

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA  
UNAN-LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**



**“DETERMINACIÓN Y COMPARACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE DOS ACEITES DE PINO (*PINUS OOCARPA SCHIEDE*) EXTRAIDOS MEDIANTE LAS TÉCNICAS DE SOXHLET Y CLEVANGER”**



**MONOGRAFÍA**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN QUÍMICA**

**PRESENTADA POR:**

**BR. HELEN DE LA CONCEPCIÓN CHÉVEZ CHÉVEZ.  
BR. ANA FRANCISCA CORONADO VELASQUEZ.  
BR. LUIS RODOLFO ESPINOZA SUAZO.**

**TUTOR  
DR. SERGIO LÓPEZ GRÍO  
LEÓN, NICARAGUA. 2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA**

**UNAN – LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**“DETERMINACIÓN Y COMPARACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE DOS ACEITES DE PINO (*PINUS OOCARPA SCHIEDE*) EXTRAIDOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE SOXHLET Y CLEVANGER”**

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADOS EN QUÍMICA**

**PRESENTADA POR:**

**BR. HELEN DE LA CONCEPCIÓN CHÉVEZ CHÉVEZ.**

**BR. ANA FRANCISCA CORONADO VELASQUEZ.**

**BR. LUIS RODOLFO ESPINOZA SUAZO.**

**TUTOR**

**DR. SERGIO LÓPEZ GRÍO**

**LEÓN, NICARAGUA, 2014**

## DEDICATORIA

Somos el producto de una suma general de fe, de empeño y porque no decirlo de coraje que tiene sus raíces en lo que somos como seres humanos; por lo tanto debemos reconocer la grandeza de quienes contribuyen en la formación, conquista y materialización de un sueño, por tanto en un solo pensamiento podemos dedicarlo como una ofrenda a la vida misma y traer a nuestros recuerdos a todos los artífices que uno a uno llenaron la copa de la sabiduría.

A Dios: Supremo alquimista, dueño de toda la verdad, de cuya mente brota el río de la vida, en donde se puede abreviar y saciar las ansias de saber; del que nunca ha postrado su mente para pensar en la grandeza de aquel que nos dio la vida como un don, y que siendo padre nos ama más allá de toda lógica, de toda ciencia, de todo espacio y tiempo.

A nuestros padres: Instrumentos de Dios; guardianes, donde con ansias de amor y de sed acudimos a saciar nuestros anhelos; a ellos que siempre confían, titanes porque nunca descansan, apóstoles porque nunca abandonan, generosos porque siempre dan más allá del dolor, ejemplo porque son las raíces de las cuales brotamos como semillas del agricultor perfecto.

A nuestros maestros: Arquitectos del prototipo humano, gladiadores incansables, martillos del saber, guerreros de todos los tiempos, forjadores del mañana, deseamos en estas palabras valorar su obra, muchas veces olvidada y menospreciada, en nuestro desempeño están sus esfuerzos, gracias por no rendirse, por perdonar nuestros errores y hacer de nosotros la esperanza del mañana.

A nuestros compañeros y amigos: Hermanos de la lucha, solidarios, respetuosos, generosos; a todos los presentes y ausentes, porque en solitario esta labor no se hubiese culminado, es el logro de todos, la lucha de todos, porque todos aportamos y esta obra es la suma de todos. Porque estamos atados por los lazos que el corazón impone y eso solo Dios puede romper, más sin embargo estrechamos las manos y nos salvamos la vida; entonces somos hermanos fraternos, nacidos del vientre de la Universidad, de esta Alma Mater.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a que pudiéramos culminar esta tesis monográfica, ya que sin su apoyo terminar este trabajo hubiese sido imposible. De manera muy especial:

A nuestros padres y demás familiares, pilares de nuestras vidas, donde nos apoyamos en nuestras necesidades y con quien compartimos nuestras alegrías y triunfos. Que nos ayudaron de manera incondicional, en todos los aspectos, para dar por concluido este trabajo.

A nuestro tutor, Dr. Sergio López Grío, quien nos guió durante todo el camino recorrido en la elaboración de este trabajo, por todo su apoyo y tiempo brindado, por su ayuda en aclarar todas las dudas. GRACIAS.

Al profesor, MSc Fabio Pallavicinni Narváez, por brindarnos su ayuda incondicional en la parte espectrofotométrica realizada en este trabajo.

Al Licenciado Zhamir Antonio El 'Azar Mena, por su ayuda en el análisis del índice de refracción.

A don Rafael Olivas, responsable de la bodega de reactivos del departamento de química por su ayuda incondicional en la entrega de las sustancias necesarias para la parte experimental.

A doña Indiana Muñoz, responsable de la bodega de cristalería del departamento de química por su ayuda en la entrega de los materiales necesarios para la parte experimental.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
II.1 GENERAL .....	2
II.2 ESPECÍFICOS .....	2
<b>III. MARCO TEORICO</b> .....	<b>3</b>
III.1 DESCRIPCIÓN <sup>1</sup> .....	3
III.2 HÁBITAT <sup>1</sup> .....	4
III.2.1 DISTRIBUCIÓN EN CENTRO AMÉRICA <sup>2</sup> .....	5
III.2.2 ESPECIES DE PINO PRESENTES EN NICARAGUA <sup>2</sup> .....	5
III.2.2.1 PÍNUS CARIBAEA .....	5
III.2.2.2 PINUS OOCARPA .....	5
III.2.2.3 PINUS PATULA .....	6
III.2.2.4 PINUS MAXIMINOI .....	6
III.3 COMPOSICIÓN DE LA MADERA <sup>1</sup> .....	6
III.3.1 CELULOSA .....	6
III.3.2 HEMICELULOSA .....	7
III.3.3 LIGNINA .....	7
III.4 RESINA <sup>1</sup> .....	7
III.5 TERPENOS <sup>1</sup> .....	8
III.6 ESTRUCTURA <sup>1</sup> .....	9
III.7. ACEITE ESENCIAL <sup>1</sup> .....	10
III.7.1 DESTILACIÓN CON AGUA .....	11
III.7.2 DESTILACIÓN CON AGUA Y VAPOR .....	11
III.7.3 DESTILACIÓN CON VAPOR .....	11
III.7.4 DESTILACIÓN CON SOLVENTES .....	11
III.8 FUNCIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES EN LAS PLANTAS <sup>1</sup> .....	12
III.9 ACEITE DE PINO <sup>1</sup> .....	12
III.10 AGUARRÁS <sup>1</sup> .....	13
III.11 PINENO <sup>1</sup> .....	13
III.12 DESTILACIÓN <sup>1</sup> .....	13
III.13 SOLVENTE <sup>1</sup> .....	14

III.14 METODO EXTRACCION DE ACEITE DE PINO POR SOXHLET <sup>4</sup> .....	14
III.14.1 ETAPAS DE LA EXTRACCION DE SOXHLET <sup>5</sup> .....	15
III.14.2 PREPARACION DE LA MUESTRA .....	16
III.14.3 COLOCACIÓN DEL SOLVENTE .....	17
III.14.4 CALENTAMIENTO.....	17
III.14.5 REFRIGERACIÓN.....	17
III.14.6 EXTRACCIÓN .....	17
III.15 ROTAVAPOR <sup>10</sup> .....	18
III.16 EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL POR EL MÉTODO DE CLEVINGER <sup>3</sup> .....	20
III.17 INTERACCIONES QUÍMICAS <sup>1</sup> .....	21
III.18 DENSIDAD <sup>1</sup> .....	21
III.18.1 MÉTODO DEL PICNÓMETRO <sup>6</sup> .....	21
III.19 ÍNDICE DE ACIDEZ <sup>7</sup> .....	22
III.20 PUNTO DE EBULLICIÓN <sup>1</sup> .....	22
III.20.1 MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE EBULLICIÓN <sup>11</sup> .....	23
III.21 ÍNDICE DE REFRACCIÓN <sup>12</sup> .....	24
III.22 ESPECTROFOTOMETRÍA <sup>13</sup> .....	25
III.23 USOS Y APLICACIONES DEL ACEITE DE PINO <sup>14</sup> .....	25
III.24 METODOS DE ANÁLISIS ESTADISTICO .....	28
III.24.1 COMPARACIÓN DE MEDIAS: PRUEBAS PARA DATOS APAREADOS <sup>8</sup> .....	28
III.24.2 PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS <sup>9</sup> .....	29
<b>IV DISEÑO METODOLOGICO.....</b>	<b>31</b>
IV.1 MATERIALES .....	31
IV.2 EQUIPOS.....	31
IV.3 REACTIVOS .....	31
IV.4 SOLUCIONES.....	32
IV.4.1 SOLUCIÓN DE KOH 0.1N.....	32
IV.4.2 SOLUCIÓN DE KOH EN ALCOHOL 20%(P/V).....	32
IV.4.3 SOLUCIÓN DE FENOLFTALEINA 1%(P/V).....	32
IV.4.4 SOLUCIONES DE ACEITE DE OCOTE.....	32
IV.4.4.1 SOLUCION DE ACEITE DE OCOTE 25%(V/V).....	32
IV.4.4.2 SOLUCION DE ACEITE DE OCOTE 50%(V/V).....	32
IV.4.4.3 SOLUCION DE ACEITE DE OCOTE 75%(V/V).....	32

IV.4.5 SOLUCIONES DE ACEITE DE TREMENTINA .....	33
IV.4.5.1 SOLUCION DE ACEITE DE TREMENTINA 25%(V/V).....	33
IV.4.5.2 SOLUCION DE ACEITE DE TREMENTINA 50%(V/V).....	33
IV.4.5.3 SOLUCION DE ACEITE DE TREMENTINA 75%(V/V).....	33
IV.5 ESQUEMAS DE PROCEDIMIENTOS (FLUJOGRAMAS) .....	34
IV.5.1 PROCEDIMIENTO PARA EXTRACCION DE ACEITE DE PINO POR EL METODO DE SOXHLET .....	34
IV.5.2 PROCEDIMIENTO PARA LA EVAPORACION DE SOLVENTES (ROTAVAPOR)35	
IV.5.3 PROCEDIMIENTO PARA LA EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL POR EL METODO DE CLEVANGER.....	36
IV.5.4 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA SOLUBILIDAD DEL ACEITE DE PINO .....	37
IV.5.5 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL ACEITE POR EL METODO DEL PICNOMETRO .....	38
IV.5.5.1 CÁLCULO PARA LA DETERMINACION DE LA DENSIDAD DEL ACEITE DE PINO .....	38
IV.5.6 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL INDICE DE ACIDEZ DEL ACEITE DE PINO .....	39
IV.5.6.1 CALCULO PARA DETERMINAR EL INDICE DE ACIDEZ DEL ACEITE DE PINO .....	39
IV.5.7 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL PUNTO DE EBULLICION DEL ACEITE DE PINO .....	40
IV.5.8 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE REFRACCION .....	41
IV.5.9 PROCEDIMIENTO DEL METODO ESPECTROFOTOMÉTRICO .....	42
<b>V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
V.1 EXTRACCION Y AISLAMIENTO DEL ACEITES DE PINO POR EL METODO DE SOXHLET.....	43
V.1.1 EXTRACCION DEL ACEITE DE PINO DE OCOTE .....	43
V.1.2 EXTRACCION DEL ACEITE DE TREMENTINA .....	44
V.1.3 COMPARACION DE LOS ACEITE DE OCOTE Y TREMENTINA .....	45
V.2 EXTRACCION DE ACEITES ESENCIALES DE PINO POR EL METODO DE EXTRACCION DE CLEVANGER.....	48
V.3 DETERMINACION DE PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS DE LOS ACEITES EXTRAÍDOS .....	52

V.3.1 CARACTERÍSTICAS VISUALES DE LOS ACEITES DE PINO EXTRAÍDOS POR EL MÉTODO DE SOXHLET. ....	52
V.3.2 CARACTERÍSTICAS VISUALES DE LOS ACEITES DE PINO EXTRAÍDOS POR EL MÉTODO DE CLEVINGER.....	53
V.3.3 SOLUBILIDAD .....	54
V.3.4 DENSIDAD.....	56
V.3.5 INDICE DE ACIDEZ .....	63
V.3.6 PUNTO DE EBULLICION .....	69
V.3.7 INDICE DE REFRACCIÓN.....	74
V.4 ANÁLISIS ESPECTOFOTOMÉTRICO DE LOS ACEITES DE PINO EXTRAÍDOS .....	79
V.4.1 ANÁLISIS ESPECTROFOTOMÉTRICO DEL ACEITE DE OCOTE.....	79
V.4.2 ANÁLISIS ESPECTRO FOTOMÉTRICO DEL ACEITE DE TREMENTINA .....	85
V.4.3 LECTURA DE LAS ABSORBANCIAS DEL ACEITE COMERCIAL.....	87
V.4.4 COMPARACION DE MEDIAS .....	89
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>93</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>94</b>
<b>IX. ANEXOS .....</b>	<b>96</b>
IX.1 CALCULOS .....	96
IX.1.1 RENDIMIENTOS DE LAS EXTRACCIONES DE SOXHLET Y CLEVINGER .....	96
IX.1.1.1 METODO DE SOXHLET .....	96
IX.1.1.2 METODO DE CLEVINGER.....	98
IX.2 DENSIDAD .....	100
IX.3 INDICE DE ACIDEZ .....	103
IX.4 ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO DE LOS ACEITES .....	105
IX.5 IMAGENES .....	107

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Porcentajes de rendimiento del aceite de pino extraído de ocote.....	43
<b>Tabla 2:</b> Porcentajes de rendimiento del aceite de pino extraído de la trementina .....	45
<b>Tabla 3:</b> Porcentaje de rendimiento de aceite de ocote y trementina .....	46
<b>Tabla 4:</b> Comparación de las medias apareadas de los porcentajes de extracción de aceite de las muestras de ocote y trementina .....	47
<b>Tabla 5:</b> Porcentajes de rendimiento de aceites esenciales de ocote y trementina.....	48
<b>Tabla 6:</b> Porcentaje de rendimiento de las extracciones con el método de clevenger.....	50
<b>Tabla 7:</b> Resultado de la prueba t para medias de dos muestras apareadas.....	51
<b>Tabla 8:</b> Características físicas (visuales) de los aceites de ocote y trementina.....	52
<b>Tabla 9:</b> Características físicas (visuales) de los aceites esenciales de ocote y trementina	53
<b>Tabla 10:</b> Valores teóricos de las propiedades fisicoquímicas del aceite de pino.....	54
<b>Tabla 11:</b> Solubilidad de los aceites de pino extraídos de ocote y trementina en solventes orgánicos.....	55
<b>Tabla 12:</b> Densidades de los aceites extraídos y aceite de pino comercial en g/cm <sup>3</sup> .....	57
<b>Tabla 13:</b> Densidades de las soluciones diluidas de ocote .....	58
<b>Tabla 14:</b> Densidades de las soluciones diluidas de trementina.....	58
<b>Tabla 15:</b> Parámetros de regresión de los aceites de ocote y trementina .....	59
<b>Tabla 16:</b> Densidades del aceite de pino comercial .....	61
<b>Tabla 17:</b> Concentraciones (%) del aceite comercial determinado con las rectas de regresión .....	61
<b>Tabla 18:</b> Resultado de la prueba t para medias de dos muestras apareadas.....	63
<b>Tabla 19:</b> Índice de acidez de aceite de Ocote.....	64
<b>Tabla 20:</b> Índice de acidez de aceite de Trementina.....	64
<b>Tabla 21:</b> Índice de acidez de aceite de pino comercial .....	64
<b>Tabla 22:</b> Promedios de los índices de acidez de los aceites.....	65
<b>Tabla 23:</b> Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de ocote y comercial.....	67
<b>Tabla 24:</b> Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de trementina y comercial .....	67

<b>Tabla 25:</b> Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de ocote y trementina .....	67
<b>Tabla 26:</b> Resultados del test de Cochran .....	69
<b>Tabla 27:</b> Punto de ebullición (°C) de las tres muestras de aceites extraídos. ....	69
<b>Tabla 28:</b> Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de ocote y comercial.....	72
<b>Tabla 29:</b> Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de trementina y comercial. ....	72
<b>Tabla 30:</b> Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de ocote y trementina .....	72
<b>Tabla 31:</b> Resultados del test de Cochran .....	74
<b>Tabla 32:</b> Índice de refracción de las tres muestras de aceite de pino.....	74
<b>Tabla 33:</b> Promedios de los Índices de refracción de las tres muestras de aceite de pino ..	75
<b>Tabla 34:</b> Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de ocote y comercial:.....	77
<b>Tabla 35:</b> Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de ocote y trementina .....	77
<b>Tabla 36:</b> Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de trementina y comercial .....	77
<b>Tabla 37:</b> Resultados del test de cochran .....	79
<b>Tabla 38:</b> Absorbancia de las soluciones diluidas de ocote.....	82
<b>Tabla 39:</b> Absorbancias de las soluciones diluidas de ocote.....	83
<b>Tabla 40:</b> Parámetros de regresión del aceite de ocote .....	83
<b>Tabla 41:</b> Absorbancias de las soluciones diluidas de aceite de trementina .....	85
<b>Tabla 42:</b> Parámetros de regresión del aceite de trementina .....	85
<b>Tabla 43:</b> Lecturas de absorbancia de la muestra comercial a 287 nm .....	88
<b>Tabla 44:</b> Porcentajes obtenidos utilizando los parámetros de regresión de las tablas 40 y 42 .....	88
<b>Tabla 45:</b> Cálculos para la prueba t para medias de dos muestras emparejadas .....	90

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1:</b> Piña o cono de pino.....	3
<b>Ilustración 2:</b> Árbol de pino ocote (Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl).....	4
<b>Ilustración 3:</b> Estructura química de la Celulosa .....	6
<b>Ilustración 4:</b> Estructura química de la Hemicelulosa .....	7
<b>Ilustración 5:</b> Resina .....	8
<b>Ilustración 6:</b> Estructura del isopreno (2-metil-1,3-butadieno) .....	9
<b>Ilustración 7:</b> Equipo de destilación de arrastre por vapor.....	11
<b>Ilustración 8:</b> Estructura química del $\alpha$ -pineno .....	13
<b>Ilustración 9:</b> Equipo de extracción soxhlet.....	15
<b>Ilustración 10:</b> Cartucho de algodón prensado del equipo de extracción de soxhlet .....	16
<b>Ilustración 11:</b> Rotavapor.....	19
<b>Ilustración 12:</b> Aparato de extracción de Clevenger.....	20
<b>Ilustración 13:</b> Picnómetro .....	21
<b>Ilustración 14:</b> Tubo thiele .....	23
<b>Ilustración 15:</b> Punto de ebullición y tubo capilar .....	24
<b>Ilustración 16:</b> Pintura en la que se aplica el aceite de pino .....	26
<b>Ilustración 17:</b> Limpiador domestico a base de aceite de pino .....	27
<b>Ilustración 18:</b> Tabla de homogeneidad de varianzas de Cochran.....	30
<b>Ilustración 19:</b> Porcentaje de rendimiento de aceite de ocote y trementina.....	46
<b>Ilustración 20:</b> Porcentaje de rendimiento de aceite esencial .....	49
<b>Ilustración 21:</b> Fotografías de los aceites extraídos (A) Ocote y (B) Trementina: .....	52
<b>Ilustración 22:</b> Densidad de los aceites en $g/cm^3$ .....	57
<b>Ilustración 23:</b> Recta de regresión de concentración vs densidad del aceite de ocote.....	59
<b>Ilustración 24:</b> Recta de regresión de concentración vs densidad del aceite de trementina	60
<b>Ilustración 25:</b> Promedio de los índices de acidez de las muestras de aceite .....	65
<b>Ilustración 26:</b> Promedio de los puntos de ebullición de las muestras de aceite de pino ...	70
<b>Ilustración 27:</b> Determinación del índice de refracción en el aceite de pino .....	75
<b>Ilustración 28:</b> Espectro de absorción del aceite de ocote concentrado.....	79
<b>Ilustración 29:</b> Espectro de absorción del aceite de ocote al 25% .....	80
<b>Ilustración 30:</b> Espectro de absorción del aceite de ocote al 2.5% .....	80

<b>Ilustración 31:</b> Espectro de absorción del aceite de ocote al 0.05% .....	81
<b>Ilustración 32:</b> Soluciones de ocote y trementina para el análisis espectrofotométrico.....	82
<b>Ilustración 33:</b> Recta de calibración de % vs absorbancia de aceite de ocote .....	84
<b>Ilustración 34:</b> Recta de calibración de % vs Absorbancia de aceite de trementina.....	86
<b>Ilustración 35:</b> Rectas de calibración de % vs Absorbancias de los aceites de ocote y trementina .....	87

# I. INTRODUCCION



## I. INTRODUCCIÓN

El aceite de pino es una mezcla de monoterpenos, hidrocarburos terpénicos y alcoholes terpénicos cíclicos derivados de la destilación de la madera de pino con aproximadamente un 57% de alfa-pineno como su principal componente. Es un líquido incoloro o ámbar claro con olor característico a pino. Puede mezclarse con alcohol en todas proporciones.

El aceite se obtiene por destilación mediante arrastre por vapor de las aguas y de las puntas enteras de las ramitas nuevas. También existen otros métodos de extracción de aceites, se puede utilizar la hidrodestilación para extraer su aceite esencial.

Estos aceites son agentes utilizados por su agradable fragancia y además porque poseen acción desinfectante y bactericida. Se usa en la formulación de una gran variedad de productos domésticos de limpieza. También se emplea como humectante, aromatizante o disolvente en la industria textil.

En la industria y el comercio se venden aceites de pino que muchas veces no es totalmente puro, es decir este producto está siendo adulterado. Esto puede disminuir la efectividad de sus subproductos. De aquí radica la importancia del estudio de sus propiedades las cuales son muy útiles para la industria.

Obtenido una muestra de aceite extraído directamente de la madera de pino y analizando las propiedades de este se podrá saber la diferencia que radica entre el aceite de pino extraído y el aceite de pino comercial.



## II. OBJETIVOS

## II. OBJETIVOS

### II.1 GENERAL

“Determinar y comparar las propiedades físico-químicas de dos aceites de pino (*Pinus oocarpa Schiede*) extraídos mediante las técnicas de Soxhlet y Clevenger”

### II.2 ESPECÍFICOS

1. Extraer y aislar aceite de pino de la madera de ocote y trementina mediante los métodos de Soxhlet y Clevenger.
2. Determinar parámetros físicos y químicos de los aceites extraídos.
3. Determinar el % de aceites de pino en una muestra comercial mediante el método espectrofotometría UV-Visible.
4. Aplicar herramientas de comparación estadística para encontrar similitudes y diferencias entre los parámetros físicos y químicos de las muestras aceite de pino.

### III. MARCO TEORICO



### III. MARCO TEORICO

#### III.1 DESCRIPCIÓN <sup>1</sup>

El pino es un árbol conífero de la familia de los pináceos y género pinus. Existen aproximadamente 115 especies de pino, pero diferentes bibliografías afirman que pueden existir entre 105 a 125, la mayoría en el hemisferio norte.

El árbol de pino presenta una altura de 10-35 m de altura con tronco recto y cilíndrico; la corteza es de color pardo grisácea en el exterior y rojiza en el interior, con fisuras y escamas; las yemas son rojizas, las hojas son aciculares rígidas de un color verde azulado y aparecen emparejas entrelazadas los masculinos presentan inflorescencias de color amarillo azufre y las femeninas tienen piñas o conos; estas últimas tienen una multitud de escamas que son de color púrpura y tienen un largo pedúnculo, cada escama corresponde a una flor femenina; la copa de los árboles por lo comunes redondeada y frecuentemente compacta.



*Ilustración 1:* Piña o cono de pino

Los pinos son impercederos y resinosos, la corteza de la mayoría de ellos es gruesa y escamosa, pero en ciertas especies es delgada y crece en forma de escamas; las ramas se producen en espiral como un anillo de ramas que se forman en un mismo punto.

### III. MARCO TEORICO



Muchos pinos son uninodales, produciendo apenas una sección de ramas cada año; los brotes aparecen en las extremidades de lanzamiento nuevo por año, pero otros son multimodales, produciendo dos o más secciones de ramas por año, con un crecimiento espiral de ramas, agujas.

Los lanzamientos nuevos del resorte a veces se llaman “velas”; son de color claro y aparecen hacia arriba; después más adelante se oscurecen y se separan hacia fuera. Estas “velas” ofrecen a silvicultores, medios para evaluar la fertilidad del suelo y el vigor de los árboles.



*Ilustración 2:* Árbol de pino ocote (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl)

#### III.2 HÁBITAT <sup>1</sup>

Los pinos crecen bien en los suelos ácidos y algunos en suelos calcáreos; la mayoría requiere un buen drenaje del suelo, prefiriendo suelos arenosos, pero algunos pueden vivir en suelos mojados mal drenados. También pueden brotar después de fuegos; algunas especies necesitan de fuego tras la necesidad de regenerar sus poblaciones y declinan lentamente bajo regímenes de la supresión del fuego. Varias especies se adaptan a las condiciones extremas impuestas por la elevación y la latitud, y un número menor están particularmente bien adaptados al crecimiento en climas semidesérticos, calientes o secos.

### III. MARCO TEORICO



#### III.2.1 DISTRIBUCIÓN EN CENTRO AMÉRICA<sup>2</sup>

De los 60 taxones (especies, subespecies y variedades) solamente 4 se encuentran en Nicaragua, disminuyéndose su distribución de norte a sur empezando por México con 56 taxones, 10 en Guatemala, 2 en Belice, 7 en el Salvador y 7 en Honduras. Nicaragua presenta el límite de distribución natural con *pinus caribaea* var. *Hondurensis*, ubicada en Laguna del Pinar al norte de Bluefields.

