, debe cumplir con las siguientes especificaciones:

##### 3.1.1.1 Organolépticas

Apariencia: Líquido cristalino.

Color: De ligeramente amarillento a amarillo.

Olor: Picante, fresco, terpénico, algo frutal de tipo cítrico.

Sabor: Característico, libre de sabores extraños.

##### 3.1.1.2 Físicas y químicas

Definición	Mínima	Máxima
Rotación óptica a 20°C	+ 34.0°	+ 45.0°
Índice de refracción a 20°C	1.4745	1.4770
Densidad relativa a 25°C/25°C	0.855	0.863
Residuo a la evaporación	0.2	2.2 %
Contenido de aldehídos expresado como citral	0.5	2.0 %
Solubilidad en etanol	Soluble en 0.5 a 5 volúmenes de etanol al 90 %	

### 3.2 Especificaciones del marcado

El marcado o etiquetado de este producto debe hacerse según la Norma Mexicana NMX-K-145, en vigor. (Ver apéndice).

### 3.3 Especificaciones del envasado

El envasado de este producto debe hacerse de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-K-146, en vigor.

## 4. MUESTREO

El muestreo debe hacerse de acuerdo con la Norma Mexicana, NMX-K-144, en vigor. (Ver 6.1.1).

## 5. MÉTODOS DE PRUEBA

Rotación óptica	NMX-F-067-1972 (ver 6.1.2)
Índice de refracción	NMX-F-074-1972 (ver 6.1.3)
Densidad relativa	NMX-F-075-1972 (ver 6.1.4)
Residuo a la evaporación	NMX-F-077-1972 (ver 6.1.5)
Contenido de aldehídos	NMX-K-363-1972 (ver 6.1.6)
Solubilidad en etanol	NMX-K-081-1973 (ver 6.1.7)

## 6. APÉNDICE

### 6.1 Observaciones

- 6.1.1 El volumen mínimo de la muestra debe ser de 40 ml.
- 6.1.2 La rotación óptica debe efectuarse a 20°C, en un tubo de 100 mm. Si no se hace a esa temperatura, se debe corregir utilizando el factor de corrección  $F = 0.1003$ .
- 6.1.3 La temperatura a la cual se determina el índice de refracción es a 10°C, si no se efectúa a dicha temperatura, se debe utilizar el factor de corrección  $= 0.00046$ .
- 6.1.4 La temperatura para determinar densidad relativa debe ser de 25°C, en caso contrario se debe emplear el factor de corrección  $= 0.00057$ .
- 6.1.5 La determinación de residuo a la evaporación se lleva a cabo, empleando 5 gramos de muestra y un tiempo de calentamiento de 6 horas.

- 6.1.6 Para determinar el contenido de aldehidos, se debe utilizar 5 g de muestra y un tiempo de reposo de 15 minutos y para valorar se debe emplear una solución de KOH 0.05 N, porque la cantidad de aldehidos presente es muy pequeña. El miliequivalente del citral es 0.15223.
- 6.1.7 La temperatura a la cual se determina la solubilidad en etanol es de 20°C, utilizando etanol al 90%.

## 6.2 Normas a consultar

NMX-Z-013-1977. Norma Mexicana. "Estructuración de Normas".  
NMX-K-145-1973. Norma Mexicana. "Etiquetado y Marcado de Recipientes para Aceites Esenciales".  
NMX-K-146-1973. Norma Mexicana. "Envases para Aceites Esenciales".  
NMX-K-144-1973. Norma Mexicana. "Método de Muestreo de Aceites Esenciales".

## 6.3 BIBLIOGRAFÍA

EOA Núm. 78 Essential Oil Association of United States of America. New York. 1970.  
NF-T-75-337-1966. Association Francaise de Normalisation (AFNOR).

## 6.4 Participantes

Laboratorio Central de Hacienda y Crédito Público.  
Fritzsche Dodge y Olcott de México, S.A.  
Unión Nacional de Productores de Aceite de Limón.  
Dirección General de Alimentos.  
Secretaría de Salubridad y Asistencia  
Pepsi Cola Mexicana, S.A.

## ANEXO 6: CERTIFICADO DEL URKUND



### UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO Facultad de Ciencias de la Ingeniería Escuela de Ingeniería para el Desarrollo Agroindustrial

Teléfonos: (593-05) 2750320 – 2752430 – 2753302  
Fax: (593-05) 2753300 – 2753303  
e-mail: [info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec)  
Página web: [www.uteq.edu.ec](http://www.uteq.edu.ec)

Quevedo – Los Ríos – Ecuador  
Km. 1.5 vía a Quito

CASILLAS  
Guayaquil: 10672  
Quevedo: 73

Quevedo, 24 de junio de 2015

## CERTIFICACIÓN

PROF. FLOR MARINA FON FAY VÁSQUEZ, DOCENTE DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CERTIFICA:

En calidad de Directora de la Tesis de Grado “**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE HOJAS DE *Citrus aurantifolia* (LIMÓN SUTIL) *Citrus sinensis* (NARANJA) Y *Citrus nobilis* (MANDARINA) MEDIANTE HIDRODESTILACIÓN**”. Pevio a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial de la autoría de la Señorita: **FRANCO TORRES YULI LISSETH**, informo que este trabajo de investigación luego de ser ingresado al sistema anti plagio URKUND, reportó un porcentaje del 7%, para lo cual adjunto a continuación el reporte respectivo.

URKUND

Document	<a href="#">TESIS YULI FRANCO urkund.docx</a> (D14889058)
Submitted	2015-06-23 13:19 (-05:00)
Submitted by	<a href="mailto:fyulilissith@hotmail.com">fyulilissith@hotmail.com</a>
Receiver	<a href="mailto:ffonfay.uteq@analysis.orkund.com">ffonfay.uteq@analysis.orkund.com</a>
Message	Tesis Yuli Franco <a href="#">Show full message</a>

7% of this approx. 20 pages long document consists of text present in 3 sources.

---

Ing. M.Sc. FLOR MARINA FON FAY VÁSQUEZ  
DIRECTORA DE TESIS