



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**TÍTULO:**

**“OBTENCIÓN DE UN ACEITE ESENCIAL EXTRAÍDO DE LA  
CÁSCARA DE LA MANDARINA *Citrus reticulata* L. PARA  
CONTROL DE MOSCA BLANCA *Trialeurodes vaporariorum* W.”**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA  
AGROINDUSTRIAL**

**Autora: FLORES MEDIAVILLA NANCY ANABEL**

**Director: Ing. José Manuel Pais Chanfrau, PhD**

Ibarra – Ecuador

2022



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte de manera digital para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100340795-2
<b>NOMBRES Y APELLIDOS:</b>	Nancy Anabel Flores Mediavilla
<b>DIRECCIÓN:</b>	Avenida Carchi 1-301
<b>E-MAIL:</b>	nafloresm@hotmail.com
<b>TELEFONO:</b>	0998950420
DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	Obtención de un aceite esencial extraído de la cáscara de la mandarina <i>Citrus reticulata</i> L. para control de mosca blanca <i>Trialeurodes vaporariorum</i> W.’
<b>AUTOR:</b>	Nancy Anabel Flores Mediavilla
<b>FECHA:</b>	19/10/2022
SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera Agroindustrial
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. José Manuel Pais Chanfrau, PhD.

## **2. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes de octubre del 2022

**AUTOR:**



Nancy Anabel Flores Mediavilla

CC: 100340795-2

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita Nancy Anabel Flores Mediavilla, con cédula de ciudadanía 100340795-2, bajo mi supervisión.



Ing. José Manuel País Chanfrau, PhD.

**DIRECTOR DE TESIS**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo en primera instancia a Dios que ha guiado mi camino en todo momento, con todo mi corazón a mis padres José Gudiño y Mercedes Mediavilla quienes con su amor, ejemplo, sacrificio y apoyo incondicional permitieron que logre culminar mi carrera profesional, además de brindarme valores y confianza para seguir adelante. Espero contar siempre con su valioso apoyo.*

*A mis hijos, porque son ellos el motor de mi vida, por quienes me levanto cada mañana, ellos son mi inspiración para ser cada día mejor y la principal razón para superarme.*

*A mi esposo, por ser una parte fundamental en mi vida, por ser mi compañero y apoyarme siempre en cada paso que doy.*

***Nancy F.***

## **AGRADECIMIENTO**

*Al finalizar una etapa maravillosa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible el cumplimiento de este sueño tan anhelado. Esta mención en especial a Dios, por brindarme la vida, la fortaleza en los momentos de dificultad y por todas sus bendiciones*

*A mis padres: José y Mercedes, por ser el mejor ejemplo de lucha y constancia, a la vez los promotores de mis sueños para cumplir cada una de mis metas logradas. A ellos mi eterno amor y gratitud*

*Mi total agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte y cada uno de los docentes de la Carrera de Agroindustrias quienes, con la enseñanza de su valioso conocimiento y experiencias, permitieron formarme como profesional.*

*De manera muy especial quiero expresar un sincero agradecimiento a mi director de tesis Dr. José Manuel Pais, principal colaborador durante todo este proceso, por todo su tiempo, dirección y compromiso, de igual manera a mis asesores Bioq. Valeria Olmedo y Dra. Julia Prado.*

*Finalmente, a mis amistades y familiares cercanos que siempre me dieron esa voz de aliento para seguir adelante.*

**Nancy**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	iv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vi
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1    PROBLEMA .....	1
1.2    JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3    OBJETIVOS.....	3
1.3.1    OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4    HIPÓTESIS .....	3
1.4.1    HIPÓTESIS ALTERNATIVA: .....	3
1.4.2    HIPÓTESIS NULA: .....	3
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>4</b>
MARCO TEORICO.....	4
2.1    LA MANDARINA.....	4
2.1.1    TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA.....	4
2.1.2    PARTES DE LA MANDARINA .....	4
2.1.3    REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS .....	6
2.1.4    VARIEDADES .....	8
2.1.5    BENEFICIOS PARA LA SALUD .....	9
2.1.6    COMPOSICIÓN NUTRICIONAL.....	9
2.2    ACEITES ESENCIALES.....	10
2.2.1    CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES .....	10
2.3    LIMONENO.....	11
2.4    MOSCA BLANCA .....	12
2.4.1    ¿CÓMO SE DESARROLLA?.....	13
2.4.2    DAÑOS A LOS CULTIVOS.....	13

2.5	SOXHLET .....	13
2.5.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN CON SOXHLET .....	14
2.6	ROTO-EVAPORADOR .....	15
2.6.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL ROTO-EVAPORADOR .	15
2.7	N-HEXANO .....	16
2.7.1	USOS DEL N-HEXANO.....	16
2.7.2	PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL N-HEXANO .....	16
2.7.3	MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.....	17
2.8	ÉTER DE PETRÓLEO .....	17
2.8.1	USOS DEL ÉTER DE PETRÓLEO .....	18
2.8.2	PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL Éter de petróleo .....	18
2.8.3	MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.....	19
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>20</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>		<b>20</b>
3.1	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	20
3.2	EQUIPOS, INSTRUMENTOS, MATERIALES E INSUMOS .....	20
3.2.1	EQUIPOS.....	20
3.2.2	INSTRUMENTOS.....	21
3.2.3	MATERIALES E INSUMOS .....	21
3.3	METODOLOGÍA .....	21
3.3.1	DETERMINAR EL RENDIMIENTO DEL EXTRACTO DE ACEITE ESENCIAL.....	21
3.3.2	EVALUAR LA CAPACIDAD DE CONTROL DE UN FORMULADO DEL ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE MANDARINA.....	22
3.3.3	FACTOR DE ESTUDIO .....	23
3.3.4	CARACTERIZAR EL EXTRACTO DE ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE MANDARINA MEDIANTE (GC/MS).....	25
3.3.5	VARIABLES PARA EVALUARSE.....	25
3.4	MÉTODO DE PROCESAMIENTO .....	25
3.4.1	DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE MANDARINA.....	26
3.4.2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN.....	26



3.4.3	DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL CONTROL DE MOSCA BLANCA .....	32
3.4.4	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL FORMULADO DE ACEITE ESENCIAL CON LA MOSCA BLANCA .....	32
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>34</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>		<b>34</b>
4.1	DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL EXTRACTO DE ACEITE ESENCIAL .....	34
4.1.1	ÉTER DE PETRÓLEO .....	34
4.1.2	N-HEXANO.....	34
4.2	EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CONTROL DE UN FORMULADO DE ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE MANDARINA .....	35
4.2.1	CONTROL DE LA MOSCA BLANCA CON LA EXTRACCION REALIZADA CON ÉTER DE PETRÓLEO .....	36
4.2.2	CONTROL DE LA MOSCA BLANCA CON LA EXTRACCION REALIZADA CON N-HEXANO .....	37
4.3	ANÁLISIS DE VARIANZA.....	39
4.4	CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO DE ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE MANDARINA.....	41
4.4.1	DETERMINACIONES FÍSICAS.....	41
4.4.2	CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO MEDIANTE FTIR ....	42
<b>CAPITULO V.....</b>		<b>48</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>48</b>
5.1	CONCLUSIONES.....	48
5.2	RECOMENDACIONES .....	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		50
ANEXOS .....		54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Corte Transversal de la Mandarina.....	5
<b>Figura 2.</b> Vista Microscópica de la Cáscara de Mandarina.....	5
<b>Figura 3.</b> La Mosca Blanca .....	12
<b>Figura 4.</b> Extracción con Soxhlet.....	14
<b>Figura 5.</b> Recepción de la Mandarina .....	27
<b>Figura 6.</b> Selección de la Mandarina.....	27
<b>Figura 7.</b> Pelado de la Mandarina .....	28
<b>Figura 8.</b> Reducción de la cáscara.....	28
<b>Figura 9.</b> Pesado de la Cáscara.....	29
<b>Figura 10.</b> Extracción con Soxhlet.....	29
<b>Figura 11.</b> Condensación del Extracto .....	30
<b>Figura 12.</b> Separación del Extracto .....	30
<b>Figura 13.</b> Almacenamiento del Extracto .....	31
<b>Figura 14.</b> Supervivencia vs Tiempo (éter de petróleo).....	37
<b>Figura 15.</b> Supervivencia vs Tiempo (n-Hexano).....	39
<b>Figura 16.</b> Caracterización Mediante FTIR (éter de petróleo).....	43
<b>Figura 17.</b> Caracterización Mediante FTIR (n-Hexano).....	43
<b>Figura 18.</b> Comparación del éter de petróleo y n-Hexano .....	44
<b>Figura 19.</b> Caracterización mediante FTIR (Limoneno).....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición nutricional de la mandarina por 100 g*.....	9
<b>Tabla 2.</b> Ubicación del experimento*.....	20

<b>Tabla 3.</b> Tratamientos y repeticiones .....	22
<b>Tabla 4.</b> Análisis de Varianza .....	23
<b>Tabla 5.</b> Descripción de Niveles del Factor A .....	23
<b>Tabla 6.</b> Descripción de Niveles del Factor B.....	24
<b>Tabla 7.</b> Tratamientos de Control.....	24
<b>Tabla 8.</b> Descripción y Nomenclatura de los Tratamientos .....	24
<b>Tabla 9.</b> Caracterización Físicoquímica .....	25
<b>Tabla 10.</b> Control de la Mosca Blanca (Éter de Petróleo).....	36
<b>Tabla 11.</b> Control de la Mosca Blanca (n-Hexano).....	38
<b>Tabla 12.</b> Análisis de Varianza (éter de petróleo).....	40
<b>Tabla 13.</b> Análisis de Varianza (n-Hexano) .....	40
<b>Tabla 14.</b> Determinaciones Físicas.....	42
<b>Tabla 15.</b> Grupos Funcionales.....	45
<b>Tabla 16.</b> Absorciones IR para Grupos Funcionales Representativos .....	45

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Recirculador de agua.....	54
<b>Anexo 2.</b> Compresor .....	54
<b>Anexo 3.</b> Bloques del control de la mosca blanca (éter de petróleo).....	55
<b>Anexo 4.</b> Figuras de sobrevivencia vs tiempo (éter de petróleo).....	56
<b>Anexo 5.</b> Bloques del control de la mosca blanca (n-Hexano).....	57
<b>Anexo 6.</b> Figuras de sobrevivencia vs tiempo (n-Hexano).....	58
<b>Anexo 7.</b> Fotografía del índice de refracción.....	59
<b>Anexo 8.</b> Fotografía de la densidad .....	59

## RESUMEN

Los insecticidas normalmente se elaboran a base de sustancias químicas que debido a su composición o a la alta concentración que se requieren, al penetrar en el medio ambiente, suelen ser contaminantes y nocivas para los humanos y animales. Por otro lado, Las mandarinas (*Citrus reticulata* L.) pueden ofrecer algo más que un alimento, de su cáscara es posible obtener aceites esenciales que contienen sustancias activas como son: limoneno,  $\alpha$ -pineno,  $\alpha$ -terpinoleno estos tres componentes se caracterizan por su acción insecticida. Por lo tanto, la materia prima mencionada sería apta para elaborar un producto de alta composición insecticida. El objetivo principal de la investigación es la de obtener un aceite esencial extraído de la cáscara de mandarina (*Citrus reticulata* L.) para el control de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* W.). En la obtención de aceite esencial de mandarina se utilizó el equipo Soxhlet con los solventes éter de petróleo y n-hexano con una muestra de 50 g de cáscara y se sometió a los solventes a una temperatura de 40 °C y 69 °C con un tiempo aproximado de 4 h, después de extraído el aceite se procedió a colocar el extracto en el rotoevaporador por 4 h a 100 °C en el rendimiento se obtuvo 1.59 % con éter de petróleo y 2 % con n-hexano. La evaluación de la capacidad de control de un formulado de aceite esencial de la cáscara de mandarina (*Citrus reticulata* L.) se realizó con 10 mosca blancas en estado fisiológico adulto en un frasco de 250 ml con diferentes volúmenes del formulado insecticida: T1 = 22.2  $\mu$ l AE + 155.6  $\mu$ l agua, T2 = 44.4  $\mu$ l AE + 133.4  $\mu$ l agua, T3 = 59.3  $\mu$ l AE + 118.5  $\mu$ l agua, C+ = 177.8  $\mu$ l insecticida comercial y C- = 177.8  $\mu$ l agua. Además, se evaluó el control del formulado de aceite esencial en diferentes tiempos de 0, 3, 6, 9, 12 y terminando en 15 h. Dando como resultado que el T3 realizado con el el solvente éter de petróleo es significativo comparado con los demás tratamientos y controles, sin embargo, el control realizado con n-hexano da como mejor tratamiento el T2. Los aceites esenciales obtenidos de la extracción por solvente fueron caracterizados por FTIR, los grupos funcionales encontrados en el análisis son aquellos grupos por los cuales está formado el limoneno comprobando así que el aceite esencial de la cáscara de mandarina (*Citrus reticulata* L.) tiene propiedades insecticidas que aportan en el control de la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* W.).

## ABSTRACT

Insecticides are normally made from chemical substances that, due to their composition or the high concentration required, when they penetrate the environment, are usually polluting and harmful to humans and animals. On the other hand, mandarins (*Citrus reticulata* L.) can offer something more than food, from their peel it is possible to obtain essential oils that contain active substances such as: limonene,  $\alpha$ -pinene,  $\alpha$ -terpinolene. These three components are characterized by its insecticidal action. Therefore, the aforementioned raw material would be suitable for producing a product with a high insecticide composition. The main objective of the research is to obtain an essential oil extracted from mandarin peel (*Citrus reticulata* L.) to control whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* W.). In obtaining mandarin essential oil, the Soxhlet equipment was used with the solvents petroleum ether and n-hexane with a sample of 50 grams of peel and it was subjected to the solvents at a temperature of 40 °C and 69 °C with an approximate time 4 h, after extracting the oil, the extract was placed in the rotary evaporator for 4 h at 100 °C, yielding 1.59 % with petroleum ether and 2 % with n-hexane. The evaluation of the control capacity of an essential oil formulation of mandarin peel (*Citrus reticulata* L.) was carried out with 10 whiteflies in an adult physiological state in a 250ml bottle with different volumes of the insecticide formulation: T1 = 22.2  $\mu$ l EA + 155.6  $\mu$ l water, T2 = 44.4  $\mu$ l EA + 133.4  $\mu$ l water, T3 = 59.3  $\mu$ l EA + 118.5  $\mu$ l water, C+ = 177.8  $\mu$ l commercial insecticide and C- = 177.8  $\mu$ l water. In addition, the control of the essential oil formulation was evaluated at different times of 0, 3, 6, 9, 12 and ending at 15 h. Giving as a result that the T3 made with the petroleum ether solvent is significant compared to the other treatments and controls. However, the control made with n-hexane gives T2 the best treatment. The essential oils obtained from solvent extraction were characterized by Fourier transform infrared spectroscopy, the functional groups found in the analysis are those groups by which limonene is formed, thus proving that the essential oil of mandarin peel (*Citrus reticulata* L.) has insecticidal properties that contribute to the control of the white fly (*Trialeurodes vaporariorum* W.).