#### III.2.2 ESPECIES DE PINO PRESENTES EN NICARAGUA<sup>2</sup>

En Nicaragua se reportan cuatro especies de pino las cuales son:

- *Pinus caribaea* Morelet var. *Hondurensis*
- *Pinus maximinoi*.
- *Pinus oocarpa* Schiede ex Schlecht. Subs. *Oocarpa*
- *Pinus patula* Schiede & Deppe Subs. *Tecunumanii*

##### III.2.2.1 PINUS CARIBAEA

Esta especie de pinos tiene la existencia más común en Nicaragua y su distribución es la más meridional de todos los pinos latinoamericanos. Su límite sur lo alcanza en la angosta faja costera entre Laguna de Perlas y el océano, en la cercanía de Laguna del Pinar a 12°13'N, aproximadamente 25 km al norte de Bluefields.

##### III.2.2.2 PINUS OOCARPA

Se encuentra ampliamente distribuido en América Central formando extensos rodales puros. En Nicaragua se presenta entre 700 y 1300 m.s.n.m. en las montañas del norte, en los departamentos de Nueva Segovia, Madriz, Estelí, León, Jinotega y Chinandega. Generalmente los rodales son muy irregulares y degradados por la sobre explotación y los fuegos frecuentes.

### III. MARCO TEORICO



#### III.2.2.3 PINUS PATULA

Tiene una amplia distribución por toda la región de las tierras altas del noroeste de Nicaragua en los departamentos de Nueva Segovia, Matagalpa, Estelí, Jinotega, Madriz y también en Chinandega y León. Su rango altitudinal varía desde 650 m.s.n.m. (Santa Clara), hasta 900 m.s.n.m. 1400 (1500 m.s.n.m. en el Volcán Yalí).

#### III.2.2.4 PINUS MAXIMINOI

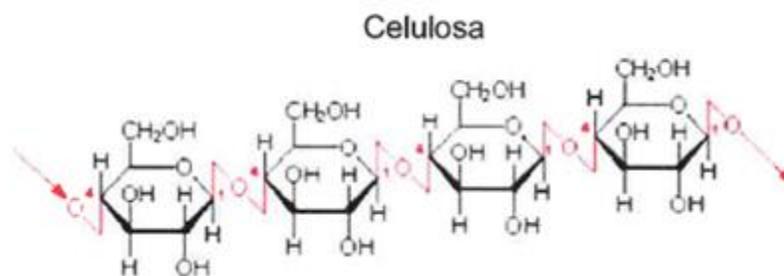
La distribución de *P. maximinoi* en Nicaragua está restringida, encontrándose entre 1000-1600 m.s.n.m. a lo largo de las tierras altas de la Sierra de Dipilto. De las especies nativas es la menos común y su distribución se limita a los departamentos norteños; de Estelí, Jinotega, Madriz y Nueva Segovia.<sup>2</sup>

### III.3 COMPOSICIÓN DE LA MADERA <sup>1</sup>

La parte firme de la madera tiene más del 50% de materia orgánica. Es una mezcla de tres diferentes tipos de polímeros, los cuales son: celulosa, hemicelulosa y lignina.

#### III.3.1 CELULOSA

Constituye aproximadamente el 45% del peso seco en una disposición ordenada de cadenas de polímeros de glucosa de alto peso molecular, muy valioso como fibra.



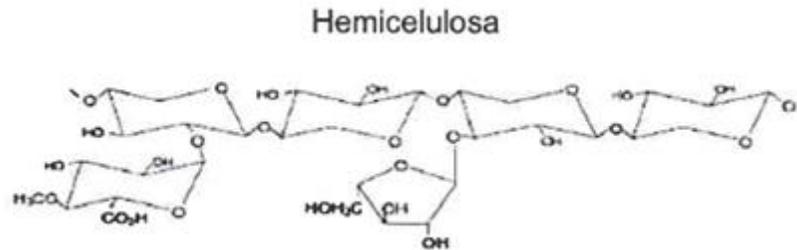
**Ilustración 3:** Estructura química de la Celulosa

### III. MARCO TEORICO



#### III.3.2 HEMICELULOSA

Representan de 20 a 25% en una disposición desordenada de varios polisacáridos, que únicamente se pueden emplear económicamente como combustible.



**Ilustración 4:** Estructura química de la Hemicelulosa

#### III.3.3 LIGNINA

Esta es un 20 a 25%, aglutinante de las fibras de celulosa que es un complejo polímero amorfo polifenólico, conteniendo productos químicos extraíbles con disolventes inertes. Estos productos extraíbles varían según la especie.

#### III.4 RESINA<sup>1</sup>

La resina es la secreción de hidrocarburos en diversas plantas, en particular de los árboles coníferos, muy valorados por sus componentes químicos en usos como barnices, adhesivos, síntesis orgánicas para incienso o perfumería. La resina cristalizada es fuente de ámbar, propiedad que es imitada en productos sintéticos por sus características decorativas.

La resina es un líquido viscoso producido por varias plantas, está compuesto en su mayor parte por líquidos volátiles conformados por terpenos y por una cantidad menor de disolventes no volátiles que hacen que la resina sea dura y pegajosa. La mayor parte de los terpenos en la resina son componentes bicíclicos, entre los que se tienen al alfa-pineno, beta-pineno, delta-3-careno y sabineno; entre los terpenos monocíclicos se tiene limoneno y terpinoleno y una pequeña cantidad de tricíclicos; algunas contienen una alta concentración de resinas ácidas. Todos estos componentes pueden ser separados por medio de destilación fraccionada.

### III. MARCO TEORICO



En estado sólido, sus componentes terpénicos pueden ser removidos por medio de destilación con un solvente esterificado, se conoce como goma éster, ingrediente de algunos barnices.

La resina también se emplea en promotores de adhesividad, gomas de mascar y recubrimientos. Algunas resinas suaves se conocen como oleoresinas, y cuando contiene ácido benzoico o ácido cinámico se conocen como bálsamos. Otros productos resinosos en condiciones naturales son una mezcla de goma o sustancias mucilaginosas, conocidas como resinas de goma. Muchas resinas compuestas tienen olores distintos y característicos, de sus componentes con aceites esenciales.

La resina solidificada de la cual los componentes volátiles del terpeno han sido eliminados por destilación, se conoce como colofonia. La resina típica es una masa transparente o translúcida, con una fractura vítrea y un color débilmente amarillo o marrón, no oloroso o teniendo solamente un olor y un aroma leve a trementina. Es insoluble en agua, soluble en alcohol, aceites esenciales, éter y aceites grasos calientes, se ablanda y derrite bajo influencia del calor, no produce sublimación, y se quema con una llama brillante con presencia de humo.



*Ilustración 5:* Resina

#### III.5 TERPENOS <sup>1</sup>

Los terpenos son una clase grande y variada de hidrocarburos, producidos sobre todo por una variedad amplia de las plantas particularmente coníferas, aunque también por algunos insectos tales como mariposas.

### III. MARCO TEORICO



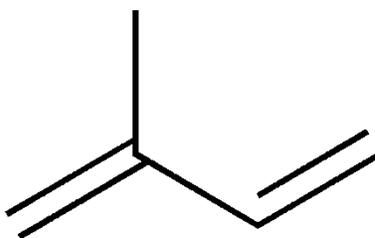
Son los componentes principales de la resina y de la trementina producida a partir de la resina. El “terpeno conocido” del pino de esta especie se llama “trementina”.

Cuando los terpenos se modifican químicamente, por ejemplo por la oxidación o el cambio del esqueleto de carbonos, los compuestos que resultan son referidos generalmente como terpenoides. Los terpenos y terpenoides son los componentes primarios de los aceites esenciales de muchos tipos de plantas y de flores.

Los aceites esenciales se utilizan extensamente como añadidos de sabor natural para el alimento, como fragancias en perfumería, en aromaterapia, en medicinas tradicionales y alternativas. Las variaciones sintéticas y los derivados de terpenos naturales y de terpenoides también amplían grandemente la variedad de aromas usados en la perfumería y los sabores usados en aditivos alimenticios.

#### III.6 ESTRUCTURA<sup>1</sup>

Los terpenos se derivan de la biosíntesis del isopreno, que tiene la fórmula molecular  $C_5H_8$ . Las fórmulas moleculares básicas de los terpenos son múltiplos de  $(C_5H_8)_n$  donde  $n$  es el número de unidades ligadas del isopreno, esto se llama regla del isopreno o la regla  $C_5$ . Las unidades del isopreno pueden ser juntas para formar cadenas lineales o pueden ser arregladas para formar anillos. Se puede considerar la unidad del isopreno como uno de los bloques principales de la naturaleza.



**Ilustración 6:** Estructura del isopreno (2-metil-1,3-butadieno)

### III. MARCO TEORICO



Mientras que las cadenas de las unidades del isopreno se acumulan, los terpenos que resultan son clasificados secuencialmente por tamaño como monoterpenos, diterpenos, triterpenos, y tetraterpenos.

#### III.7. ACEITE ESENCIAL <sup>1</sup>

La esencia es una sustancia altamente aromática producida por las plantas en células especiales, esta se convierte en aceite esencial tras la destilación, que es el principal método para extraer de las plantas los aceites esenciales.

La destilación puede ser directa, cuando la planta (raíces, ramas, hojas, bayas, pétalos) se coloca en agua que se calienta hasta la ebullición, o tratarse de destilación al vapor cuando la planta se pone sobre una rejilla y se calienta el agua por debajo pasando el vapor a través de ella; el calor y el vapor rompen las células vegetales que contienen aceite esencial y se libera la esencia en forma de vapor que junto con el vapor de agua pasa a través de un tubo por tanques de refrigeración donde los vapores se convierten de nuevo en líquidos que se recogen al final del proceso: el vapor se condensa en un destilado acuoso (agua floral o herbal, denominado hidrolato) y la esencia de la planta en un aceite esencial, que por ser más ligero que el agua, asciende a la zona superior y puede separarse fácilmente de la parte acuosa.

Los aceites esenciales están constituidos químicamente por terpenoides (monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, etc.) y fenilpropanoides, compuestos que son volátiles y por lo tanto arrastrables por vapor de agua.

La extracción de los aceites esenciales de las partes vegetales se realiza de diversas formas, en función de la calidad del aceite por extraer y de la estabilidad de sus constituyentes; ya que en la mayoría de los casos éstos tienden a degradarse cuando se someten a altas temperaturas u otro tipo de tratamiento extremo.

La extracción de aceites esenciales se realiza fundamentalmente por cuatro métodos:

### III. MARCO TEORICO



#### III.7.1 DESTILACIÓN CON AGUA

Es cuando la planta sólo se pone en contacto con agua, es común para la extracción de aceites con propiedades medicinales.

#### III.7.2 DESTILACIÓN CON AGUA Y VAPOR

La parte de la planta se pone en contacto directo con vapor, mismo que diluye el aceite el cual es recolectado en agua.



*Ilustración 7:* Equipo de destilación de arrastre por vapor

#### III.7.3 DESTILACIÓN CON VAPOR

La parte vegetal se pone en contacto directo con vapor y los aceites son recolectados directamente.

#### III.7.4 DESTILACIÓN CON SOLVENTES

El aceite se extrae en un solvente, mismo que después debe ser separado.

### III. MARCO TEORICO



#### III.8 FUNCIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES EN LAS PLANTAS <sup>1</sup>

Hasta la fecha, no hay una teoría universalmente aceptada respecto de la formación de los aceites esenciales y el papel que juegan en la vida de las plantas; sólo se cuenta con numerosas hipótesis que se describen a continuación.

Los aceites esenciales penetran en los espacios intercelulares disminuyendo la transpiración de la planta, incrementan la velocidad de circulación de sustancias nutritivas, la cual regula su metabolismo; son compuestos aromáticos que sirven para proteger contra los insectos y el crecimiento de hongos a las plantas; el aroma de las flores atrae a los insectos, promoviendo de esta manera su producción.

Los aceites esenciales degradan a los glucósidos, en otras palabras actúan como agentes enzimáticos; pueden proporcionar un medio de preservación a las plantas.

#### III.9 ACEITE DE PINO <sup>1</sup>

El aceite de pino es una mezcla de hidrocarburos terpénicos y alcoholes terpénicos cíclicos; se usa en la formulación de una gran variedad de productos medicinales, cosméticos y de limpieza.

El terpineol es una mezcla de terpenoles isómeros que se obtienen de la destilación del aceite de pino. Este producto se usa como compuesto aromatizante en desinfectantes y otros productos de tipo domésticos; también se ocupa como intermediario en la producción de alfa-terpineol de alta pureza.

El terpinoleno se obtiene de la destilación del aceite de pino, se emplea principalmente como un solvente industrial multiuso y como un aromatizante con olor a pino en la elaboración de productos de limpieza, desodorantes y agentes para enmascarar olores.



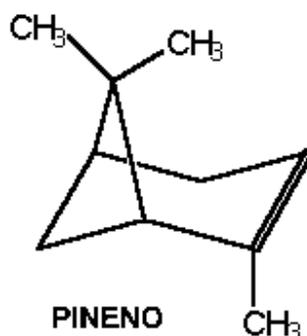
### III. MARCO TEORICO

#### III.10 AGUARRÁS<sup>1</sup>

El aguarrás es una mezcla de compuestos orgánicos conocidos como terpenos, un ejemplo y además el mayor componente, es el  $\alpha$ -pineno. Originalmente se utilizaba en pintura de secado rápido y adelgazador de barnices, pero es indeseable por su fuerte olor; el aguarrás se ha sustituido casi por completo por fracciones volátiles del petróleo.

#### III.11 PINENO<sup>1</sup>

El pineno es un compuesto químico terpénico bicíclico ( $C_{10}H_{16}$ , 136.24 g/mol) conocido como monoterpenos. Existen dos isómeros estructurales encontrados en la naturaleza:  $\alpha$ -pineno y  $\beta$ -pineno. Estas formas forman parte importante de la resina del pino; también se encuentran en las resinas de muchas otras plantas coníferas y más escasamente en otras plantas; ambos también son utilizados por muchos insectos en su sistema químico de comunicación.



*Ilustración 8:* Estructura química del  $\alpha$ -pineno

#### III.12 DESTILACIÓN<sup>1</sup>

La destilación es un método para separar sustancias químicas, que se basa en la diferencia de volatilidades; esta forma parte de los procesos químicos de operaciones unitarias y puede ser dividida en cuatro grupos: a nivel laboratorio, destilación industrial, destilación de plantas para perfumería y medicina, y para alimentos.

### III. MARCO TEORICO



La destilación consiste en calentar un líquido con diferentes componentes, los cuales forman vapores que luego son condensados para obtener compuestos químicos lo más puros posible, aunque se debe aclarar que los destilados obtenidos generalmente no son puros y tienen una composición idéntica a la de los vapores a igual temperatura y presión.

En una destilación simple, generalmente los líquidos que se van a separar, deben de tener una diferencia de puntos de fusión de 25°C o se deben de separar de líquidos no volátiles como sólidos o aceites, aunque pueden llegar a tener una pureza significativa para diferentes propósitos.

#### III.13 SOLVENTE <sup>1</sup>

Un solvente es un líquido que disuelve un soluto sólido, líquido, o gaseoso, dando como resultado una solución. El solvente más común es el agua; la mayoría de los otros solventes de uso general son productos químicos orgánicos, estos se llaman solventes orgánicos y tienen un punto de ebullición bajo y se evaporan fácilmente o generalmente se pueden eliminar por medio de destilación, de tal modo que la sustancia disuelta quede libre.

Los solventes no deben ser reactivos químicamente con los compuestos disueltos, se pueden utilizar para extraer compuestos solubles en una solución, generalmente son claros y descoloridos, la mayoría poseen olor característico.

La concentración de una solución es la cantidad de compuesto que se disuelve en cierto volumen de solvente. La solubilidad es la cantidad máxima de compuesto que sea soluble en cierto volumen del solvente a una temperatura especificada.<sup>1</sup>

#### III.14 METODO EXTRACCION DE ACEITE DE PINO POR SOXHLET<sup>4</sup>

La extracción es una técnica de separación y purificación para aislar una sustancia de una mezcla sólida o líquida en la que se encuentra, mediante el uso de un disolvente.

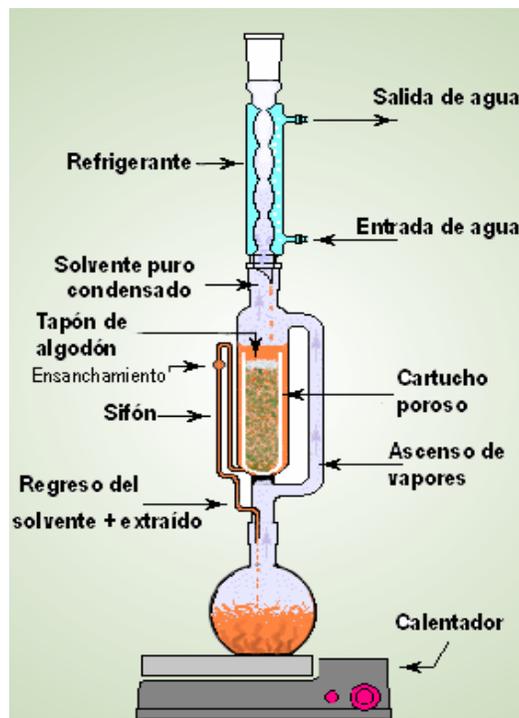
### III. MARCO TEORICO



Los disolventes orgánicos utilizados en extracción deben tener baja solubilidad en agua, alta capacidad de solvatación hacia la sustancia que se va a extraer y bajo punto de ebullición para facilitar su eliminación posterior. La extracción se emplea cuando la sustancia que se desea extraer está contenida en un material sólido. La extracción sólido-líquido, se emplea cuando la sustancia que se desea extraer está contenida en un material sólido, junto con otros componentes, los cuales deberán ser prácticamente insolubles en el disolvente utilizado esto ayuda a aislar la sustancia a extraer.

El método de extracción de soxhlet consiste en unas series de extracciones consecutivas donde se concentran el compuesto extraído en un reservorio del solvente es un equipo de extracción continua.

#### III.14.1 ETAPAS DE LA EXTRACCION DE SOXHLET<sup>5</sup>



*Ilustración 9:* Equipo de extracción soxhlet

### III. MARCO TEORICO



La extracción soxhlet se fundamenta en las siguientes etapas:

#### III.14.2 PREPARACION DE LA MUESTRA

La operación comienza por la preparación de la muestra. Cada sistema de trabajo tiene su manera de preparar la muestra. Con frecuencia debe ser dividida en fragmentos de mayor o menor tamaño. En el caso de la madera se la muele en molino de cuchillas hasta que el 90% del material pase por malla de 40 mesh. Con esta muestra así alistada se carga el cartucho de extracción.

Este cartucho consiste en un recipiente cilíndrico con base semiesférica para que apoye perfectamente en la base del equipo extractor y sea además más resistente. Los materiales más utilizados son el algodón prensado y la porcelana porosa<sup>1</sup>, figura III.5. Estos cartuchos son económicos solo se utilizan una vez, los cartuchos se llenan hasta la mitad o un poco más y en lo posible no es conveniente comprimir demasiado la muestra. La cantidad de muestra es lo que condiciona el tamaño del cartucho y este el del extractor. Es por eso que existen varios tamaños de soxhlet, y es conveniente antes de comenzar a trabajar definir cuál es la medida que se requiere.



**Ilustración 10:** Cartucho de algodón prensado del equipo de extracción de soxhlet

### III. MARCO TEORICO



Una vez cargado el material que se puede hacer con la mano en caso de hojas, tallos etc., o bien con un embudo o con una cuchara de cocina si está molido, se debe colocar un tapón por las dudas, la muestra tiende a flotar e irse del cartucho

#### III.14.3 COLOCACIÓN DEL SOLVENTE

La cantidad de solvente debe ser la necesaria para que al ascender al cartucho y antes de que se haga la sifonada, no quede seco el balón inferior porque de esa manera, o se seca la muestra y se quema, o cuando caiga el líquido de la sifonada sobre el vidrio recalentado se puede producir una explosión de los vapores con el consiguiente riesgo de accidente.

#### III.14.4 CALENTAMIENTO

Es usual utilizar calentadores eléctricos de esos llamados múltiples, se regula el calentamiento en función de la velocidad de la extracción para evitar el sobrecalentamiento del balón o la evaporización explosiva de los vapores del solvente. Debe estar sujeto el equipo en dos lugares en el balón y en el extractor para que no se escapen los vapores calientes del solvente o salten de la parte superior, se pueden agregar perlas de ebullición.

#### III.14.5 REFRIGERACIÓN

Los refrigerantes deben estar conectados por mangueras ubicadas en series a una fuente de agua. La conexión en serie es más práctica, usa menos manguera y requiere de una sola entrada de agua y un solo desagüe. El flujo de agua debe regularse para utilizar solamente lo necesario, dado que el consumo es muy alto.

#### III.14.6 EXTRACCIÓN

Una vez que el equipo está armado, abierta el agua el refrigerante, cargado el cartucho con muestra e introducido el solvente, sólo resta encender el calentador y comenzar la extracción.

### III. MARCO TEORICO



Llegada la temperatura a la de ebullición del solvente éste comienza a evaporarse y, luego de que calienten las paredes del equipo, comienza a condensar en el refrigerante y a caer en forma de gotas sobre el cartucho.

A medida que el condensado va cayendo sobre el cartucho este comienza a escurrir por la parte inferior del mismo llenando el recipiente de extracción hasta que llega al nivel de la bajada del sifón y rechupa, con todo el material disuelto, hacia el balón inferior. El tope del sifón está por encima del cartucho para asegurar que todas las veces el material a extraer quede embebido en el solvente.

Una vez que el sistema está en régimen las sifonadas se producen a intervalos regulares. Los tiempos comunes del sifonado están entre 5 y 20 minutos, según la potencia del calentador, el solvente, la temperatura externa, etc.

Una vez que se ha dado por terminada la operación de extracción, es conveniente esperar un cierto tiempo para que el sistema se enfríe hasta que sea fácil manipularlo.<sup>4</sup>

#### III.15 ROTAVAPOR<sup>10</sup>

La mayor parte de los procesos que se llevan a cabo en los laboratorios de Química Orgánica, tanto durante la reacción como en el aislamiento y purificación del producto obtenido, requieren el uso de disolventes orgánicos que en algún momento hay que eliminar.

El rotavapor es el aparato que, mediante una destilación a vacío, permite la evaporación rápida de disolvente de una disolución, recuperando el soluto (líquido o sólido). Generalmente se utiliza una bomba de membrana o de vacío.

En la ilustración 11 se muestran las partes que componen un rotavapor. Básicamente presenta los mismos elementos que un aparato de destilación a vacío con las ventajas que la mecanización proporciona en cuanto a comodidad y rapidez.

### III. MARCO TEORICO

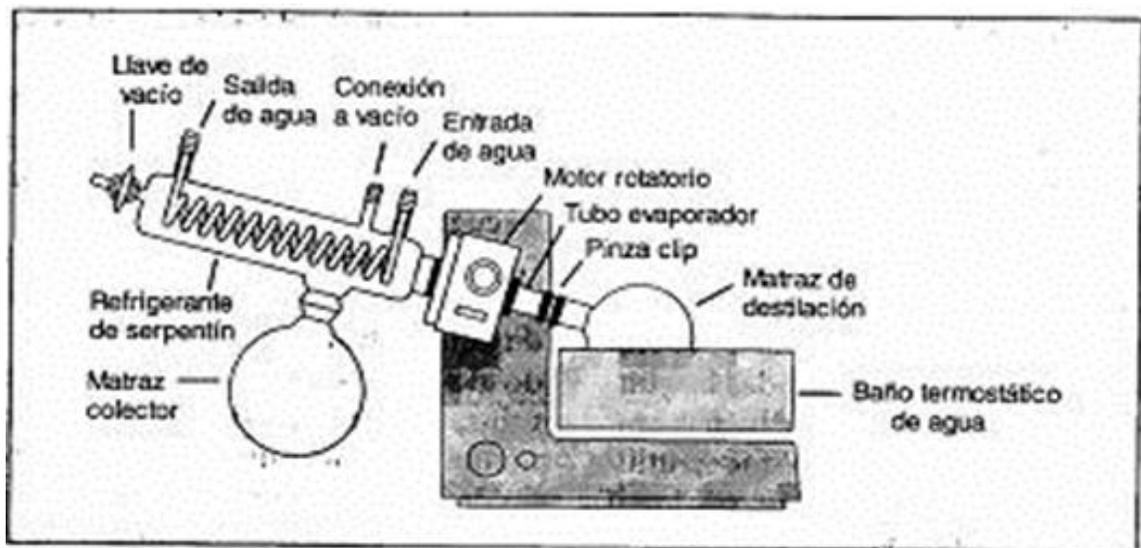


El matraz de destilación se conecta al tubo evaporador que dirige los vapores de los disolventes hacia el interior de un refrigerante de tipo serpentín, y se asegura con una pinza clip. Una vez que los vapores condensan, el disolvente se recoge en el matraz colector. El rotavapor lleva incorporado un motor rotatorio que hace girar el matraz y evita que el disolvente salte violentamente mientras se aplica vacío.

Este mecanismo, permite que el líquido interior humedezca una mayor superficie de matraz y contribuye a que la evaporación se realice de manera controlada. El matraz de destilación puede calentarse externamente mediante un baño termostático de agua.

Para facilitar la colocación del matraz el tubo y su introducción en el baño de agua, el rotavapor está unido a un soporte metálico que mediante un gato, permite subir y bajar todo el montaje.

Es importante conocer el punto de ebullición del disolvente que se va a eliminar para no sobrecalentar ni calentar demasiado poco el baño de agua. Si el producto que se quiere aislar es líquido, también debería conocerse su punto de ebullición, para evitar evaporarlo junto con disolvente.



*Ilustración 11: Rotavapor*

### III. MARCO TEORICO



#### III.16 EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL POR EL MÉTODO DE CLEVINGER<sup>3</sup>

Hidrodestilación. En este método, el material a extraer está completamente sumergido en agua, la cual es calentada hasta ebullición, bien sea a través de fuego directo o a través de algún método de calefacción (chaquetas o serpentines de vapor o resistencias eléctricas). La característica principal de este proceso es el contacto directo entre el agua en ebullición y el material.

Es necesario mantener una agitación constante en este proceso, pues se puede generar acumulación de material sólido en el fondo y este degradarse térmicamente, lo que afectara la calidad del extracto obtenido.

También es necesario determinar a través de ensayos de laboratorio si es necesaria la disminución del tamaño de partícula del material a trabajar, lo cual es una de las grandes ventajas de este proceso, ya que permite trabajar tamaños de partícula pequeños sin el inconveniente de la generación de caminos por los cuales, en el caso de la destilación con arrastre de vapor, se pueden generar si el material es muy fino. En este caso, el material se dispersa en el agua y se mantiene disperso bien sea por agitación mecánica o por el mismo movimiento generado por la ebullición del agua.



**Ilustración 12:** Aparato de extracción de Clevenger



### III. MARCO TEORICO

#### III.17 INTERACCIONES QUÍMICAS <sup>1</sup>

Un solvente creará varias interacciones químicas débiles con el soluto para solubilizarlo, generalmente estas interacciones son las de Van Der Waals (interacciones inducidas por el dipolo); las interacciones más fuertes dipolo-dipolo, son las de los enlaces del hidrógeno (interacción entre los hidrógenos de O-H o de N-H con los átomos de O de N).

#### III.18 DENSIDAD <sup>1</sup>

La mayoría de los solventes orgánicos tienen una densidad baja, siendo generalmente más ligeros y no compatibles con el agua.

##### III.18.1 MÉTODO DEL PICNÓMETRO<sup>6</sup>

El picnómetro es un instrumento sencillo utilizado para determinar con precisión la densidad de líquidos. Su característica principal es la de mantener un volumen fijo al colocar diferentes líquidos en su interior. Esto nos sirve para comparar las densidades de dos líquidos pesando el picnómetro con cada líquido por separado y comparando sus masas.

Es usual comparar la densidad de un líquido respecto a la densidad del agua pura a una temperatura determinada, por lo que al dividir la masa de un líquido dentro del picnómetro respecto de la masa correspondiente de agua, obtendremos la densidad relativa del líquido respecto a la del agua a la temperatura de medición.



*Ilustración 13: Picnómetro*

### III. MARCO TEORICO



#### III.19 ÍNDICE DE ACIDEZ<sup>7</sup>

Los enlaces éster de grasas y aceites se hidrolizan por efecto de lipasas microbianas y liberan ácidos grasos en mayor o menor grado.

Para cuantificar este proceso, se define el índice de acidez de un aceite, que puede expresarse, entre otras formas como el número de miliequivalentes de hidróxido potásico que consumen 1 gramo de aceite para neutralizar los ácidos libres.



Para evitar la saponificación de los glicéridos por el hidróxido de potasio, la determinación debe hacerse en frío y cuidando no añadir un exceso de base.

La fórmula que nos indica el índice de acidez (I.A) es:

$$\% \text{ ÁCIDO OLÉICO} = \text{I. A} = \frac{(\mathbf{V} \times \mathbf{C} \times \mathbf{Mm})}{\mathbf{10} \times \mathbf{P}}$$

Dónde:

**V** = mL de KOH gastados.

**C** = Concentración de KOH (Molaridad (M))

**Mm** = Peso molecular de ácido oleico = 282 g/mol

**P** = Peso en gramos (g) de muestra utilizada.

**10** = Factor que resulta de la simplificación de 100/1000.

#### III.20 PUNTO DE EBULLICIÓN <sup>1</sup>

Otra característica importante de los solventes es su punto de ebullición, el cual determina la velocidad de la evaporación.<sup>1</sup>

### III. MARCO TEORICO



#### III.20.1 MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE EBULLICIÓN<sup>11</sup>

El punto de ebullición es aquella temperatura en la cual la materia cambia de estado líquido a gaseoso. Expresado de otra manera, en un líquido, el punto de ebullición es la temperatura a la cual la presión de vapor del líquido es igual a la presión del medio que rodea al líquido, además el punto de ebullición depende de la masa molecular de la sustancia.



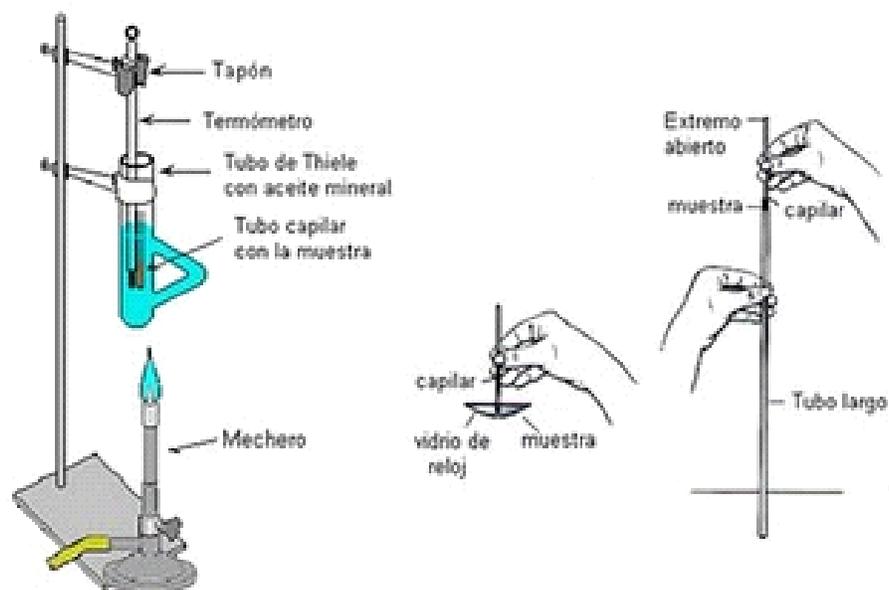
*Ilustración 14:* Tubo thiele

Cuando se calienta un líquido, alcanza eventualmente una temperatura en la cual la presión del vapor es lo bastante grande que se forman burbujas dentro del cuerpo del líquido.

Cuando se forma una burbuja, el líquido que originalmente ocupaba ese espacio es impulsado hacia los lados, y se obliga a aumentar el nivel del líquido en el recipiente. La presión ejercida sobre la burbuja es la presión atmosférica, más algo de presión hidrostática. La presión dentro de la burbuja se debe solo a la presión del vapor líquido. Cuando la presión de vapor llega a ser igual a la presión externa, la burbuja sube a la superficie del líquido y se revienta.

El objetivo de determinar del punto de ebullición es comprobar que mientras un líquido hierve su temperatura permanece constante y viceversa, que es posible suministrar calor a un cuerpo sin que su temperatura varíe.

### III. MARCO TEORICO



*Ilustración 15:* Punto de ebullición y tubo capilar

#### III.21 ÍNDICE DE REFRACCIÓN <sup>12</sup>

Cuando un haz de luz que se propaga por un medio ingresa a otro distinto, una parte del haz se refleja, mientras que la otra sufre una refracción, que consiste en el cambio de dirección del haz.

Para esto se utiliza el llamado índice de refracción del material, que nos servirá para calcular la diferencia entre el ángulo de incidencia y el de refracción del haz (antes y después de ingresar al nuevo material).

El índice de refracción de un medio homogéneo es una medida que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio. De forma más precisa, el índice de refracción es el cambio de la fase por unidad de longitud, esto es, el número de onda en el medio ( $k$ ) será  $n$  veces más grande que el número de onda en el vacío ( $k_0$ ). Esto se basa en el estudio de la refracción de la luz.

### III. MARCO TEORICO



#### III.22 ESPECTROFOTOMETRÍA<sup>13</sup>

La espectrofotometría es el método de análisis óptico más usado en las investigaciones biológicas y químicas. El espectrofotómetro es un instrumento que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto, y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia.

Todas las sustancias pueden absorber energía radiante, aun el vidrio que parece ser completamente transparente absorbe longitud de ondas que pertenecen al espectro visible; el agua absorbe fuertemente en la región del infrarrojo.

La absorción de las radiaciones ultravioleta, visibles e infrarrojas depende de la estructura de las moléculas, y es característica para cada sustancia química. Cuando la luz atraviesa una sustancia, parte de la energía es absorbida; la energía radiante no puede producir ningún efecto sin ser absorbida.

El color de las sustancias se debe a que éstas absorben ciertas longitudes de onda de la luz blanca que incide sobre ellas y solo dejan pasar a nuestros ojos aquellas longitudes de onda no absorbida.

#### III.23 USOS Y APLICACIONES DEL ACEITE DE PINO<sup>14</sup>

Algunos de los principales usos y aplicaciones del aceite de pino son:

- El aceite de pino es un excelente solvente de resinas, posee una amplia aplicación en pinturas y barnices de pequeños porcentajes que se encuentren mezclados con adelgazadores y diluyentes de bajo poder solvente, derivados del petróleo.
- También, agregando pequeñas cantidades se dará protección a la precipitación de los sólidos de la pintura terminada, si es que se agrega un exceso de adelgazador de baja solvencia antes de usar la pintura. Posee un efecto antinata, que protege al producto terminado durante su almacenamiento.

### III. MARCO TEORICO



*Ilustración 16:* Pintura en la que se aplica el aceite de pino

- En vehículos de resinas sintéticas, barnices oleoresinosos y aceites secantes, el uso del aceite de pino mejora la humectación de los pigmentos durante la operación de molienda y colabora a la dispersión, en la pintura terminada, mejora las propiedades de brocheo y, nivelación, siendo especialmente efectivo en pinturas que se aplican a superficies difíciles para mejorar su uso en barnices y esmaltes de horneado, así como esmaltes para alambres, contribuye a las propiedades de flujo con lo que se disminuye al mínimo la formación de pequeños cráteres.
- Debido a sus propiedades de ser no secante, tiene baja volatilidad y posee un poder solvente sobre pinturas parcialmente secas, el aceite de pino constituye un medio ideal para lavar y preservar las brochas.
- A causa de sus propiedades sobresalientes de actividad superficial; su uniforme aroma a pino; alta solvencia para resinas, aceites, sebos, grasas y ceras; y su alta actividad germicida, para un grado negativo de bacterias; el aceite de pino es especialmente apropiado para la formulación de desinfectantes, limpiadores y sanitizadores industriales y domésticos.



*Ilustración 17:* Limpiador doméstico a base de aceite de pino

- El aceite de pino combinado con un buen detergente aniónico, tiene un eficiente poder limpiador y es capaz de matar a los microorganismos vegetativos dentro de un período de 5 a 10 minutos, a sus esporas en unas cuantas horas y a la mayoría, si no es que a todos los, de virus y hongos.
- El aceite de pino tiene, como es bien sabido, un poder bactericida excelente, es también considerado como un viricida general y para virus lipofílicos y similares, también esparcido a temperatura de cuarto, es un fungicida muy efectivo en presencia de materia orgánica, posee excelentes propiedades al combatirse con jabones y agua con un pH alcalino, y sobre todo proporciona un aroma agradable en los limpiadores y en la aplicación final de los mismos, debido a su alto grado de residualidad.

### III. MARCO TEORICO



- A sí mismo, debido a su alta actividad superficial; posee excelentes propiedades humectantes, penetrantes, dispersantes y de suspensión; usándose en la fabricación de auxiliares para procesos textiles; como agentes desespumantes y niveladores en operaciones de revestimiento; así como en muchas otras aplicaciones especializadas.
- Ya que las esencias de pino son básicamente insolubles en agua; mucho de los usos finales requieren de un jabón surfactante, no tóxico u otro constituyente de actividad superficial; para ayudar a emulcificar.
- El aceite de pino obtenido por destilación de la resina de pino posee propiedades importantes para el ser humano cuyas acciones son antiinfecciosas, antigotosas y estimulantes de las suprarrenales, acción antiséptica pulmonar, se recomienda su uso en las afecciones al sistema de las vías respiratorias y reumatismo, el uso externo es rubefaciente, antiséptico, parasiticida y balsámico usándose en caso de bronquitis, gripes sinusitis (inhalaciones) dermatosis (psoriasis eccemas)

#### III.24 METODOS DE ANÁLISIS ESTADISTICO

##### III.24.1 COMPARACIÓN DE MEDIAS: PRUEBAS PARA DATOS APAREADOS<sup>8</sup>

La base de las pruebas para la comparación de medias apareadas consiste en analizar las diferencias entre las observaciones de un mismo individuo.

Suponiendo que la variable aleatoria que define la diferencia entre dos observaciones registradas en un mismo individuo (modelo antes-después) fuera una variable aleatoria que se distribuyera normalmente, y queremos contrastar la hipótesis de que se produjo un efecto entre ambas observaciones (cambio). En el caso de resultar cierta, el estadístico de contraste que utilizaríamos se distribuiría según la ley de probabilidad de la t de Student, por lo que la prueba que resultaría más adecuada sería la prueba paramétrica de la t de Student para datos apareados.

El estadístico de contraste desarrollado a partir del planteamiento de la hipótesis a contrastar es:

### III. MARCO TEORICO



$$t_{cal} = \left| \frac{\bar{d}}{\bar{S}_d} \sqrt{n} \right|$$

Dónde:

$\bar{d}$ : Media muestral de la diferencia entre las observaciones “pre” y “post”

n: Tamaño de la muestra

$\bar{S}_d$ : Desviación estándar muestral de las diferencias

tn-1: ley de probabilidad de la t de Student con n-1 grados de libertad

$$\left| \bar{d} \pm t_{0.975}^{n-1} \frac{\hat{S}_d}{\sqrt{n}} \right|$$

El cálculo del intervalo de la diferencia de medias al 95% de confianza, responde a la siguiente fórmula:

#### III.24.2 PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS<sup>9</sup>

##### TEST DE COCHRAN

Contraste relativamente simple, se utiliza para diseños balanceados que tengan el mismo número de grados de libertad.

El parámetro para calcular es:

$$G_c = \frac{S_{\max}^2}{\sum_i S_i^2}$$

Donde:

$S^2_{\max}$  = La varianza máxima de todas las series de datos.

$S^2_i$  = La sumatoria de las varianzas de todas las series de datos.

### III. MARCO TEORICO



*Ilustración 18:* Tabla de homogeneidad de varianzas de Cochran

$$\alpha = 0.05$$

<i>k</i>	<i>n</i>													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	17	37	145	1000
2	0.998	0.975	0.939	0.905	0.877	0.853	0.833	0.815	0.801	0.788	0.734	0.660	0.581	0.500
3	0.966	0.870	0.797	0.745	0.707	0.677	0.653	0.633	0.616	0.602	0.546	0.474	0.403	0.333
4	0.906	0.767	0.684	0.628	0.589	0.559	0.536	0.517	0.501	0.488	0.436	0.372	0.309	0.250
5	0.841	0.683	0.598	0.544	0.506	0.478	0.456	0.438	0.424	0.411	0.364	0.306	0.251	0.200
6	0.780	0.616	0.532	0.480	0.444	0.418	0.398	0.381	0.368	0.336	0.313	0.261	0.211	0.166
7	0.727	0.561	0.480	0.430	0.397	0.372	0.353	0.338	0.352	0.315	0.275	0.227	0.183	0.142
8	0.679	0.515	0.437	0.391	0.350	0.336	0.318	0.304	0.292	0.282	0.246	0.202	0.161	0.125
9	0.638	0.477	0.402	0.358	0.328	0.306	0.290	0.276	0.265	0.256	0.222	0.182	0.144	0.111
10	0.602	0.445	0.373	0.331	0.302	0.282	0.266	0.254	0.243	0.235	0.203	0.165	0.130	0.100



### IV DISEÑO METODOLOGICO

#### IV.1 MATERIALES

- Agitador de vidrio (Fisher)
- Balón de 5 mL (Pyrex)
- Balones de 500 mL (Pyrex)
- Beaker de 25 mL (Pyrex)
- Beaker de 50 mL (Pyrex)
- Beaker de 250 ml (Pyrex)
- Bureta de 50 mL (Pyrex)
- Capilares
- Celda (cuarzo, vidrio)
- Dedales
- Erlenmeyer de 125mL (Pyrex)
- Goteros (Pyrex)
- Mangueras
- Papel toalla
- Picnómetro de 10 ml (20C°)
- Plancha de calentamiento
- Pipeta graduada de 5 mL (Pyrex)
- Pipeta graduada de 10 mL (Pyrex)
- Probeta de 50 mL (Pyrex)
- Probeta de 250 ml (Pyrex)
- Refrigerante (Büchi)
- Soporte para bureta
- Tapón de corcho (Fisher)
- Termómetro (Fisher)
- trozo de alambre
- Tubo de 5mm\*8cm
- Tubos de ensayo pequeños (Pyrex)
- Papel filtro (Fisher)

#### IV.2 EQUIPOS

- Aparato de soxthelt (Gerhardt)
- Rotavapor (Buchí)
- Aparato de Clevenger (Normschliff)
- Espectrofotómetro (Shimadzu, UV 1203)
- Horno (Thelco,130)
- Balanza analítica (Explorer pro)
- Refrigeradora (Cetron CF28\*\*1ABA/BTC)
- Refractómetro ATAGO

#### IV.3 REACTIVOS

- KOH (Merck)
- Alcohol (95% y 98% , Merck)
- Agua destilada y desionizada
- Hexano (98.5%, Merck)
- Propilenglicol (Merck)
- Acetona (99.8%, Merck)
- Isopropanol (Merck)
- Ftalato acido de potasio (Merck)
- Aceite de cocina ámbar

## IV. DISEÑO METODOLOGICO



### IV.4 SOLUCIONES

#### IV.4.1 SOLUCIÓN DE KOH 0.1N

Pesar 2.81 g de KOH, en un vidrio de reloj, trasladar a un beaker de 250 mL y añadir 200 mL de agua destilada y disolverlo, trasladar a un balón de aforo de 1 L y aforar finalmente con agua destilada.

#### IV.4.2 SOLUCIÓN DE KOH EN ALCOHOL 20% (P/V)

Pesar 20 g de KOH, en un vidrio reloj, trasladar a beaker de 50 mL y añadir 25 mL de etanol y disolver la mayor parte de KOH posible, trasladar a un balón de aforo de 100 mL y aforar finalmente con etanol.

#### IV.4.3 SOLUCIÓN DE FENOLFTALEINA 1% (P/V)

Pesar 0.5 g de fenolftaleína, en un vidrio reloj, trasladar en beaker de 25 mL y añadir 20 mL de etanol y disolverlo, trasladar a un balón de aforo 50 mL y aforar finalmente con etanol.

### IV.4.4 SOLUCIONES DE ACEITE DE OCOTE

#### IV.4.4.1 SOLUCION DE ACEITE DE OCOTE 25% (V/V)

Medir 2.5 mL de aceite de ocote, con una pipeta graduada de 5 mL, pasar a un balón de aforo 10 mL y aforar con etanol.

#### IV.4.4.2 SOLUCION DE ACEITE DE OCOTE 50% (V/V)

Medir 5mL de aceite de ocote, con una pipeta graduada de 5 mL, pasar a un balón de aforo 10 mL y aforar con etanol

#### IV.4.4.3 SOLUCION DE ACEITE DE OCOTE 75% (V/V)

Medir 7.5mL de aceite de ocote, con una pipeta graduada de 10 mL, pasar a un balón de aforo 10 mL y aforar con etanol

## IV. DISEÑO METODOLOGICO



### IV.4.5 SOLUCIONES DE ACEITE DE TREMENTINA

#### IV.4.5.1 SOLUCION DE ACEITE DE TREMENTINA 25%(V/V)

Medir 2.5 mL de aceite de trementina, con una pipeta graduada de 5 mL, pasar a un balón de aforo 10 mL y aforar con etanol.

#### IV.4.5.2 SOLUCION DE ACEITE DE TREMENTINA 50%(V/V)

Medir 5 mL de aceite de trementina, con una pipeta graduada de 5 mL, pasar a un balón de aforo 10 mL y aforar con etanol.

#### IV.4.5.3 SOLUCION DE ACEITE DE TREMENTINA 75%(V/V)

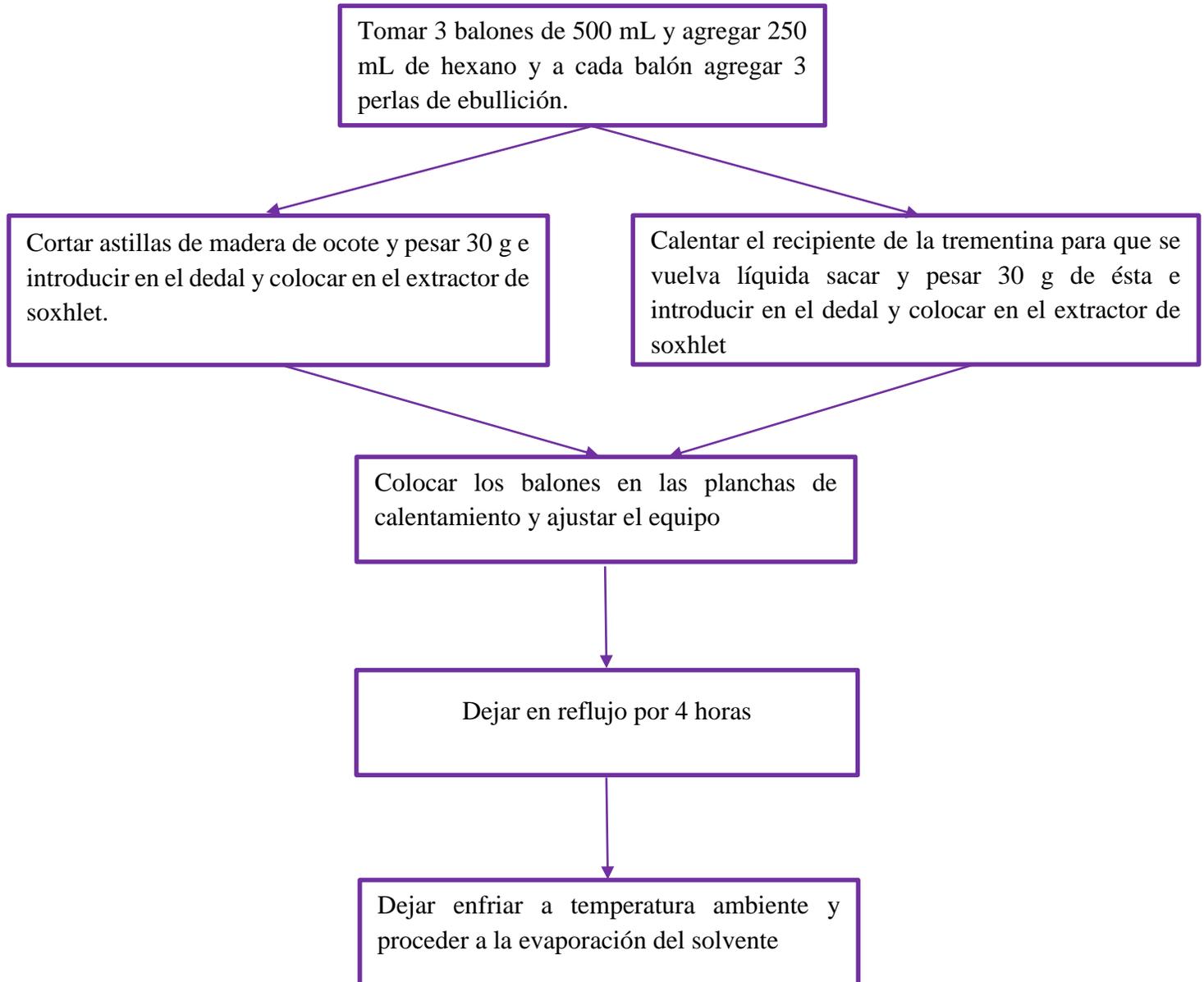
Medir 7.5 mL de aceite de trementina, con una pipeta graduada de 10 mL, pasar a un balón de aforo 10 mL y aforar con etanol.

## IV. DISEÑO METODOLOGICO



### IV.5 ESQUEMAS DE PROCEDIMIENTOS (FLUJOGRAMAS)

#### IV.5.1 PROCEDIMIENTO PARA EXTRACCION DE ACEITE DE PINO POR EL METODO DE SOXHLET



## IV. DISEÑO METODOLOGICO



### IV.5.2 PROCEDIMIENTO PARA LA EVAPORACION DE SOLVENTES (ROTAVAPOR)

Encender la trampa y dejar que se enfríe el agua del refrigerante una hora antes de realizar la separación.

Ajustar el balón que contiene la mezcla a separar al tubo evaporador con una pinza clip.

Ajustar la temperatura del baño termostático a 40°C y sumergir el balón en este baño.