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PROBLEMA

Los invernaderos son espacios que proporcionan ambientes favorables para el sano e idóneo desarrollo de las plantas en términos de productividad y crecimiento. No obstante, el control total de la presencia de plagas y enfermedades a veces resulta ser un gran reto del cual es indispensable asesorarse y conocer algunas estrategias que permiten hacerle frente sin que el cultivo se afecte (Maureira et al., 2022).

Los insecticidas normalmente se elaboran a base de sustancias químicas que debido a su composición o a la alta concentración que se requieren, al penetrar en el medio ambiente, suelen ser contaminantes y nocivos para los humanos y animales. Estos insecticidas, sin embargo, combaten la producción de plagas y mejoran los rendimientos (Meena et al., 2020).

En la actualidad existe una tendencia de crecimiento de la demanda de aceites esenciales en el Ecuador, este comportamiento se debe principalmente a que ha aumentado la fabricación nacional de productos que contienen extractos y esencias; cuya producción no sólo va destinada para el mercado interno, sino a la vez, para satisfacer las necesidades del mercado externo (León Quiroz & Robles Benavides, 2011).

“Los aceites esenciales de origen vegetal tienen un amplio uso en la fabricación de múltiples productos, gracias a sus propiedades saborizantes, odorizantes y medicinales; adquiriendo así un valor económico significativo como materia prima para su elaboración” (Márquez, 2011).

En cuanto al residuos de la mandarina lo que viene siendo la cáscara no tenemos investigación ni elaboración de productos a base de esta materia prima pues no se han buscado alternativas a nivel nacional para darle un valor agregado y así aumentar el ingreso económico de los productores.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Mediante el presente trabajo se pretende obtener un insecticida natural, a partir del aceite esencial extraído de la cáscara de la mandarina.

La transformación de residuos de la industria de los alimentos, pueden convertirse en materias primas para otras industrias, tomando en cuenta que la extracción de aceites esenciales de ciertas frutas se han obtenido una variedad de esencias que son de gran aceptación en el mercado nacional e internacional.

Las mandarinas pueden ofrecer algo más que un alimento, de su cáscara es posible obtener aceites esenciales que contienen sustancias activas como son: limoneno,  $\alpha$ -pineno,  $\alpha$ -terpinoleno estos tres componentes se caracterizan por su acción insecticida (Bährle-Rapp, 2007; Saini et al., 2020).

Para potenciar el cultivo y la comercialización tanto de la mandarina como de la cáscara es necesario encontrar alternativas de industrialización, como la elaboración de insecticidas a base del aceite esencial de la cáscara de mandarina la cual puede tener un nicho en el mercado de insecticidas, al mismo tiempo es una iniciativa de desarrollo y es una excelente oportunidad de innovación.

“En la actualidad se afirma la tendencia de volver a las fórmulas que la naturaleza brinda, es decir, el retorno a las fórmulas orgánicas y naturales, y conseguir a partir de extractos vegetales insecticidas ecológicos con fórmulas que controlen y eliminen de manera eficaz determinadas plagas” (Asela et al., 2014).

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Obtener un aceite esencial extraído de la cáscara de la mandarina (*Citrus reticulata* L.) para control de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* W.)

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Determinar el rendimiento del extracto de aceite esencial de la mandarina (*Citrus reticulata* L.) mediante el método de extracción con solvente y posterior concentración en el rotoevaporador.
- ✓ Evaluar la capacidad de control de un formulado del aceite esencial de la cáscara de mandarina (*Citrus reticulata* L.).
- ✓ Caracterizar el extracto de aceite esencial de la cáscara de mandarina mediante FTIR.

## **1.4 HIPÓTESIS**

### **1.4.1 HIPÓTESIS ALTERNATIVA:**

Una formulación a base de aceite esencial de la cáscara de la mandarina (*Citrus reticulata*) puede ser utilizada como un insecticida natural y ecológico contra la “mosca blanca” (*Trialeurodes vaporariorum*) que afectan los cultivos tapados de la región andina ecuatoriana.

### **1.4.2 HIPÓTESIS NULA:**

Una formulación a base de aceite esencial de la cáscara de la mandarina (*Citrus reticulata*) no puede ser utilizada como un insecticida natural y ecológico contra la “mosca blanca” (*Trialeurodes vaporariorum*) que afectan los cultivos tapados de la región andina ecuatoriana.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1 LA MANDARINA

“La mandarina es el fruto del árbol mandarino, planta perenne, perteneciente a la familia de las rutáceas, originario del Asia Oriental (China e Indochina)” (OEEE, 2014).

##### 2.1.1 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA

Las principales características taxonómicas y morfológicas de la *Citrus reticulata* L son (Ollitrault et al., 2020b):

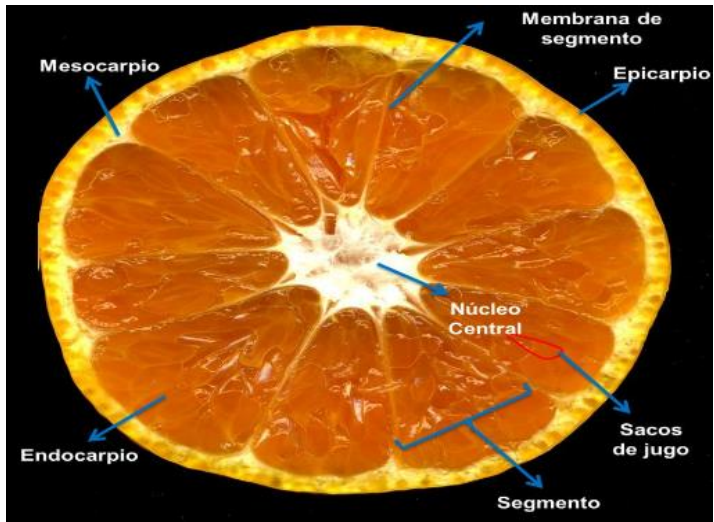
- ✓ **Familia:** *Rutaceae*.
- ✓ **Subfamilia:** *Aurantioidea*.
- ✓ **Género:** *Citrus*.
- ✓ **Especie:** Existen numerosas especies: *Citrus reticulata*, *C. unshiu*, *C. reshni* (clementinas, satsumas y comunes).
- ✓ **Porte:** menor que el naranjo y algo más redondeado.
- ✓ **Raíz:** sólida, blanca y, bajo condiciones de cultivo, posee gran cantidad de pelos radiculares.
- ✓ **Hojas:** unifoliadas y de nerviación reticulada, con alas rudimentarias pequeñas.
- ✓ **Flores:** solitarias o en grupos de 3 o 4.
- ✓ **Fruto:** llamado hesperidio. Existen variedades muy semillas y otras partenocárpicas.

##### 2.1.2 PARTES DE LA MANDARINA

Las principales características taxonómicas y morfológicas de la *Citrus reticulata* L son (Ollitrault et al., 2020b):

**Figura 1.**

*Corte Transversal de la Mandarina*



Fuente: (Saldaña & Paseli, 2015)

**Figura 2.**

*Vista Microscópica de la Cáscara de Mandarina*



Fuente: (Saldaña & Paseli, 2015)

### **2.1.2.1 Epicarpio o exocarpo**

Consiste en la parte más externa incluso que la piel. Está compuesta por la capa glandular presente en la corteza del fruto. Suele ser de color amarillo en los limones y alojan las vesículas oleaginosas (Peña et al., 2007).

### **2.1.2.2 Vesículas oleaginosas**

Son las hendiduras o los ojuelos presentes en la piel de los cítricos, son frágiles y contienen los aceites esenciales (Bährle-Rapp, 2007; Peña et al., 2007).

### **2.1.2.3 Albedo o Mesocarpo**

Parte interna blanquecina de tejido laxo de la corteza de los frutos cítricos, que contiene aceites esenciales, pectina y celulosa. Suele ser amargo (Bährle-Rapp, 2007; Ollitrault et al., 2020a).

### **2.1.2.4 Endocarpo**

Parte más interna del pericarpo o cáscara, forma los gajos (que contienen la pulpa con el zumo y fibra comestibles) (Ollitrault et al., 2020a).

### **2.1.2.5 Membranas**

Son las paredes que separan los gajos (Ollitrault et al., 2020a).

### **2.1.2.6 Núcleo central**

Es la parte central. Así como el mesocarpo o albedo su aspecto también es esponjoso y de color blanco (Bährle-Rapp, 2007; Ollitrault et al., 2020a).

## **2.1.3 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS**

### **2.1.3.1 Clima**

**Temperatura:** La mandarina ha alcanzado su máximo desarrollo en las áreas subtropicales (30-40° latitud N y S). En estas áreas la producción es estacional y la calidad del fruto para el consumo en fresco es excelente. Es más resistente al frío y más tolerante a la sequía que el naranjo, pero los frutos son sensibles. El factor limitante es la temperatura mínima, ya que no tolera las inferiores a 3°C. Las temperaturas altas constantes mantienen altos niveles de clorofilas y su color es persistentemente verde (Singh et al., 2021).

**Precipitación:** Los Cítricos necesitan de unos 1,200 mm de lluvia por año, sin embargo, precipitaciones mayores no son problema siempre que haya un buen drenaje del suelo (Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales, 2005).

**Humedad Relativa:** La humedad relativa influye sobre la calidad de la fruta. La mandarina en regiones donde la humedad relativa es alta tiende a tener cáscara delgada y suave, mayor cantidad de jugo y de mejor calidad. La baja humedad favorece una mejor coloración de la fruta. El rango adecuado de humedad relativa puede considerarse entre 60 y 70 % (Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales, 2005).

**Altitud:** Las altitudes aptas para el cultivo de Mandarina oscilan entre los 400 a 1,300 m.s.n.m. (Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales, 2005)

### **2.1.3.2 Suelos**

El aspecto más importante a considerar en el suelo del cultivo es la permeabilidad del agua, dado que en terrenos de baja filtración se producen enfermedades fungosas en las raíces de los árboles. Los suelos pueden ser francos o franco arenosos, para alcanzar características óptimas. Es recomendable que el contenido arcilloso no sea superior al 40 % para evitar compactación intensa de la tierra, lo que dificulta el desagüe. De forma adicional, para fomentar el drenaje, es recomendable formar pequeños montículos conocidos como camellones, sobre los cuales se planta el árbol, para que el agua quede libre de fluir (Reyes Martenstein, 2012).

El PH más conveniente para los cítricos varía entre 5,5 y 7. Con valores inferiores se presentan problemas en el desarrollo de la planta por deficiencias de Calcio y Magnesio, mientras que con valores superiores se presentan problemas de fijación de Hierro y Zinc (Reyes Martenstein, 2012).

#### 2.1.4 VARIEDADES

En las numerosas variedades de mandarina resaltan las siguientes cuatro: satsumas, clementinas, clemenvillas e híbridos (Belo et al., 2018).

##### 2.1.4.1 Satsumas

Tienen escaso paladar, pero son las primeras que llegan al mercado.

- ✓ **Okitsu /Owari:** pocas semillas, tamaño mediano, buen sabor, buena conservación. de las primeras de temporada.
- ✓ **Clausellina:** baja cálida, escaso paladar, de las primeras de temporada.

##### 2.1.4.2 Clementinas

Buen sabor, se pelan fácilmente.

- ✓ **Marisol:** buen tamaño, buen color de corteza, mucho zumo, escaso paladar, también de las primeras de la temporada.
- ✓ **Oronules:** mucho zumo, de las primeras de temporada, pero con el mejor paladar. Buen brillo y pocas semillas.
- ✓ **Clemenule:** disponible a media temporada, buen tamaño y color intenso. Mucho zumo, Gran sabor y fácil de pelar. Pocas semillas. Una mutación de esta es la Clemenpons, un poco más pequeña.
- ✓ **Clementina fina:** disponible a media temporada. Tamaño pequeño, color naranja intenso, mucho zumo, del mejor sabor y fácil de pelar.

##### 2.1.4.3 Clemenvillas

- ✓ **Clemenvilla o Nova:** tamaño mediano-grande. Muy rojizas. Buena calidad, jugosas, agridulces, fáciles de pelar. Se seca cuando madura.

##### 2.1.4.4 Híbridos

- ✓ **Ortanique:** las más tardías. Tamaño medio grande, un poco achatadas. Mucho zumo, dulce. Difícil de pelar. Color intenso, La fortuna es otra variedad híbrida de menor tamaño.

### 2.1.5 BENEFICIOS PARA LA SALUD

Al igual que la naranja, la mandarina fresca es baja en calorías. También es una buena fuente de fibra, potasio y vitamina C. Esta vitamina puede influir en una serie de estados fisiológicos, particularmente en la reducción de nitrosaminas, las cuales poseen efectos cancerígenos. El cáncer de estómago es menos frecuente en aquellos cuya dieta es rica en vitamina C. Se ha indicado que la capacidad antioxidante de la vitamina C puede proteger contra diversos tipos de cáncer, a la vez que intensifica las funciones inmunológicas. La mandarina también contiene folato, una vitamina del complejo B que guarda relación con la salud durante el embarazo, aunque su concentración no sea tan alta como la de la naranja. Además, la mandarina (y otros frutos relacionados) es una fuente primaria de betacriptoxantina en la dieta. La betacriptoxantina es un carotenoide no provitamina A con propiedades antioxidantes. Las dietas ricas en carotenoides están asociadas a una disminución del riesgo de contraer cáncer y enfermedades cardiovasculares (Castro et al., 2018). Las mandarinas también contienen los fitoquímicos D-limoneno, cumarina, flavonoides y terpenes. Estos compuestos ayudan a disminuir el riesgo de contraer algunos tipos de cáncer (Wang et al., 2020).