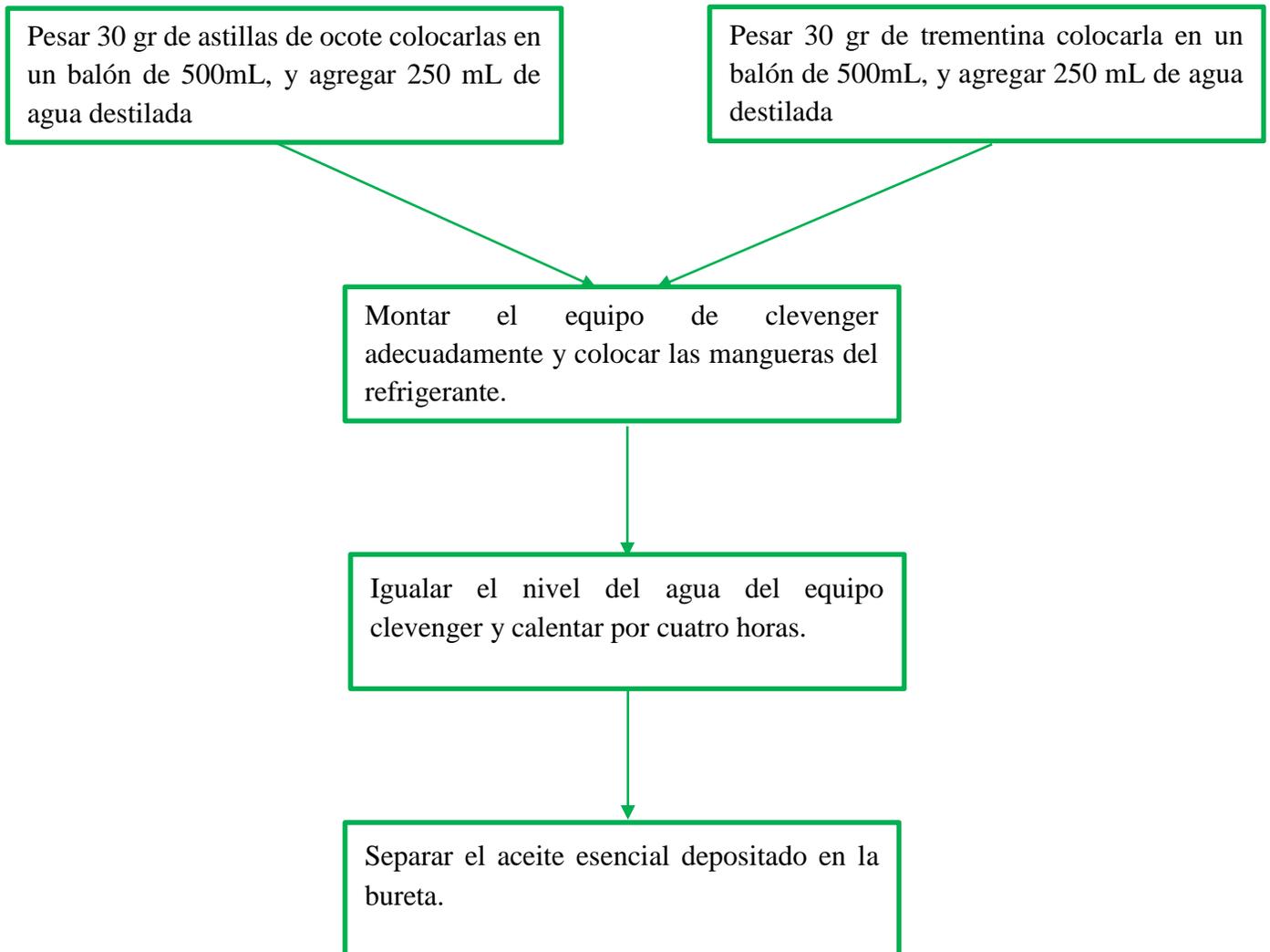
Encender la bomba de vacío y ajustar velocidad de rotación.

Realizar la separación cerrando de manera pausada la llave de vacío y cuando no haya burbujeo dentro del balón quitar este del equipo.

## IV. DISEÑO METODOLOGICO



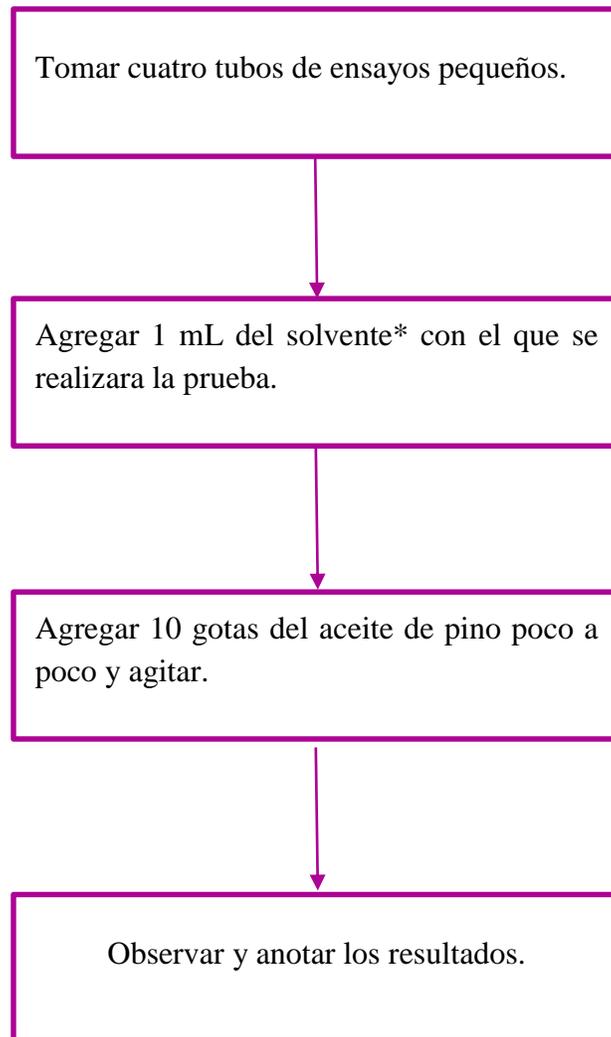
### IV.5.3 PROCEDIMIENTO PARA LA EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL POR EL METODO DE CLEVANGER



## IV. DISEÑO METODOLOGICO



### IV.5.4 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA SOLUBILIDAD DEL ACEITE DE PINO



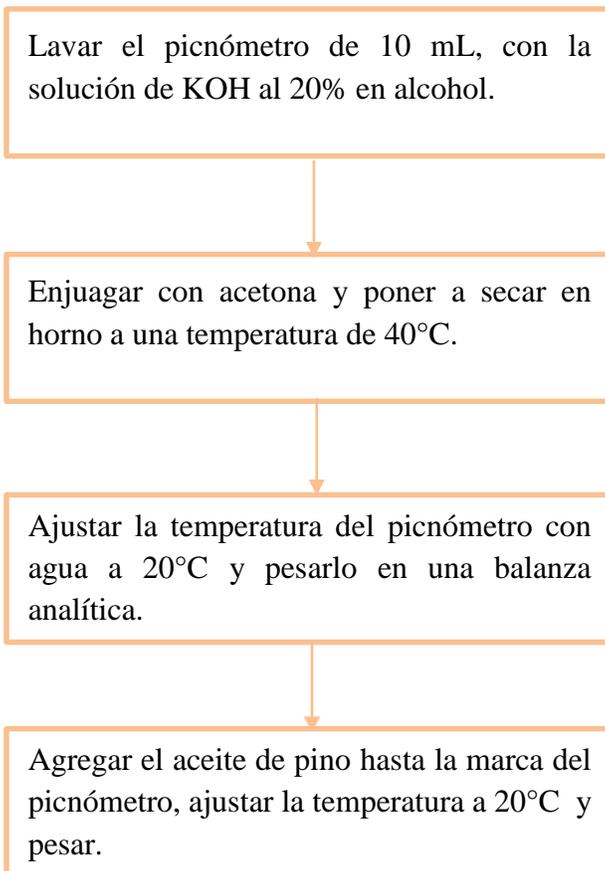
**\* Solventes:**

1. Hexano.
2. Etanol.
3. Isopropanol.
4. Propilenglicol.

## IV. DISEÑO METODOLOGICO



### IV.5.5 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL ACEITE POR EL METODO DEL PICNOMETRO



#### IV.5.5.1 CÁLCULO PARA LA DETERMINACION DE LA DENSIDAD DEL ACEITE DE PINO

$$\text{DENSIDAD (g/mL)} = \frac{m}{v}$$

Dónde:

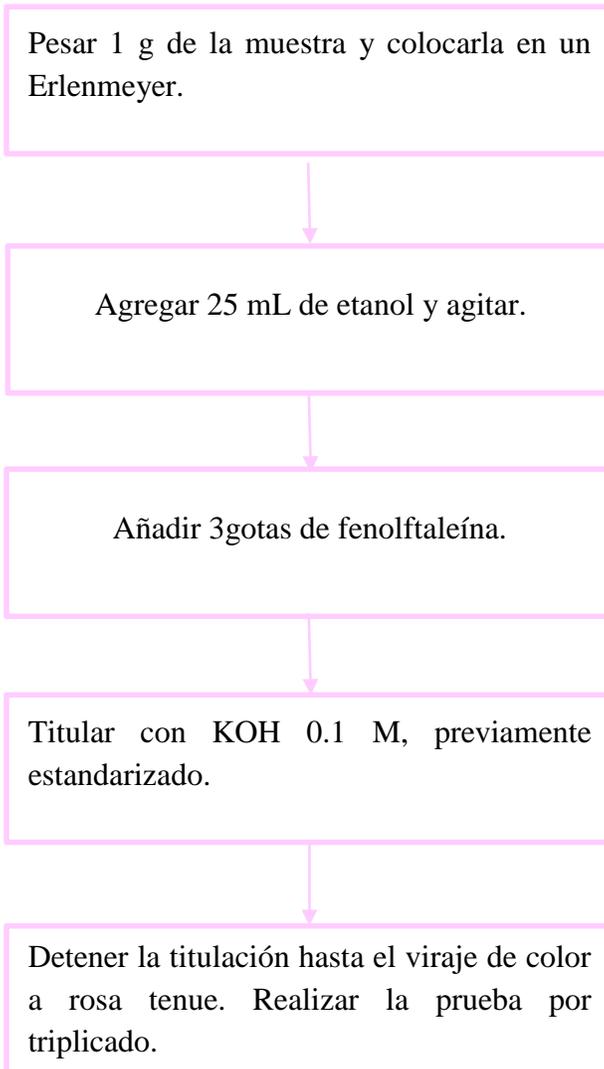
$m$  = peso del aceite de pino ((picnómetro + aceite) – picnómetro vacío)

$v$  = volumen del líquido (10mL)

## IV. DISEÑO METODOLOGICO



### IV.5.6 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL INDICE DE ACIDEZ DEL ACEITE DE PINO



#### IV.5.6.1 CALCULO PARA DETERMINAR EL INDICE DE ACIDEZ DEL ACEITE DE PINO

$$\% \text{ Acido Oleico (I.A.)} = \frac{(V \times C \times Mm)}{10 \times P}$$

Dónde:

**V** = mL de KOH gastados.

**C** = concentración de KOH (Molaridad (M)).

**Mm** = Peso molecular de ácido oleico = 282 g/mol.

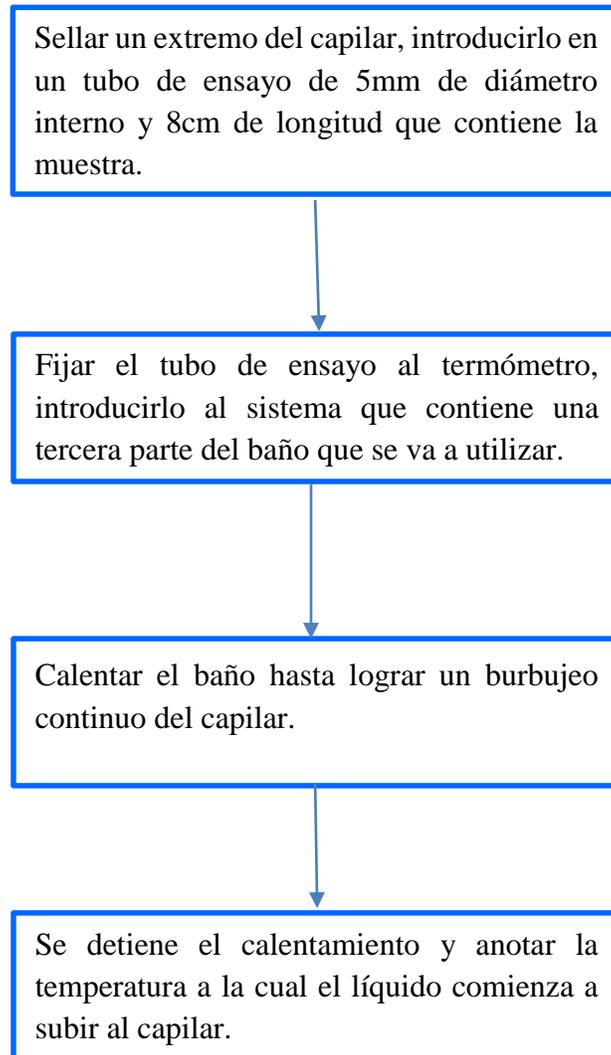
**P** = peso en gramos (g) de muestra utilizada.

**10**= Factor que resulta del cociente de 1000/100 por el cambio de unidades.

## IV. DISEÑO METODOLOGICO



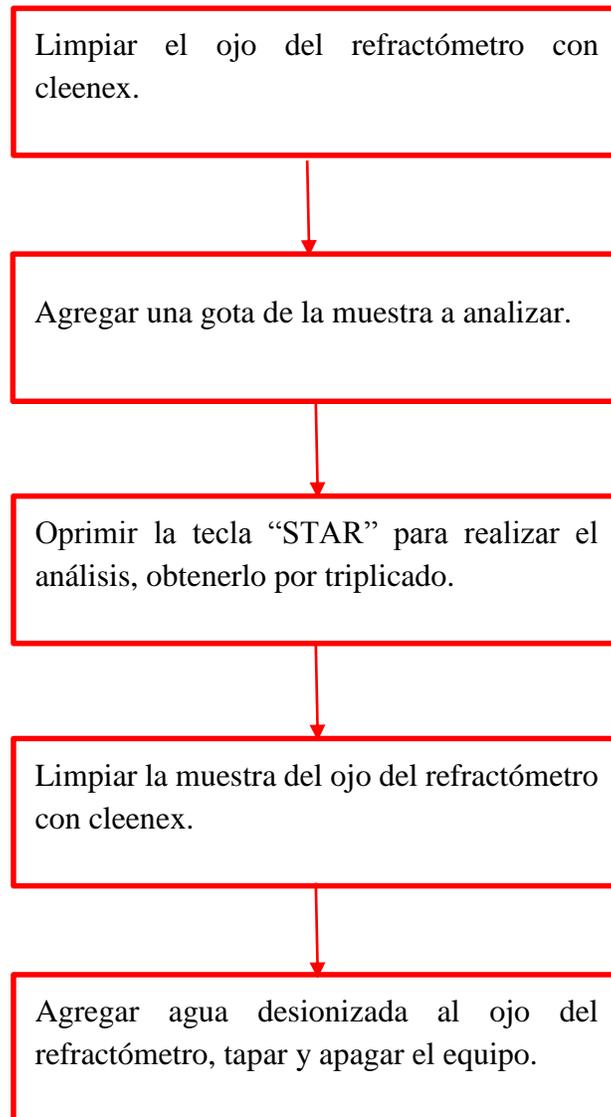
### IV.5.7 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL PUNTO DE EBULLICION DEL ACEITE DE PINO



## IV. DISEÑO METODOLOGICO



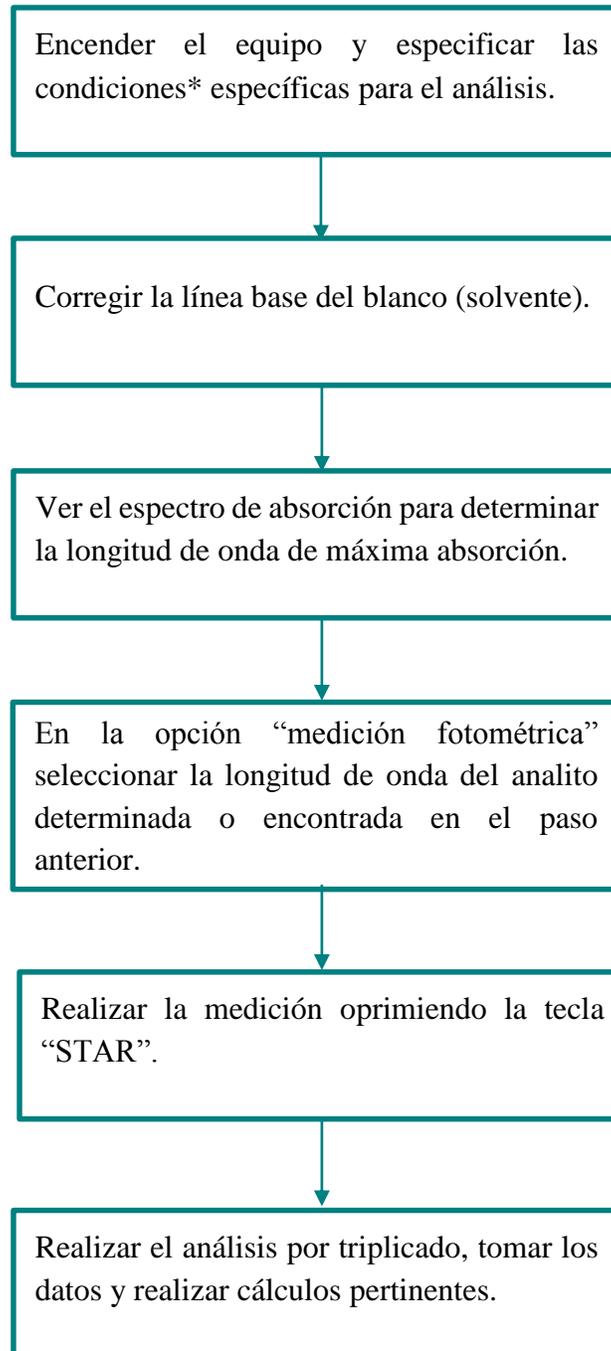
### IV.5.8 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE REFRACCION



## IV. DISEÑO METODOLÓGICO



### IV.5.9 PROCEDIMIENTO DEL MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO



**\* Condiciones:**

1. Rango de barrido espectral: 200 a 800 nm.
2. Rango de absorbancia: -1 a 3.99 abs.
3. Corregido frente al solvente utilizado, etanol.



## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

### V.1 EXTRACCION Y AISLAMIENTO DEL ACEITES DE PINO POR EL METODO DE SOXHLET.

Durante este trabajo monográfico se utilizaron cuatro cifras significativas en todos los resultados, tablas y gráficos obtenidos, excepto en los resultados de la determinación índice del refracción, que se encuentran reflejado en el análisis de resultados.

#### V.1.1 EXTRACCION DEL ACEITE DE PINO DE OCOTE

Para la realizar las extracciones de ramas de ocote, estas fueron adquiridas inicialmente en el Mercado Central de la ciudad de Matagalpa, desconociéndose la especie de pino, procedencia geográfica y forma de extracción. Para extraer el aceite de pino de las ramas de ocote, se pesó 30 g de dichas ramas y se utilizó el método de extracción de soxhlet, utilizando como solvente hexano grado reactivo. La extracción del aceite se realizó durante 4 horas consecutivas, con una de media de 8 a 10 minutos por sifonada. Los porcentajes de rendimiento de las extracciones se muestran en la tabla 1 (Los cálculos respectivos se muestran en anexos):

**Tabla 1:** Porcentajes de rendimiento del aceite de pino extraído de ocote

<b>Réplicas</b>	<b>Porcentajes (%)</b>
<b>1</b>	42.98
<b>2</b>	40.77
<b>3</b>	40.15
<b>Media</b>	41.30
<b>Desviación estándar</b>	1.480
<b>%RSD</b>	3.600

Tal y como se muestra en la tabla 1 existen diferencias entre las réplicas de las extracciones. El porcentaje de extracción es baja ya que la materia no se pulverizo sino que se extrajo directamente de las astillas.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



La diferencia entre los porcentajes de extracción fue debido principalmente a la diferencia en el calor suministrado a cada uno de los balones ya que las planchas de calentamiento no calentaban igual esto hizo que en una de las muestras hubieran más sifonadas que en las otras, esto aumenta el porcentaje de rendimiento.

Cabe destacar que no existen valores de referencia, en la bibliografía consultada, de la extracción de aceite de ocote con el método de soxhlet. Por lo tanto no se realizó una comparación entre los porcentajes de extracción experimentales con teóricos.

### V.1.2 EXTRACCION DEL ACEITE DE TREMENTINA

Para la realizar las extracciones de la trementina, estas fueron adquiridas inicialmente en el Mercado Central de la Ciudad de León, desconociéndose la especie de pino, procedencia geográfica y forma de extracción Se realizó las extracciones en trementina para extraer aceite de pino por el método de extracción de soxhlet el solvente a utilizar es hexano a medida que pasaban las sifonadas y el tiempo de la extracción el solvente se pone de color amarillento.

La extracción dura una hora ya que el sifón se obstruye esto impide que siga la extracción. La trementina es un sólido viscoso y se adhiere a cualquier objeto difícil de quitar esto hace que se quede pegado en las superficie del balón y el sifón impidiendo que se extraiga más aceite de pino de trementina.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Las 3 réplicas de % de rendimiento de las extracciones se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 2:** Porcentajes de rendimiento del aceite de pino extraído de la trementina

<b>Réplicas</b>	<b>Porcentajes (%)</b>
<b>1</b>	96.52
<b>2</b>	96.53
<b>3</b>	96.51
<b>Media</b>	96.52
<b>Desviación estándar</b>	$1.000 \cdot 10^{-2}$
<b>%RSD</b>	$1.000 \cdot 10^{-2}$

Tal y como se muestra en la tabla 2 el porcentajes de aceite de pino de trementina es muy alto ya que se extrajo más del 96% de aceite en la trementina en el tiempo ensayado. Sin embargo posiblemente se puede extraer mayor cantidad, por lo que hay que verificar el proceso de extracción al momento que se obstruye el sifón para evitar pérdida de la muestra. Se puede decir que no existen diferencias entre los porcentajes de extracción de aceite de trementina.

Igual que en caso del aceite de ocote cabe destacar que no existen valores de referencia, en la bibliografía consultada, de la extracción de aceite de trementina con el método de soxhlet. Por lo tanto no se realizó una comparación entre los porcentajes de extracción experimentales con teóricos.

### V.1.3 COMPARACION DE LOS ACEITE DE OCOTE Y TREMENTINA

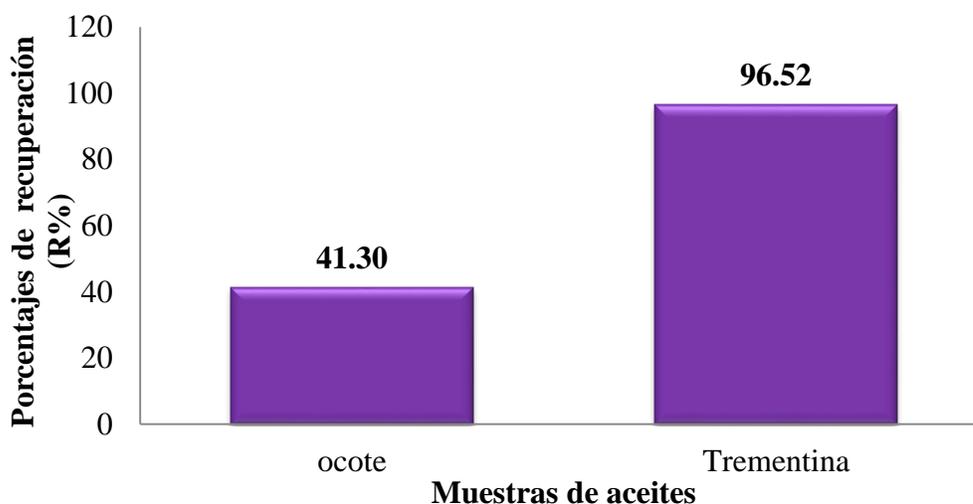
En la tabla 3 y en la ilustración 19, se muestran los resultados de los porcentajes de extracción de las muestras de ocote y trementina.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



**Tabla 3:** Porcentaje de rendimiento de aceite de ocote y trementina

Réplicas	Ocote	Trementina
1	42.98	96.52
2	40.77	96.53
3	40.15	96.51
Media	41.30	96.52
Desviación estándar	1.487	$1.000 \cdot 10^{-2}$
%RSD	3.602	$1.000 \cdot 10^{-2}$



**Ilustración 19:** Porcentaje de rendimiento de aceite de ocote y trementina por el método de soxhlet

Tal y como se muestra en la tabla 3 y en la ilustración 19 existen claras diferencias entre los porcentajes de recuperación de los aceites obtenidos a partir de ocote y trementina.

Las diferencias de las extracciones entre los aceites de ocote y trementina son debidas entre otras cosas al estado de agregación de la muestra que se utiliza; ya que el ocote estaba en estado sólido, esto hace que su estructura sea más compacta dificultando así la extracción de sus componentes.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



En caso contrario lo que sucede con la trementina ya que esta está en estado líquido y su estructura es menos compacta facilitando así la extracción de sus componentes.

La prueba estadística de comparación aplicada fue, comparación de medias apareadas. Las hipótesis nula y alternativa fueron:

- **Hipótesis nula ( $H_0$ ):** Las medias de los porcentajes de extracción son iguales y no existen diferencias significativas los porcentajes de extracción de aceite de ocote y trementina.
- **Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** Las medias de los porcentajes de extracción son diferentes y existen diferencias significativas los porcentajes de extracción de aceite de ocote y trementina.

Los criterios de aceptación y rechazo de la hipótesis nula fueron:

- \* Si  $t_{(0.05, n-1)} > |t_{cal}|$ , se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_1$
- \* Si  $t_{(0.05, n-1)} < |t_{cal}|$ , se acepta  $H_1$  y se rechaza  $H_0$

Los cálculos fueron realizados utilizando la hoja de cálculo Microsoft ® Excel. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4:** Comparación de las medias apareadas de los porcentajes de extracción de aceite de las muestras de ocote y trementina

Variable	Ocote	Trementina
Media	41.30	96.52
Varianza	2.210	$1.000 \cdot 10^{-4}$
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	64.38	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Tal y como se observa en la tabla 4, el valor del estadístico t tabulado para 0.05 y n-1, grados de libertad, fue de 4.303 y el valor absoluto del estadístico calculado fue de 64.38.

Esto indica que el valor del estadístico calculado es mayor que el estadístico tabulado por lo que se acepta la  $H_1$  y se rechaza la  $H_0$  y deducimos que la media de los porcentajes de extracción de los aceites de ocote y trementina no son homogéneas.

### V.2 EXTRACCION DE ACEITES ESENCIALES DE PINO POR EL METODO DE EXTRACCION DE CLEVINGER.

Una vez realizadas las extracciones de los aceites por el método de Soxhlet, consideramos adecuado realizar la extracción de aceites esenciales tanto de la muestra de ocote como de la trementina, para esto empleamos el método de Clevenger (Hidrodestilación).

Por otra parte los datos obtenidos de la hidrodestilación mediante el método de Clevenger, en forma de porcentaje de rendimiento de aceite esencial por triplicado se muestran a continuación.

**Tabla 5:** Porcentajes de rendimiento de aceites esenciales de ocote y trementina

<b>Réplica</b>	<b>Ocote</b>	<b>Trementina</b>
<b>1</b>	14.25	16.70
<b>2</b>	13.75	15.95
<b>3</b>	14.40	15.75
<b>Promedio</b>	14.13	16.13
<b>Desviación estándar</b>	0.3400	0.5000
<b>%RSD</b>	2.210	3.100

Tal y como se muestra en la tabla 5 los porcentajes de rendimiento de los dos aceites esenciales extraídos no difieren mucho uno del otro.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

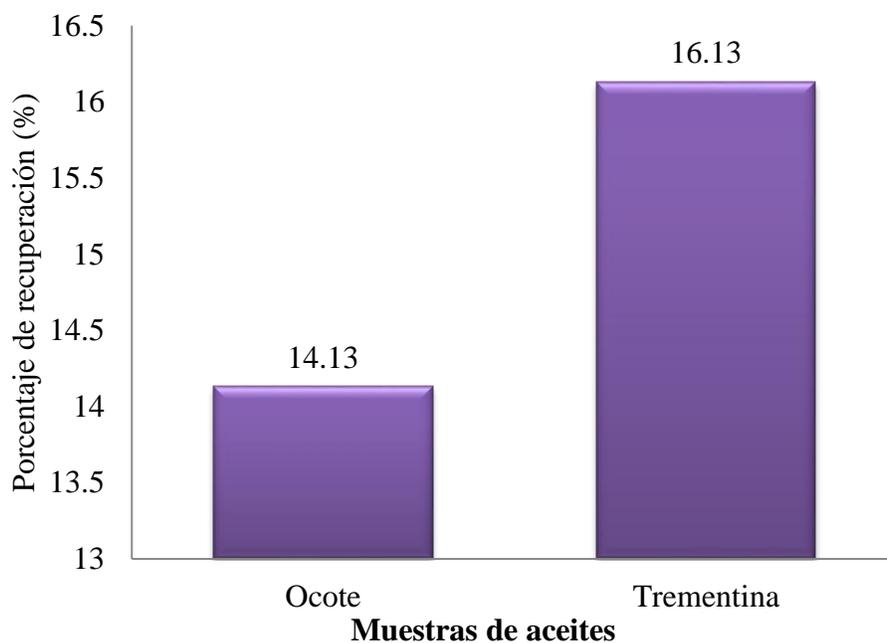


También podemos observar que la desviación estándar es baja, esto quiere decir que las réplicas no están muy dispersas una de la otra. Por último se puede observar el %RSD lo cual nos indica, tomando un criterio de aceptación de %RSD <5%, que hay repetibilidad en los % de rendimiento del método.

La diferencia encontrada en los porcentajes de extracción de aceite esencial por el método de clevenger se debe principalmente a la materia utilizada ya que las características, tanto físicas como químicas, son muy distintas.

Otra explicación para la diferencia es el error humano en el momento de pesar, pasar el aceite al recipiente, pesar el recipiente con aceite etc. puede que haya habido un error al tomar los datos.

Tomando en cuenta los datos de la tabla 5 se realizó un gráfico de barra para comparar lo obtenido. El gráfico se muestra a continuación.



**Ilustración 20:** Porcentaje de rendimiento de aceite esencial

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Tal y como muestra el gráfico ilustración 20 podemos distinguir diferencias entre los aceites esenciales obtenidos. Esta diferencia es debida, principalmente, al estado de la materia utilizada. El ocote estaba sólido y la trementina estaba líquida, esto ayuda a que aumente el rendimiento. Los resultados de los porcentajes de rendimientos de las extracciones de aceite esencial de muestras de ocote y trementina se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 6:** Porcentaje de rendimiento de las extracciones con el método de clevenger

Muestras	% de rendimiento
Ocote	14.13
Trementina	16.13

Debido a la existencia de diferencias entre los promedios de las réplicas de los porcentajes de extracción de aceite esencial en las muestras de ocote y trementina y con el fin de comprobar si existen diferencias significativas se realizó una prueba estadística para comparar las medias de las réplicas de los porcentajes de extracción de los aceites esenciales.

La prueba utilizada es la prueba t para medias de dos muestras emparejadas. Antes de realizar la prueba se propuso las hipótesis para luego llegar a una conclusión. Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

- \* **Hipótesis nula ( $H_0$ ):** Las medias de los porcentajes de extracción de aceites esenciales son iguales y no existen diferencias significativas los porcentajes de extracción.
- \* **Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** Las medias de los porcentajes de extracción de aceites esenciales son diferentes y existen diferencias significativas los porcentajes de extracción.

Se plantearon como criterios de aceptación de la hipótesis nula los siguientes:

Si  $t_{\text{tab}}(0.05, n-1) > |t_{\text{cal}}|$ , se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_1$

Si  $t_{\text{tab}}(0.05, n-1) < |t_{\text{cal}}|$ , se acepta  $H_1$  y se rechaza  $H_0$

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Para el cálculo del estadístico t, utilizamos la hoja de cálculo de Microsoft® Excel con la opción prueba t para medias de dos muestras emparejadas. Los resultados se muestran a continuación.

**Tabla 7:** Resultado de la prueba t para medias de dos muestras apareadas

<b>Variable</b>	<b>Ocote</b>	<b>Trementina</b>
<b>Media</b>	14.13	16.13
<b>Varianza</b>	0.1200	0.2500
<b>Grados de libertad</b>	2.000	
<b>Estadístico t</b>	6.008	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4.303	

Tomando en cuenta los resultados de la tabla 7 se pudo ver que  $|t_{cal}| > t_{tab (0.05, 2)}$  ya que  $6.008 > 4.303$  por lo que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), y se concluye que existen diferencias significativas entre los promedios de las réplicas de los porcentajes de extracción de aceites esenciales de las muestras de ocote y trementina. Con la prueba anterior se puede decir que hay diferencia entre las extracciones con el mismo método y dos muestras diferentes.

Debido a que existían diferencias en los porcentajes de extracción de los métodos de soxhlet y clewenger se decidió realizar el estudio de las propiedades fisicoquímicas del aceite de pino extraído con el método de soxhlet.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



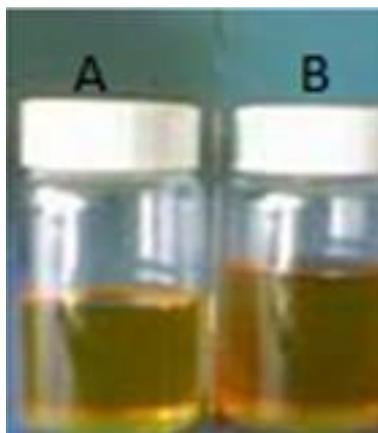
### V.3 DETERMINACION DE PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS DE LOS ACEITES EXTRAÍDOS

#### V.3.1 CARACTERÍSTICAS VISUALES DE LOS ACEITES DE PINO EXTRAÍDOS POR EL MÉTODO DE SOXHLET.

Una vez que se extrajeron los aceites de las muestras de ocote y trementina mediante el método de Soxhlet, se procedió a comparar sus propiedades físicas visuales, ya que se carecía de instrumentación analítica específica para determinar de esta forma sus propiedades físicas se basó en las observaciones personales. En la siguiente tabla se muestran las propiedades físicas visuales observadas en las muestras extraídas de aceite de pino.

**Tabla 8:** Características físicas (visuales) de los aceites de ocote y trementina

<b>Características</b>	<b>Aceite de ocote</b>	<b>Aceite de trementina</b>
<b>Color</b>	Amarillo naranja	Amarillo
<b>Olor</b>	Fuerte a pino	Bajo a pino
<b>Viscosidad</b>	Media	Alta
<b>Turbidez</b>	Nada	Poca



**Ilustración 21:** Fotografías de los aceites extraídos (A) Ocote y (B) Trementina:

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Tal y como se muestra en la tabla 8 y en la ilustración 21, las características de los aceites de pino extraídos de las muestras de ocote y trementina, difieren en sus características visuales tanto en su color, olor, viscosidad y turbidez.

### V.3.2 CARACTERÍSTICAS VISUALES DE LOS ACEITES DE PINO EXTRAÍDOS POR EL MÉTODO DE CLEVINGER

Esta diferencia, es posiblemente debida al tipo de materia- prima utilizada, al estado físico de las muestras.

Las propiedades físicas visuales de los aceites esenciales se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 9:** Características físicas (visuales) de los aceites esenciales de ocote y trementina

Aspecto	Aceite esencial de ocote	Aceite esencial de trementina
Color	Trasparente	Trasparente amarillento
Olor	Fuerte esencia de pino*	Ligero a esencia de pino*
Turbidez	Ninguna	Poca
Viscosidad	Ligera	Media

\* *Comparados con aceite esencial proporcionados por el tutor*

Tal y como muestra en la tabla 9, las características de los aceites esenciales difieren mucho uno del otro lo cual era de esperarse debido a que las muestras utilizadas eran diferentes lo que quiere decir que se obtuvieron aceites esenciales característicos de cada una de las muestras.

Una vez que determinamos visualmente las propiedades físicas de los aceites, procedimos a determinar los parámetros físico-químicos de las muestras previamente extraídas con el método de Soxhlet y compararlos a su vez con una muestra de aceite de pino obtenida en el comercio.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Las propiedades físico-químicas obtenidas fueron:

1. Solubilidad
2. Densidad
3. Índice de acidez
4. Punto de ebullición
5. Índice de refracción

Antes de determinar estos parámetros físico-químicos se muestran los valores teóricos de dichos parámetros.

**Tabla 10:** Valores teóricos de las propiedades fisicoquímicas del aceite de pino

Parámetro	Aceite de pino
<b>Solubilidad</b>	miscible en todas las proporciones en etanol <sup>18</sup>
<b>Densidad</b>	0.9500 g/mL <sup>16</sup>
<b>Índice de acidez</b>	1.500 <sup>18</sup>
<b>Punto de ebullición</b>	153.0-175.0 °C <sup>16</sup>
<b>Índice de refracción</b>	1.4780-1.482 <sup>15</sup>

### V.3.3 SOLUBILIDAD

Se realizó una prueba de solubilidad a los aceites extraídos de ocote y trementina, utilizando para esto diferentes solventes orgánicos a los cuales se les agrego 10 gotas de la muestra. Para esto se consideró los criterios empíricos de soluble, poco soluble e insoluble en dependencia, si el disolvente empleado era o no capaz de disolver al aceite. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



**Tabla 11:** Solubilidad de los aceites de pino extraídos de ocote y trementina en solventes orgánicos

<b>Solventes</b>	<b>Ocote</b>	<b>Trementina</b>
<b>Hexano</b>	Soluble	Poco soluble
<b>Etanol</b>	Soluble	Soluble
<b>Propilenglicol</b>	Insoluble	Insoluble
<b>Isopropanol</b>	Soluble	Soluble

Tal y como se observa en la tabla 11, los aceites extraídos son solubles totalmente en etanol e isopropanol, esto es probablemente debido a que estos alcoholes son compuestos orgánicos con grupos funcionales polares que le permite interactuar con los grupos funcionales de los compuestos presente en los aceites extraídos, por lo que al interactuar con estos permiten su solubilización. Como se muestra en la tabla 10 que el aceite de pino es miscible en etanol en todas las proporciones.

Cabe destacar por otra parte que si empleamos estos solventes (etanol e isopropanol) en concentraciones bajas (diluidas), se observó al momento de realizar la prueba de solubilidad con estos solventes que hubo una disminución de la solubilidad de los “aceites” extraídos, esto porque se aumenta la cantidad de agua en los solventes aumentando la polaridad y al existir compuestos con cadenas carbonadas largas y cíclicas esto influye en la solubilidad.

Por otra parte se observó que el aceite de ocote es soluble en hexano aunque es más lenta la velocidad de disolución en comparación con el etanol e isopropanol pero el “aceite” de trementina es poco soluble en hexano, esto es debido a que al existir compuestos de larga cadena carbonada le confiere a los aceites extraídos una menor polaridad lo que le permite disolverse en este solvente.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Los datos de la tabla 11, permiten deducir que ninguno de los aceites extraídos es soluble en propilenglicol esto se debe a que este solvente contiene dos grupos OH<sup>-</sup> en su estructura uno en posición terminal y otro en intermedia.

Esta estructuración probablemente influyó en la disminución de la solubilidad, debido a la existencia de un impedimento estérico por el volumen de ambas estructura, lo que no ocurre en el caso del etanol e isopropanol en los que no había tal impedimento estérico.

Se utilizaron dichos solventes siguiendo la regla de que semejante disuelve semejante y dado que se estudió un compuesto orgánico se utilizó solventes orgánicos.

### V.3.4 DENSIDAD

Las densidades fueron determinadas tanto a los aceites extraídos como a una muestra de aceite de pino comercial con el fin de compararlas y establecer una relación que permite calcular la concentración de la muestra comercial. Los resultados obtenidos a 20°C se muestran en la tabla 12 y en la ilustración 22.

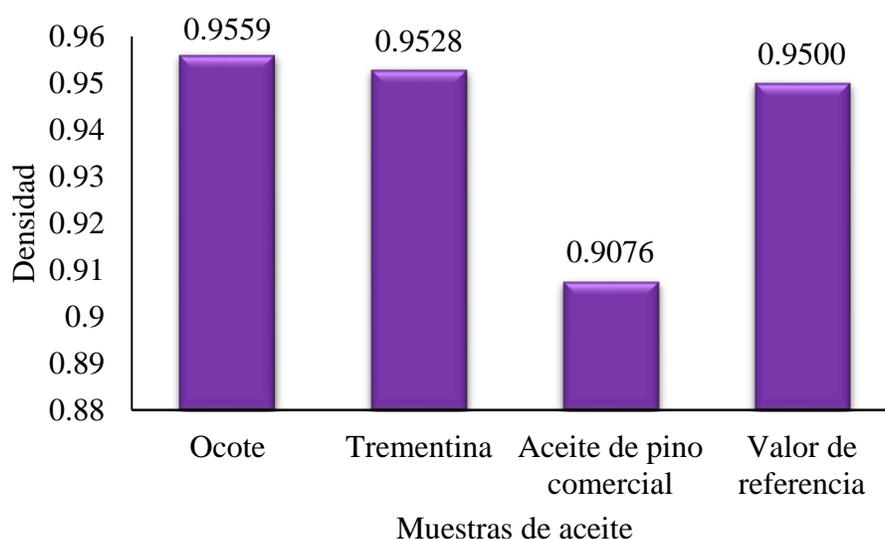
Tal y como se muestra en la tabla 12 existen diferencias entre las densidades de los aceites extraídos con el comercial, siendo similares las densidades de los aceite de ocote y trementina (0.9556 y 0.9528), y siendo la menor la del aceite comercial (0.9076), esto se muestra también en la ilustración 22. También se observó la diferencia entre las densidades de las tres muestras de aceite con respecto al valor teórico de la densidad del aceite de pino, estando más cerca del valor teórico las densidades de los aceites de trementina y ocote. El aceite de pino comercial es menor su densidad ya que se encuentra diluido en algún solvente, por eso esta muestra de aceite comercial es menos viscosa.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



**Tabla 12:** Densidades de los aceites extraídos y aceite de pino comercial en g/cm<sup>3</sup>

Réplicas	Ocote	Trementina	Comercial
1	0.9558	0.9528	0.9076
2	0.9559	0.9527	0.9077
3	0.9559	0.9529	0.9076
<b>Promedio</b>	0.9559	0.9528	0.9076
<b>Desviación estándar</b>	$5.774 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$5.774 \cdot 10^{-5}$
<b>%RSD</b>	$6.040 \cdot 10^{-3}$	$1.050 \cdot 10^{-2}$	$6.361 \cdot 10^{-3}$



**Ilustración 22:** Densidad de los aceites en g/cm<sup>3</sup>

Debido a que existían diferencias entre las densidades de los aceites extraídos con respecto al aceite de pino se consideró la posibilidad de utilizar las densidades de los aceites extraídos para cuantificar la concentración de la muestra de aceite comercial adquirida en el comercio.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Para esto se realizó una serie de diluciones de los aceites extraídos, el solvente utilizado fue etanol, y se obtuvo las densidades de estas diluciones y mediante un análisis de regresión de concentración versus densidad se obtuvieron los parámetros que permitieran cuantificar la concentración de la muestra comercial. Las densidades de las soluciones diluidas para los aceites de ocote y trementina se muestran en las tablas 13 y 14.

**Tabla 13:** Densidades de las soluciones diluidas de ocote

<b>Réplica</b>	<b>100%</b>	<b>75%</b>	<b>50%</b>	<b>25%</b>
<b>1</b>	0.9558	0.9174	0.8837	0.8516
<b>2</b>	0.9559	0.9175	0.8837	0.8517
<b>3</b>	0.9559	0.9174	0.8836	0.8517
<b>Media</b>	0.9559	0.9174	0.8837	0.8517
<b>S</b>	$5.774 \cdot 10^{-5}$	$5.774 \cdot 10^{-5}$	$5.774 \cdot 10^{-5}$	$5.774 \cdot 10^{-5}$
<b>RSD%</b>	$6.040 \cdot 10^{-3}$	$6.293 \cdot 10^{-3}$	$6.534 \cdot 10^{-3}$	$6.779 \cdot 10^{-3}$

**Tabla 14:** Densidades de las soluciones diluidas de trementina

<b>Réplica</b>	<b>100%</b>	<b>75%</b>	<b>50%</b>	<b>25%</b>
<b>1</b>	0.9528	0.9112	0.8744	0.8388
<b>2</b>	0.9527	0.9112	0.8743	0.8388
<b>3</b>	0.9529	0.9111	0.8744	0.8387
<b>Media</b>	0.9528	0.9112	0.8747	0.8388
<b>S</b>	$1 \cdot 10^{-4}$	$5.774 \cdot 10^{-5}$	$5.774 \cdot 10^{-5}$	$5.774 \cdot 10^{-5}$
<b>RSD%</b>	$1.050 \cdot 10^{-2}$	$6.336 \cdot 10^{-3}$	$6.603 \cdot 10^{-3}$	$6.883 \cdot 10^{-3}$

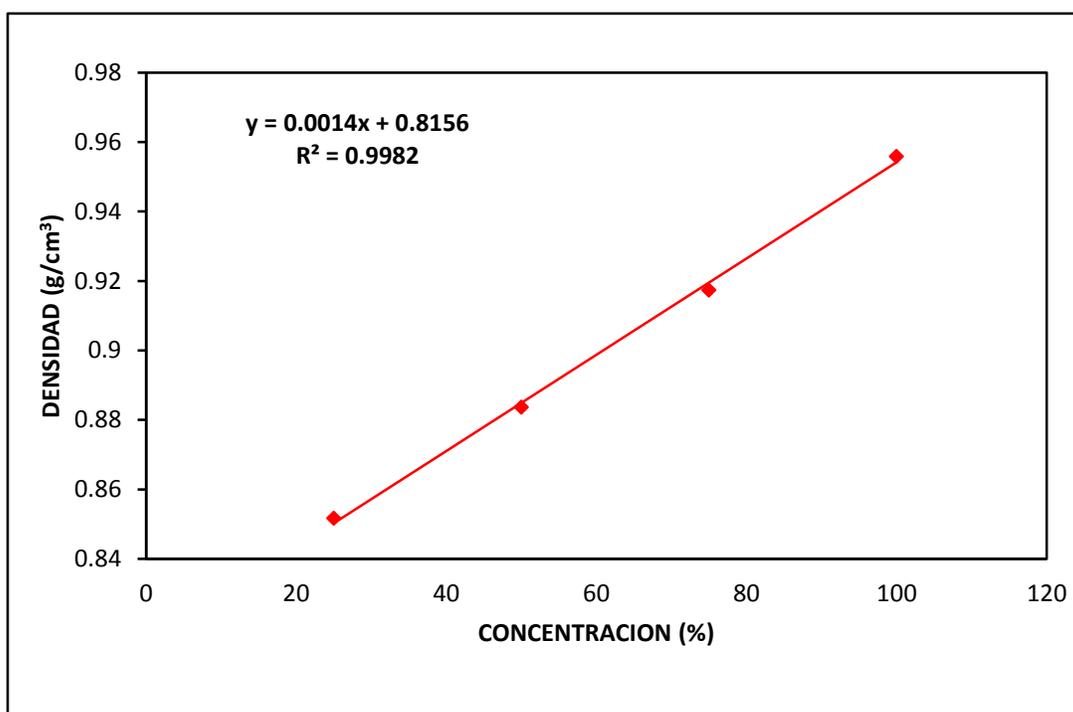
Tal y como se muestra en la tabla 13 y 14, existe un incremento de la densidad respecto a la concentración de las soluciones, por lo que es posible obtener una relación lineal de estos resultados. Los parámetros de ajuste de las rectas de ocote y trementina se muestran en la tabla 15 y las rectas obtenidas se muestran en las ilustraciones 23 y 24.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



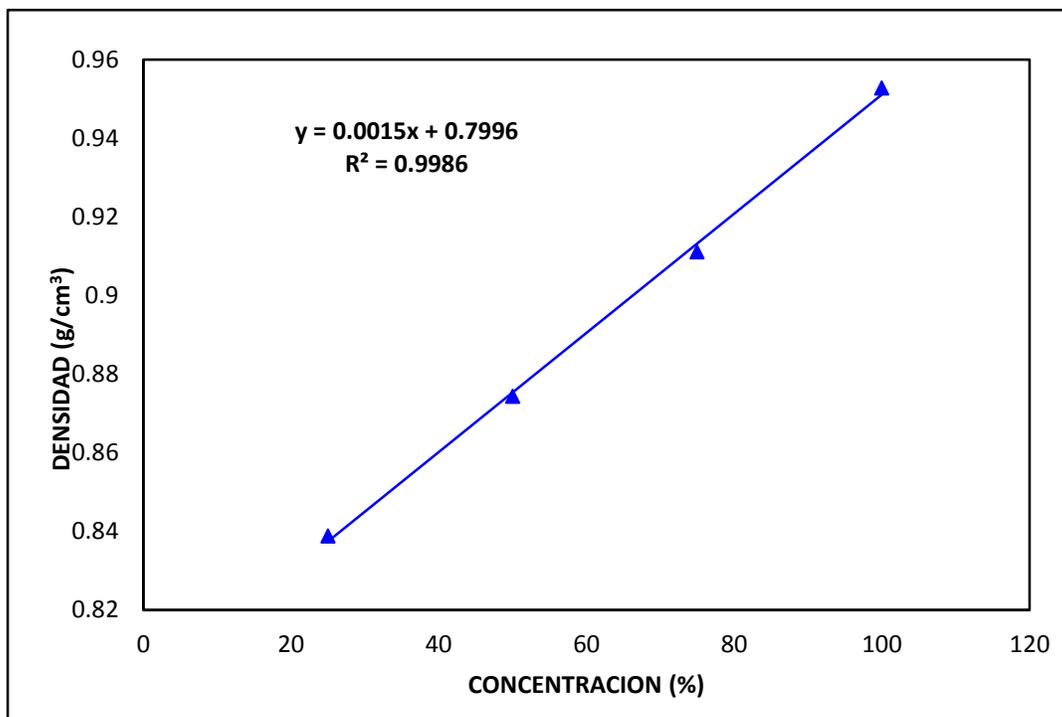
**Tabla 15:** Parámetros de regresión de los aceites de ocote y trementina

Parámetros	Ocote	Trementina
<b>a</b>	0.8156	0.7996
<b>b</b>	$1.385 \cdot 10^{-3}$	$1.515 \cdot 10^{-3}$
<b>r<sup>2</sup></b>	0.9982	0.9986



**Ilustración 23:** Recta de regresión de concentración vs densidad del aceite de ocote

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



**Ilustración 24:** Recta de regresión de concentración vs densidad del aceite de trementina

Tal y como se muestra en la tabla 15 y las ilustraciones 23 y 24, existe una relación lineal entre el porcentaje de los aceites y las densidades. Por lo se pueden ser utilizadas para la determinación de la concentración del aceite comercial. El cálculo de la concentración del aceite comercial lo realizamos mediante la siguiente ecuación:

$$C_{\text{aceite comercial}} = \frac{\text{Densidad} - a}{b}$$

Las réplicas de las densidades de la muestra de aceite comercial se muestran en la tabla 16.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



**Tabla 16:** Densidades del aceite de pino comercial

<b>Réplicas</b>	<b>Densidad</b>
<b>1</b>	0.9076
<b>2</b>	0.9077
<b>3</b>	0.9076
<b>Media</b>	0.9096
<b>Desviación estándar</b>	$5.774 \cdot 10^{-5}$
<b>%RSD</b>	$6.361 \cdot 10^{-3}$

Las densidades de la tabla 16 fueron utilizadas para determinar la concentración (%) del aceite de pino comercial. Tomando en cuenta los parámetros de regresión de la tabla 15. Las concentraciones determinadas usando los parámetros de las dos rectas de regresión se muestran en la tabla 17.