### 2.1.6 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

La composición nutricional de la mandarina (*Citrus reticulata* L) muestra elevado niveles de potasio y vitamina C (Tabla 1).

**Tabla 1.**

*Composición nutricional de la mandarina por 100 g\*.*

<b>Composición</b>	<b>Contenido (g)</b>
Energía, kcal	53.00
Carbohidratos	13.24
Proteínas	0.81
Fibra	1.80
Grasas	0.31
<b>Minerales</b>	<b>Contenido (mg)</b>
Sodio	2.00
Calcio	37.00
Hierro	0.15
Magnesio	12.00
Fosforo	20.00

Potasio	166.00
<b>Vitaminas</b>	<b>Contenido (mg)</b>
Vitamina A	0.03
Vitamina B1	0.06
Vitamina B2	0.04
Vitamina B3	0.38
Vitamina C	32.02

\*Fuente: (Liu et al., 2012)

## 2.2 ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética (de Groot, 2019; Vankar, 2004), la agricultura (Fierascu et al., 2020; Koul et al., 2008) y farmacéutica (Nazir & Ahmad Gangoo, 2022).

Los aceites esenciales también se localizan en células especiales de la corteza de los frutos. En las naranjas y mandarinas predomina el limoneno; en los limones existen además de limoneno otros terpenos. La proporción en que se encuentran los diferentes terpenos es la que da el aroma característico de cada fruta (Ibrahim et al., 2001).

### 2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES

Existen diferentes criterios de clasificación de los aceites esenciales de acuerdo por su origen, consistencia y naturaleza química.

#### 2.2.1.1 ORIGEN

Estos se clasifican como naturales, artificiales y sintéticas. Los naturales se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su rendimiento tan bajo son muy costosas. Los artificiales se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes, por ejemplo, la mezcla de esencias de rosa, geranio y jazmín enriquecida con linalool, o la esencia de anís enriquecida con anetol. Los aceites esenciales sintéticos como su nombre lo indica son los producidos por la combinación de sus componentes los cuales son la mayoría de las veces producidos

por procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, etc.) (Martínez M., 2003).

#### **2.2.1.2 CONSISTENCIA**

Los aceites esenciales se clasifican en esencias fluidas, bálsamos y oleorresinas. Las Esencias fluidas son líquidos volátiles a temperatura ambiente. Los Bálsamos son de consistencia más espesa, son poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización, son ejemplos el bálsamo de copaiba, el bálsamo del Perú, Benjuí, bálsamo de Tolú, Estoraque, etc. Las Oleorresinas tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas (caucho, gutapercha, chicle, balata, oleorresina de paprika, de pimienta negra, de clavel, etc.) (Martínez M., 2003).

#### **2.2.1.3 NATURALEZA QUÍMICA**

La estructura química de los componentes mayoritarios que determinan el olor particular de los aceites, estos se dividen en tres grupos principales: monoterpenoides (linalool, nerol, 1-8 cineol, geraniol), sesquiterpenoides (farnesol, nerolidol) y compuestos oxigenados (alcoholes, aldehídos, cetonas) (SENA, 2013).

### **2.3 LIMONENO**

Limoneno. Es una sustancia obtenida de la cáscara de los cítricos y pertenece al grupo de los terpenos (limonoides), los que corresponden a los alimentos funcionales y fitonutrientes, actuando como antioxidante. Dentro de sus propiedades podemos mencionar que es un líquido incoloro a temperatura ambiental y tiene una solubilidad baja en agua con una densidad de 0.84 g/ml, su punto de fusión es de  $-74.35^{\circ}\text{C}$  y su punto de ebullición de  $176^{\circ}\text{C}$ . En su estructura posee un carbono asimétrico como estéreo centro, permitiendo dos isómeros: D-limoneno y L-limoneno. Su uso es amplio en la industria de productos de limpieza del hogar, industria alimentaria y cosmética (Valdez Jiménez, 2017).

El limoneno, el cual es un componente muy conocido por su cantidad mayoritaria en muchos aceites esenciales, es un monoterpeno que tiene la fórmula  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ , este



componente se utiliza en la producción de p-cimeno, como disolventes de resinas, pigmentos, tintas, en la fabricación de adhesivos, además de su aplicación como disolvente biodegradable.

El limoneno también es utilizado como insecticida para repeler o matar hormigas, pulgones, cochinillas, moscas, ácaros, cucarachas, avispas, rosales, plantas ornamentales ya que no es tóxico para los seres humanos y animales domésticos, ni perjudicial para la jardinería, plantas de interior ni para el medio ambiente, por lo que se puede usar en hogares, oficinas y colegios. Siendo la composición del insecticida: d-limoneno, un disolvente hidrófilo no tóxico y un agente emulsionante no tóxico para poder solubilizar el d-limoneno en dicho disolvente (Anandakumar et al., 2021; Sun, 2007).

## 2.4 MOSCA BLANCA

Conocida vulgarmente como mosca blanca o mosca blanca de los invernaderos, es una especie de insecto homóptera de la familia *Aleyrodidae* que habita en las regiones cálidas de la Tierra. Puede llegar a convertirse en una plaga en muchos cultivos agrícolas de frutas, hortalizas y plantas ornamentales; se encuentra frecuentemente en invernaderos y en otras estructuras agrarias de protección de los cultivos. Los adultos miden de 1 a 2 mm de longitud, su cuerpo es amarillento y tiene cuatro alas cubiertas de una especie de cera que en estado de reposo quedan de forma paralela al cuerpo del insecto (Wainaina et al., 2016).

### Figura 3.

*La Mosca Blanca*



**Fuente:** (Instituto Colombiano Agropecuario, 2005)

#### **2.4.1 ¿CÓMO SE DESARROLLA?**

La mosca blanca pasa por tres estados biológicos: huevo, ninfa y adulto. En su etapa de ninfa, la plaga pasa por cuatro cambios de tamaño, o instares. Pasan 9 días en promedio desde que la hembra adulta deposita el huevo que fecunda el macho, después se forma una larva que se agrupa en un círculo alrededor de la hoja. Cuando llega a la etapa de pupa, o ninfa instar 4, se le forman patas y es entonces cuando el viento puede propagarla a otras plantas. Cuando llega a la etapa de adulto, el macho vuela alrededor de la planta y la hembra busca nuevos sitios en el envés de la hoja para poner más huevo (Wainaina et al., 2016).

#### **2.4.2 DAÑOS A LOS CULTIVOS**

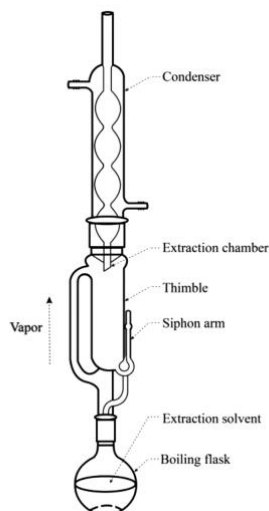
Estos insectos fitófagos, con hábitos chupadores, se localizan en el envés de las hojas de las plantas hospederas. Tanto ninfas como adultos causan daño directo a la planta, al succionar la savia rica principalmente en aminoácidos y azúcares, así como la secreción de melaza que propicia el desarrollo de hongos como fumagina (*Capnodium elaeophilum*) que dificulta la fotosíntesis y disminuye el vigor del hospedero, sin embargo, el daño más severo lo causan como vectores de virus (Salazar et al., 2000).

### **2.5 SOXHLET**

La extracción Soxhlet consiste en el lavado sucesivo de una mezcla sólida con un determinado solvente que va “lavando o extrayendo” de la mezcla, los componentes más solubles en él. Mediante el lavado sucesivo de una mezcla, se puede extraer de ella componentes cuya solubilidad en el solvente extractor es muy baja, debido al efecto acumulado de las múltiples extracciones (Caldas Avila, 2012).

**Figura 4.**

*Extracción con Soxhlet*



**Fuente:** (Park et al., 2015)

### **2.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN CON SOXHLET**

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 operación. 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. La primera operación es totalmente atípica y no debe contabilizarse en el recuento que se hace para regular la velocidad de extracción como suelen pedir las normas. 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 reinicio, 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 min, según la potencia del calentador, el solvente, la temperatura externa, etc (Park et al., 2015).

Una vez que se ha dado por terminada la operación de extracción, es conveniente esperar un cierto tiempo para que el sistema se enfría hasta que sea fácil manipularlo. A continuación, no hay que olvidarse de cerrar el agua de refrigeración para no realizar consumo innecesario. Después se desarma el equipo y se extrae el cartucho que está saturado de solvente y se coloca en un sitio aireado o en la campana para que se seque la muestra. La extracción de la muestra del cartucho húmedo puede ocasionar su deterioro. Si es necesario se deberá enjuagar el extractor para que quede listo para la próxima vez. Y con esto se da por terminada la operación de extracción (Park et al., 2015).

## **2.6 ROTO-EVAPORADOR**

El roto-evaporador es un instrumento que sirve para evaporar sustancias mediante una destilación y luego volver a condensarlas para separar los componentes básicos unos de otros. Con él se consigue llevar a ebullición los líquidos a una temperatura menor de lo normal y en condiciones muy controladas (Alamo, 2022).

### **2.6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL ROTO-EVAPORADOR**

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. 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 rotoevaporador está unido a un soporte metálico que, mediante un gato, permite subir y bajar todo el montaje (Armas Cervantes et al., 2016).

## 2.7 N-HEXANO

El *n*-hexano es una sustancia química elaborada a partir del petróleo crudo. El *n*-hexano puro es un líquido incoloro con un olor ligeramente desagradable. Se evapora fácilmente en el aire y se disuelve muy poco en el agua. El *n*-hexano es altamente inflamable y sus vapores pueden ser explosivos (Zhang et al., 2019).

Los *n*-alcanos tienen una cadena de carbono no ramificada. El *n*-pentano y el *n*-hexano son *n*-alcanos que poseen cinco y seis átomos de carbono, respectivamente (Carey & Robert, 2011).

### 2.7.1 USOS DEL N-HEXANO

El *n*-hexano puro es utilizado en los laboratorios. La mayor parte del *n*-hexano que se utiliza en la industria se mezcla con sustancias químicas similares en productos conocidos como solventes. Los nombres comunes de algunos de estos solventes son “hexano comercial”, “mezcla de hexanos”, “éter de petróleo” y “nafta de petróleo”. El nombre antiguo de estos solventes era “benzina de petróleo”. Cada año se producen varios centenares de millones de libras de *n*-hexano en la forma de estos solventes en Estados Unidos. El principal uso de los solventes que contienen *n*-hexano es la extracción de aceites vegetales de cosechas, como en el caso de los granos de soya. También se utilizan como productos de limpieza en las industrias de la imprenta, los textiles, los muebles y el calzado. Algunos tipos de pegamentos utilizados en las obras de techado y en las industrias del calzado y del cuero también contienen *n*-hexano. Varios productos para el consumidor contienen *n*-hexano. Por ejemplo, la gasolina contiene cerca de 1-3 % de *n*-hexano. El *n*-hexano también está presente en el pegamento de goma.

### 2.7.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL N-HEXANO

Las propiedades fisicoquímicas del *n*-hexano son (Anónimo, 2022):

- ✓ Fórmula:  $C_6H_{14}$
- ✓ Masa molecular: 86,3 g/mol
- ✓ Punto de fusión: -95 °C
- ✓ Punto de ebullición: 69 °C
- ✓ Densidad: 0,659 g/ml

- ✓ Densidad óptica:  $n_D^{20} = 1,3750$
- ✓ Punto de ignición: 240 °C
- ✓ Punto de inflamación: 22 °C
- ✓ Concentración máxima permitida en los lugares de trabajo: 50 ppm

### **2.7.3 MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**

#### **2.7.3.1 Precauciones para una manipulación segura**

Llevar equipo de protección individual/máscara de protección. Evitar el contacto con los ojos, la piel o la ropa. No respirar la niebla/los vapores/el aerosol. Mantener alejado de llamas desnudas, superficies calientes y fuentes de ignición. Utilizar únicamente herramientas que no produzcan chispas. Utilizar herramientas que no hagan chispas y un equipamiento aprueba de explosiones. Evítese la acumulación de cargas electroestáticas. Deben conectarse a tierra, todas las partes metálicas de las instalaciones que se usen para evitar la inflamación de vapores por la descarga de la electricidad estática.

#### **2.7.3.2 Medidas higiénicas**

Manipular respetando las buenas prácticas de higiene industrial y seguridad. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos. No comer, beber ni fumar durante su utilización. Retirar y lavar la ropa y los guantes contaminados, por dentro y por fuera, antes de volver a usarlos. Lavar las manos antes de los descansos y después de la jornada de trabajo (Vijayaraghavan et al., 2014).

#### **2.7.3.3 Almacenamiento**

Mantener los contenedores perfectamente cerrados en un lugar fresco, seco y bien ventilado. Mantener alejado del calor, chispas y llamas. Área de productos inflamables (Vijayaraghavan et al., 2014).

## **2.8 ÉTER DE PETRÓLEO**

El éter de petróleo, también conocido como bencina, nafta VM & P, nafta de petróleo, nafta ASTM o ligoína, es una mezcla líquida de diversos compuestos volátiles, muy inflamables, de la serie homóloga de los hidrocarburos saturados o alcanos, y no a la serie de los éteres como erróneamente indica su

nombre. Se emplea principalmente como disolvente no polar. El éter de petróleo se obtiene en las refinerías de petróleo como una parte del destilado, intermedia entre la nafta ligera y la más pesada del queroseno (Rumble, 2020).

### **2.8.1 USOS DEL ÉTER DE PETRÓLEO**

Tiene una densidad relativa comprendida entre 0,6 y 0,8, en función de su composición. Las siguientes fracciones de destilación del éter de petróleo están comúnmente disponibles como productos comerciales, en función de su temperatura de ebullición: 30 a 40 ° C, 40 a 60 ° C, 60 a 80 ° C, de 80 a 100 ° C, de 80 a 120 ° C y, a veces 100 a 120 ° C. La fracción 60 a 80 ° C se utiliza a menudo como sustituto del hexano. El éter de petróleo es utilizado principalmente por las compañías farmacéuticas en el proceso de fabricación de fármacos. Éter de petróleo se compone principalmente de pentano, y se utiliza a veces en su lugar, debido a su menor costo. El éter de petróleo no es técnicamente un éter sino un alcano (Rumble, 2020).