**Tabla 17:** Concentraciones (%) del aceite comercial determinado con las rectas de regresión

<b>Réplica</b>	<b>% Aceite comercial usando la recta de ocote</b>	<b>% Aceite comercial usando la recta de trementina</b>
<b>1</b>	66.43	71.29
<b>2</b>	66.50	71.35
<b>3</b>	66.43	71.29
<b>Media</b>	66.45	71.31
<b>Desviación estándar</b>	$7.200 \cdot 10^{-2}$	$3.464 \cdot 10^{-2}$
<b>%RSD</b>	$1.084 \cdot 10^{-1}$	$4.858 \cdot 10^{-2}$

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Para la cuantificación de otro aceite comercial con el mismo método de densidades se utilizaría la recta de calibración de trementina ya que posee un menor %RSD y tiene mayor porcentaje de extracción.

Tal y como se muestra en la tabla 17 existen diferencias entre las concentraciones del aceite comercial determinadas por las dos rectas de regresión. Debido a estas diferencias se decidió aplicar una prueba estadística de comparación de medias de las concentraciones del aceite comercial. La prueba utilizada es la prueba t para medias de dos muestras apareadas.

Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

- \* **Hipótesis nula ( $H_0$ ):** Las medias de la concentración del aceite comercial utilizando los parámetros de regresión de ocote y trementina son iguales y no existen diferencias significativas las concentraciones.
- \* **Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** Las medias de la concentración del aceite comercial utilizando los parámetros de regresión de ocote y trementina son diferentes y existen diferencias significativas las concentraciones.

Los criterios de aceptación de la hipótesis nula fueron los siguientes:

Si  $t_{\text{tab}}(0.05, n-1) > |t_{\text{cal}}|$  se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_1$

Si  $T_{\text{tab}}(0.05, n-1) < |t_{\text{cal}}|$  se acepta  $H_1$  y se rechaza  $H_0$

Los resultados de la prueba de comparación de medias se muestran en la tabla 18.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



**Tabla 18:** Resultado de la prueba t para medias de dos muestras apareadas

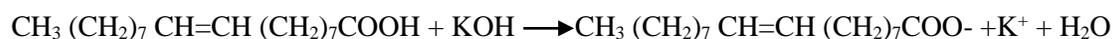
Variable	Ocote	Trementina
Media	66.43	71.31
Varianza	$5.184 \cdot 10^{-3}$	$1.200 \cdot 10^{-3}$
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	186.2	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Tal y como se observa en la tabla 18, el valor del estadístico t tabulado para 0.05 y n-1, grados de libertad, fue de 4.303 y el valor absoluto del estadístico calculado fue 186.2.

Esto indica que  $t_{\text{tab}} < |t_{\text{cal}}|_{(0.05, 2)}$  el valor del estadístico tabulado es menor que el estadístico calculado por lo que se acepta la  $H_1$  y se rechaza la  $H_0$  y concluimos que existen diferencias significativas entre la concentración del aceite comercial utilizando los parámetros de regresión de las muestras de ocote y trementina.

### V.3.5 INDICE DE ACIDEZ

Debido a la apariencia oleosa de los aceites extraídos, se decidió realizar la determinación del índice de acidez de la muestra de aceite extraído y la muestra de aceite comercial. Para esto se utilizó un método volumétrico, empleando una solución previamente estandarizada de KOH de concentración 0.126 M. La finalización de la valoración se determinó cuando el indicador fenolftaleína cambiaba de color observado de amarillo tenue a rosa pálido, que se utilizó como criterio para la finalización de la reacción entre el ácido oleico con el KOH. El índice de acidez se expresó como porcentaje de ácido oleico de los aceites analizados. La reacción de valoración es la siguiente:



## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Cada valoración se realizó por triplicado, los resultados obtenidos se muestran en las tablas 19 a 21.

*Tabla 19:* Índice de acidez de aceite de Ocote

<b>Réplicas</b>	<b>Peso de la muestra(g)</b>	<b>Volumen de KOH (mL)</b>	<b>% Ácido oleico</b>
<b>1</b>	1.200	6.000	17.77
<b>2</b>	1.000	5.110	18.16
<b>3</b>	0.9000	4.100	16.19
<b>Media</b>	1.030	5.070	17.37

*Tabla 20:* Índice de acidez de aceite de Trementina

<b>Réplicas</b>	<b>Peso de la muestra(g)</b>	<b>Volumen KOH (mL)</b>	<b>% Ácido oleico</b>
<b>1</b>	1.200	12.60	37.31
<b>2</b>	1.000	12.20	43.35
<b>3</b>	1.000	11.00	39.09
<b>Media</b>	1.070	11.93	39.91

*Tabla 21:* Índice de acidez de aceite de pino comercial

<b>Réplicas</b>	<b>Peso de la muestra(g)</b>	<b>Volumen KOH (mL)</b>	<b>% Ácido oleico</b>
<b>1</b>	1.300	0.5000	1.367
<b>2</b>	0.9900	0.3000	1.077
<b>3</b>	1.000	0.4000	1.421
<b>Promedio</b>	1.100	0.4000	1.288

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

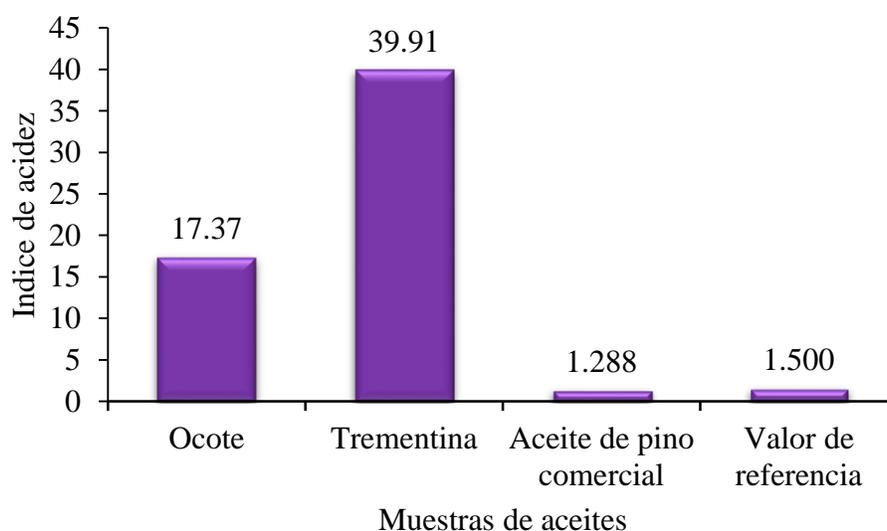


Tal y como se puede notar en las tablas 19 a 21, los porcentajes de ácido oleico, varían en las tres muestras de aceite de pino, siendo mayor en el aceite de trementina (39.91%) y menor en la muestra comercial (1.288%).

Esto lleva a deducir que la muestra de aceite de pino comercial contiene menor cantidad de ácido oleico debido que esta diluida en algún solvente, lo que se puede notar porque es menos viscoso en comparación con los aceites extraídos. La diferencia de los índices de acidez se ve reflejada en la tabla 22.y en la ilustración 25.

**Tabla 22:** Promedios de los índices de acidez de los aceites

Muestras de aceite	% de ácido oleico
Ocote	17.37
Trementina	39.91
Comercial	1.288



**Ilustración 25:** Promedio de los índices de acidez de las muestras de aceite

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



En la gráfica anterior se observa la diferencia entre los índices de acidez de las tres muestras de aceite siendo la mayor el índice de acidez de trementina y menor el del aceite de pino comercial.

Los índices de acidez de los aceites de trementina y ocote son mayores que el valor de referencia esto puede deberse a que estas muestras de aceite extraídas se encontraban concentradas es decir no estaban diluidas en algún solvente. Con ayuda de la enzima (lipasa) sus enlaces esterés se hidrolizan, por estar expuesta al aire y luz esto ocasiona que aumente la acidez de estas muestras de aceite en cambio el aceite de pino comercial esta diluido por eso tiene el índice de acidez más bajo de las tres muestras de aceite pero el más cercano al índice de acidez de referencia.

Debido a la existencia de diferencias entre los porcentajes de índices de acidez de las muestras de aceites y con el fin de comprobar si existen diferencias significativas se realizó una prueba estadística para comparar las medias de las concentraciones del aceite comercial. La prueba utilizada es la prueba t para medias de dos muestras apareadas. Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

- \* **Hipótesis nula ( $H_0$ ):** Las medias de los índices de acidez del aceite comercial, ocote y trementina son iguales y no existen diferencias significativas entre los porcentajes de ácido oleico.
- \* **Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** Las medias de los índices de acidez del aceite comercial, ocote y trementina son diferentes y existen diferencias significativas entre los porcentajes de ácido oleico.

Planteamos como criterios de aceptación de la hipótesis nula los siguientes:

Si  $t_{\text{tab}}(0.05, n-1) > |t_{\text{cal}}|$  se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_1$

Si  $t_{\text{tab}}(0.05, n-1) < |t_{\text{cal}}|$  se acepta  $H_1$  y se rechaza  $H_0$

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Los resultados de la prueba estadística realizada se muestran en la tabla 23 a 25.

**Tabla 23:** Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de ocote y comercial

	<b>% ocote</b>	<b>% comercial</b>
<b>Media</b>	17.37	1.288
<b>Varianza</b>	1.088	0.03429
<b>Grados de libertad</b>	2.000	
<b>Estadístico t</b>	23.42	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4.303	

**Tabla 24:** Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de trementina y comercial

	<b>% trementina</b>	<b>% comercial</b>
<b>Media</b>	39.91	1.288
<b>Varianza</b>	9.637	0.03429
<b>Grados de libertad</b>	2.000	
<b>Estadístico t</b>	20.44	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4.303	

**Tabla 25:** Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de ocote y trementina

	<b>% ocote</b>	<b>% trementina</b>
<b>Media</b>	17.37	39.914
<b>Varianza</b>	1.088	9.637
<b>Grados de libertad</b>	2.000	
<b>Estadístico t</b>	13.74	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4.303	

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Tal y como se observa en las tablas 23 a 25, los valores absolutos de los estadísticos calculados son mayores que los estadísticos tabulados, en las comparaciones de los aceites de ocote vs comercial (23.42), trementina vs comercial (20.44) y ocote vs trementina (13.74) lo que indica que en los tres casos las hipótesis nulas se rechazan, aceptándose la hipótesis alternativa concluyendo que las medias de los índices de acidez de los aceites comercial, ocote y trementina son heterogéneas y existen diferencias significativas entre las medias de los porcentajes de ácido oleico.

Debido a que se encontró diferencias en las comparaciones de las muestras de aceite de ocote y trementina respecto al comercial, decidimos realizar la prueba de homogeneidad de las varianzas de Cochran (test de Cochran) para observar si existen diferencias entre las varianzas de los índices de acidez. Para realizar dicho test se propusieron las siguientes hipótesis.

- \* **Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** Las varianzas de los índices de acidez del aceite comercial, Ocote y Trementina son iguales y no existen diferencias significativas entre los porcentajes de ácido oleico.
- \* **Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):** Las varianzas de los índices de acidez del aceite comercial, Ocote y Trementina son diferentes y existen diferencias significativas entre los porcentajes de ácidos oleicos.

Si  $G_{cal} > G_{tab}$ , se acepta H<sub>0</sub> y se rechaza H<sub>1</sub>

Si  $G_{cal} < G_{tab}$ , se acepta H<sub>1</sub> y se rechaza H<sub>0</sub>

Para realizar el cálculo de G calculado utilizamos la ecuación siguiente:

$$G_c = \frac{S_{\max}^2}{\sum_i S_i^2}$$

Los resultados del test se muestran en la tabla 26.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



**Tabla 26:** Resultados del test de Cochran

Test Cochran	
<b>Gc</b>	0.8956
<b>Gt</b>	0.8700

En la tabla 26, se puede observar que el estadístico de Cochran (G) tabulado (0.870) es menor que el estadístico calculado (0.8956) por lo que se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) y se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

Lo que nos indica que existen diferencias significativas entre las variabilidad de los índices de acidez de los aceites comercial, ocote y trementina, por lo que no son homogéneas.

### V.3.6 PUNTO DE EBULLICION

El punto de ebullición se utiliza como criterio de pureza de una sustancia en estado líquido, de esta forma se puede saber si es pura o adulterada, puesto que cada sustancia tiene un determinado punto de ebullición previamente obtenido y en muchas ocasiones tabulado. El punto de ebullición puede ser determinado empleando un tubo thiele y un sistema de calentamiento, que permita obtener una temperatura suficiente como para obtener los puntos de ebullición de las sustancias. Este método fue empleado en las tres muestras de aceite de pino, en la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

**Tabla 27:** Punto de ebullición ( $^{\circ}\text{C}$ ) de las tres muestras de aceites extraídos.

Réplicas	Ocote	Trementina	Comercial
<b>1</b>	146.0	168.0	139.0
<b>2</b>	146.0	170.0	142.0
<b>3</b>	148.0	171.0	140.0
<b>Media</b>	146.7	169.7	140.3
<b>Desviación estándar</b>	1.155	1.528	1.528
<b>%RSD</b>	0.7872	0.9003	1.088

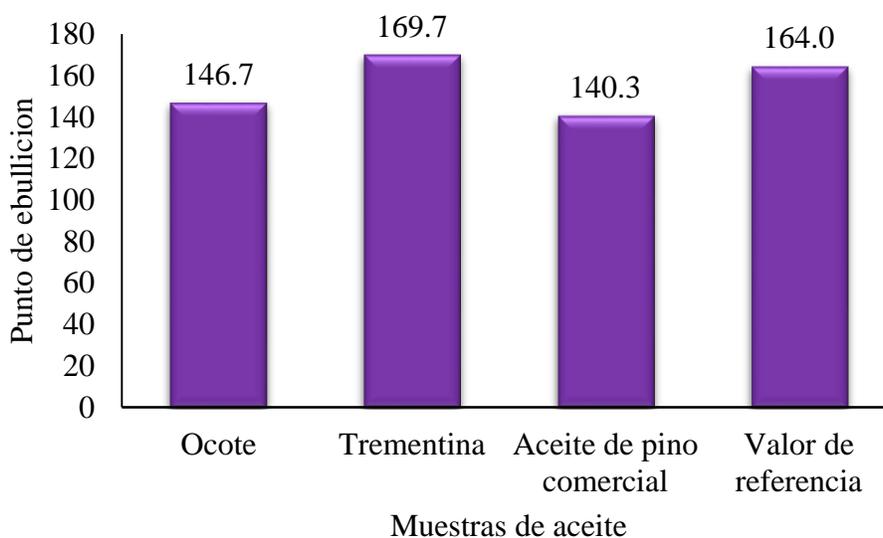
## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Tal y como muestra la tabla anterior hay diferencias entre los puntos de ebullición de las muestras de aceite extraídas. Estando más cercano el punto de ebullición de aceite de pino comercial al del punto de ebullición del aceite de ocote.

Sobre la base de los resultados reflejados en la tabla 27, se cree que el punto de ebullición del aceite de trementina es mayor debido a que su composición es distinta a la de los otros aceites. Por otra parte el aceite de pino comercial no es puro ya que difiere su punto de ebullición de las dos muestras extraídas.

Las diferencias entre los puntos de ebullición se puede observar con mayor claridad en la ilustración 26.



**Ilustración 26:** Promedio de los puntos de ebullición de las muestras de aceite de pino

Se puede apreciar en la gráfica anterior como difiere un punto de ebullición con relación al otro siendo el mayor el punto de ebullición del aceite de trementina y el menor el punto de ebullición del aceite de pino comercial. Siendo el más cercano al valor teórico el punto de ebullición de la trementina.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



El más bajo de los puntos de ebullición de las muestras y el más lejano al valor de referencia del punto de ebullición del aceite de pino es el aceite de pino comercial debido a que no es totalmente puro está diluido en un solvente que interfiere con su punto de ebullición.

El valor del punto de ebullición teórico del aceite de pino es un promedio del rango de punto de ebullición de la tabla 10.

Debido a la existencia de diferencias entre los puntos de ebullición con el fin de comprobar si existen diferencias significativas se realizó una prueba estadística para comparar las medias de los puntos de ebullición del aceite de pino comercial.

La prueba utilizada es la prueba t para medias de dos muestras emparejadas. Antes de realizar la prueba propusimos las hipótesis para luego llegar a una conclusión. Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

- \* **Hipótesis nula ( $H_0$ ):** Las medias de los puntos de ebullición de los aceites extraído y del aceite de pino comercial son iguales y no existen diferencias significativas
- \* **Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** Las medias de los puntos de ebullición de los aceites extraído y del aceite de pino comercial son diferentes y existen diferencias significativas.

Planteamos como criterios de aceptación de la hipótesis nula los siguientes:

Si  $t_{\text{tab}}(0.05, n-1) > |t_{\text{cal}}|$  se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_1$

Si  $t_{\text{tab}}(0.05, n-1) < |t_{\text{cal}}|$  se acepta  $H_1$  y se rechaza  $H_0$

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



**Tabla 28:** Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de ocote y comercial

<b>Prueba de t para medias de dos muestras apareadas</b>		
	<b>Ocote</b>	<b>Comercial</b>
<b>Media</b>	146.7	140.3
<b>Varianza</b>	1.333	2.333
<b>Grados de libertad</b>	2.000	
<b>Estadístico t</b>	5.270	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4.303	

**Tabla 29:** Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de trementina y comercial.

<b>Prueba de t para medias de dos muestras apareadas</b>		
	<b>Trementina</b>	<b>Comercial</b>
<b>Media</b>	169.7	140.3
<b>Varianza</b>	2.333	2.333
<b>Grados de libertad</b>	2.000	
<b>Estadístico t</b>	33.26	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4.303	

**Tabla 30:** Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de ocote y trementina

<b>Prueba de t para medias de dos muestras apareadas</b>		
	<b>Ocote</b>	<b>Trementina</b>
<b>Media</b>	146.7	169.7
<b>Varianza</b>	1.333	2.333
<b>Grados de libertad</b>	2.000	
<b>Estadístico t</b>	39.84	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4.303	

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Tal y como se observa en las tablas 28 a 30, los valores absolutos de los estadísticos calculados son mayores en las comparaciones de los aceites de ocote vs comercial (5.270), trementina vs comercial (33.26) y aceite de ocote vs trementina (39.84), lo que nos indica que en estos casos las hipótesis nulas se rechazan, aceptándose la hipótesis alternativa por lo tanto las medias de los punto de ebullición de los aceites extraído y del aceite de pino comercial son diferentes y existen diferencias significativas.

Debido a que se encontró diferencias en las comparaciones de las muestras de aceite de ocote y trementina respecto al comercial, decidimos realizar la prueba de homogeneidad de las varianzas de Cochran (test de Cochran) para observar si existen diferencias entre las varianzas de los puntos de ebullición. Para realizar dicho test se propusieron las siguientes hipótesis.

Para realizar dicho test se propondrán las hipótesis necesarias.

- \* **Hipótesis nula (H<sub>0</sub>)**= No existen diferencias significativas entre las varianzas de los puntos de ebullición de las muestras de aceite de pino.
- \* **Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>)**= Existen diferencias significativas entre4 las varianzas de los puntos de ebullición de las muestras de aceite de pino.

Si  $G_{cal} > G_{tab}$ , se acepta H<sub>0</sub> y se rechaza H<sub>1</sub>

Si  $G_{cal} < G_{tab}$ , se acepta H<sub>1</sub> y se rechaza H<sub>0</sub>

Para realizar el cálculo de G calculado se utilizara la ecuación de cochran, que es la siguiente:

$$G_c = \frac{S^2_{\max}}{\sum_i S_i^2}$$

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



**Tabla 31:** Resultados del test de Cochran

Test de Cochran	
<b>Gc</b>	0.3900
<b>Gt</b>	0.8700

Debido a que C tabulado (0.87) es mayor que el C calculado (0.39) se rechaza la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) y se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ). No existen diferencias significativas entre las varianzas de los puntos de ebullición de las muestras de aceite de pino.

### V.3.7 INDICE DE REFRACCIÓN

Con ayuda de un refractómetro se determinó el índice de refracción el cual es utilizado como criterio de pureza de una sustancia ya que cada sustancia lo tiene determinado.

Los resultados de los índices de refracción de las muestras de aceite de pino, en la cual se trabajó con más cifras significativas para mayor precisión de los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 32:** Índice de refracción de las tres muestras de aceite de pino

<b>Réplicas</b>	<b>Ocote</b>	<b>Trementina</b>	<b>Comercial</b>
<b>1</b>	1.50272	1.52009	1.48061
<b>2</b>	1.50275	1.52010	1.48058
<b>3</b>	1.50283	1.52011	1.48059
<b>Media</b>	1.50277	1.52010	1.48059
<b>Desviación estándar</b>	0.00006	0.00001	0.00002
<b>RSD%</b>	0.003780	0.0006600	0.0010300

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



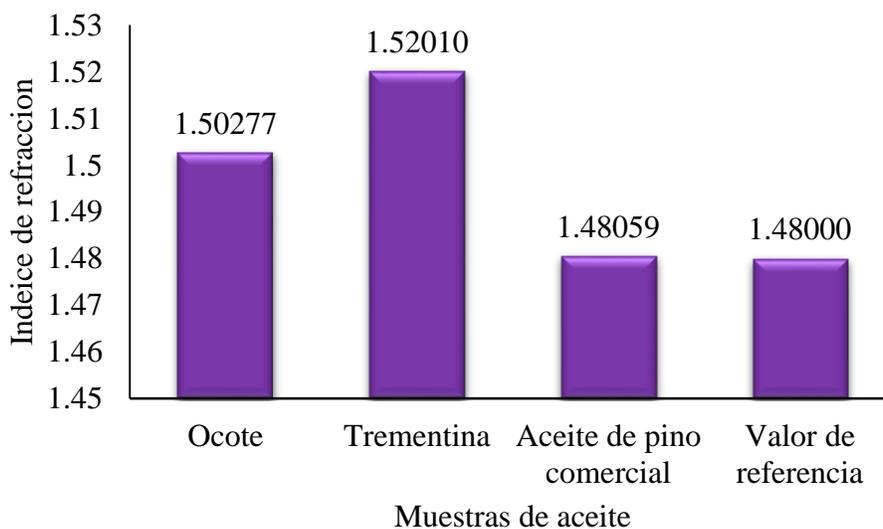
Con los datos suministrados en la tabla anterior se nota las diferencias entre los índices de refracción de cada muestra de aceite y se hizo un análisis estadístico.

En la siguiente tabla se muestran los promedios de índice de refracción de las muestras de aceite de pino.

**Tabla 33:** Promedios de los Índices de refracción de las tres muestras de aceite de pino

Muestras de aceite de pino	Índice de refracción
Ocote	1.50277
Trementina	1.52010
Comercial	1.48059

Como se muestra en la tabla 33 difiere un índice de refracción con relación al otro siendo los más cercanos el índice de refracción del aceite de ocote y el aceite de trementina.



**Ilustración 27:** Determinación del índice de refracción en el aceite de pino

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



En la ilustración anterior se puede apreciar como difieren los índices de refracción siendo el mayor el de aceite de trementina y el menor el de aceite de pino comercial. El aceite de pino comercial es menor ya que al igual que las otras dos muestras de aceite de pino tiene algún componente demás o de menos. Se puede deducir que puede ser también que algún componente en algunas muestras esté ausente y en otras en mayor porcentaje. Por eso ambos índices de refracción de la muestras de aceite difieren con el valor teórico.

Cada aceite tiene su propio índice de refracción determinado por el cual es característico en este caso el índice de refracción se utiliza como indicador de pureza está relacionado con el grado de saturación con la razón *cis/trans* de los dobles enlaces.

Debido a la existencia de diferencias encontradas con el fin de comprobar si existen diferencias significativas se realizó una prueba estadística para comparar las medias de los índices de refracción del aceite comercial.

La prueba utilizada es la prueba t para medias de dos muestras emparejadas. Antes de realizar la prueba propusimos las hipótesis para luego llegar a una conclusión. Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

- \* **Hipótesis nula ( $H_0$ ):** Las medias de los índices de refracción de las muestras de aceite son iguales y no existen diferencias significativas.
- \* **Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** Las medias de los índices de refracción de las muestras de aceite son diferentes y existen diferencias significativas.

Planteamos como criterios de aceptación de la hipótesis nula los siguientes:

Si  $t_{\text{tab}}(0.05, n-1) > |t_{\text{cal}}|$  se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_1$

Si  $t_{\text{tab}}(0.05, n-1) < |t_{\text{cal}}|$  se acepta  $H_1$  y se rechaza  $H_0$

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



**Tabla 34:** Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de ocote y comercial:

	<b>Ocote</b>	<b>Comercial</b>
<b>Media</b>	1.503	1.481
<b>Varianza</b>	$3.233 * 10^{-09}$	$2.333 * 10^{-10}$
<b>Grados de libertad</b>	2.000	
<b>Estadístico t</b>	590.3	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4.303	

**Tabla 35:** Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de ocote y trementina

	<b>Ocote</b>	<b>Trementina</b>
<b>Media</b>	1.503	1.520
<b>Varianza</b>	$3.233 * 10^{-09}$	$1.000 * 10^{-10}$
<b>Grados de libertad</b>	2.000	
<b>Estadístico t</b>	635.3	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4.303	

**Tabla 36:** Resultados de la prueba de t para medias de dos muestras apareadas de aceite de trementina y comercial

	<b>Trementina</b>	<b>Comercial</b>
<b>Media</b>	1.520	1.481
<b>Varianza</b>	$1 * 10^{-10}$	$2.333 * 10^{-10}$
<b>Grados de libertad</b>	2.000	
<b>Estadístico t</b>	2963	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4.303	

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Tal y como se observa en las tablas 34 a 36, los valores del estadístico calculado es mayor en las comparaciones de los aceites de ocote vs comercial (590.3), trementina vs comercial (2963) y aceite de ocote vs trementina (635.3) en estos casos las hipótesis nulas se rechazan, se acepta la hipótesis alternativa lo que nos indica que las medias de los índices de refracción de las muestras de aceite de pino son diferentes y existen diferencias significativas.

Tomando en cuenta los datos de las tablas anteriores se realizara el test de Cochran para ver si existen diferencias significativas entre las varianzas de los índices de refracción.

Para realizar dicho test se propondrán las hipótesis necesarias.

- \* **Hipótesis nula ( $H_0$ )**= No existen diferencias significativas entre las varianzas de los índices de refracción.
- \* **Hipótesis alternativa ( $H_1$ )**= Existen diferencias significativas entre las varianzas de los índices de refracción.

Si  $G_{cal} > G_{tab}$ , se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_1$

Si  $G_{cal} < G_{tab}$ , se acepta  $H_1$  y se rechaza  $H_0$

Para realizar el cálculo de G calculado se utilizara la ecuación de Cochran, que es la siguiente:

$$G_c = \frac{S^2_{\max}}{\sum_i S_i^2}$$

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



**Tabla 37:** Resultados del test de Cochran

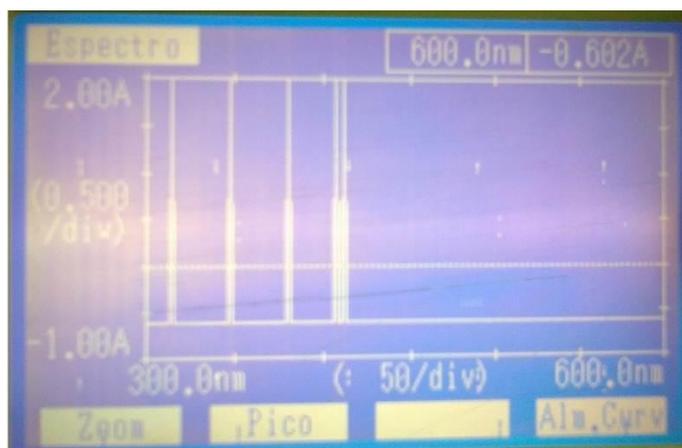
Test de Cochran	
Gc	0.9065
Gt	0.8700

Debido a que G tabulado (0.8700) es menor que el G calculado (0.9065) se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ): Existen diferencias significativas entre las varianzas de los índices de refracción.

### V.4 ANÁLISIS ESPECTROFOTOMÉTRICO DE LOS ACEITES DE PINO EXTRAÍDOS

#### V.4.1 ANÁLISIS ESPECTROFOTOMÉTRICO DEL ACEITE DE OCOTE

Se intentó leer el espectro del aceite puro de ocote para encontrar el máximo de absorción de este, en un rango de longitud de onda de 300 a 600 nm y un rango de -1 a 2 abs. No se pudo ver el espectro debido a que la muestra estaba demasiado concentrada (100%). En la ilustración 28, se muestra el espectro del aceite de ocote concentrado.



**Ilustración 28:** Espectro de absorción del aceite de ocote concentrado.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



A partir de los datos obtenidos de la prueba de solubilidad de los aceites obtenidos (Ver **Tabla 11**), se realizaron soluciones con etanol al 25, 50 y 75% del aceite de ocote y se intentó leer el espectro de la solución al 25 %, con el fin de encontrar el máximo de absorción, lo cual tampoco fue posible debido a que la solución de aceite aún estaba muy concentrada. El espectro obtenido de esta forma, se muestra en la ilustración 29.



**Ilustración 29:** Espectro de absorción del aceite de ocote al 25%

Dado que no se logró obtener el espectro de absorción a una concentración de 25%, se realizó una disolución del aceite de ocote hasta un 2.5%, a la cual se le intentó leer el espectro de absorbancia, obteniendo el mismo resultado. El espectro así obtenido se muestra en la ilustración 30:



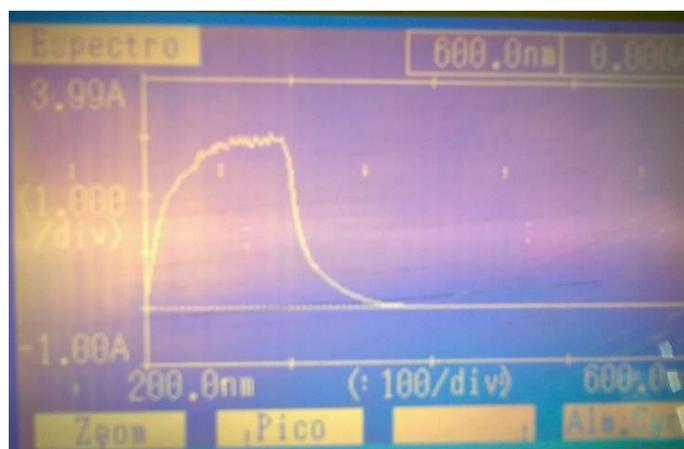
**Ilustración 30:** Espectro de absorción del aceite de ocote al 2.5%

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Debido a esto se realizaron soluciones aún más diluidas del aceite de ocote para obtener el espectro de absorción de los aceites a ser analizados. De la solución al 50% se realizaron diluciones de forma que se obtuvieron soluciones al 0.5, 1, 1.5, 2%, y de estas se realizaron soluciones aún más diluidas de 0.025, 0.05, 0.075, 0.1%.

Realizando barridos espectrales en el rango de 200 a 800 nm y un rango de absorbancia de -1 a 3.99 abs de estas últimas soluciones, de esta forma se obtuvo el espectro de absorción de una solución al 0.05% obteniendo un máximo de absorbancia a una longitud de onda de 287 nm. El espectro de absorción de la solución al 0.05%, se muestra a continuación en la ilustración 31.



**Ilustración 31:** Espectro de absorción del aceite de ocote al 0.05%

A continuación se realizaron medidas de las absorbancias de las soluciones de 0.5 % a 2% del aceite de ocote, a una longitud de onda de 287 nm, con el fin de determinar si existía una relación medible de la absorbancia respecto a la concentración, la que pudiera ser usada en una cuantificación de la concentración del aceite usando análisis de regresión, los resultados de las absorbancias obtenidas se muestran en la tabla 38.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



**Tabla 38:** Absorbancia de las soluciones diluidas de ocote

Réplica	0.5%	1%	1.5%	2%
1	2.12	2.77	2.77	2.77
2	2.12	2.77	2.77	2.77
3	2.11	2.77	2.77	2.77

Tal y como se muestra en la tabla 38, las soluciones desde 0.5% al 2 % presentan similares absorbancias, razón por la cual no se puede obtener una relación de concentración respecto a la absorbancia. A concentraciones elevadas no es posible realizar la cuantificación del % de aceite debido a que al aumenta la concentración se produce una desviación de la ley de Lamber-beer y la espectrofotometría se rige por esta ley. Al aumentar la concentración disminuye la distancia entre las moléculas vecinas esta interacción, a su vez, puede alterar la capacidad de la molécula para absorber la radiación de una determinada longitud de onda. Como la magnitud de interacción depende de la concentración la aparición de este fenómeno da lugar a desviaciones de la linealidad entre la absorbancia y la concentración. Dada esta situación se realizaron soluciones aún más diluidas del aceite de ocote entre 0.025 a 0.1%, a las concentración que se les realizaron medidas de absorbancias a una longitud de onda de 287 nm<sup>19</sup>. Los resultados de absorbancias se muestran en la tabla 39.



**Ilustración 32:** Soluciones de ocote y trementina para el análisis espectrofotométrico

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



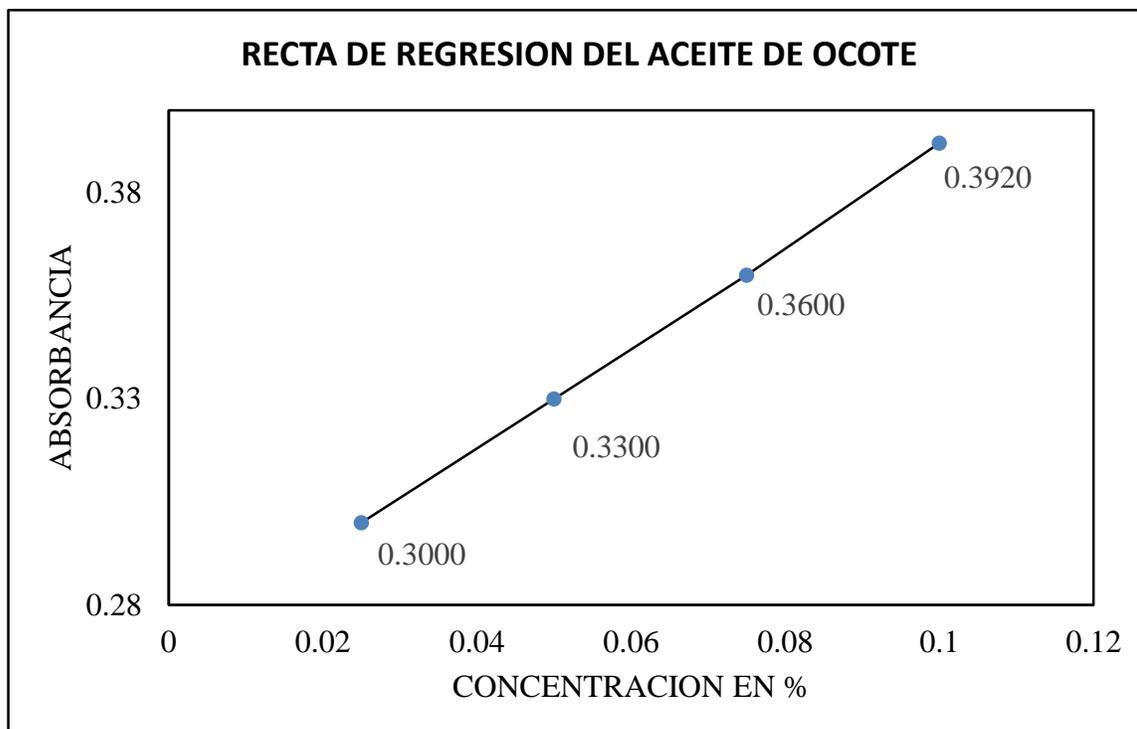
**Tabla 39:** Absorbancias de las soluciones diluidas de ocote

<b>Réplica</b>	<b>0.025%</b>	<b>0.05%</b>	<b>0.075%</b>	<b>0.1%</b>
<b>1</b>	0.3000	0.3300	0.3700	0.3900
<b>2</b>	0.3000	0.3300	0.3500	0.4000
<b>3</b>	0.3000	0.3300	0.3600	0.3900
<b>Promedio</b>	0.3000	0.3300	0.3600	0.3900

Tal y como se muestra en la tabla 39, las soluciones desde 0.05 al 0.1 % presentan un aumento de las absorbancias respecto a la concentración y sabiendo que el solvente utilizado, etanol, no absorbe energía a esa longitud de onda, ya que este tiene un máximo de absorción a 350.4 nm, se concluye que se puede obtener una relación lineal de estos resultados. Los resultados del análisis de regresión realizado a los datos de la tabla 39, se muestran en la tabla 40 y la recta de regresión obtenida se muestra en la ilustración 32.

**Tabla 40:** Parámetros de regresión del aceite de ocote

<b>Parámetro</b>	<b>Resultados</b>
<b><i>a</i></b>	0.2700
<b><i>b</i></b>	1.200
<b><i>r</i><sup>2</sup></b>	0.9997



**Ilustración 33:** Recta de calibración de % vs absorbancia de aceite de ocote

Tal y como se observa en la tabla 40, existe una relación lineal entre el porcentaje de aceite de ocote y la absorbancia ya que su coeficiente de determinación ( $r^2$ ) es 0.9997, con una pendiente de 1.200 y un intercepto de 0.2700.

Dado que se observa una relación lineal entre el porcentaje de aceite de ocote y la absorbancia, podemos utilizar los parámetros de regresión en el cálculo de la concentración de aceite mediante la siguiente fórmula:

$$C_{\text{Aceite}} = \frac{\text{abs} - a}{b} \times \text{FD}$$

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



### V.4.2 ANÁLISIS ESPECTRO FOTOMÉTRICO DEL ACEITE DE TREMENTINA

En base a los resultados obtenidos con el aceite de ocote, se realizaron directamente disoluciones del aceite de trementina a concentraciones de 0.025, 0.05, 0.075 y 0.1% y se leyeron las absorbancias a una longitud de onda de 287 nm. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 41 fueron los siguientes:

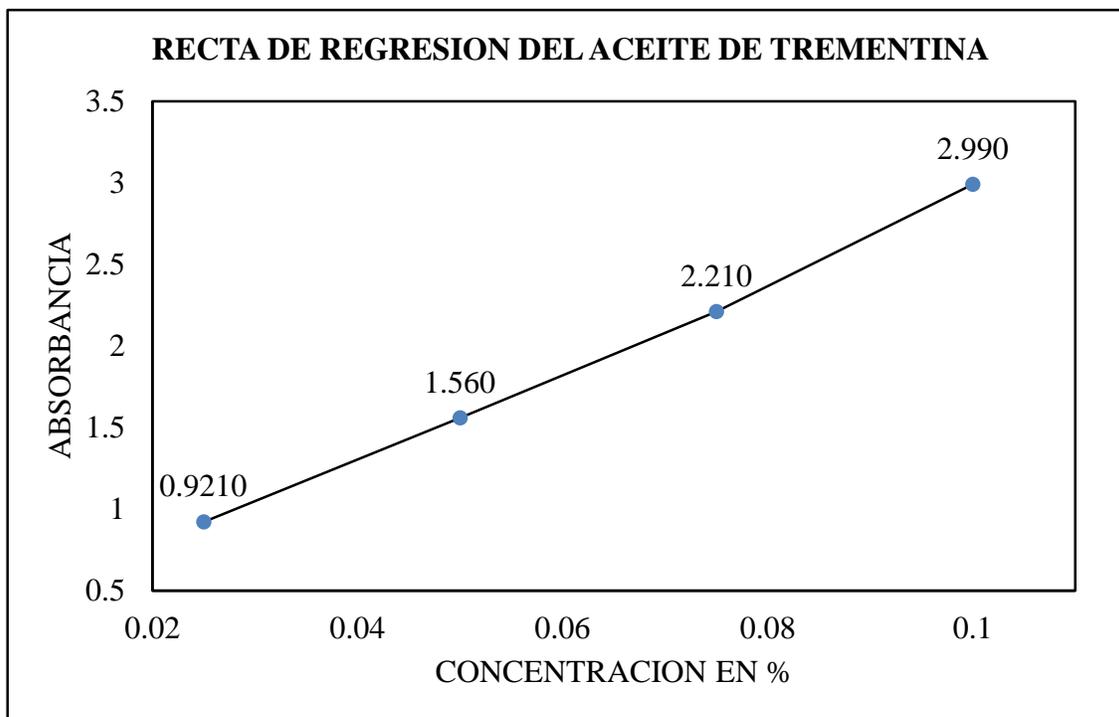
**Tabla 41:** Absorbancias de las soluciones diluidas de aceite de trementina

<b>Réplica</b>	<b>0.025%</b>	<b>0.05%</b>	<b>0.075%</b>	<b>0.1%</b>
<b>1</b>	0.9200	1.560	2.210	2.990
<b>2</b>	0.9200	1.550	2.210	2.990
<b>3</b>	0.9200	1.560	2.210	2.990
<b>Promedio</b>	0.9200	1.560	2.210	2.990

Tal y como se muestra en la tabla 41, las soluciones desde 0.05 al 0.1 % de aceite de trementina presentan un aumento de las absorbancias respecto a la concentración, razón por la cual se puede obtener una relación lineal de estos resultados. Los resultados del análisis de regresión realizado a los datos de la tabla 41, se muestran en la tabla 42 y la recta de regresión obtenida se muestra en la ilustración 34.

**Tabla 42:** Parámetros de regresión del aceite de trementina

<b>Parámetro</b>	<b>Resultados</b>
<b>a</b>	0.2100
<b>b</b>	27.44
<b>r<sup>2</sup></b>	0.9987



**Ilustración 34:** Recta de calibración de % vs Absorbancia de aceite de trementina

Tal y como se observa en la tabla 42, existe una relación lineal entre el porcentaje de aceite de trementina y la absorbancia ya que su coeficiente de determinación ( $r^2$ ) es 0.9987, con una pendiente de 27.44 y un intercepto de 0.2100.

Dado que se observa una relación lineal entre el porcentaje de aceite de trementina y la absorbancia, podemos utilizar los parámetros de regresión en el cálculo de la concentración de aceite mediante la siguiente fórmula:

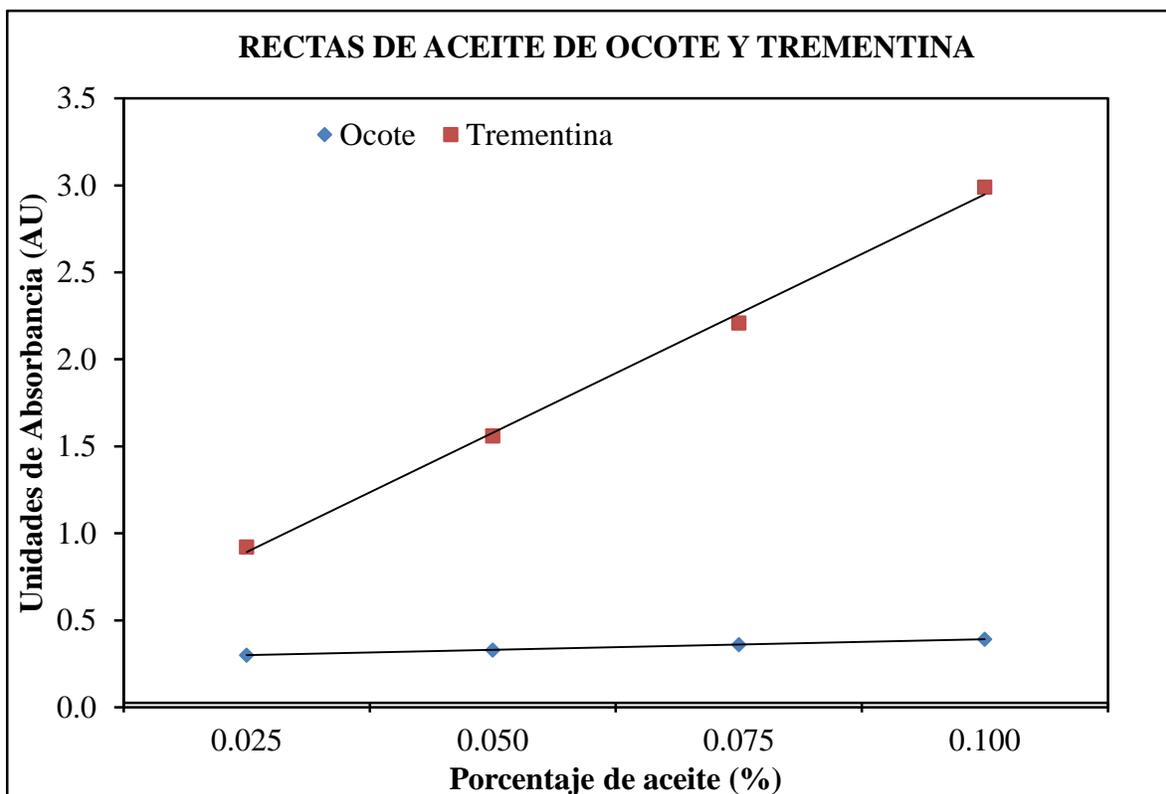
$$C_{\text{Aceite}} = \frac{\text{abs} - a}{b} \times \text{FD}$$

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



### V.4.3 LECTURA DE LAS ABSORBANCIAS DEL ACEITE COMERCIAL

En la ilustración 35, se muestran las dos rectas de regresión obtenidas, tanto la de aceite de ocote como la de trementina.



*Ilustración 35:* Rectas de calibración de % vs Absorbancias de los aceites de ocote y trementina

Tal y como se observa en la ilustración 35, se observan relaciones lineales en las rectas de regresión de los aceites de ocote y trementina, por lo que pueden ser utilizadas para la determinación de concentraciones de estos aceites. Debido a que se obtuvieron relaciones lineales, decidimos intentar utilizar los parámetros de las rectas de regresión para determinar el porcentaje de aceite de pino en una muestra obtenida en el comercio. Para esto realizamos diluciones de la muestra comercial y realizamos lecturas de las absorbancias de esta a una longitud de onda de 287 nm. Los resultados de las réplicas realizadas a esta longitud de onda se muestran en la tabla 43.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



**Tabla 43:** Lecturas de absorbancia de la muestra comercial a 287 nm

<b>Réplicas</b>	<b>Absorbancia</b>
<b>1</b>	0.2900
<b>2</b>	0.2900
<b>3</b>	0.2900

Estas absorbancias fueron utilizadas para determinar la concentración porcentual de aceite de pino de las muestras analizadas.

En la tabla 44, se muestran los porcentajes obtenidos utilizando los parámetros de regresión de las tablas 40 y 42.

**Tabla 44:** Porcentajes obtenidos utilizando los parámetros de regresión de las tablas 40 y 42

<b>Réplicas</b>	<b>Recta de Ocote</b>	<b>Recta de Trementina</b>
<b>1</b>	16.67	3.100
<b>2</b>	16.67	3.100
<b>3</b>	16.67	3.100

Tal y como se muestra en la tabla 44, se observan evidentes diferencias en las concentraciones de la muestra comercial usando los parámetros de las dos rectas de regresión. Lo que se considera es debido entre otros factores a la existencia de efecto matriz y a la composición química de la muestra comercial, que posiblemente influye en los porcentajes encontrados.

Cabe destacar que la absorbancia es una propiedad química por lo que esta va a variar en dependencia de la composición de la sustancia a analizar.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



Los aceites obtenidos de ocote y trementina difieren en algunos componentes, y estos pueden ser los responsables de aumentar o disminuir la intensidad de la señal y debido a esto son las diferencias encontradas, ya que absorben a una longitud de onda cercana a la del  $\alpha$ -pineno que es el componente mayoritario en el aceite de pino.

Las diferencias observadas tanto en las absorbancias como en los porcentajes determinados en la muestra comercial, nos lleva a concluir que los parámetros de regresión mostrados en las tablas 40 y 42 no pueden ser utilizados en la determinación de la concentración de una muestra comercial, sin embargo, si pueden ser utilizados en la determinación del porcentaje de los aceites de ocote y trementina utilizando la fórmula de la curva de calibración normal que es la misma fórmula empleada en este trabajo.

### V.4.4 COMPARACION DE MEDIAS

Para realizar dicho test se propondrán hipótesis para verificar si existen diferencias significativas entre los promedios de las concentraciones con las curvas de regresión de los dos aceites.

- \* **Hipótesis nula ( $H_0$ )**= No existen diferencias significativas entre el promedio de las concentraciones entre la curva de regresión realizada con ocote y la curva de regresión realizada con trementina.
- \* **Hipótesis alternativa ( $H_1$ )**= Existen diferencias significativas entre el promedio de las concentraciones entre la curva de calibración realizada con ocote y la curva de calibración realizada con trementina.

Si  $t_{\text{tab}}(0.05, n-1) > |t_{\text{cal}}|$  se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_1$

Si  $t_{\text{tab}}(0.05, n-1) < |t_{\text{cal}}|$  se acepta  $H_1$  y se rechaza  $H_0$

Para realizar el cálculo se la prueba t para medias de dos muestras emparejadas se utilizó la hoja de cálculo de Microsoft® Excel y los datos de la tabla III.6. Los resultados fueron los siguientes.

## V. ANALISIS DE LOS RESULTADOS



**Tabla 45:** Cálculos para la prueba t para medias de dos muestras emparejadas

<b>Prueba t para medias de dos muestras emparejadas</b>		
	<b>Ocote</b>	<b>Trementina</b>
<b>Media</b>	16.67	3.100
<b>Varianza</b>	0.2200	$4.600 \cdot 10^{-4}$
<b>Grados de libertad</b>	2.000	
<b>Estadístico t</b>	40.04	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4.303	

Debido a que T tabulado (4.302) es menor que el t calculado (40.042) se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), Existen diferencias significativas entre el promedio de las concentraciones encontradas con las dos curvas de regresión de los dos aceites. Llegamos a la misma conclusión anterior pero ahora con el respaldo de la prueba estadística.

## VI. CONCLUSIONES



### VI. CONCLUSIONES

Una vez finalizadas todas las actividades experimentales y una vez realizado el análisis de los resultados podemos concluir que:

1. Se extrajo y aisló aceite de pino de ocote y trementina por el método de extracción de soxhlet, resultando que en la muestra de ocote se obtuvo el menor rendimiento de extracción (41.30%) y la trementina el mayor (96.52%). Las características organolépticas de ambos aceite difieren completamente. La extracción realizada con el método de clevenger mostró resultados con el mismo comportamiento que con el método de soxhlet puesto que la trementina presentó mayores rendimientos de extracción (16.30%) y el ocote mostró menores (14.30%), ambos aceites esenciales mostraron diferentes propiedades organolépticas. No se pudo comparar con un valor de referencia por la falta de esta información en las referencias bibliográficas.
2. Se determinaron parámetros físicos y químicos de los aceites extraídos, tales como: solubilidad, densidad, índice de acidez, punto de ebullición e índice de refracción.
  - ❖ Solubilidad: Los aceites presentaron mayor solubilidad en etanol e isopropanol. En hexano el aceite de ocote presentó solubilidad mientras que el aceite de trementina no. En propilenglicol los aceites son insolubles.
  - ❖ Densidad: La mayor densidad la presentó el aceite de ocote (0.9559) y la menor el aceite comercial (0.9528). La concentración de aceite comercial fue determinada utilizando la densidad del ocote y trementina mostrando una media de 68.87 %.
  - ❖ Índice de acidez: El índice de acidez de la muestra de ocote es 17.37, el de trementina 39.91 y el aceite comercial presento un índice de 1.288 todos en % de ácido oleico.
  - ❖ Punto de ebullición: El punto de ebullición para la muestra de trementina fue 169.67°C, el aceite comercial fue 140.3 °C y el de ocote fue 146.7°C.
  - ❖ Índice de refracción: El índice de refracción de la muestra de trementina fue 1.52010, el de ocote fue 1.50277 y el comercial fue 1.48059.