### **2.8.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ÉTER DE PETRÓLEO**

Algunas de las propiedades fisicoquímicas del éter de petróleo son (Rumble, 2020):

- ✓ Apariencia: Líquido incoloro y transparente.
- ✓ Olor: Gasolina o queroseno.
- ✓ Solubilidad: Insoluble en agua.
- ✓ Densidad: 0.60 a 0.75
- ✓ % de volátiles por volumen a 21°C: 100
- ✓ Punto de ebullición: 20 - 75°C
- ✓ Punto de fusión: -73°C
- ✓ Densidad de vapor: 2.5
- ✓ Presión de vapor (mm Hg): 40 a 20°C
- ✓ Grado de evaporación (BuAc=1): 10

## **2.8.3 MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**

### **2.8.3.1 Precauciones para una manipulación segura**

Llevar equipo de protección individual/máscara de protección. Asegurar una ventilación adecuada. Evitar el contacto con los ojos, la piel o la ropa. Evitar la inhalación y la ingestión. Mantener alejado de llamas desnudas, superficies calientes y fuentes de ignición. Utilizar únicamente herramientas que no produzcan chispas. Deben conectarse a tierra, todas las partes metálicas de las instalaciones que se usen para evitar la inflamación de vapores por la descarga de la electricidad estática. Evítese la acumulación de cargas electroestáticas.

### **2.8.3.2 Almacenamiento**

Proteger envases contra daño físico. Almacenar en un lugar ventilado, seco y fresco, alejado de cualquier área donde el riesgo de incendio sea grave. Se recomienda almacenar separado o en el exterior. Proteger contra electricidad estática. Los envases deberán estar cerrados apropiadamente. Los envases vacíos pueden ser peligrosos debido a los residuos (vapores o líquido) retenidos en ellos (Rumble, 2020).



# CAPÍTULO III

## METODOLOGÍA

### 3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se llevará a cabo en los laboratorios de uso múltiple, ubicados en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA) de la Universidad Técnica del Norte (UTN), en la Parroquia El Sagrario, Cantón Ibarra, Provincia Imbabura (Tabla 2).

**Tabla 2.**

*Ubicación del experimento\*.*

Provincia	Imbabura
Cantón:	Ibarra
Precipitación:	550.3 mm/año
Altitud:	2222 m.s.n.m
Latitud:	78°-34'-24"
Longitud:	0°-30'-10"
Humedad relativa promedio:	84 %
Temperatura media:	18.5°C

\*Tomado de: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

### 3.2 EQUIPOS, INSTRUMENTOS, MATERIALES E INSUMOS

#### 3.2.1 EQUIPOS

- ✓ Balanza digital
- ✓ Refractómetro
- ✓ Rotoevaporador
- ✓ Soxhlet
- ✓ Estufa de secado
- ✓ Refrigerador

### **3.2.2 INSTRUMENTOS**

- ✓ Vasos de precipitación
- ✓ Balón de destilación de fondo redondo (1 litro)
- ✓ Probeta de 250 ml
- ✓ Frasco de vidrio 250 ml
- ✓ Frasco de vidrio color ámbar 5 ml
- ✓ Embudo
- ✓ Gotero

### **3.2.3 MATERIALES E INSUMOS**

- ✓ Mandarina
- ✓ Moscas blancas
- ✓ Éter de petróleo
- ✓ n-hexano
- ✓ Tela tul
- ✓ Tiras de madera
- ✓ Papel filtro
- ✓ Tijera
- ✓ Algodón
- ✓ Hilo

## **3.3 METODOLOGÍA**

### **3.3.1 DETERMINAR EL RENDIMIENTO DEL EXTRACTO DE ACEITE ESENCIAL**

En la obtención de aceite esencial de mandarina se utilizó el equipo Soxhlet con solvente éter de petróleo con una muestra de 50 g de cascará de mandarina y se sometió al solvente a una temperatura de 40°C y con un tiempo aproximado de 4 h,

después de extraído el aceite se procedió a colocar el extracto en el rotoevaporador por 4 h a 100°C y posteriormente se realizó los cálculos de rendimiento. Se realizó 20 veces este procedimiento.

El rendimiento se calculó con la siguiente formula (Franco Torres, 2015):

$$\%Rendimiento = \frac{masa\ aceite\ extraído\ (g)}{masa\ de\ cáscaras\ (g)} \times 100$$

### 3.3.2 EVALUAR LA CAPACIDAD DE CONTROL DE UN FORMULADO DEL ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE MANDARINA

Después de haber obtenido el aceite esencial de mandarina se procedió a realizar el respectivo experimento con la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* W.).

#### 3.3.2.1 Jaula Entomológica

Los insectos fueron previamente criados en una jaula entomológica que tubo las siguientes dimensiones 38 x 50 cm<sup>2</sup> las moscas blancas fueron criadas a temperatura ambiente y alimentados con una plata de frejol.

#### 3.3.2.2 Característica de la unidad Experimental

Se colocó 10 insectos en estado adulto en un frasco de vidrio de 250 ml tapado con tela tul. Un soporte de algodón con una formulación de aceite esencial + agua, se colocó al interior del frasco y se protegió con un pedazo de tela para evitar el contacto directo con los insectos.

Este procedimiento se realizó de la siguiente forma:

**Tabla 3.**

*Tratamientos y repeticiones*

REPETICIONES	I	II	III
TRATAMIENTOS	C+	C+	C+
T1	T1	T1	T1
T2	T2	T2	T2
T3	T3	T3	T3
C-	C-	C-	C-

Después de colocar los insectos y el extracto en los frascos se procedió a tomar datos cada tiempo determinado para obtener el porcentaje de sobrevivencia de los insectos, cada 0, 3, 6, 9, 12, 15 h.

### 3.3.2.3 Análisis estadístico

En la siguiente tabla se describe la estructura que se utilizara para interpretar los datos.

**Tabla 4.**

*Análisis de Varianza*

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>
Total	89
Tratamientos	29
A	4
B	5
Error Experimental	60

### 3.3.3 FACTOR DE ESTUDIO

La presente investigación asumió como factores en estudio los siguientes:

#### 3.3.3.1 Factor A: Volumen ( $\mu\text{l}$ )

Se estudió el efecto de aplicar tres niveles de volumen en el control de la mosca blanca con el formulado insecticida.

**Tabla 5.**

*Descripción de Niveles del Factor A*

<b>Factor A</b>	<b>Volúmenes (<math>\mu\text{l}</math>)</b>
A1	22.2
A2	44.4
A3	59.3

#### 3.3.3.2 Factor B: Tiempo (h)

Se estudió el efecto de aplicar 6 niveles de tiempo en el control de la mosca blanca con el formulado insecticida.

**Tabla 6.**

*Descripción de Niveles del Factor B*

<b>Factor B</b>	<b>Tiempo (h)</b>
B1	0
B2	3
B3	6
B4	9
B5	12
B6	15

### **3.3.3.3 Factor de control (volúmenes de control positivo y negativo)**

Se estudiará el efecto de dos tratamientos de control en el experimento

**Tabla 7.**

*Tratamientos de Control*

C+	177.8 µl insecticida comercial
C-	177.8 µl agua

### **3.3.3.4 Tratamientos**

Se estudiará el efecto de dos tratamientos de control en el experimento

**Tabla 8.**

*Descripción y Nomenclatura de los Tratamientos*

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
C+	177.8 µl (insecticida comercial)
T1	22.2 µl AE + 155.6 µl agua
T2	44.4 µl AE + 133.4 µl agua
T3	59.3 µl AE + 118.5 µl agua
C-	177.8 µl agua

### 3.3.4 CARACTERIZAR EL EXTRACTO DE ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE MANDARINA MEDIANTE (GC/MS)

Se realizará la caracterización del extracto de aceite esencial

#### Tabla 9.

*Caracterización Fisicoquímica*

Determinaciones	Magnitud	Norma
	Densidad	-
Físico-químicas	Índice de refracción	INEN 42 1973-08
FTIR	Grupos funcionales	ASTM E1252 – 98

### 3.3.5 VARIABLES PARA EVALUARSE

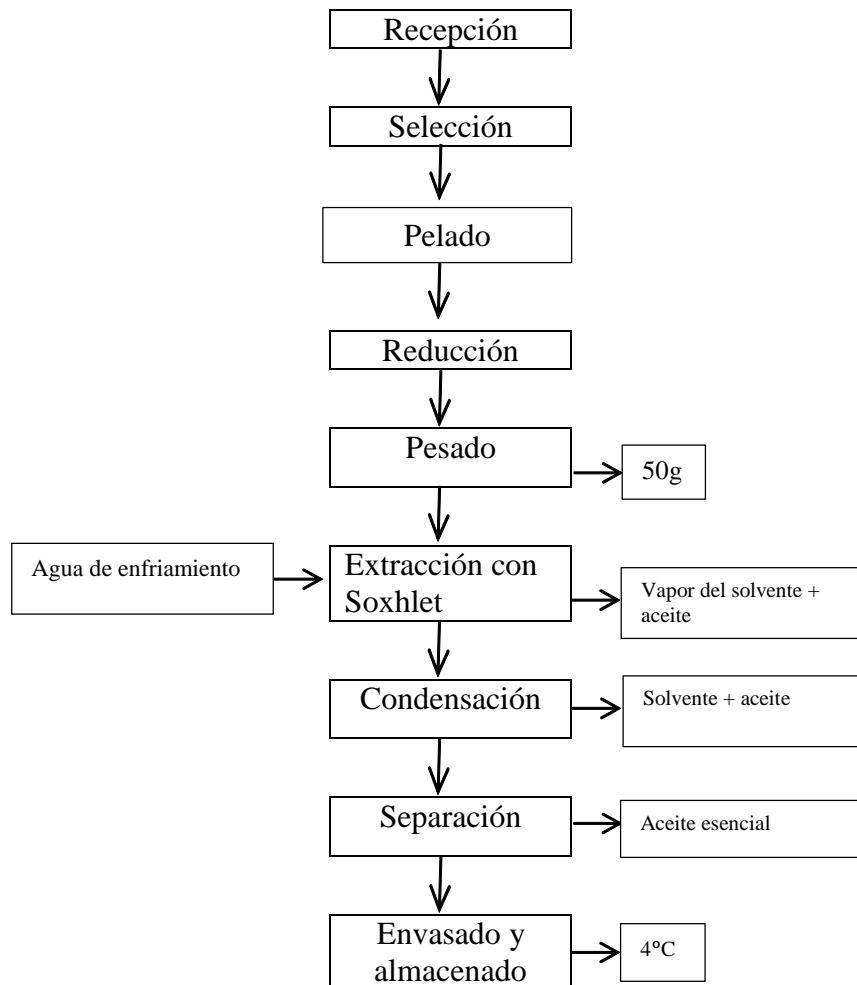
#### 3.3.5.1 Variables cuantitativas

- Densidad
- Índice de refracción
- FTIR

### 3.4 MÉTODO DE PROCESAMIENTO

El experimento consistió de varios procedimientos secuenciales, los cuales se encuentran especificados en el diagrama de extracción de aceite esencial de la cáscara de mandarina y el de control de la mosca blanca.

### 3.4.1 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE MANDARINA.



### 3.4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN

#### 3.4.2.1 Recepción

La materia prima cáscara de mandarina se adquirió de una frutería, la mandarina estuvo en estado de madurez listo para ser consumida.

**Figura 5.**

*Recepción de la Mandarina*



**3.4.2.2 Selección**

Posteriormente, se seleccionó la cáscara eliminándose las que presentaron podredumbre, limpias de plagas y daños causados por las mismas.

**Figura 6.**

*Selección de la Mandarina*



**3.4.2.3 Pelado**

Después de realizar la selección de la mandarina se procedió a pelar con un pelador de acero evitando que la cáscara contenga la parte blanca de la mandarina.



**Figura 7.**

*Pelado de la Mandarina*



**3.4.2.4 Reducción**

Se procedió al cortado de la cáscara de mandarina en pequeñas partes aproximadamente de 1 cm.

**Figura 8.**

*Reducción de la cáscara*

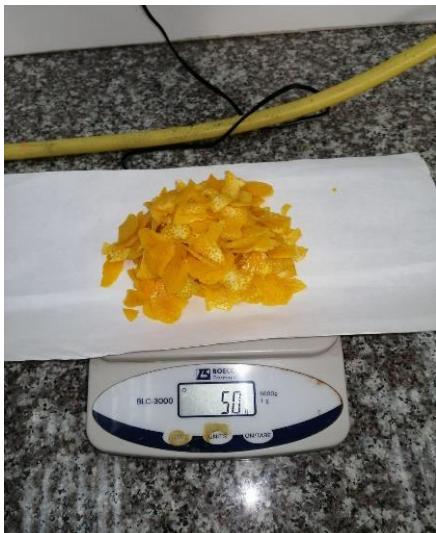


**3.4.2.5 Pesado**

Una vez cortada la materia prima se procedió con el pesado en una balanza digital. La cantidad de materia prima que se utilizó en cada ensayo fue de 50gr. el cual nos servirá para el cálculo de rendimiento.

**Figura 9.**

*Pesado de la Cáscara*



#### **3.4.2.6 Extracción con Soxhlet**

Una vez pesado la muestra se incorporó la cáscara de mandarina al papel filtro en forma de cilindro este fue introducido en el extractor, después de colocar la muestra, se procedió a medir 250 ml de solvente (éter de petróleo, n-hexano) al balón de destilación al cual se le proporcionó calor con una cocineta eléctrica a la temperatura de ebullición de los solventes 40°C y 69°C.

**Figura 10.**

*Extracción con Soxhlet*



### 3.4.2.7 Condensación

Llegada la temperatura a la de ebullición del solvente éste comienza a evaporarse, este vapor llega a la altura del refrigerante y, comienza a condensarse y a caer en forma de gotas sobre el cilindro de papel filtro.

**Figura 11.**

*Condensación del Extracto*



### 3.4.2.8 Separación

Después de realizada la extracción se sometió la mezcla al rotoevaporador por 4h a 100°C en este se recuperó el solvente y se obtuvo un aceite puro.

**Figura 12.**

*Separación del Extracto*



### **3.4.2.9 Envasado y almacenado**

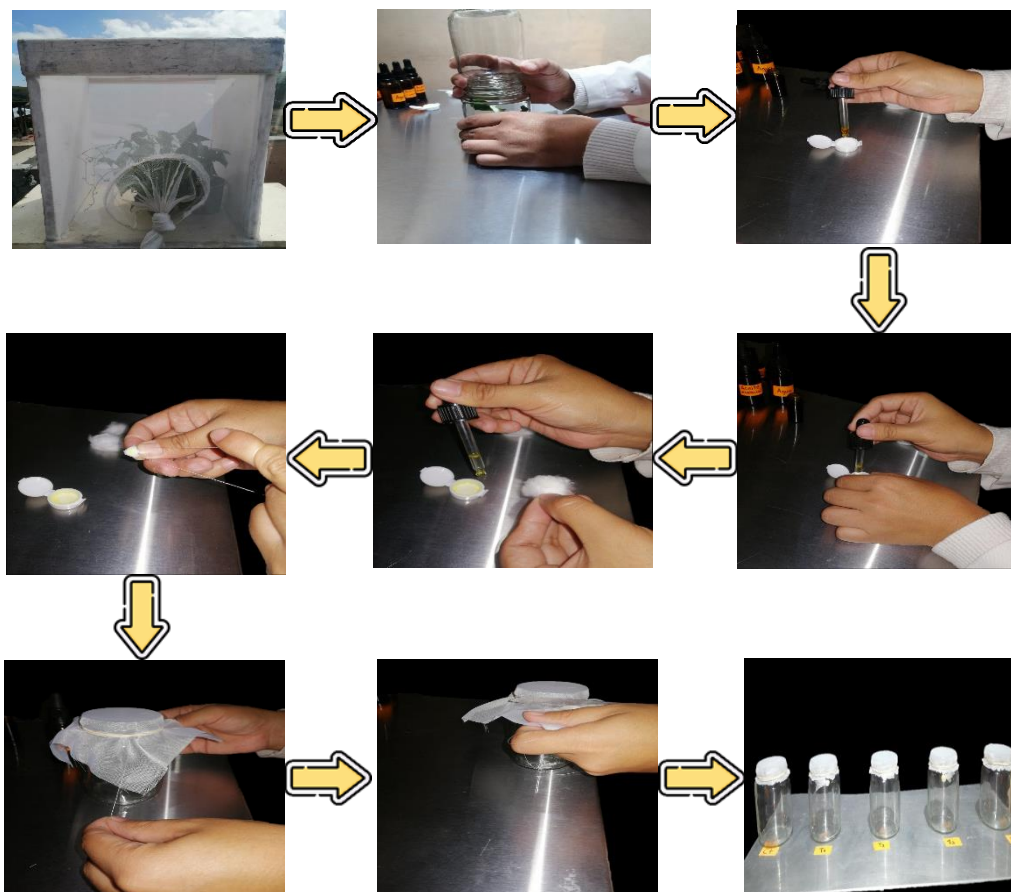
El aceite esencial recogido del rotoevaporador se envaso en un frasco oscuro de 5ml. Después de envasado el aceite esencial fue almacenado a una temperatura de refrigeración de 4°C.

**Figura 13.**

*Almacenamiento del Extracto*



### 3.4.3 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL CONTROL DE MOSCA BLANCA



### 3.4.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL FORMULADO DE ACEITE ESENCIAL CON LA MOSCA BLANCA

#### 3.4.4.1 Criadero de Moscas

Se crío moscas en una jaula entomológica de 38x50cm<sup>2</sup>, las moscas fueron alimentadas por dos plantas de frejol, hasta obtener la cantidad óptima de moscas.

#### 3.4.4.2 Recolección de las moscas

Una vez criadas las moscas, se procedió a recolectar 10 moscas en frascos de 250 ml, se usó un total de 300 moscas en la fase experimental.

#### **3.4.4.3 Medición**

Después de recolectar las moscas en los frascos se procedió a medir los volúmenes del formulado de agua y aceite esencial previamente mezclados en los T1, T2, T3, y los controles C+, C-, estas dosis fueron colocadas en una bola de algodón cubierta con una tela para evitar el contacto directo con la mosca blanca, el frasco fue tapado con una tela.

#### **3.4.4.4 Cuantificación**

Después de realizar la medición de los volúmenes se procedió a contar las moscas sobrevivientes cada 0, 3, 6, 9, 12, 15 h.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUCIONES

#### 4.1 DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL EXTRACTO DE ACEITE ESENCIAL

Se realizó la extracción de aceite esencial de la cáscara de mandarina mediante el método extracción con solvente en el equipo Soxhlet para su posterior concentración en el rotoevaporador en la Universidad Técnica del Norte.

En la extracción de aceite esencial de la cáscara de mandarina se utilizó dos tipos de solventes éter de petróleo y n-hexano, esto se hizo con el objetivo de verificar rendimiento y la comparación de los aceites esenciales en un formulado insecticida en el control de la mosca blanca.

Para medir el rendimiento del aceite esencial se utilizó la siguiente formula.

##### 4.1.1 ÉTER DE PETRÓLEO

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{gramos del aceite extraído}}{\text{gramos de materia prima}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{15.9 \text{ gramos}}{1000 \text{ gramos}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 1.59$$

Por cada 1000 g de cáscara de mandarina se obtuvo 15.9 g de aceite esencial extraído obteniendo un rendimiento de 1.59 %.

##### 4.1.2 N-HEXANO

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{gramos del aceite extraído}}{\text{gramos de materia prima}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{20 \text{ gramos}}{1000 \text{ gramos}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 2$$

Por cada 1000 g de cáscara de mandarina se obtuvo 20 g de aceite esencial extraído obteniendo un rendimiento del 2 %.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la extracción se pudo verificar que con el solvente n-hexano se incrementó el rendimiento de 1.59 a 2 %.

Dando como resultado 1.59 % y 2 % de rendimiento en la extracción del aceite esencial en la cáscara de mandarina. Los resultados de la extracción obtenidos en la investigación son altos en comparación a otros autores, por ejemplo, (Saldaña & Paseli, 2015) realizaron la extracción de aceite con el método arrastre de vapor clásico con muestra húmeda y semiseca obteniendo un rendimiento de 0.41 % en la muestra húmeda y de 0.56 % en la muestra semiseca, (Valdez, 2017) realizó la extracción con el método de superficie respuesta logró un rendimiento de extracción de 0.40 % a una presión de 14 psi y a un tiempo de 114 min.

## **4.2 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CONTROL DE UN FORMULADO DE ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE MANDARINA**

La evaluación se realizó con 10 mosca blancas en estado fisiológico adulto en un frasco de 250 ml con diferentes volúmenes del formulado insecticida: T1= 22.2  $\mu$ l AE + 155.6  $\mu$ l agua, T2 = 44.4  $\mu$ l AE + 133.4  $\mu$ l agua, T3 = 59.3  $\mu$ l AE + 118.5  $\mu$ l agua y C+ = 177.8 $\mu$ l insecticida comercial, C- = 177.8  $\mu$ l agua. Además, se evaluó el control del formulado de aceite esencial en diferentes tiempos empezando de 0, 3, 6, 9, 12 y terminando en 15 h. El control de la mosca blanca se realizó con la extracción realizada con éter de petróleo y n-hexano, el control de la mosca blanca se lo realizaron por triplicado y después se calculo el promedio.



#### 4.2.1 CONTROL DE LA MOSCA BLANCA CON LA EXTRACCION REALIZADA CON ÉTER DE PETRÓLEO

Para realizar la Tabla 10 se utilizó los valores de los tres bloques efectuados en la fase experimental.

**Tabla 10.**

*Control de la Mosca Blanca (Éter de Petróleo)*

Tiempo/h	Sobrevivencia, % (PROMEDIO)				
	C+	T1	T2	T3	C-
	0.10 %	12.50 %	25.00 %	33.33 %	100 %
0	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %
3	80.0 %	70.0 %	66.7 %	50.0 %	100.0 %
6	66.7 %	70.0 %	63.3 %	40.0 %	100.0 %
9	60.0 %	63.3 %	60.0 %	36.7 %	100.0 %
12	50.0 %	53.3 %	43.3 %	30.0 %	100.0 %
15	36.7 %	40.0 %	23.3 %	10.0 %	100.0 %

El C+ que contiene el insecticida comercial en un volumen de 177.8 µl empezó con un 100 % de sobrevivencia a las 0 h, a las 3 h obtuvo un 80 %, a las 15 h después de haber empezado con el control alcanzó una sobrevivencia del 36.7 % con un 3.3 % menor que el T1.

El T1 con el 12.50 % de formulado insecticida empezó con una sobrevivencia de 100 % a las 0 h, a las 3 y 6 h se mantuvo con un 70 %, alcanzó un 40 % de sobrevivencia a las 15 h.

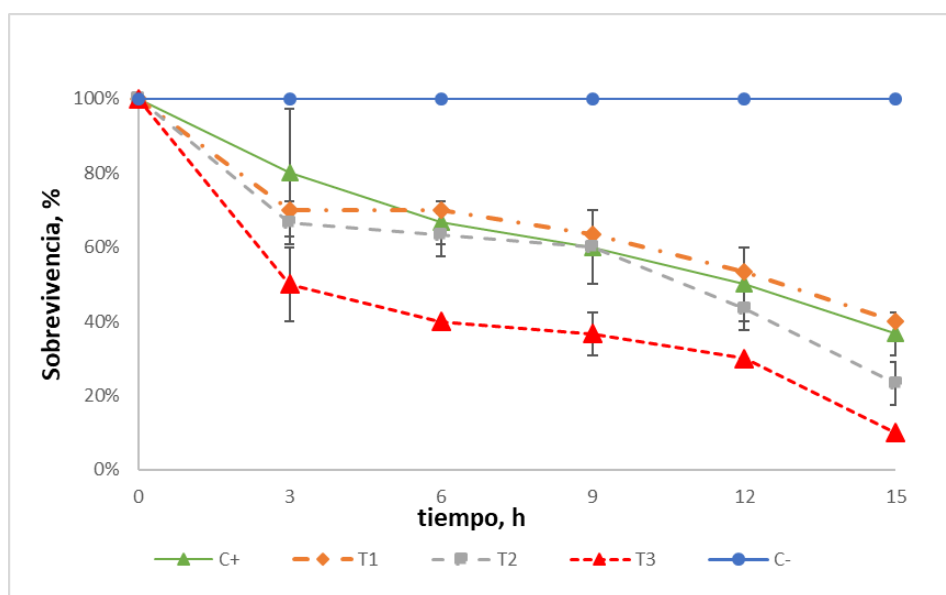
El T2 con el 25.0 % de formulado insecticida obtuvo un 23.3 % de sobrevivencia a las 15 h.

El T3 con el 33.33 % de formulado insecticida a las 3 h de haber empezado el control de la mosca blanca alcanzó un 50.0 % de sobrevivencia, a las 6 h obtuvo un 40 % igual al porcentaje del T1 que lo obtuvo a las 15 h, a las 9 h se alcanzó el 36.7

% igual al porcentaje del C+ y finalmente el T3 a las 15 h obtuvo una sobrevivencia del 10 %.

**Figura 14.**

*Sobrevivencia vs Tiempo (éter de petróleo)*



La Figura 14 fue realizada con los datos obtenidos de la tabla 10.

En la Figura 14 el T3 equivalente al 33,33 % del formulado insecticida tiene una mayor efectividad del limoneno teniendo una diferencia significativa del T1 y C+.

#### **4.2.2 CONTROL DE LA MOSCA BLANCA CON LA EXTRACCION REALIZADA CON N-HEXANO**

Para realizar la Tabla 11 se utilizó los valores de los tres bloques efectuados en la fase experimental, todos los tratamientos empezaron con una sobrevivencia del 100%.

**Tabla 11.**

*Control de la Mosca Blanca (n-Hexano)*

<b>Tiempo/h</b>	<b>Sobrevivencia, % (PROMEDIO)</b>				
	<b>C+</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>C-</b>
	<b>0.10 %</b>	<b>12.50 %</b>	<b>25.00 %</b>	<b>33.33 %</b>	<b>100 %</b>
0	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100 %
3	83.3 %	83.3 %	73.3 %	73.3 %	100 %
6	73.3 %	73.3 %	60.0 %	60.0 %	100 %
9	66.7 %	73.3 %	40.0 %	46.7 %	100 %
12	60.0 %	56.7 %	33.3 %	30.0 %	100 %
15	50.0 %	46.7 %	10.0 %	6.7 %	100 %

En la Tabla 11 se observa que el C+ a las 15 h alcanzó una sobrevivencia de 50%.

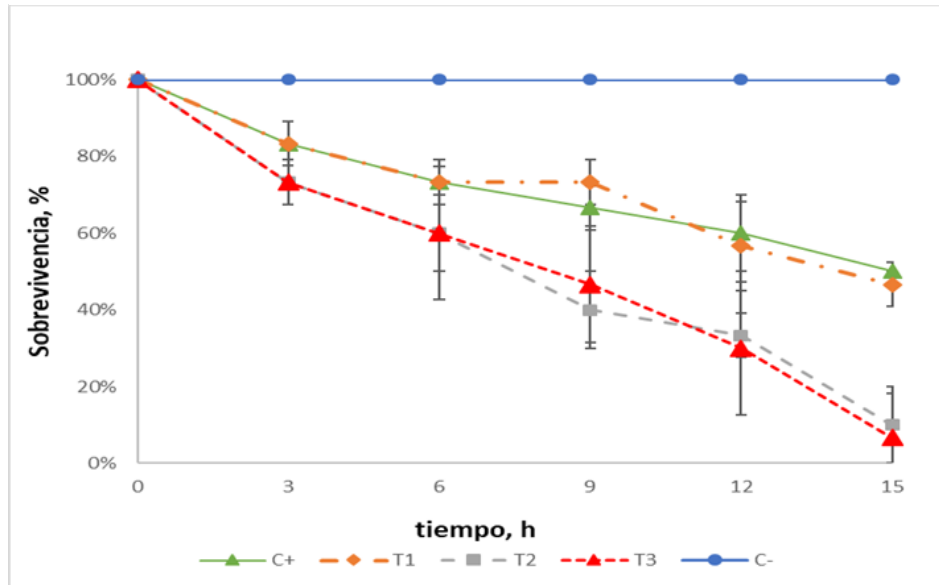
El T1 con 12.50 % de formulado insecticida a las 6 y 9 h se mantuvo con una sobrevivencia del 73.3 % llegando a las 15 h con 46.7 % de sobrevivencia.

El T2 obtuvo una sobrevivencia del 10 % a las 15 h.

El T3 con el 33.33 % de formulado insecticida a las 9 h obtuvo el 46.7 % de sobrevivencia el mismo que alcanzó el T1 a las 15 h, el T3 alcanzó una sobrevivencia del 6.7 % a las 15 h.

**Figura 15.**

*Sobrevivencia vs Tiempo (n-Hexano)*



En la Figura 15 se observa que tanto el T2 como el T3 obtuvieron un nivel de sobrevivencia bajo a las 15 h demostrando así que la eficiencia del formulado es mejor en estas cantidades.

En esta investigación se obtuvo una mortalidad del 93.3 % y 90 % estos resultados son altos comparados con otros autores, por ejemplo: (Vargas, 2013) realizó la investigación utilizando un extracto de romero, eucalipto y salvia con moscas blancas obtuvo un resultado del 30 % a 55 % de mortalidad con el extracto de romero del 20 % a 56.67 % con el extracto de eucalipto y del 35 % al 50 % con el extracto de salvia. (Varela, 2020) realizó el control de la mosca blanca con el extracto de albacá y ají obtuvo una mortalidad 39.75 % con el extracto de ají y 15.25 % con el extracto de albacá.

### **4.3 ANÁLISIS DE VARIANZA**

Comparación por pares utilizando la suma de rangos de Wilcoxon con corrección de continuidad.

**Tabla 12.***Análisis de Varianza (éter de petróleo)*

	C-	C+	T1	T2
C+	4.1e-05	-	-	-
T1	1.8e-05	1.000	-	-
T2	1.8e-05	1.000	1.000	-
T3	1.8e-05	0.035	0.032	0.175

Método de ajuste del valor p: holm

La intersección de C+ y C- es 4.1e-05 existe diferencia significativa entre el C- y el C+, en la intersección del C- con los tratamientos T1, T2, T3 es de 1.8e-05 existe diferencia significativa.

El C+ con el T1 y T2 no hay diferencia significativa ya que el valor de la intersección es superior al 0.05.

La intersección del C+ con el T3 es 0.035 existe diferencia significativa del C+ con el T3.

La intersección del T1 con el T2 no existe diferencia significativa ya que su valor es igual a 1 siendo superior a 0.05.

La intersección del T1 con el T3 es de 0.032 existe diferencia significativa por ser el valor menor de 0.05

La intersección del T2 con el T3 es de 0.175 no existe diferencia significativa.

**Tabla 13.***Análisis de Varianza (n-Hexano)*

	C-	C+	T1	T2
C+	1.8e-05	-	-	-
T1	1.8e-05	1.000	-	-
T2	1.8e-05	0.26	0.26	-
T3	1.8e-05	0.035	0.032	0.175

Método de ajuste del valor p: holm

La intersección de C- y C+ es  $1.8e-05$  existe diferencia significativa entre el C- y el C+, en la intersección del C- con los tratamientos T1, T2, T3 es de  $1.8e-05$  existe diferencia significativa.

El C+ con el T1 no hay diferencia significativa ya que el valor de la intersección es superior al 0.05.

La intersección del C+ con el T2 es de 0.26 por lo tanto no existe diferencia significativa.

La intersección del C+ con el T3 es 0.035 existe diferencia significativa del C+ con el T3.

La intersección del T1 con el T2 no existe diferencia significativa ya que su valor es igual a 0.26 siendo superior a 0.05.

La intersección del T1 con el T3 es de 0.032 existe diferencia significativa por ser el valor menor de 0.05.

La intersección del T2 con el T3 es de 0.175 no existe diferencia significativa.

## **4.4 CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO DE ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE MANDARINA**

Después de haber obtenido el aceite esencial de la cáscara de la mandarina y realizado el control del formulado con moscas blancas se procedió a realizar los diferentes análisis fisicoquímicos.

### **4.4.1 DETERMINACIONES FÍSICAS**

#### **4.4.1.1 Determinación del índice de refracción del aceite esencial**

El índice de refracción, se la realizó usando el método NTE INEN 42 1973-08. Este método estandarizado, sirve para medir el índice de refracción en grasas, aceites comestibles.

#### **4.4.1.2 Determinación de la densidad relativa del aceite esencial.**

La densidad relativa se midió usando la siguiente formula:

$$Densidad = \frac{\text{masa del aceite esencial}}{\text{volumen de aceite esencial}}$$

$$Densidad = \frac{0.8414 \text{ g}}{1 \text{ ml}}$$

$$Densidad = 0.8414 \text{ g/ml}$$

Este método sirve para medir la densidad relativa de grasas y aceites comestibles,

**Tabla 14.**

*Determinaciones Físicas*

	Éter de petróleo	n-Hexano
Densidad, g/ml	0.84	0.84
Índice de refracción	1.466	1.487

Dando como resultado 0.84 g/ml de densidad del aceite esencial, los resultados de la extracción obtenidos en la investigación son similares en comparación con otros autores. Por ejemplo, otros autores obtuvieron valores similares de densidad. Valores de densidad de 0.8465 g/ml (Valdez, 2017) y de 0.8545 g/ml (Márquez, 2011) lo demuestran.

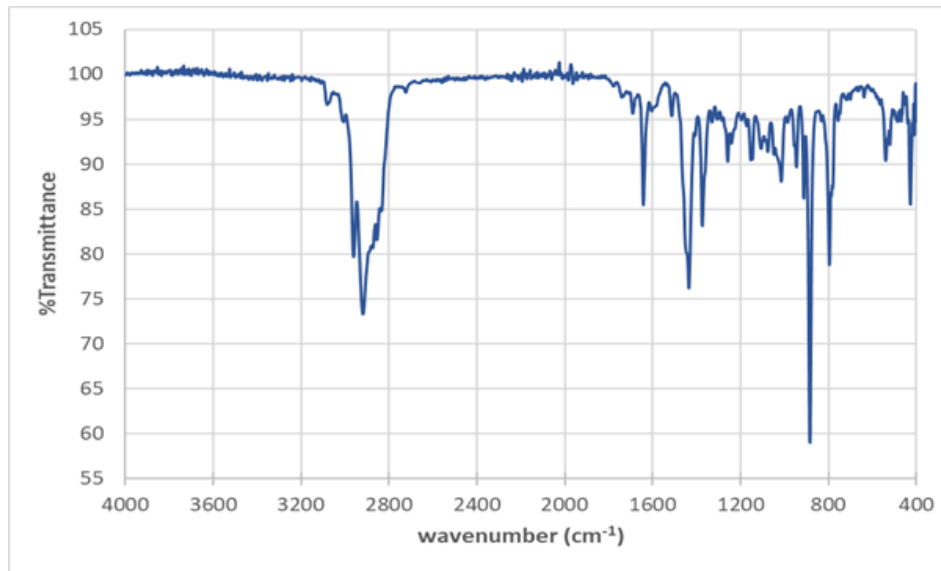
En esta investigación se obtuvo un resultado de 1.466 y 1.486 de índice de refracción en los extractos realizados por los dos diferentes solventes, los resultados obtenidos en la investigación se encuentran en el mismo rango comparados con otros autores. Por ejemplo, en otro trabajo se obtuvo 1.4665 de índice de refracción (Márquez, 2011).

#### **4.4.2 CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO MEDIANTE FTIR**

Los aceites esenciales obtenidos de la extracción por solvente fueron caracterizados por espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier (FTIR).

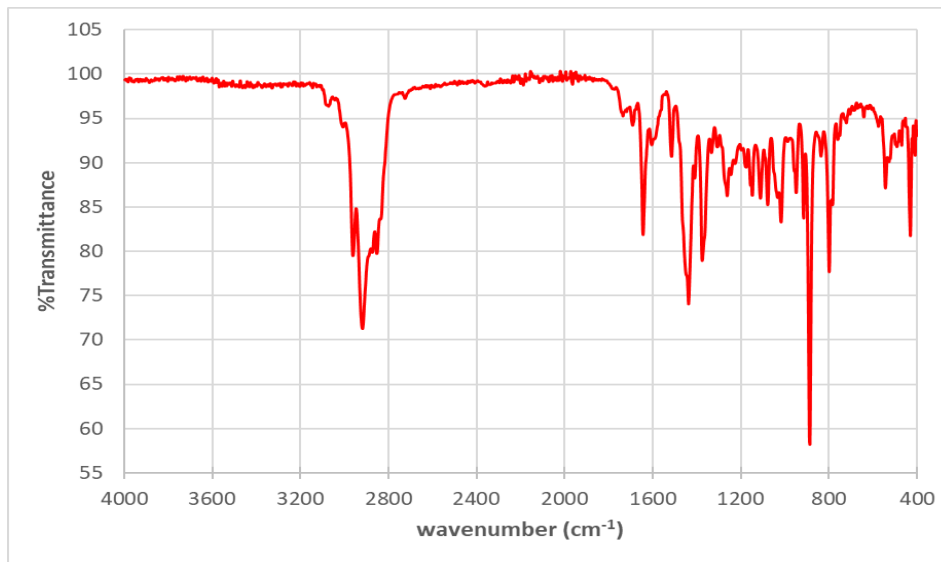
**Figura 16.**

*Caracterización Mediante FTIR (éter de petróleo)*



**Figura 17.**

*Caracterización Mediante FTIR (n-Hexano)*

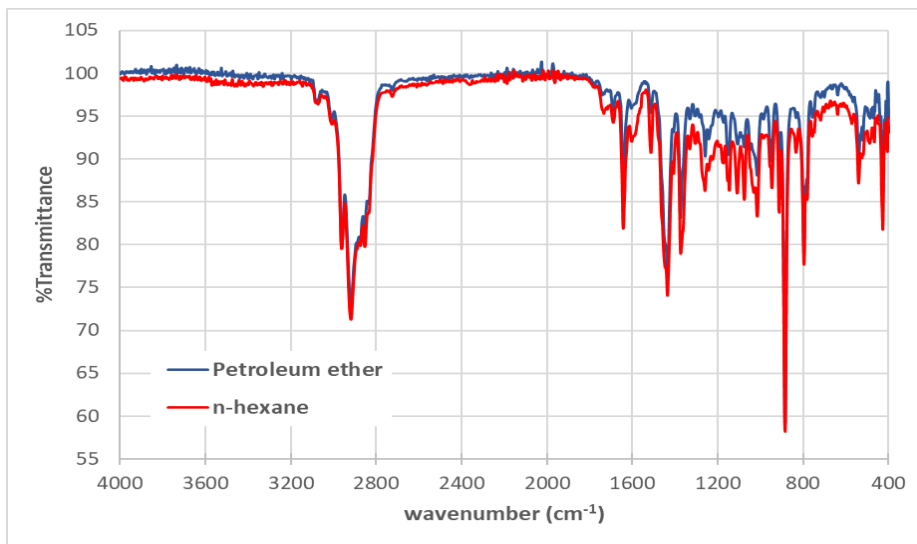


La Figura 16 y 17 representa la caracterización del aceite esencial extraído con el solvente éter de petróleo y n- hexano mediante FTIR.



**Figura 18.**

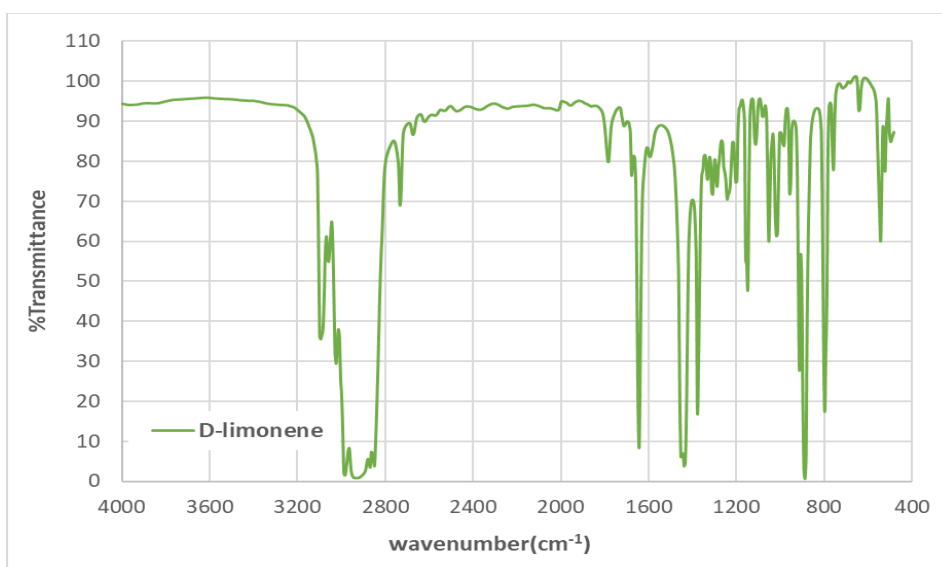
*Comparación del éter de petróleo y n-Hexano*



En la Figura 18 comparamos el resultado obtenido del éter de petróleo y n-hexano de la caracterización mediante FTIR, en la figura se observa que los picos de los grupos funcionales que se encuentran entre la transmitancia y el número de ondas son similares.

**Figura 19.**

*Caracterización mediante FTIR (Limoneno)*



Con el análisis de espectroscopia de infrarrojos con transformada de Fourier se comprobó la presencia del limoneno en los aceites esenciales extraídos y la localización de los grupos funcionales en el número de ondas. Esta localización fue interpretada con los resultados obtenidos y basándose en la tabla de espectroscopia.

Los aceites esenciales son complejos y contienen una cantidad numerosa de grupos funcionales, los grupos que se localizó son aquellos que forman al limoneno, en la siguiente tabla se encuentra los grupos funcionales encontrados.

**Tabla 15.**

*Grupos Funcionales*

Número de ondas (cm <sup>-1</sup> )	Grupos Funcionales
2950-2800	C-H Alcanos
1690-1630	C=C Alquenos
850-800	C-H Aromáticos

Las frecuencias 2950-2800 cm<sup>-1</sup> correspondientes al grupo C-H alcanos, 1690-1630cm<sup>-1</sup> correspondiente al grupo C=C alquenos, 850-800cm<sup>-1</sup> correspondiente al grupo C-H aromáticos, coinciden con los grupos funcionales encontrados por los siguientes autores: (Bañuelos et al., 2018), a diferencia de la investigación realizada por (García, 2019) solo coinciden con dos grupos funcionales localizados en el número de ondas 2950-2800 cm<sup>-1</sup> y 1690-1630 cm<sup>-1</sup>.

**4.4.2.1 Tabla de Espectroscopia**

En la tabla 16 se encuentran los grupos funcionales representativos de las absorciones del infrarrojo.

**Tabla 16.**

*Absorciones IR para Grupos Funcionales Representativos*

Grupo funcional	Banda <sup>a</sup>	(cm <sup>-1</sup> )
Alcanos	C-H t	2950-2800
	CH <sub>2</sub> d	~1465
	CH <sub>3</sub> d	~1375
	CH <sub>2</sub> d (4 ó más)	~720
Alquenos	=CH t	3100-3010

	C=C t (aislado)	1690-1630
	C=C t (conjugado)	1640-1610
	C-H d (en el plano)	1430-1290
	C-H d (monosustituído)	~990 y ~910
	C-H d (disustituído - E)	~970
	C-H d (disustituído - 1,1)	~890
	C-H d (disustituído - Z)	~700
	C-H d (trisustituído)	~815
Alquinos	C-H t (acetilénico)	~3300
	CC t (triple enlace)	~2150
	C-H d (acetilénico)	650-600
Aromáticos	C-H t	3020-3000
	C=C t	~1600 y ~1475
	C-H d (mono)	770-730 y 715-685
	C-H d (orto)	770-735
	C-H d (meta)	~880 y ~780 y ~690
	C-H d (para)	850-800
Alcoholes	O-H t	~3650 o 3400-3300
	C-O t	1260-1000
Éteres	C-O-C t (dialquil)	1300-1000
	C-O-C t (diaril)	~1250 y ~1120
Aldehídos	C-H t (aldehído)	~2850 y ~2750
	C=O t	~1725
Cetonas	C=O t	~1715
	C-C t	1300-1100
Ácidos carboxílicos	O-H t	3400-2400
	C=O t	1730-1700
	C-O t	1320-1210
	O-H d	1440-1400
Ésteres	C=O t	1750-1735

	C-C(O)-C t (acetatos)	1260-1230
	C-C(O)-C st (el resto)	1210-1160
Cloruros de ácidos	C=O t	1810-1775
	C-Cl st	730-550
Anhídridos	C=O t	1830-1800 y 1775-1740
	C-O t	1300-900
Aminas	N-H t	3500-3300
	N-H d	1640-1500
	C-N t (alquil)	1200-1025
	C-N t (aril)	1360-1250
	N-H d	~800
Amidas	N-H t	3500-3180
	C=O t	1680-1630
	N-H d	1640-1550
	N-H d (1°)	1570-1515
Haluros de alquilo	C-F t	1400-1000
	C-Cl t	785-540
	C-Br t	650-510
	C-I t	600-485
Nitrilos	C,N t (triple enlace)	~2250
Isocianatos	-N=C=O t	~2270
Isotiocianatos	-N=C=S t	~2125
Iminas	R <sub>2</sub> C=N-R t	1690-1640
Grupos nitro	-NO <sub>2</sub> (alifáico)	1600-1530 y 1390-1300
	-NO <sub>2</sub> (aromático)	1550-1490 y 1355-1315
Mercaptanos	S-H t	~2550
Sulfóxidos	S=O t	~1050
Sulfonas	S=O t	~1300 y ~1150
Sulfonatos	S=O t	~1350 y ~11750
	S-O t	1000-750
Fosfinas	P-H t	2320-2270
	PH d	1090-810
Óxidos de fosfina	P=O t	1210-1140

---

(Quiored, 2004)

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- ✓ En la extracción de aceite esencial de la cáscara de mandarina realizada con el solvente éter de petróleo se obtuvo un rendimiento del 1.59 % y la extracción realizada con el solvente n-hexano se alcanzó un rendimiento del 2 % hubo un incremento de 0.41 %.
- ✓ La dosis de 33 % (T3) presento los mejores resultados, siendo el extracto obtenido con éter de petróleo el que alcanzó una mortalidad del 90 %, sin embargo con el n-hexano el mejor tratamiento fue la dosis de 25 % (T2) que obtuvo un resultado similar al del éter de petróleo, a las 15 h de evaluación.
- ✓ En esta investigación se caracterizó el extracto de aceite esencial de la cáscara de mandarina mediante FTIR tanto para el extracto obtenido por el solvente de éter de petróleo y n-hexano, este análisis permitió verificar la presencia del limoneno en los extractos obtenidos por la localización de los grupos funcionales.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda en la extracción del aceite esencial tener una condensación óptima en el equipo Soxhlet con el fin de evitar pérdidas.
- ✓ Realizar un estudio de campo con formulaciones del aceite esencial de la cáscara de mandarina tanto para plagas y enfermedades, que incluya la determinación del solvente adecuado con su respectivo análisis económico.
- ✓ Caracterizar el perfil de los compuestos orgánicos del aceite esencial de mandarina.
- ✓ Comparar la capacidad de control de plagas de aceites esenciales obtenidos con otras variedades de cítricos cultivadas en el Ecuador.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alamo, A. (2022). *Qué es el rotavapor y cómo se usa*. Bon Viveur. <https://www.bonviveur.es/preguntas/que-es-el-rotavapor-y-como-se-usa>
- Anandakumar, P., Kamaraj, S., & Vanitha, M. K. (2021). D-limonene: A multifunctional compound with potent therapeutic effects. In *Journal of Food Biochemistry* (Vol. 45, Issue 1). <https://doi.org/10.1111/jfbc.13566>
- Anónimo. (2022). *Hexano*. <https://www.quimica.es/enciclopedia/Hexano.html>
- Armas Cervantes, D., Cuapio Muños, U., Tlahuizo Gracia, E., & Vázquez López, X. T. (2016). *El rotavapor, características y funcionamiento - Proyecto Integrador*. Equipointegrador. <https://rotavaporuso.blogspot.com/>
- Asela, D., del Puerto Rodríguez, M., Susana, D., Tamayo, S., Daniel, L., & Palacio Estrada, E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3).
- Bährle-Rapp, M. (2007). *Citrus reticulata*. In *Springer Lexikon Kosmetik und Körperpflege*. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-71095-0\\_2172](https://doi.org/10.1007/978-3-540-71095-0_2172)
- Bañuelos, R., Delgadillo-Ruiz, L., Echavarría-Cháirez, F., Delgadillo-Ruiz, O., & Meza-López, C. (2018). COMPOSICIÓN QUÍMICA Y FTIR DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE *Larrea tridentata*, *Origanum vulgare*, *Artemisa ludoviciana* Y *Ruta graveolens*. *Publicado Como ARTÍCULO En Agrociencia*, 52.
- Belo, A. P. M., Morgado, C. M. A., Souza, E. R. B. de, Ogata, T., Pereira, C. C. de O., & Cunha Junior, L. C. (2018). Comparative and organic analysis and characterization of varieties of tangerines. *Scientia Horticulturae*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.001>
- Caldas Avila, A. P. (2012). *Optimización escalamiento y diseño de una planta piloto de extracción sólido-líquido* [Bachelor in Science, Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2468>
- Carey, F. A., & Robert, M. G. (2011). Organic Chemistry BT - Organic Chemistry. In *Organic Chemistry*.
- Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales, Proyectos de modernización de los servicios de tecnología agrícola PROMOSTA 14 (2005). <https://www.dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-de-la-mandarina,-G.pdf>
- Castro, M. A., Rodenak-Kladniew, B., Massone, A., Polo, M., de Bravo, M. G., & Crespo, R. (2018). Citrus reticulata peel oil inhibits non-small cell lung cancer cell proliferation in culture and implanted in nude mice. *Food and Function*, 9(4). <https://doi.org/10.1039/c7fo01912b>
- de Groot, A. C. (2019). Fragrances and essential oils. In *Kanerva's Occupational Dermatology*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-68617-2\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68617-2_40)
- Fierascu, R. C., Fierascu, I. C., Dinu-Pirvu, C. E., Fierascu, I., & Paunescu, A. (2020). The application of essential oils as a next-generation of pesticides: Recent developments and future perspectives. *Zeitschrift Fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences*, 75(7–8). <https://doi.org/10.1515/znc-2019-0160>
- Franco Torres, Y. L. (2015). *Evaluación del Proceso de extracción de aceites esenciales de hojas de Citrus aurantifolia (limón sutil) Citrus sinensis (naranja) y Citrus nobilis (mandarina) mediante hidrodestilación*

- [Universidad Técnica Estatal de Quevedo].  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/627>
- García, J. (2019). *Efecto de la temperatura y tipo de simulante de alimento en la cinética de liberación de limoneno a partir de envase activo de PEBD* [Zamorano].  
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2e0c4d2c-3447-489e-b06c-3589cd868ee2/content>
- Ibrahim, M. A., Kainulainen, P., Aflatuni, A., Tiilikkala, K., & Holopainen, J. K. (2001). Insecticidal, repellent, antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: With special reference to limonene and its suitability for control of insect pests. In *Agricultural and Food Science in Finland* (Vol. 10, Issue 3).  
<https://doi.org/10.23986/afsci.5697>
- Instituto Colombiano Agropecuario, B. (Colombia). (2005). *Manejo integrado de las moscas blancas :Bemisia tabaci (Gennadius) Aleurotrachelus Bondar*. Instituto Colombiano Agropecuario.
- Koul, O., Walia, S., & Dhaliwal, G. (2008). Essential oils as green pesticides: Potential and Constraints. *Biopestic. Int*, 4(1).
- León Quiroz, A. M., & Robles Benavides, A. J. (2011). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta extractora de aceites esenciales* [Universidad Técnica del Norte].  
[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/250/1/03\\_AGI\\_243\\_TESIS.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/250/1/03_AGI_243_TESIS.pdf)
- Liu, Y., Heying, E., & Tanumihardjo, S. A. (2012). History, Global Distribution, and Nutritional Importance of Citrus Fruits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(6). <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00201.x>
- Márquez, L. de los A. (2011). *Extracción del aceite esencial de mandarina (Citrus Reticulata) utilizando dióxido de carbono en condición supercrítica como solvente* [Universidad Central de Venezuela]. <http://hdl.handle.net/10872/514>
- Martínez M., A. (2003). *Aceites Esenciales*. [http://med-informatica.com/OBSERVAMED/Descripciones/AceitesEsencialesUdeA\\_esencias2001b.pdf](http://med-informatica.com/OBSERVAMED/Descripciones/AceitesEsencialesUdeA_esencias2001b.pdf)
- Maureira, F., Rajagopalan, K., & Stöckle, C. O. (2022). Evaluating tomato production in open-field and high-tech greenhouse systems. *Journal of Cleaner Production*, 337. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130459>
- Meena, R. S., Kumar, S., Datta, R., Lal, R., Vijayakumar, V., Brtnicky, M., Sharma, M. P., Yadav, G. S., Jhariya, M. K., Jangir, C. K., Pathan, S. I., Dokulilova, T., Pecina, V., & Marfo, T. D. (2020). Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: A review. In *Land* (Vol. 9, Issue 2).  
<https://doi.org/10.3390/land9020034>
- Nazir, I., & Ahmad Gangoo, S. (2022). *Pharmaceutical and Therapeutic Potentials of Essential Oils*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.102037>
- OEEE. (2014). La Mandarina Peruana. In *OEEE - MINAGRI*.  
<https://bibliotecavirtual.midagri.gob.pe/index.php/analisis-economicos/estudios/2014/20-la-mandarina-peruana/file>
- Ollitrault, P., Curk, F., & Krueger, R. (2020a). Chapter 4 - Citrus taxonomy. In *The genus citrus*.



- Ollitrault, P., Curk, F., & Krueger, R. (2020b). Citrus taxonomy. In *The Genus Citrus*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812163-4.00004-8>
- Park, S. M., Ko, K. Y., & Kim, I. H. (2015). Optimization of d-limonene Extraction from Tangerine Peel in Various Solvents by Using Soxhlet Extractor. *Korean Chemical Engineering Research*, 53(6). <https://doi.org/10.9713/kcer.2015.53.6.717>
- Peña, L., Cervera, M., Fagoaga, C., Romero, J., Juárez, J., Pina, J. A., & Navarro, L. (2007). Citrus. In *Biotechnology in Agriculture and Forestry* (Vol. 60). [https://doi.org/10.1007/978-3-540-49161-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-540-49161-3_2)
- Quiored. (2004). *Recursos Educativos de Química Orgánica Tablas de Espectroscopía*. [https://www.ugr.es/~quiored/lab/tablas\\_espec/tablas.htm](https://www.ugr.es/~quiored/lab/tablas_espec/tablas.htm)
- Reyes Martenstein, T. A. (2012). *Evaluación técnico económica de la plantación y cultivo de mandarina W. Murcott, en reemplazo de palta Hass* [Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/110862>
- Rumble, J. R. (2020). CRC Handbook of Chemistry and Physics, 101 Edition (Internet Version 2020). CRC Press, Taylor and Francis Boca Raton FL.
- Saini, A., Panesar, P. S., & Bera, M. B. (2020). Valuation of Citrus reticulata (kinnow) peel for the extraction of lutein using ultrasonication technique. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00605-4>
- Salazar, L. F., Müller, G., Querci, M., Zapata, J. L., & Owens, R. A. (2000). Potato yellow vein virus: Its host range, distribution in South America and identification as a crinivirus transmitted by Trialeurodes vaporariorum. *Annals of Applied Biology*, 137(1). <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2000.tb00052.x>
- Saldaña, H., & Paseli, C. J. (2015). *Estudio comparativo y evaluación del rendimiento de dos tecnologías de extracción de aceites esenciales de naranja, mandarina y tangelo* [Universidad ESAN]. <https://repositorio.esan.edu.pe//handle/20.500.12640/666>
- SENA. (2013). Introducción a la Industria de los Aceites Esenciales extraídos de Plantas Medicinales y Aromáticas. In *Incubar*.
- Singh, J., Sharma, V., Pandey, K., Ahmed, S., Kaur, M., & Singh Sidhu, G. (2021). Horticultural Classification of Citrus Cultivars. In *Citrus - Research, Development and Biotechnology*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.96243>
- Sun, J. (2007). D-limonene: Safety and clinical applications. In *Alternative Medicine Review* (Vol. 12, Issue 3).
- Valdez Jiménez, V. J. (2017). *Optimización del rendimiento y determinación del contenido de limoneno del aceite esencial de flavedo de mandarina* [Bachelor, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d06476a4-cd4d-45e3-9cfc-e60cf4fab536/content>
- Varela, J. (2020). *Manejo De Mosca Blanca (Bemisia Tabaci) En El Cultivo De Sandia (Citrullus lanatus) Mediante Extractos Biocidas De Albahaca Y Ají* [Universidad Agraria del Ecuador]. [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VARELA\\_TAPIA\\_JORDAN\\_FRANCISCO.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VARELA_TAPIA_JORDAN_FRANCISCO.pdf)

- Vankar, P. S. (2004). Essential oils and fragrances from natural sources. *Resonance*, 9(4). <https://doi.org/10.1007/bf02834854>
- Vargas, S. (2013). *Formulación, Caracterización Fitoquímica y Físicoquímica, y Dosificación de Insecticidas Orgánicos para el control de Mosca Blanca (Bemisia tabaci) en el cultivo de Fréjol (Phaseolus vulgaris, L.)* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://1library.co/document/qmre87wy-universidad-técnica-facultad-ciencia-ingeniería-alimentos-ingeniería-bioquímica.html>
- Vijayaraghavan, R., Ashok, S., Swaminathan, J., & Kumar, G. R. (2014). GLP (Good Laboratory Practice) Guidelines in Academic and Clinical Research: Ensuring Protection and Safety. *Journal of Pharmaceutical Research & Clinical Practice JPRCP*, 4(41).
- Wainaina, J. M., Barro, P. de, Kubatko, L., Kehoe, M. A., Harvey, J., Karanja, D., & Boykin, L. M. (2016). Genetic Diversity, Population Structure and Species Delimitation of *Trialeurodes vaporariorum* (greenhouse whitefly) . *BioRxiv* .
- Wang, X. J., Chen, J. Y., Fu, L. Q., & Yan, M. J. (2020). Recent advances in natural therapeutic approaches for the treatment of cancer. In *Journal of Chemotherapy* (Vol. 32, Issue 2). <https://doi.org/10.1080/1120009X.2019.1707417>
- Zhang, L., Ma, H., Shen, Z., Wang, L., Liu, R., & Pan, J. (2019). Influence of pressure and temperature on explosion characteristics of n-hexane/air mixtures. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2018.11.004>

## ANEXOS

### Anexo 1. Recirculador de agua



### Anexo 2. Compresor



**Anexo 3.** Bloques del control de la mosca blanca (éter de petróleo)

**a) Bloque I**

<b>Tiempo /h</b>	<b>Sobrevivencia, % (BLOQUE I)</b>				
	<b>C+</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>C-</b>
	<b>0.10 %</b>	<b>12.50 %</b>	<b>25.00 %</b>	<b>33.33 %</b>	<b>100 %</b>
0	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %
3	100.0 %	60.0 %	70.0 %	50.0 %	100.0 %
6	70.0 %	60.0 %	60.0 %	40.0 %	100.0 %
9	50.0 %	60.0 %	60.0 %	30.0 %	100.0 %
12	40.0 %	50.0 %	40.0 %	30.0 %	100.0 %
15	40.0 %	40.0 %	20.0 %	10.0 %	100.0 %

**b) Bloque II**

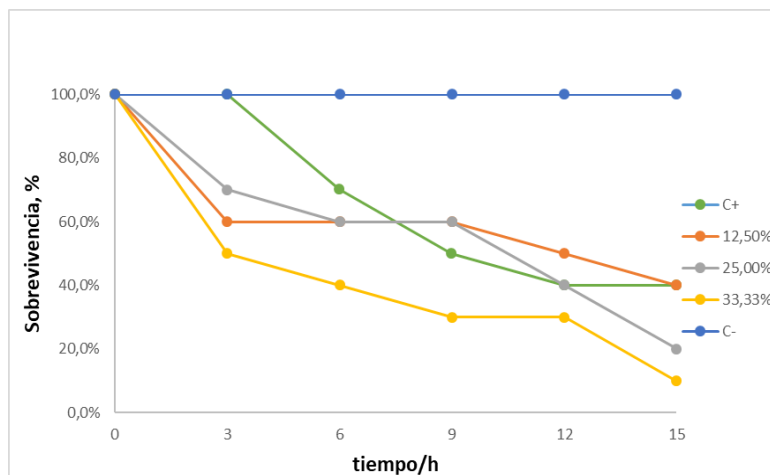
<b>Tiempo /h</b>	<b>Sobrevivencia, % (BLOQUE II)</b>				
	<b>C+</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>C-</b>
	<b>0.10 %</b>	<b>12.50 %</b>	<b>25.00 %</b>	<b>33.33 %</b>	<b>100 %</b>
0	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %
3	70.0 %	70.0 %	70.0 %	60.0 %	100.0 %
6	60.0 %	70.0 %	70.0 %	40.0 %	100.0 %
9	60.0 %	60.0 %	70.0 %	40.0 %	100.0 %
12	50.0 %	40.0 %	40.0 %	30.0 %	100.0 %
15	30.0 %	30.0 %	20.0 %	10.0 %	100.0 %

**c) Bloque III**

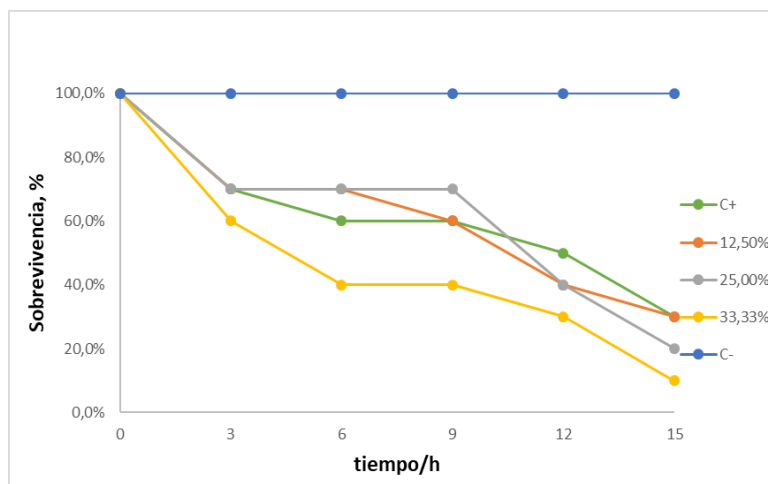
<b>Tiempo /h</b>	<b>Sobrevivencia, % (BLOQUE III)</b>				
	<b>C+</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>C-</b>
	<b>0.10 %</b>	<b>12.50 %</b>	<b>25.00 %</b>	<b>33.33 %</b>	<b>100 %</b>
0	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %
3	70.0 %	80.0 %	60.0 %	40.0 %	100.0 %
6	70.0 %	80.0 %	60.0 %	40.0 %	100.0 %
9	70.0 %	70.0 %	50.0 %	40.0 %	100.0 %
12	60.0 %	70.0 %	50.0 %	30.0 %	100.0 %
15	40.0 %	50.0 %	30.0 %	10.0 %	100.0 %

#### Anexo 4. Figuras de sobrevivencia vs tiempo (éter de petróleo)

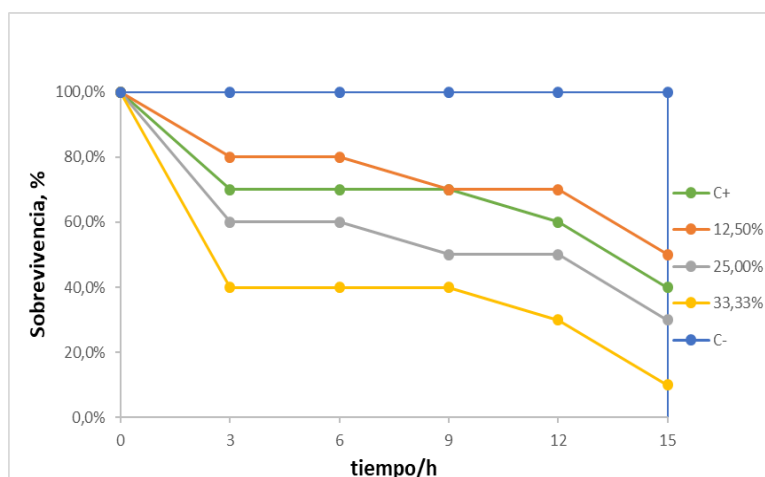
##### a) Bloque I



##### b) Bloque II



##### c) Bloque III



**Anexo 5.** Bloques del control de la mosca blanca (n-Hexano)

**a) Bloque I**

	<b>Sobrevivencia, % (BLOQUE I)</b>				
	<b>C+</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>C-</b>
<b>Tiempo /h</b>	<b>0.10 %</b>	<b>12.50 %</b>	<b>25.00 %</b>	<b>33.33 %</b>	<b>100 %</b>
0	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
3	80 %	80 %	70 %	80 %	100 %
6	70 %	70 %	50 %	60 %	100 %
9	70 %	70 %	30 %	60 %	100 %
12	70 %	50 %	30 %	40 %	100 %
15	50 %	40 %	0 %	20 %	100 %

**b) Bloque II**

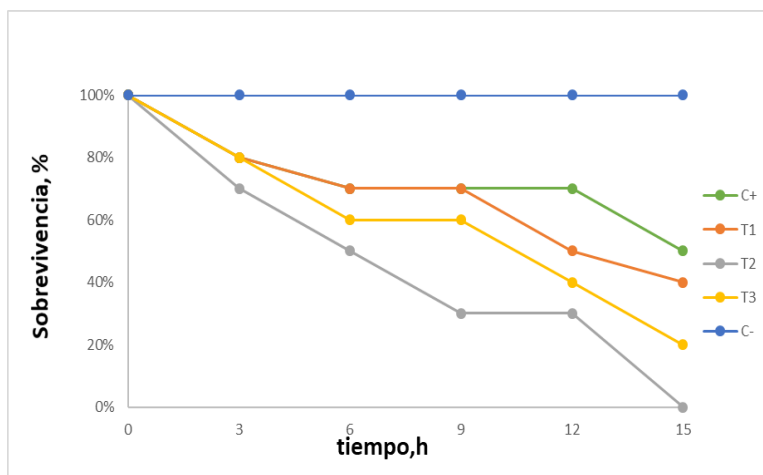
	<b>Sobrevivencia, % (BLOQUE II)</b>				
	<b>C+</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>C-</b>
<b>Tiempo /h</b>	<b>0.10 %</b>	<b>12.50 %</b>	<b>25.00 %</b>	<b>33.33 %</b>	<b>100 %</b>
0	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
3	80 %	80 %	70 %	70 %	100 %
6	80 %	70 %	50 %	70 %	100 %
9	70 %	70 %	50 %	50 %	100 %
12	60 %	50 %	40 %	40 %	100 %
15	50 %	50 %	10 %	0 %	100 %

**c) Bloque III**

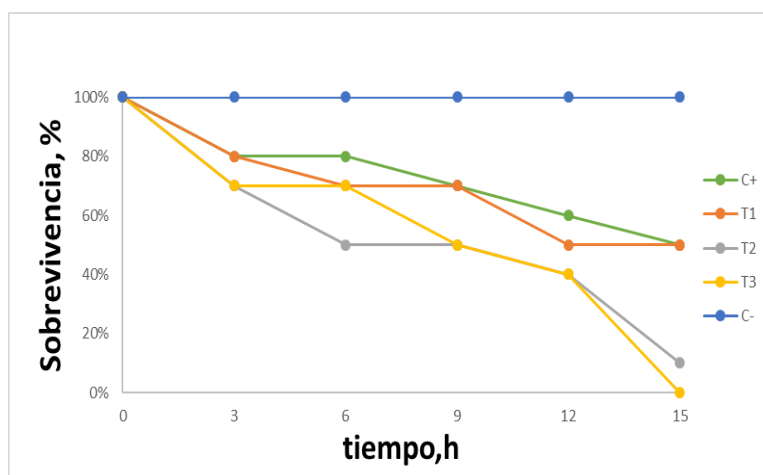
	<b>Sobrevivencia, % (BLOQUE III)</b>				
	<b>C+</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>C-</b>
<b>Tiempo /h</b>	<b>0.10 %</b>	<b>12.50 %</b>	<b>25.00 %</b>	<b>33.33 %</b>	<b>100 %</b>
0	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
3	90 %	90 %	80 %	70 %	100 %
6	70 %	80 %	80 %	50 %	100 %
9	60 %	80 %	40 %	30 %	100 %
12	50 %	70 %	30 %	10 %	100 %
15	50 %	50 %	20 %	0 %	100 %

## Anexo 6. Figuras de sobrevivencia vs tiempo (n-Hexano)

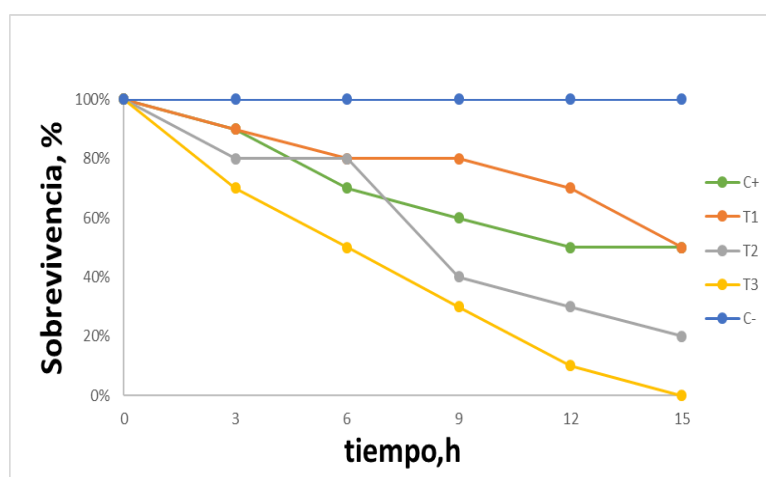
### a) Bloque I



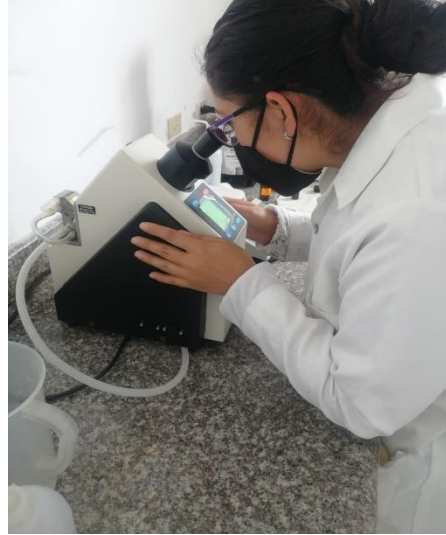
### b) Bloque II



### c) Bloque III



**Anexo 7. Fotografía del índice de refracción**



**Anexo 8. Fotografía de la densidad**