## VI. CONCLUSIONES



3. Se realizó el análisis espectrofotométrico de las muestra obteniéndose el espectro de absorción a una longitud de onda de máxima absorción de 287 nm. Se obtuvo recta de regresión a diferentes porcentajes de los aceites de ocote y trementina obteniendo un coeficiente de regresión ( $r^2$ ) igual a 0.9997 y 0.9987 para la muestra de ocote y trementina respectivamente. Las rectas fueron utilizadas para determinar la concentración porcentual de aceite de pino de una muestra comercial encontrando diferencias respecto a las obtenidas con las densidades.
4. Se aplicaron herramientas de comparación estadísticas a los resultados del estudio tales como: comparación de medias apareadas y homogeneidad de varianza (prueba de Cochran) a cada uno de los parámetros fisicoquímicos estudiado, encontrando diferencias y similitudes en base a las hipótesis nulas y alternativas planteadas.

## VII. RECOMENDACIONES



### VII. RECOMENDACIONES

Una vez finalizada la presente monografía tomando en cuenta los resultados obtenidos, así como las conclusiones de este estudio, creemos conveniente realizar las siguientes recomendaciones:

1. Extraer aceite de trozos de madera de pino fresca, porque contiene una mayor cantidad de aceite, teniendo cuidado de que esta se encuentre en una forma pulverizada.
2. Realizar un estudio más detallado sobre las características y composición química de los aceites extraídos según el procedimiento de esta monografía.
3. Continuar con otras investigaciones con la implementación de otros métodos instrumentales para el análisis más detallado de los aceites de pino extraídos, tales como espectrometría de masa, espectroscopía infrarrojo, cromatografía de gases, etc., a fin de determinar la composición química de los aceites extraídos de ocote y trementina.
4. Elaborar un subproducto con la aceite de pino comercial y extraído para ver su estabilidad, factibilidad y eficiencia.
5. Profundizar el estudio del método espectrofotométrico con el fin de poder utilizarlo como un método de cuantificación de la concentración de aceites de pinos que se expendan en el comercio nacional.
6. Considerar la posibilidad de utilizar el índice de refracción como un método cuantitativo (al igual que en el caso de la densidad) para determinar la concentración de muestras de aceites comerciales.
7. Meditar la posibilidad de utilizar muestras de diferentes regiones del norte del país con el fin de relacionar los parámetros físico- químicos obtenidos con la procedencia de las muestras.
8. Realizar una comparación de las propiedades de los aceites de las distintas especies de pino existentes en Nicaragua.

## VIII. BIBLIOGRAFIA



### VIII. BIBLIOGRAFIA

#### MONOGRAFIAS

1. Gutiérrez Alvarado J & Cano Morales T (Noviembre, 2011). *“Efecto de tres catalizadores en la elaboración de aceite esencial de pino a partir del aguarrás destilado de la resina del pino ocote (Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl)”*. Guatemala: Escuela de ingeniería química, Universidad de san Carlos Guatemala.
2. García Valle A (Junio, 2009). *“Estudio del comportamiento de enfermedades en bosques de pino (Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl) en el municipio de San Fernando en Nueva Segovia”*. Nicaragua: Facultad de Agronomía, Universidad nacional agraria (UNA).
3. Rojas Olivos A (Julio, 2009). *“Hidrodestilación y caracterización del aceite esencial en plantas medicinales de santa María Huitepec”*, Oaxaca: Maestría en ciencias en conservación y aprovechamiento de recursos naturales; instituto politécnico nacional, Centro disciplinario de investigación integral de Oaxaca, México.

#### DOCUMENTOS DISPONIBLES EN LINEA

4. Extracción con solvente, por María Moyano. Documento disponible en la siguiente dirección web:  
<http://www.fbqf.unt.edu.ar/institutos/quimicaanalitica/Analitica%20I/pdf/EXTRACCION%20CON%20SOLVENTES.pdf>
5. Extracciones con equipo soxhlet, por Carlos Eduardo Núñez. Documento disponible en la siguiente dirección web: <http://www.cenunez.com.ar/archivos/39-extraccinonequipo Soxhlet.pdf>
6. Determinación de la densidad, método del picnómetro. Documento disponible en la siguiente dirección web: [www.fisica.uson.mx/manuales/fluidos/fluidos-lab02.pdf](http://www.fisica.uson.mx/manuales/fluidos/fluidos-lab02.pdf)
7. Determinación del índice de acidez de un aceite, por Joaquina Meler. Documento disponible en la siguiente dirección web:  
[www.catedu.es/consumo/images/PDFs/redcentros.../aceite\\_acidez.pdf](http://www.catedu.es/consumo/images/PDFs/redcentros.../aceite_acidez.pdf)
8. Comparación de medias, Irene Morales disponible en la siguiente dirección web:  
<http://www.revistaseden.org/files/12-CAP%2012.pdf>

## VIII. BIBLIOGRAFIA



9. Técnicas cromatográficas. Análisis ambiental y agroalimentario. MSc. Fabio Pallavicinni, módulo III, quimiometría aplicada al análisis cromatógrafo. UNAN-León, 2014

### INTERNET

10. Modulo general, Rotavapor:  
[http://rodas.us.es/file/116d23b8c4582012481b2357ffa2b34/2/modulo\\_general\\_SC ORM.zip/pagina\\_19.htm](http://rodas.us.es/file/116d23b8c4582012481b2357ffa2b34/2/modulo_general_SC ORM.zip/pagina_19.htm)
11. Concepto de orgánica, punto de ebullición:  
<http://conceptosdeorganica.blogspot.com/2010/06/punto-de-ebullicion.html>
12. El índice de refracción, slideshare: <http://es.slideshare.net/siistemgustavo/el-ndice-de-refraccin>
13. Espectrofotometría: <http://perso.wanadoo.es/sergioram1/espectrofotometria.htm>
14. Principales usos y aplicaciones del aceite de pino:  
<http://www.quiminet.com/articulos/los-principales-usos-y-aplicaciones-del-aceite-de-pino-2648020.htm>
15. Índice de refracción del aceite de pino:  
<http://books.google.com.ni/books?id=HRhFUEUlyAC&pg=PA274&lpg=PA274&dq=indice+de+refraccion+del+aceite+de+pino&source=bl&ots=rRGyWxSnE6&sig=1bURa3tIBhvhSYRG1g91jcKaZlo&hl=es&>

### HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD

16. Ficha de seguridad del aceite de pino al 65%. Grupo transmerquim
17. Ficha de seguridad del aceite de pino al 100%. Grupo ACHS
18. Ficha de seguridad del aceite de pino al 70%. Grupo Distribuidoras de químicos industriales (DQI)

### LIBROS

19. Skoog, Holler y Nieman, Principios de análisis instrumental, 5ta Edición, McGraw Hill, Madrid, España, 2001, pág. 325.

## IX. ANEXOS



## IX. ANEXOS

### IX.1 CALCULOS

#### IX.1.1 RENDIMIENTOS DE LAS EXTRACCIONES DE SOXHLET Y CLEVANGER

##### IX.1.1.1 METODO DE SOXHLET

###### **OCOTE:**

Primera réplica:

Peso de las astillas de ocote: 30.81 g

Peso del vial más aceite: 27.14 g

Peso del vial vacío: 13.90 g

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{27.14 \text{ g} - 13.90 \text{ g}}{30.81 \text{ g}} * 100 = 42.98 \%$$

Segunda réplica:

Peso de las astillas de ocote: 30.12 g

Peso del vial más aceite: 25.78 g

Peso del vial vacío: 13.50 g

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{25.78 \text{ g} - 13.52 \text{ g}}{30.12 \text{ g}} * 100 = 40.77 \%$$

Tercera réplica:

Peso de las astillas de ocote: 30.17 g

Peso del vial más aceite: 25.82 g

Peso del vial vacío: 13.70 g

## IX. ANEXOS



$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{25.82 \text{ g} - 13.70 \text{ g}}{30.17 \text{ g}} * 100 = 40.15 \%$$

Promedio de las réplicas

$$\bar{X} = \frac{42.98 + 40.77 + 40.15}{3} = 41.30\%$$

### **TREMENTINA**

Primera réplica:

Peso de la trementina: 30.25 g

Peso del vial más aceite: 42.72 g

Peso del vial vacío: 13.52 g

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{42.72 \text{ g} - 13.52 \text{ g}}{30.25 \text{ g}} * 100 = 96.52 \%$$

Segunda réplica:

Peso de la trementina: 30.20 g

Peso del vial más aceite: 42.55 g

Peso del vial vacío: 13.40 g

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{30.20 \text{ g} - 13.40 \text{ g}}{30.20 \text{ g}} * 100 = 96.53 \%$$

Tercera réplica:

Peso de la trementina: 30.30 g

Peso del vial más aceite: 42.844 g

Peso del vial vacío: 13.60 g

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{42.844 \text{ g} - 13.60 \text{ g}}{30.30 \text{ g}} * 100 = 96.51 \%$$

## IX. ANEXOS



Promedio de las réplicas

$$\bar{X} = \frac{96.52 + 96.53 + 96.51}{3} = 96.52\%$$

### IX.1.1.2 METODO DE CLEVINGER

#### OCOTE

Primera réplica

Peso de las astillas de ocote: 30.03 g

Peso del vial: 13.90 g

Peso del vial más aceite esencial: 18.18 g

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{18.18 \text{ g} - 13.90 \text{ g}}{30.03 \text{ g}} * 100 = 14.25 \%$$

Segunda réplica

Peso de las astillas de ocote: 30.03 g

Peso del vial: 13.5 g

Peso del vial más aceite esencial: 17.63 g

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{17.63 \text{ g} - 13.50 \text{ g}}{30.03 \text{ g}} * 100 = 13.75 \%$$

Tercera réplica

Peso de las astillas de ocote: 30 g

Peso del vial: 13.60 g

Peso del vial más aceite esencial: 17.92 g

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{17.92 \text{ g} - 13.60 \text{ g}}{30 \text{ g}} * 100 = 14.40 \%$$

## IX. ANEXOS



Promedio de las réplicas

$$\bar{X} = \frac{14.25 + 13.75 + 14.40}{3} = 14.13$$

### TREMENTINA

Primera réplica

Peso de la trementina: 30 g

Peso del vial: 14.2 g

Peso del vial más aceite esencial: 19.21 g

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{19.21 \text{ g} - 14.20 \text{ g}}{30 \text{ g}} * 100 = 16.70 \%$$

Segunda réplica

Peso de la trementina: 30.03 g

Peso del vial: 13.30 g

Peso del vial más aceite esencial: 18.09 g

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{18.09 \text{ g} - 13.03 \text{ g}}{30.03 \text{ g}} * 100 = 15.95 \%$$

Tercera réplica

Peso de la trementina: 30.03 g

Peso del vial: 13.50 g

Peso del vial más aceite esencial: 18.23 g

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{18.23 \text{ g} - 13.50 \text{ g}}{30.03 \text{ g}} * 100 = 15.75 \%$$

Promedio de las réplicas

$$\bar{X} = \frac{16.75 + 15.95 + 15.75}{3} = 16.13$$

## IX. ANEXOS



### IX.2 DENSIDAD

#### OCOTE\*

100%

Peso del picnómetro más el aceite: 22.381g

Peso del picnómetro vacío: 12.423g

Volumen: 10mL

$$\rho = \frac{(22.381 - 12.423)g}{10mL} = 0.9958g/mL$$

75%

Peso del picnómetro más el aceite: 21.780g

Peso del picnómetro vacío: 12.633g

Volumen: 10mL

$$\rho = \frac{(21.780 - 12.633)g}{10mL} = 0.9174g/mL$$

50%

Peso del picnómetro más el aceite: 21.583g

Peso del picnómetro vacío: 12.746g

Volumen: 10mL

$$\rho = \frac{(21.583 - 12.746)g}{10mL} = 0.8837g/mL$$

25%

Peso del picnómetro más el aceite: 21.262g

Peso del picnómetro vacío: 12.746g

Volumen: 10mL

$$\rho = \frac{(21.262 - 12.746)g}{10mL} = 0.8516g/mL$$

**\*Se realizaron tres réplicas de cada concentración se ejemplifica una.**

## IX. ANEXOS



### TREMENTINA\*

100%

Peso del picnómetro más el aceite: 22.260g

Peso del picnómetro vacío: 12.732g

Volumen: 10mL

$$\rho = \frac{(22.260 - 12.732)g}{10mL} = 0.9528g/mL$$

75%

Peso del picnómetro más el aceite: 21.869g

Peso del picnómetro vacío: 12.757g

Volumen: 10mL

$$\rho = \frac{(21.869 - 12.757)g}{10mL} = 0.9112g/mL$$

50%

Peso del picnómetro más el aceite: 21.486g

Peso del picnómetro vacío: 12.742g

Volumen: 10mL

$$\rho = \frac{(21.486 - 12.742)g}{10mL} = 0.8744g/mL$$

25%

Peso del picnómetro más el aceite: 21.142g

Peso del picnómetro vacío: 12.754g

Volumen: 10mL

$$\rho = \frac{(21.142 - 12.754)g}{10mL} = 0.8388g/mL$$

**\*Se realizaron tres réplicas de cada concentración se ejemplifica uno.**

## IX. ANEXOS



### ACEITE COMERCIAL\*

Peso del picnómetro más el aceite: 21.818g

Peso del picnómetro vacío: 12.742g

Volumen: 10mL

$$\rho = \frac{(21.818 - 12.742)g}{10mL} = 0.9076g/mL$$

### CONCENTRACIÓN DEL ACEITE COMERCIAL USANDO LA CURVA DE CALIBRACIÓN DEL ACEITE DE OCOTE

Primera réplica:

a: 0.8156

b:  $1.385 \times 10^{-3}$

Densidad: 0.9076

$$C_{aceite} = \frac{(0.9076 - 0.8156)}{1.385 \times 10^{-3}} = 66.43\%$$

Segunda réplica:

a: 0.8156

b:  $1.385 \times 10^{-3}$

Densidad: 0.9077

$$C_{aceite} = \frac{(0.9077 - 0.8156)}{1.385 \times 10^{-3}} = 66.50\%$$

Tercera réplica:

a: 0.8156-

b:  $1.385 \times 10^{-3}$

Densidad: 0.9076

$$C_{aceite} = \frac{(0.9076 - 0.8156)}{1.385 \times 10^{-3}} = 66.43\%$$

**\*Se realizaron tres réplicas se ejemplifica uno.**

## IX. ANEXOS



### CONCENTRACIÓN DEL ACEITE COMERCIAL USANDO LA CURVA DE CALIBRACIÓN DEL ACEITE DE TREMENTINA

Primera réplica:

a: 0.7996

b:  $1.515 \times 10^{-3}$

Densidad: 0.9076

$$C_{aceite} = \frac{(0.9076 - 0.7996)}{1.515 \times 10^{-3}} = 71.29\%$$

Segunda réplica:

a: 0.7996

b:  $1.515 \times 10^{-3}$

Densidad: 0.9077

$$C_{aceite} = \frac{(0.9077 - 0.7996)}{1.515 \times 10^{-3}} = 71.35\%$$

Tercera réplica:

a: 0.7996

b:  $1.515 \times 10^{-3}$

Densidad: 0.9076

$$C_{aceite} = \frac{(0.9076 - 0.7996)}{1.515 \times 10^{-3}} = 71.29\%$$

### IX.3 INDICE DE ACIDEZ

$$\% \text{ Acido Oleico (I.A.)} = \frac{(V \times C \times Mm)}{10 \times P}$$

Concentración del KOH=0.126M

Masa molar=282g/mol

## IX. ANEXOS



### ACEITE DE OCOTE

V=6mL, 5.11mL y 4.10mL

P=1.20g, 1g y 0.90g

Réplica 1

$$\% \text{ ácido oleico} = \frac{(6\text{ml} \times 0.126\text{mol/L} \times 282\text{g/mol})}{10 \times 1.20\text{g}} = 17.77$$

Réplica 2

$$\% \text{ ácido oleico} = \frac{(5.11\text{ml} \times 0.126\text{mol/L} \times 282\text{g/mol})}{10 \times 1.0\text{g}} = 18.16\%$$

Réplica 3

$$\% \text{ ácido oleico} = \frac{(4.10\text{ml} \times 0.126\text{mol/L} \times 282\text{g/mol})}{10 \times 0.90\text{g}} = 16.19\%$$

### ACEITE DE TREMENTINA

V=12.60mL, 12.20mL y 11mL

P=1.20g, 1.0g y 1.0g

Réplica 1

$$\% \text{ ácido oleico} = \frac{(12.60\text{ml} \times 0.126\text{mol/L} \times 282\text{g/mol})}{10 \times 1.20\text{g}} = 37.31$$

Réplica 2

$$\% \text{ ácido oleico} = \frac{(12.20\text{ml} \times 0.126\text{mol/L} \times 282\text{g/mol})}{10 \times 1.00\text{g}} = 43.35$$

Réplica 3

$$\% \text{ ácido oleico} = \frac{(11\text{ml} \times 0.126\text{mol/L} \times 282\text{g/mol})}{10 \times 1.00\text{g}} = 39.09$$

## IX. ANEXOS



### ACEITE DE PINO COMERCIAL

V=0.50mL, 0.30mL y 0.40mL

P=1.3g, 0.99g y 1g

Réplica 1

$$\% \text{ ácido oleico} = \frac{(0.50\text{ml} \times 0.126\text{mol/L} \times 282\text{g/mol})}{10 \times 1.30\text{g}} = 1.367$$

Réplica 2

$$\% \text{ ácido oleico} = \frac{(0.30\text{ml} \times 0.126\text{mol/L} \times 282\text{g/mol})}{10 \times 0.99\text{g}} = 1.077$$

Réplica 3

$$\% \text{ ácido oleico} = \frac{(0.40\text{ml} \times 0.126\text{mol/L} \times 282\text{g/mol})}{10 \times 1.00\text{g}} = 1.421$$

### IX.4 ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO DE LOS ACEITES

Porcentaje de aceite calculado con la reta de calibración de aceite de ocote.

Primera réplica

Absorbancia del aceite comercial: 0.29

a: 0.27

b: 1.2

$$\% \text{ aceite} = \frac{0.29 - 0.27}{1.22} * \frac{100}{1} * \frac{10}{1} = 16.67$$

Segunda réplica

Absorbancia del aceite comercial: 0.29

a: 0.27

b: 1.2

$$\% \text{ aceite} = \frac{0.29 - 0.27}{1.22} * \frac{100}{1} * \frac{10}{1} = 16.67$$

## IX. ANEXOS



Tercera réplica

Absorbancia del aceite comercial: 0.29

a: 0.27

b: 1.2

$$\% \text{ aceite} = \frac{0.29 - 0.27}{1.22} * \frac{100}{1} * \frac{10}{1} = 16.67$$

### **PORCENTAJE DE ACEITE CALCULADO CON LA RECTA DE CALIBRACIÓN DE ACEITE DE TREMENTINA**

Primera réplica

Absorbancia del aceite comercial: 0.29

a: 0.21

b: 27.43

$$\% \text{ aceite} = \frac{0.29 - 0.21}{27.43} * \frac{100}{1} * \frac{10}{1} = 16.67$$

Segunda réplica

Absorbancia del aceite comercial: 0.29

a: 0.21

b: 27.43

$$\% \text{ aceite} = \frac{0.29 - 0.21}{27.43} * \frac{100}{1} * \frac{10}{1} = 16.67$$

Tercera réplica

Absorbancia del aceite comercial: 0.29

a: 0.21

b: 27.43

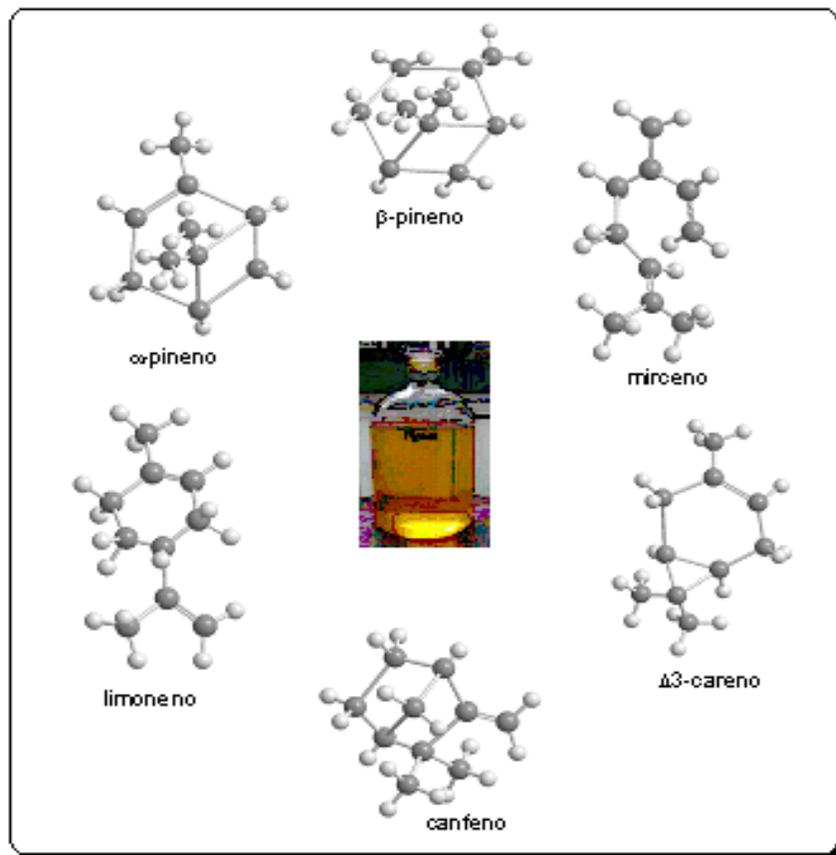
$$\% \text{ aceite} = \frac{0.29 - 0.21}{27.43} * \frac{100}{1} * \frac{10}{1} = 16.67$$

## IX. ANEXOS



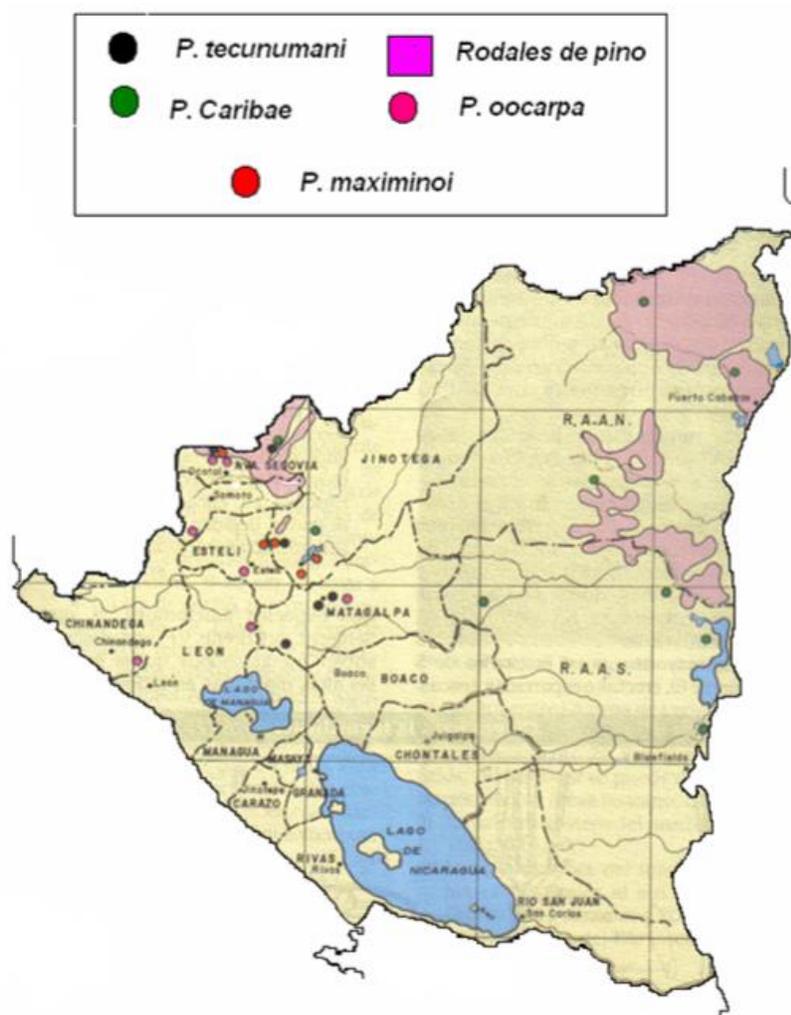
### IX.5 IMAGENES

#### Método de recolección de la resina



Componentes del aceite de pino

## IX. ANEXOS



Distribución ecológica de las especies de pino en Nicaragua

### Resultados de las pruebas realizadas a los aceites de ocote, trementina y comercial.

Aceite de pino	Solubilidad	Densidad	Índice de acidez	P. E. (°C)	Í. R.
<b>Ocote</b>	Soluble en hexano. Etanol, Isopropanol.	0.9559	17.37	146.7	1.50277
<b>Trementina</b>	Soluble en etanol, Isopropanol.	0.9528	39.91	169.7	1.52010
<b>Comercial</b>	Soluble en etanol, Isopropanol, hexano.	0.9076	1.288	140.3	1.48059



“A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD”