

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
INSTITUTO DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



“EXTRACCIÓN Y EVALUACIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE RESIDUOS  
BIOMÁSICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE SU ACTIVIDAD PLAGUICIDA”

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

ALBA INDIRA MÁRMOL RODRÍGUEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. JOSÉ RAMÓN AYALA BAUTISTA

CODIRECTOR DE TESIS

DR. MARCOS ALBERTO CORONADO ORTEGA

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, JUNIO DE 2025.

## Índice de contenido

Capítulo 1. Introducción .....	1
1.1 Identificación del problema .....	4
1.2 Justificación .....	6
1.3 Objetivos de investigación .....	7
1.3.1 Objetivo general.....	7
1.3.2 Objetivos específicos .....	7
1.4 Hipótesis .....	7
Capítulo 2. Marco teórico .....	8
2.1 Antecedentes de la investigación .....	8
2.1.1 Biomasa .....	10
2.1.2 Las aplicaciones de la biomasa.....	11
2.1.3 Residuos orgánicos de procedencia vegetal .....	12
2.1.4 Plaguicidas .....	13
2.1.5 Bioplaguicidas .....	20
2.1.6 Aceites esenciales .....	22
Capítulo 3. Metodología .....	26
3.1 Tipo de estudio .....	26
3.2 Método de obtención de materia prima .....	26

3.3	Selección de la plaga .....	27
3.4	Método de extracción del aceite esencial .....	29
3.5	Método del consumo energético .....	30
3.5.1	Recolección y transporte de la materia prima .....	31
3.6	Diseño experimental .....	31
3.6.1	Pruebas biológicas .....	31
3.6.2	Pruebas exploratorias de fitotoxicidad.....	33
3.6.3	Pruebas biocidas en campo .....	34
3.6.4	Procedimiento de análisis .....	36
Capítulo 4.	Resultados y análisis .....	38
4.1	Plaga seleccionada .....	38
4.2	Rendimiento de extracción de aceite esencial de naranja dulce .....	38
4.3	Consumo energético y huella de carbono en el proceso de extracción .....	39
4.4	Determinación de la actividad insecticida según la concentración del aceite esencial ..	40
4.4.1	Análisis de los resultados.....	41
4.5	Análisis de superficie de respuesta .....	42
4.6	Fitotoxicidad en plantas según la concentración del aceite esencial .....	43
4.6.1	Crecimiento de la planta con tratamiento .....	43
4.7	Fitotoxicidad y actividad insecticida en campo.....	44
Capítulo 5.	Conclusiones .....	48

Capítulo 6.	Referencias .....	50
Capítulo 7.	Productos académicos .....	55

## Índice de Figuras

Figura 1 <i>Mexicali y su valle</i> .....	1
Figura 2 <i>Mono y sesquiterpenos naturales.</i> .....	8
Figura 3 <i>Residuos orgánicos vegetales</i> .....	13
Figura 4 <i>Dicloro difenil tricloroetano</i> .....	15
Figura 5 <i>Malatión</i> .....	16
Figura 6 <i>Carbaril</i> .....	16
Figura 7 <i>Permetrina</i> .....	17
Figura 8 <i>Clasificación de aceites esenciales.</i> .....	24
Figura 9 <i>Sistema de extracción</i> .....	29
Figura 10 <i>Proceso de obtención del aceite esencial</i> .....	30
Figura 11 <i>Montaje experimental</i> .....	32
Figura 12 <i>Pruebas biocidas</i> .....	33
Figura 13 <i>Control de pulgones vs concentración</i> .....	34
Figura 14 <i>Aplicación de las soluciones</i> .....	34
Figura 15 <i>Aspersor manual</i> .....	35
Figura 16 <i>Aplicación de las soluciones</i> .....	36
Figura 17 <i>Superficie de respuesta % de mortalidad vs. % concentración vs. Tiempo</i> .....	42
Figura 18 <i>Aplicación del 10%, A. Aplicación del 12%, B</i> .....	43
Figura 19 <i>Altura de la planta sin tratamiento (A), Altura de la planta con tratamiento (B)</i> .....	44
Figura 20 <i>Fitotoxicidad vs concentración</i> .....	46
Figura 21 <i>Control de pulgones vs concentración</i> .....	47

## Índice de tablas

Tabla 1 <i>Plagas Agrícolas y Estrategias de Manejo</i> .....	3
Tabla 2 <i>Ejemplos de pesticidas sintéticos</i> .....	14
Tabla 3 <i>Clasificación toxicológica de los plaguicidas</i> .....	19
Tabla 4 <i>Ficha de campo</i> .....	27
Tabla 5 <i>Rendimiento de aceite esencial y consumo de agua</i> .....	38
Tabla 6 <i>Porcentaje de mortalidad en función de la concentración y el tiempo de exposición</i> .....	40
Tabla 7. <i>Análisis de varianza ANOVA</i> .....	41

## **Dedicatorias**

Dedico este trabajo de tesis, en primer lugar, a mi madre, Iris Rodríguez, por su constante respaldo, por su orientación en cada etapa de mi formación, y por ser una fuente inagotable de fortaleza y compromiso. Su acompañamiento ha sido fundamental para alcanzar esta meta.

A mi padre, Álvaro Mármol, por su ejemplo de integridad, esfuerzo y disciplina. Su apoyo y confianza han sido pilares importantes en mi desarrollo académico y personal.

A mis hermanos, quienes, con su compañía, palabras de aliento y disposición para escuchar, contribuyeron de manera significativa a que pudiera mantenerme firme a lo largo del proceso.

Asimismo, extendiendo esta dedicatoria a quienes hicieron parte de mi formación, especialmente a los docentes, tutores, directores y profesionales que compartieron su conocimiento y me orientaron con rigor académico. Del mismo modo, agradezco a mis compañeros y colegas, con quienes compartí experiencias valiosas de aprendizaje y crecimiento.

Finalmente, dedico este trabajo a mí misma, como reconocimiento al compromiso, la constancia y el esfuerzo sostenido que me permitieron culminar satisfactoriamente esta etapa.

## **Agradecimientos**

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por brindarme la vida, la salud y la fortaleza necesarias para enfrentar con disciplina y perseverancia cada etapa de este proceso académico.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el respaldo económico otorgado, el cual fue determinante para la realización de mis estudios de maestría y el desarrollo de esta investigación.

A mi madre, Iris Rodríguez, por su apoyo constante, su ejemplo de dedicación y su fe inquebrantable en mis capacidades.

A mi padre, Álvaro Mármol, por su guía, sus valores y el compromiso que siempre ha demostrado con mi formación.

Extiendo un especial agradecimiento al Dr. José Ramón Ayala Bautista, director de esta tesis, por su orientación, dedicación y acompañamiento durante cada etapa del proyecto.

Así mismo, al Dr. Marcos Coronado, codirector de tesis, por sus valiosos aportes técnicos y su disposición para fortalecer el desarrollo de esta investigación.

A mis compañeros Edson Armenta, Jesús Armenta, por su colaboración activa y comprometida en el trabajo experimental, contribuyendo de forma significativa al cumplimiento de los objetivos de este estudio.

A la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), por facilitarme el acceso a sus instalaciones y espacios productivos para la realización de mis prácticas en campo, aspecto esencial para el desarrollo práctico del proyecto.

Finalmente, a la Universidad Autónoma de Baja California, y en particular a su Instituto de Ingeniería, por proporcionarme las herramientas académicas, técnicas y humanas necesarias para mi formación y para la culminación de este trabajo

## Resumen

Esta investigación nace de una preocupación por el uso excesivo de plaguicidas sintéticos en la agricultura y sus consecuencias negativas para la salud humana y el medio ambiente. Frente a esta problemática, se propuso una alternativa innovadora: aprovechar cáscaras de naranja, un residuo común en la industria de jugos, para extraer aceites esenciales y evaluar su efectividad como insecticida natural contra el pulgón verde, una plaga común en cultivos del valle de Mexicali.

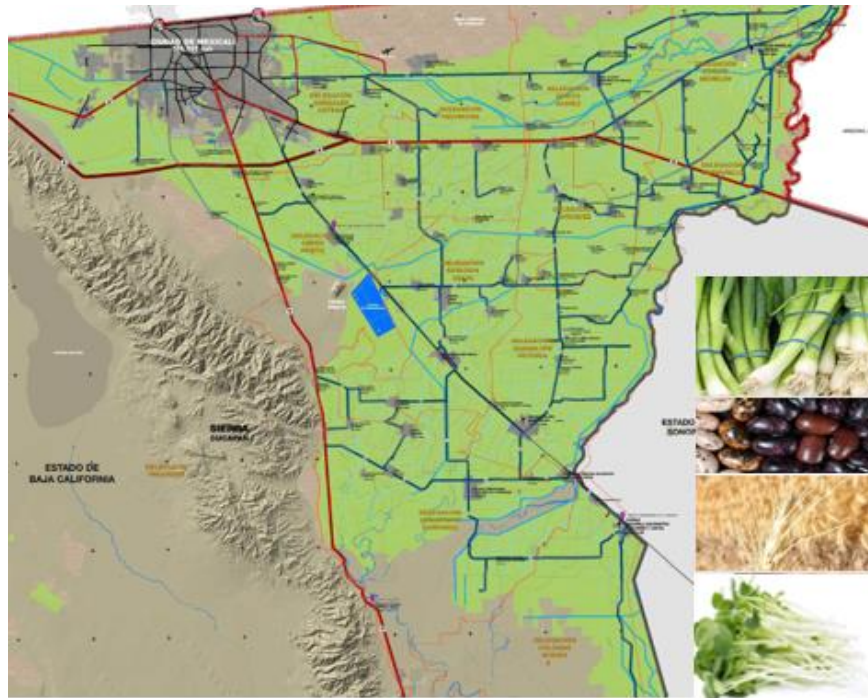
El enfoque de la tesis fue experimental y cuantitativo. Se diseñaron ensayos tanto en laboratorio como en campo, y se prepararon soluciones del aceite esencial en diferentes concentraciones (6% v/v, 8% v/v, 10% v/v y 12% v/v). La evaluación biológica se centró en medir la mortalidad de los pulgones y la posible fitotoxicidad en plantas. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño factorial completo aplicado en el software Minitab, con un ANOVA de dos vías que permitió evaluar el efecto de la concentración del aceite y del tiempo de exposición (120 y 240 min).

Los resultados indicaron que la concentración del aceite fue el factor más influyente en la mortalidad de los pulgones, con un valor p de 0.009, lo que demuestra una diferencia estadísticamente significativa. En contraste, el tiempo de exposición no fue significativo (valor p = 0.756). La mayor mortalidad observada fue de 83% v/v en la concentración del 12% v/v. En cuanto a la fitotoxicidad, las concentraciones de 6% v/v y 8% v/v fueron bien toleradas por las plantas, mientras que a 10% v/v y 12% v/v se detectaron algunos signos leves de necrosis.

**Palabras clave:** Aceites esenciales, *Citrus sinensis*, residuos agroindustriales, actividad insecticida, pulgón verde (*Myzus persicae*), diseño experimental, ANOVA, fitotoxicidad, control de plagas, sostenibilidad agrícola

## Capítulo 1. Introducción

La agricultura desempeña un papel importante en el desarrollo económico y social de las regiones, específicamente en zonas como el valle de Mexicali, caracterizado por su alta productividad en cultivos como el trigo, el algodón y diversas hortalizas **Figura 1** (IMIP, 2013). Este valle cuenta con aproximadamente 200,000 hectáreas destinadas a la actividad agrícola, de las cuales cerca del 85% se utiliza para cultivos comerciales, principalmente trigo, que genera alrededor de 1.5 millones de toneladas anuales (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022). Además, el valle de Mexicali destaca como exportador de productos agrícolas, especialmente a Estados Unidos de América, contribuyendo significativamente a la economía nacional, en particular en cultivos como algodón y las hortalizas que tienen un peso relevante en las exportaciones, posicionando a esta región como clave para la seguridad alimentaria y la competitividad internacional. La región también representa una fuente crucial de empleo, albergando diversas cadenas de valor relacionadas con la producción y comercialización de alimentos (Avendaño Ruiz & Schwentesius, 2005).



**Figura 1.** *Mexicali y su valle*

Sin embargo, el éxito agrícola de esta región también enfrenta retos importantes, como la proliferación de plagas que afectan la calidad y la cantidad de los productos. Entre las plagas más comunes se encuentran el gusano cogollero, el piojo harinoso y la mosca blanca, las cuales afectan diferentes cultivos según la dirección general de sanidad vegetal. En respuesta a estas problemáticas, el manejo integral de plagas se ha convertido en una estrategia esencial para minimizar los impactos negativos, promoviendo el uso de técnicas que combinan controles biológicos, culturales y químicos.

El control químico también es ampliamente utilizado, destacando compuestos como los órganos clorados y neonicotinoides. Por ejemplo, el imidacloprid, un neonicotinoide, actúa sobre los receptores nicotínicos de acetilcolina en el sistema nervioso de los insectos, provocando su parálisis y muerte. A pesar de su eficiencia, su uso prolongado ha planteado preocupaciones por la persistencia en el ambiente y su toxicidad hacia polinizadores esenciales, como las abejas (Badii et al., 2007).

El control mecánico incluye prácticas como el uso de barreras físicas y trampas específicas para capturar plagas, reduciendo su población sin necesidad de aplicar químicos. Un ejemplo de esto es el empleo de trampas con feromonas para el piojo harinoso de la vid, las cuales interfieren en su capacidad de reproducción al atraer a los machos y evitar el apareamiento (Dirección General de Sanidad Vegetal, 2022).

Entre las alternativas para el control de plagas, los aceites esenciales derivados de residuos orgánicos de origen vegetal han ganado relevancia debido a su propiedad insecticida y su bajo impacto ambiental. El uso de compuestos botánicos como la azadiractina, derivado del árbol del neem *Azadirachta indica*, ha demostrado eficiencia al interferir con el sistema hormonal de las plagas, inhibiendo su crecimiento y reproducción. Este mecanismo ofrece una solución sustentable a plaguicidas químicos tradicionales, los cuales, aunque efectivos, suelen generar resistencia en las plagas y efectos adversos en organismos no objeto y en el medio ambiente (Dirección General de Sanidad Vegetal, 2022).

El control biológico, por su parte, se basa en la introducción de enemigos naturales de las plagas. En el caso del piojo harinoso de la vid, se han utilizado depredadores como *Chrysoperla carnea* y parasitoides como *Anagyrus pseudococci*, los cuales han demostrado ser efectivos en la reducción de las poblaciones de esta plaga (Dirección General de Sanidad Vegetal, 2022).

El control manual implica la eliminación física de plagas mediante actividades como el descortezado de troncos en cultivos de vid, una práctica que expone a los insectos a condiciones adversas y facilita su eliminación mediante métodos complementarios como la aplicación de insecticidas de contacto (Badii et al., 2007).

A continuación, se presenta en la **Tabla 1** (Elaboración propia, 2025). las principales plagas que afectan los cultivos del valle de Mexicali, las medidas de control utilizadas.

**Tabla 1.** *Plagas Agrícolas y Estrategias de Manejo*

<b>Plagas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cultivos afectados</b>	<b>Medidas de control</b>	<b>Referencias</b>
<b>Gusano del fruto</b>	Los gusanos son de color verde pero el color vario ligeramente dependiendo del ciclo de vida en que se encuentren Son voraces comedores de hojas	Algodón, alfalfa, tabaco	Biológico, como el uso de parasitoides  Químico: Aplicación de insecticidas específicos para el control de gusanos.	(Koppert Mexico,2023)
<b>Mosca blanca</b>	Insecto de color blanco o amarillo pálido. Se alimenta de savia	Tomates, pimientos, algodón, etc.	Insecticidas específicos, enemigos naturales,	(Koppert Mexico,2023)
<b>Trips</b>	Dañan cultivos al alimentarse y transmitir patógenos.	Hortalizas, frutas, algodón	Control biológico, trampas, insecticidas selectivos.	(Canna España,2016)

<b>Pulgonos</b>	Se alimentan de savia de plantas y transmiten virus.	Hortalizas, frutales	Depredadores naturales, tratamientos insecticidas	(Koppert Mexico,2023)
<b>Garrapatas</b>	Portadoras de enfermedades como la rickettsia.	Ganado, cultivos diversos	Control químico, cuidado de animales, mantenimiento limpio.	(Canna Espana,2016)

La **Tabla 1** muestra la importancia del Manejo Integrado de Plagas (MIP), la cual constituye una pieza clave en la agricultura al abordar el control de poblaciones de plagas, incluyendo microorganismos responsables de enfermedades, a través de enemigos naturales. En ese contexto, destaca la diferenciación entre la vegetación natural y la agricultura monocultivo, ya que, la primera de ellas alberga una diversidad de organismos que mantienen un equilibrio natural, mientras que, la agricultura monocultivo se caracteriza por su escasa diversidad y un equilibrio frágil (Minsa et al., 2010), situación que conlleva a la propagación descontrolada de plagas y enfermedades cuando surgen, y la aplicación indiscriminada de productos químicos puede exacerbar la situación al disminuir la biodiversidad en el ecosistema agrícola.

En el ámbito agrícola, existen diversos organismos, tanto plagas como enemigos naturales, que ayudan a controlar estas poblaciones. Por ello, es necesario mantener el equilibrio y la biodiversidad del entorno para evitar la expansión y resurgimiento de las plagas. El uso de insecticidas se presenta como una estrategia para el control de plagas sin afectar negativamente la población de enemigos naturales. De allí que el MIP tiene como objetivo fundamental mantener los daños causados por enfermedades y plagas por debajo de un umbral económico aceptable (Minsa et al.,2010; Badii et al., 2007).

### **1.1 Identificación del problema**

A lo largo de los años, el sector agrícola ha aumentado el uso de plaguicidas sintéticos, aunque a menudo se utilizan de manera inadecuada, lo que puede ocasionar graves daños en la salud. A pesar de esto, la mayoría de la población desconoce los efectos que puede tener la alta exposición a estos compuestos

(Hernández et al., 2007). El uso masivo de plaguicidas sintéticos en la agricultura moderna ha desencadenado una serie de problemáticas ambientales, como las intoxicaciones de los trabajadores agrícolas, La acumulación de residuos de plaguicidas en los alimentos y su prolongada persistencia en el medio ambiente representan un riesgo significativo para la salud humana y la biodiversidad (Ferrer, 2003). Baddii et al., 2017 menciona que la ruptura de los mecanismos de control biológico natural y el desarrollo de resistencia en las poblaciones de plagas son algunos de los efectos de los pesticidas que atentan contra la salud humana y el ambiente.

Ahora bien, estudios recientes indican que la exposición a plaguicidas puede provocar intoxicación aguda (IAP), un problema de salud pública que afecta a trabajadores agrícolas en todo el mundo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en la década de los ochenta se reportaron un millón de casos graves no intencionales de IAP, y el 70% de estos casos se debieron a exposición laboral, lo que resultó en 220,000 muertes. Para la década de los noventa, el número de envenenamientos aumentó a entre dos y cinco millones en todo el mundo. Señala, además, la OMS que para 1990 los países más pequeños de América Latina registraron entre 1,000 y 2,000 intoxicaciones anuales, y más del 50% de estos casos ocurrieron en países menos desarrollados (World Health Organization, 2022).

Indica, además el estudio anterior que el 3% de las intoxicaciones por plaguicidas se relaciona con trabajadores agrícolas expuestos. Estos resultados subrayan la necesidad de tomar medidas para proteger la salud de las personas que trabajan en la agricultura y ganadería y reducir el riesgo de exposición a los plaguicidas (World Health Organization, 2022).

En México según el Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE), la exposición a plaguicidas sigue siendo un problema importante. Se han documentado una gran cantidad de casos de intoxicación aguda por plaguicidas y la mayoría de ellos son resultado de exposición laboral. Las IAP han mostrado una tendencia ascendente, llegando a 3,902 casos en el año 2005. Es así que, en México solamente en el 2002 se reportaron 73 casos, cifra que aumentó a 127 en 2003 y disminuyó a 88 en el año 2005 (Hernández et al., 2007).

En esa dirección, se evidencia que los plaguicidas pueden causar intoxicaciones humanas en forma de epidemia, afectando a una parte importante de la población a partir de una fuente común. Generalmente, este tipo de intoxicación ocurre de forma accidental y se debe a la contaminación de los alimentos durante su transporte o almacenamiento, al consumo de granos tratados para fines distintos a la alimentación humana o a la adición involuntaria de sustancias tóxicas durante su elaboración, por mencionar algunas causas (Ferrer, 2003).

De allí que, la solución propuesta para reducir el impacto negativo de los plaguicidas en la salud humana y en el medio ambiente se fundamenta en el uso de plaguicidas químicos naturales. Estos se obtienen de extractos de origen vegetal que contienen metabolitos secundarios como propiedades antivirales, antimicrobianas, repelentes e insecticidas (Celis, 2009). Su principal ventaja es que son menos tóxicos y más fácilmente degradables en comparación con los plaguicidas químicos sintéticos, lo que reduce el riesgo de intoxicación en la población y minimiza la contaminación del medio ambiente. Además, su utilización en la agricultura puede proteger los cultivos y aumentar su calidad y producción alimentaria, por lo tanto, es importante fomentar la investigación y desarrollos de los plaguicidas químicos naturales.

## **1.2 Justificación**

El uso intensivo y prolongado de plaguicidas sintéticos en la agricultura ha generado múltiples negativas entre ellas la contaminación de suelos y cuerpos de agua, la afectación de organismos no objetivos, y el desarrollo de resistencias en diversas especies plagas (Hernández et al., 2007). En respuesta a este problema, es crucial buscar alternativas que disminuyan los riesgos asociados a los productos químicos. Los aceites esenciales extraídos de residuos agroindustriales se presentan como una opción prometedora debido a su origen natural y su baja toxicidad, lo que reduce su impacto ambiental (Ramírez et al., 2010).

Este proyecto se enfoca en la extracción de aceite esencial de *citrus sinensis* (naranja dulce) para analizar la actividad insecticida, contribuyendo con el desempeño de productos orgánicos en el control de plagas de manera más segura y eficiente. Además, al aprovechar los residuos agroindustriales se promueve en la reducción de desechos, lo que fomenta un enfoque más sustentable en la producción agrícola en zonas como

el valle de Mexicali, donde las plagas son una amenaza constante para los cultivos. Esta alternativa podría ofrecer una solución efectiva que disminuya el uso de productos sintéticos (Navarro et al.,2015). El estudio ofrece una opción sustentable para el manejo de plagas, mejorando tanto la calidad del entorno agrícola como la reutilización de recursos, alineándose con los principios de una agricultura más responsable y ecológica.

### **1.3 Objetivos de investigación**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

Evaluar la actividad insecticida de aceites esenciales obtenidos de residuos agroindustriales en pulgón verde (*Myzus persicae*) que afectan diversos cultivos en el valle de Mexicali.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

1. Identificar y seleccionar los residuos agroindustriales para la extracción de sus aceites esenciales con actividad insecticida y establecer los procesos óptimos de extracción.
2. Seleccionar un cultivo utilizado en el valle de Mexicali como objeto de aplicación.
3. Evaluar la eficacia de distintas concentraciones de aceites esenciales extraídos de residuos agroindustriales para el control de plagas, mediante ensayos en laboratorio y en campo.
4. Determinar la cantidad y concentración adecuada de los aceites esenciales para bioensayos.
5. Realizar las pruebas biocidas al cultivo seleccionado utilizando aceites esenciales.
6. Estandarizar el método de prueba biocida sobre el cultivo seleccionado.

### **1.4 Hipótesis**

Los aceites esenciales extraídos de cáscaras de naranja, obtenidas de residuos orgánicos vegetales, presentan una actividad plaguicida, provocando una reducción significativa de la población de insectos plaga en ensayos de laboratorio y campo.

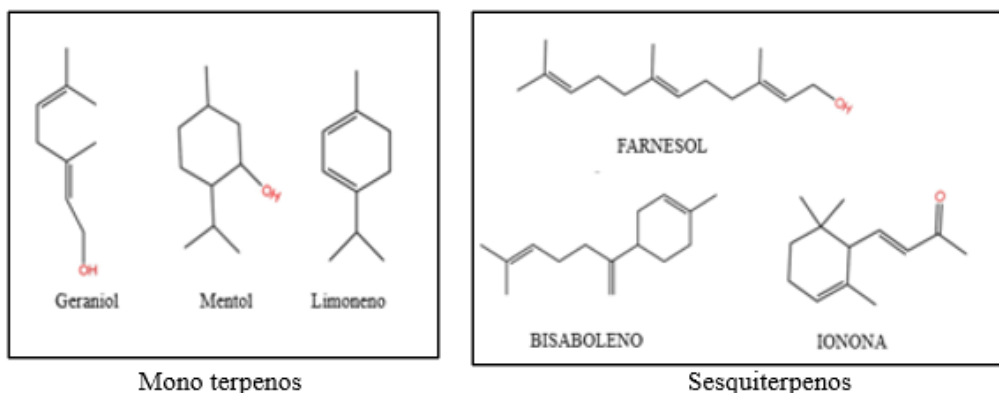
## Capítulo 2. Marco teórico

### 2.1 Antecedentes de la investigación

El manejo de plagas agrícolas ha sido tradicionalmente dependiente del uso de pesticidas sintéticos debido a su alta efectividad en la protección de cultivos. Sin embargo, estos compuestos han generado serias preocupaciones ambientales y de salud, como su toxicidad para organismos no objetivo, la contaminación del suelo y el agua, y el desarrollo de resistencia en las plagas (World Health Organization, 2022). Estas limitaciones han impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles, destacándose entre ellas los bioplaguicidas, particularmente los aceites esenciales obtenidos de residuos orgánicos y plantas aromáticas (Díaz & Betancourt, 2018).

Los aceites esenciales han ganado relevancia debido a sus propiedades insecticidas y repelentes, las cuales derivan de su compleja composición química rica en compuestos como monoterpenos y sesquiterpenos

**Figura 2** (Elaboración propia con datos tomados de Yela, V. A., & Delgado, V, 2010).



**Figura 2.** Mono y sesquiterpenos naturales.

Estos compuestos actúan interfiriendo en los sistemas fisiológicos de los insectos, causando efectos letales o de disuasión. Por ejemplo, el cineol, presente en el aceite de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), se ha utilizado con éxito para controlar plagas como *Planococcus citri* y *Conchuela* en cultivos de limón y tomate de árbol. En este caso, la combinación de aceite de eucalipto con extractos de ajo (*Allium sativum*) resultó

en una reducción de las poblaciones de estas plagas, mostrando una efectividad comparable a la de pesticidas sintéticos convencionales (Yela, V. A., & Delgado, V, 2010).

Otro ejemplo relevante es el aceite esencial de *Cymbopogon citratus* (hierba de limón) y *Tagetes lucida* (pericón), los cuales fueron evaluados en el control de *Tribolium castaneum*, una plaga común en granos almacenados. Los estudios demostraron que estos aceites causaron una mortalidad superior al 50% en las primeras 24h de exposición y actuaron como potentes repelentes, contribuyendo a la preservación de alimentos almacenados (Espitia Yanes, 2011).

El aceite esencial de *Lippia alba* ha sido evaluado en el control del pulgón de la papa (*Aulacorthum solani*), observándose que, aunque no causa una mortalidad inmediata, afecta su longevidad y fecundidad (Tacaliti et al., 2024). En otro estudio, se ha reportado que los aceites de *Eucalyptus globulus* y *Origanum vulgare* han demostrado una alta eficacia contra *Aphis craccivora*, alcanzando una mortalidad significativa en tiempos de exposición reducidos, con dosis de 3  $\mu$ l (Escobar Quispe et al., 2024). La actividad de los aceites esenciales ha sido también documentada en el control de plagas en granos almacenados, como *Tribolium castaneum*, donde los extractos de *Siparuna guianensis* y *Piper marginatum* han mostrado efectos repelentes y letales, logrando una erradicación del 100% en 72h con concentraciones de 500  $\mu$ l/mL (Pino-Benítez et al., 2024).

El impacto de los aceites esenciales en el manejo de plagas del suelo, como *Tecia solanivora*, ha sido evaluado en cultivos de papa, revelando que los compuestos extraídos de *Ocimum basilicum* pueden reducir significativamente la viabilidad de los huevos. Las aplicaciones directas sobre el sustrato y los tubérculos han evidenciado su efectividad como una alternativa viable al uso de plaguicidas convencionales (Ramírez et al., 2010).

De manera similar, el limoneno, compuesto mayoritario del aceite esencial de (*Citrus sinensis*), ha mostrado ser un insecticida eficaz y un potente repelente. En pruebas realizadas contra *Musca doméstica*, este aceite logró una mortalidad del 100% a concentraciones del 40% después de 48h en condiciones de laboratorio. Sin embargo, su efectividad disminuyó en pruebas de campo, lo que sugiere la necesidad de optimizar su aplicación en ambientes menos controlados (Bello Fandiño & Velasco Méndez, 2019). La cáscara de

naranja, un subproducto agrícola común, se presenta como una fuente valiosa y económica para la extracción de limoneno. Este enfoque no sólo aprovecha un residuo agrícola, sino que también promueve la economía circular al reducir la generación de desechos. Además, el aceite esencial de naranja dulce ha sido evaluado contra una variedad de plagas, incluidas moscas, ácaros y lepidópteros, mostrando propiedades repelentes e insecticidas significativas. Estos resultados subrayan el potencial del limoneno como un componente clave en bioplaguicidas sostenibles (Leyva-Silva et al., 2017; Martínez, 2003).

El desarrollo de bioplaguicidas a partir de residuos orgánicos como las cáscaras de naranja no solo aborda la problemática ambiental, sino que también proporciona soluciones viables para agricultores que buscan alternativas ecológicas. Esta estrategia contribuye a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y minimiza el impacto de los pesticidas tradicionales en los ecosistemas y la salud humana (Yela, V. A., Delgado, V., 2010).

A pesar de los resultados prometedores, la eficacia de estos compuestos varía en función del método de aplicación, la especie objetivo y las condiciones ambientales. En algunos casos, los aceites esenciales no eliminan a las plagas de manera inmediata, pero alteran su desarrollo, lo que puede contribuir al control a largo plazo (Tacaliti et al., 2024). En otros contextos, su acción letal es evidente en periodos cortos de exposición, sugiriendo su potencial para reemplazar plaguicidas sintéticos en ciertas aplicaciones agrícolas (Pino-Benítez et al., 2024). La combinación de diferentes aceites esenciales y la estandarización de sus concentraciones podrían mejorar su eficacia y estabilidad en el tiempo, abriendo nuevas oportunidades para la agricultura sostenible (Escobar Quispe et al., 2024).

Las investigaciones en este campo continúan, buscando integrar estos compuestos en estrategias de manejo integrado de plagas que minimicen el uso de agroquímicos y maximicen la eficiencia en el control de organismos nocivos para los cultivos (Ramírez et al., 2010).

### ***2.1.1 Biomasa***

La biomasa comprende la totalidad de la materia orgánica de origen biológico ya sea vegetal (madera, restos agrícolas, residuos forestales), animal (estiércol, desechos ganaderos) o microbiano que acumula la energía

captada por las plantas durante la fotosíntesis y que puede aprovecharse como fuente de energía renovable mediante procesos termoquímicos, bioquímicos o fisiológicos. Al emplearse como combustible sólido, líquido (bioetanol, biodiésel) o gaseoso (biogás), libera la energía almacenada en su estructura molecular y emite dióxido de carbono equivalente al absorbido en su crecimiento, contribuyendo así a un balance de carbono más equilibrado y a la mitigación del cambio climático. Gracias a su capacidad de regeneración continua y a su versatilidad como materia prima para bioenergía y bioproductos de valor añadido, la biomasa se considera un recurso clave en la transición hacia sistemas energéticos más sostenibles (Coronado Ortega & Ayala Bautista, 2023; Bustamante, 2016).

Existen varios tipos de biomasa que se pueden aprovechar como fuente de energía. Por ejemplo, están los residuos agrícolas, como la paja que queda después de cosechar el trigo, los restos de poda de árboles frutales, o las cáscaras de frutos como la almendra y las aceitunas. También se usa la madera proveniente de los bosques o de trabajos en carpinterías, como las virutas o los restos de serrerías. Otro tipo de biomasa son los residuos ganaderos, como el estiércol, que se puede transformar en biogás. Incluso los residuos de comida y la parte orgánica de la basura que se genera en las ciudades son consideradas biomasa, ya que también pueden servir para producir energía. Estos materiales, en vez de ser desechos, se pueden aprovechar para obtener calor, electricidad o combustibles como el biogás. (Arauzo et al., 2014; Romero Salvador, 2010).

### ***2.1.2 Las aplicaciones de la biomasa.***

La creación de biomasa involucra el cultivo y la recolección de materiales orgánicos, como árboles, cultivos energéticos o residuos de plantas, y su posterior procesamiento. Por ejemplo, la madera se puede obtener de bosques gestionados de manera sostenible, y los residuos de alimentos se generan en procesos de producción y consumo (Romero Salvador, 2010). Estos materiales orgánicos se convierten en biomasa utilizable a través de diversas tecnologías, como la combustión, la fermentación, la gasificación y el pirólisis. En las industrias agroalimentarias y agrícolas se generan residuos que pueden ser utilizados como valiosos recursos. Algunos ejemplos incluyen las semillas de frutas de las industrias de conservas vegetales,

los orujos de las productoras de vinos, aceites, y las cáscaras de frutos secos en las empresas de elaboración. Es importante resaltar que, una porción considerable de estos residuos encuentra aplicación en diversas industrias, lo cual favorece su reutilización y disminución de desechos (Romero Salvador, 2010).

### ***2.1.3 Residuos orgánicos de procedencia vegetal***

Los residuos orgánicos de procedencia vegetal se refieren a los desechos que se originan a partir de la materia vegetal generada en actividades agrícolas y agroindustriales. Es decir, comprenden restos de cosechas, hojas, tallos, cáscaras y otros subproductos que no se destinan al consumo o la comercialización. Estos materiales, al tener un alto contenido de materia orgánica y nutrientes, pueden ser transformados en abonos naturales mediante procesos de compostaje, lo que ayuda a mejorar la fertilidad del suelo y a promover prácticas agrícolas sostenibles. Además, su aprovechamiento no solo contribuye a reducir el volumen de desechos, sino que también permite obtener energía alternativa a partir de la biomasa, cerrando ciclos productivos y disminuyendo el impacto ambiental (Navarro Pedreño et al., 1995; Romero Salvador, 2010). En el marco de la agricultura orgánica, el manejo adecuado de estos residuos es fundamental para mantener un equilibrio ecológico y favorecer la salud del agroecosistema, al tiempo que se estimula el aprovechamiento integral de los recursos naturales (Nieto Garibay et al., 2010).

Los residuos orgánicos de procedencia vegetal se distinguen por una serie de propiedades que los hacen valiosos para la agricultura y el manejo sostenible del suelo. Desde el punto de vista físico, suelen presentar un alto contenido de humedad y una textura fibrosa que favorece la aireación y retención de agua, características esenciales para la degradación y el proceso de compostaje (Navarro Pedraño et al., 1995). Químicamente, se reconocen por su elevada relación carbono-nitrógeno, lo que determina la velocidad de descomposición y la liberación gradual de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio. Además, estos residuos contienen compuestos orgánicos estructurales como la celulosa, hemicelulosa y lignina y suelen exhibir un pH cercano a la neutralidad, lo que facilita la actividad enzimática en el suelo (Romero Salvador, 2010). Desde la perspectiva biológica, su alta biodegradabilidad los convierte en una fuente ideal para la

acción de microorganismos, promoviendo la formación de humus y mejorando la fertilidad del agroecosistema (Nieto Garibay et al., 2010). Estas propiedades integradas permiten transformar los residuos en abonos naturales, cerrando ciclos de nutrientes y contribuyendo al equilibrio ambiental.

En la labor agrícola se generan diversos subproductos vegetales que, aunque a menudo se descarten, tienen un gran potencial de reutilización. Por ejemplo, en muchos campos se acumulan restos de cultivos como tallos y hojas que, al ser incorporados al suelo mediante compostaje, pueden enriquecer la tierra y favorecer la producción de nuevos cultivos. De igual manera, las operaciones de poda en huertos y áreas verdes producen recortes de ramas y brotes que, tras su adecuada transformación, actúan como fuente natural de nutrientes. En el ámbito del procesamiento alimentario, se obtienen cáscaras y pulpas de frutas y verduras que, al no cumplir con los estándares para su comercialización, se destinan a la elaboración de abonos orgánicos. Además, en la agroindustria destacan residuos como el bagazo de caña y la paja, materiales que, al ser aprovechados, contribuyen tanto a la mejora de la fertilidad del suelo como a la generación de energía a partir de la biomasa **Figura 3** (Meta AI). Estos ejemplos demuestran que, mediante un manejo adecuado, es posible transformar lo que inicialmente se considera desecho en recursos valiosos para la agricultura sostenible (Navarro Pedraño et al., 1995; Romero Salvador, 2010; Nieto Garibay et al., 2010).



**Figura 3.** *Residuos orgánicos vegetales*

#### **2.1.4** *Plaguicidas*

Los plaguicidas químicos han sido herramientas fundamentales en la agricultura contemporánea, ya que permiten controlar diversas plagas y aumentar la producción agrícola. Sin embargo, el uso indiscriminado

de estos productos ha generado problemas ambientales y de salud. lo que exige un manejo responsable (Ferrer,2003; Ondarza-Beneite,20217). Alguno de los plaguicidas se menciona en la **Tabla 2**

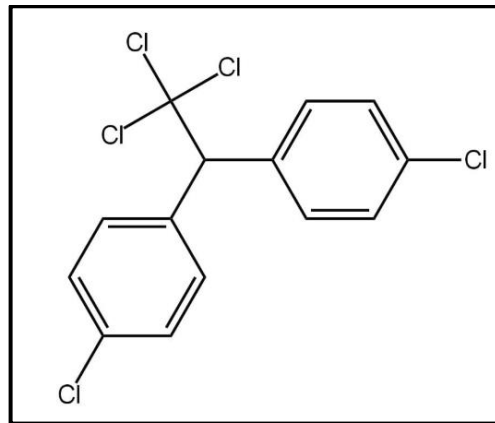
.Tabla 2. *Ejemplos de pesticidas sintéticos*

<b>Nombre del pesticida</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Acción</b>	<b>Referencia</b>
<b>Cipermetrina</b>	Piretroide	Afecta los canales de sodio en las células nerviosas, causando parálisis en los insectos.	Díaz & Betancourt, 2018; Yela, V. A., & Delgado, V ,2010
<b>Imidacloprid</b>	Neonicotinoide	Se une a los receptores de acetilcolina en los insectos, alterando su sistema nervioso.	Díaz & Betancourt, 2018; Yela, V. A., & Delgado, V 2010
<b>Clorpirifos</b>	Organofosforado	Inhibe la acetilcolinesterasa, causando sobreestimulación nerviosa en los insectos	Yela, V. A., & Delgado, V 2010; Ondarza-Beneitez, 2017
<b>Curbaril</b>	Carbamato	Bloquea la acetilcolinesterasa, afectando la transmisión de impulsos nerviosos.	Reyes-Ávila et al., 2024; Ondarza-Beneitez, 2017
<b>Tiametoxan</b>	Neonicotinoide	Actúa sobre el sistema nervioso central de los insectos al afectar los receptores nicotínicos de acetilcolina	Díaz & Betancourt, 2018; Yela, V. A., & Delgado, V ,2010.

#### 2.1.4.1 Clasificación de los plaguicidas químicos

Los plaguicidas se agrupan según su finalidad o composición química, lo que facilita su manejo y aplicación efectiva en la agricultura. Por su finalidad se dividen en cuatro categorías principales. Los insecticidas están diseñados para eliminar insectos perjudiciales que afectan los cultivos; los fungicidas previenen y controlan enfermedades causadas por hongos; los herbicidas se enfocan en eliminar maleza y plantas no deseadas; y los raticidas están dirigidos al control de roedores que dañan la producción agrícola (Ferrer, 2003).

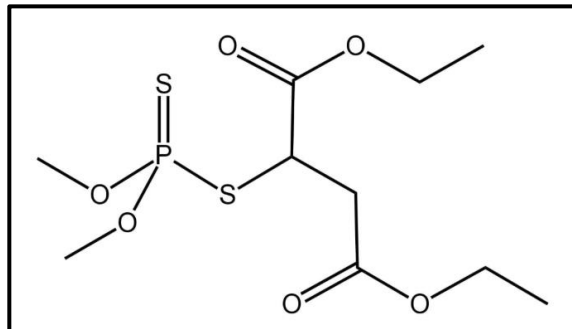
En cuanto a su composición química, los plaguicidas se clasifican en varios grupos. Los órganos clorados representados por compuesto como el dicloro difenil tricloroetano (DDT) como se observa en la **figura 4** (Elaboración propia, 2025). se caracteriza por poseer múltiples átomos de cloro unidos al anillo bencénico. Esta estructura química le da alta estabilidad y resistencia a la degradación ambiental, lo que favorece su bioacumulación. Su modo de acción radica en alterar el flujo de iones sodio en las membranas neuronales, causando hiperexcitación nerviosa en los insectos. Aunque efectivos, su uso ha sido restringido en muchos países debido a su persistencia y toxicidad (Ferrer, 2003)



**Figura 4.** *Dicloro difenil tricloroetano*

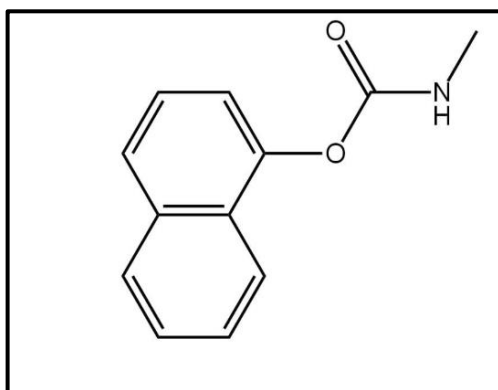
Los compuestos organofosforados como el malatión y el clorpirifos presentan un núcleo fosforado con enlaces P=O o P=S **Figura 5** (Elaboración propia, 2025), estructura esencial para su función insecticida. Estos inhiben la enzima acetilcolinesterasa, responsable de la degradación de la acetilcolina en las sinapsis, lo que provoca su acumulación y un bloqueo neuromuscular que paraliza al insecto. Aunque se degradan

más rápidamente que los organoclorados, su alta toxicidad para la salud humana y el medio ambiente exige un manejo estricto (Ferre, 2003; Ondarza-Beneitez, 2017).



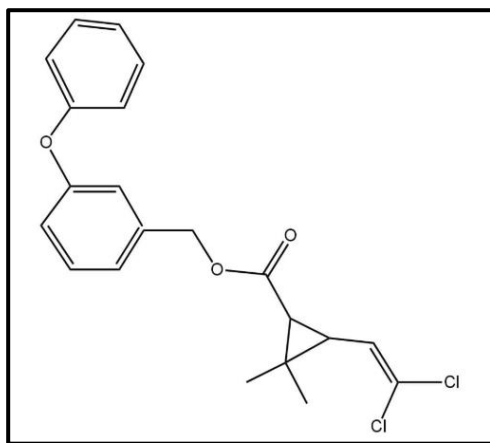
**Figura 5.** Malatión

Los carbamatos, como el curbaril **Figura 6** (Elaboración propia, 2025), contienen en su estructura un grupo químico de carbamato (-NHCOO-), al igual que los organofosforados, inhibe la acetilcolinesterasa, pero de manera reversible, lo que reduce su toxicidad relativa. Estos compuestos son menos persistentes en el ambiente y suelen emplearse en aplicaciones específicas debido a su perfil de seguridad moderado. No obstante, en concentraciones elevadas, también presenta riesgos neurotóxicos (Ferrer, 2003).



**Figura 6.** Carbaril

En cuanto a los piretroides, como la permetrina, son versiones sintéticas de las piretrinas, extraídas de plantas como el crisantemo. Su estructura química como se observa en la **Figura 7** (Elaboración propia, 2025), incluye un grupo éster que actúa sobre los canales de sodio en las membranas neuronales, causando hiperactividad y eventual muerte en los insectos. A diferencia de los organoclorados, los piretroides se degradan rápidamente en el ambiente y son menos peligrosos para los mamíferos, lo que los convierte en una opción más segura para el control de plagas (Ondanza-Beneitez, 2017).



**Figura 7.** *Permetrina*

#### 2.1.4.2 Consecuencias del mal uso de plaguicidas

El mal uso de los plaguicidas genera diversas consecuencias negativas tanto para la salud como para el medio ambiente. Estas sustancias, utilizadas intensivamente en la agricultura, pueden causar impactos graves cuando no se maneja de forma adecuada. El uso inadecuado de los plaguicidas puede provocar intoxicaciones agudas y crónicas. Estudios realizados en México han identificado que un alto porcentaje de intoxicación debido a prácticas de manejo inseguras, como la falta de equipo de protección personal y la manipulación en condiciones poco higiénicas (Hernández et al., 2007). Estas intoxicaciones afectan predominantemente a trabajadores del campo y sus familiares, a menudo están expuestos de forma directa a estas sustancias. Los organofosforados, unos de los grupos de plaguicidas más utilizados, han sido

vinculados con problemas neurológicos, respiratorios y endocrinos, además de trastornos como el párkinson y alteraciones en el desarrollo cognitivo infantil (Gálvez et al., 2018).

La organización mundial de la salud (OMS) ha reportado que cada año se registra aproximadamente tres millones de casos de intoxicaciones agudas por plaguicidas en el mundo, de los cuales al menos 220,000 resultan fatales, este impacto es especialmente evidente en países en desarrollo, donde el acceso limitado a medidas de seguridad y regulaciones contribuyen aún mayores incidencias de casos graves.

Adicionalmente los residuos de plaguicidas pueden contaminar alimentos y agua, lo que representa un riesgo para la población general. Investigaciones han mostrado concentraciones de estas sustancias en cuerpos de agua y alimentos, incrementando la exposición de la población a través de la cadena alimenticia (Díaz & Betancourt, 2018).

El uso indiscriminado de estos compuestos también afecta gravemente al medio ambiente. Estos compuestos se filtran al suelo y a las aguas subterráneas, alterando su calidad y perjudicando los ecosistemas locales. En particular, los plaguicidas organoclorados y organofosforados, conocido por su alta toxicidad y persistencia, contribuyendo a la bioacumulación en la cadena trófica, afectando a especies animales y vegetales (Ondanza-Beneítez, 2017)

Un estudio en regiones agrícolas en Sinaloa y Sonora destacó como los plaguicidas persistentes afectan la microflora del suelo, reduciendo la fertilidad y disminuyendo la actividad microbiana necesaria para mantener la salud del ecosistema (Gálvez et al., 2018). Además, se ha demostrado que algunos plaguicidas afectan negativamente las abejas, disminuyendo sus poblaciones y afectando los procesos de polinización esenciales para la producción de alimentos (Díaz & Betancourt, 2018).

#### **2.1.4.3 Clasificación toxicológica de los plaguicidas**

Los plaguicidas de origen químico contienen un componente potencialmente tóxico, conocido comúnmente como "principio activo". La toxicidad de este elemento o grupo de elementos debe ser cuidadosamente evaluada para su clasificación. Esta valoración se realiza mediante la medición de la Dosis Letal 50 (DL50), que representa la cantidad necesaria para causar la mortalidad del 50% de una población, generalmente

probada en ratas (Díaz & Betancourt, 2018). La Organización Mundial de la Salud (OMS) categoriza los plaguicidas en cinco grupos distintos, basándose en los valores de DL50 por vía oral (generalmente obtenidos a través de pruebas en ratas) y el color de la etiqueta correspondiente (Díaz y Aguilar, 2018) Ver

**Tabla 3.**

**Tabla 3.** Clasificación toxicológica de los plaguicidas (Elaboración propia, con datos tomado de la OMG)

Clase	Toxicidad	DL50 oral (mg/kg)	Ejemplo
A	Extremadamente tóxico	Menor a 5	Paratión, Metil-paratión
B	Altamente tóxico	5 a 50	Aldicarb, Forato
C	Moderadamente tóxico	50 a 500	Malatión, Cipermetrin
D	Ligeramente tóxico	500 a 5,000	Glifosato

Como puede observarse en la **Tabla 3**, la Organización mundial de la salud (OMS) clasifica los plaguicidas en cuatro categorías según su DL50 dérmica (World Health Organization, 2022).

- Plaguicidas Clase "A" (extremadamente tóxicos). Estos compuestos son extremadamente tóxicos y deben evitarse todo contacto con la piel, boca y vías respiratorias. Se requiere manipulación mecanizada y equipo de protección.
- Plaguicidas Clase "B" (altamente tóxicos). Pueden causar intoxicaciones con manipulación incorrecta y requieren precauciones similares a la Clase "A".

- Plaguicidas Clase "C" (tóxicos), menos tóxicos, pero aún peligrosos. Se necesita protección y cuidado personal.
- Plaguicidas Clase "D" (menos tóxicos), tienen la menor toxicidad y requieren prácticas básicas de protección, esta clasificación ayuda a manejar los riesgos de manera apropiada.

### **2.1.5 Bioplaguicidas**

Los bioplaguicidas son agentes derivados de materiales naturales como plantas, microorganismos y minerales, empleados para el manejo sustentable de plagas en la agricultura. A diferencia de los pesticidas sintéticos, los bioplaguicidas tienen un menor impacto ambiental y tóxico, además de ser biodegradables. Estos productos han ganado relevancia como respuesta a los crecientes problemas de resistencia de las plagas a químicos tradicionales y a las regulaciones más estrictas sobre el uso de agroquímicos (Reyes-Ávila et al., 2024; Ondarza-Beneitez, 2017).

Entre las principales ventajas de los bioplaguicidas destaca su alta especificidad hacia plagas objetivo, la conservación de organismos benéficos como polinizadores, y su compatibilidad con los métodos integrados de manejo de plagas (MIP). Asimismo, su origen natural y rápida descomposición contribuye a minimizar la contaminación del suelo y las fuentes de agua (Díaz & Betancourt, 2018).

Los bioplaguicidas se clasifican en: microbianos, botánicos, bioquímicos y protectores incorporados a plantas (PIP).

Los bioplaguicidas abarcan varias estrategias basadas en organismos y sustancias naturales para controlar plagas de manera más amigable con el medio ambiente. Por un lado, los microbianos emplean bacterias como *Bacillus thuringiensis*, hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* o incluso ciertos virus que, al infectar a los insectos, interrumpen su digestión o su ciclo de vida; se usan con éxito en cultivos de algodón, caña de azúcar y tomate. Los botánicos, en cambio, se extraen directamente de las plantas: los aceites esenciales y compuestos secundarios, como la azadiractina del neem (*Azadirachta indica*), interfieren en las hormonas de los insectos y frenan su desarrollo. Entre los bioquímicos encontramos feromonas y reguladores de crecimiento que modifican el comportamiento reproductivo o alimenticio de

las plagas, por ejemplo, para atraerlas a trampas y reducir su número antes de que causen daño. Finalmente, los Protectores Incorporados a Plantas (PIP) son variedades genéticamente modificadas como el maíz Bt que generan de forma interna proteínas tóxicas específicas para ciertos insectos, contribuyendo a disminuir el uso de agroquímicos convencionales y a proteger los cultivos de forma sostenible.

Frente al creciente impacto ambiental de los plaguicidas sintéticos, los bioplaguicidas vegetales, también conocidos como botánicos, se destacan como una alternativa sustentable al uso de plaguicidas sintéticos, gracias a su capacidad para controlar plagas agrícolas y su menor impacto ambiental. Entre los ejemplos notables se encuentran los aceites esenciales extraídos de plantas con actividad insecticida o repelente.

El aceite esencial de eucalipto, que contiene cineol como compuesto activo principal, ha demostrado eficiencia en el control de plagas como *planococcus citri* y el pulgón en cultivos ornamentales y frutales. De manera similar, el ajo es reconocido por su contenido de compuestos sulfurados, como la alicina, que posee propiedades repelentes y antibacterianas útiles en la agricultura (Aguirre & Delgado, 2010).

Por otro lado, los extractos del neem (*Azadirachta indica*), rico en azadiractina, ha sido utilizado con éxito en el control de insectos como la mosca blanca en algodón. Este bioplaguicida destaca por su acción insecticida y regulador del crecimiento en insectos (Ondarza-Beneitez, 2017). Además, extractos de *citrus sinensis* (naranja dulce) han sido evaluados tanto en laboratorio como en campo, mostrando eficacia como repelente y una moderada mortalidad de *musca domestica* (Bello Fandiño & Velasco Mendez, 2019). Otra planta relevante es *Cymbopogon* (limoncillo), cuyos aceites esenciales han mostrado una alta eficacia repelente y capacidad insecticida contra *tribolium castaneum*. Este efecto subraya el potencial de los aceites esenciales en el manejo integrado de plagas (Epitia Yanes, 2011). Asimismo, los extractos de *Sambucus nigra* se han explorado como resultados prometedores en el control de plagas específicas en condiciones controladas (Pineda prieto & Ortiz Morales, 2015).

El uso de bioplaguicidas vegetales representa un enfoque compatible con prácticas agrícolas sustentables y la seguridad alimentaria, reduciendo la dependencia de productos químicos sintéticos (Reyes-Ávila et al., 2024; Ondarza-Beneitez, 2017).

### ***2.1.6 Aceites esenciales***

Los aceites esenciales son sustancias volátiles obtenidas de distintas partes de las plantas mediante diversos procesos de extracción. Estas esencias naturales son conocidas por sus aromas característicos y por las propiedades beneficiosas que ofrecen en diferentes ámbitos. Generalmente, se extraen a través de la destilación por arrastre de vapor, aunque también pueden obtenerse mediante prensado en frío o utilizando solventes, dependiendo del tipo de planta y de la finalidad del producto (Martínez, 2001). Su composición está formada por metabolitos secundarios, como los terpenos y otros compuestos aromáticos, que son responsables no solo de su olor, sino también de sus efectos terapéuticos y biológicos. Estos metabolitos se distribuyen de manera particular entre distintos grupos de especies vegetales y, en las plantas, cumplen funciones ecológicas claves, como la defensa contra plagas y microorganismos, además de atraer polinizadores (Aníbal, 2018).

Debido a sus propiedades, los aceites esenciales se han consolidado como recursos valiosos en industrias como la cosmética, alimentaria y farmacéutica. Además, tienen aplicaciones relevantes en la agricultura, donde son empleados como alternativas naturales para el control de plagas y como repelentes. Su versatilidad también los hace protagonistas en la medicina tradicional y en terapias alternativas, como la aromaterapia, donde su uso busca estimular el bienestar físico y emocional (Ramírez et al., 2010; Pineda prieto & Ortiz Morales, 2015).

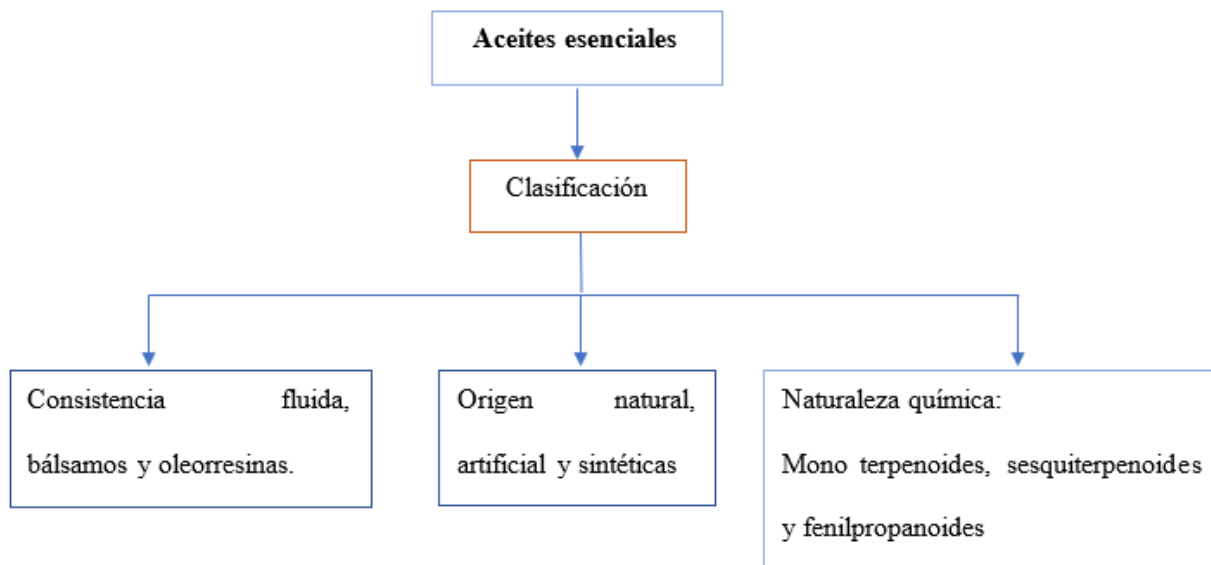
Una de las características más relevantes de los aceites esenciales es su capacidad para evaporarse con facilidad, lo que les permite dispersar rápidamente sus aromas en el aire. Esta volatilidad es fundamental para su eficacia en aplicaciones como la aromaterapia y en la elaboración de repelentes e insecticidas naturales (Espitia Yanes, 2011). Otra propiedad destacada es su afinidad por las sustancias lipídicas, lo que les facilita atravesar membranas celulares. Gracias a esta lipofilia, los aceites esenciales actúan con eficacia en la eliminación de microorganismos y como antioxidantes (Reyes-Ávila et al., 2024).

Además, los componentes químicos presentes en estas esencias suelen contener grupos funcionales que interfieren en funciones vitales de bacterias, hongos e insectos. Esta acción puede manifestarse a través de

la interrupción de rutas metabólicas esenciales o por el deterioro de estructuras celulares, provocando así la inhibición del crecimiento o la muerte de dichos organismos (Martínez, 2001; Espitia Yanes, 2011).

Los aceites esenciales se pueden categorizar en función de su composición química, consistencia y origen, lo que facilita comprender sus prioridades y usos. Según la composición química, se dividen en varias clases, los monoterpenos, que contienen 10 átomos de carbono, son comunes en plantas como el eucalipto y la menta y se caracteriza por su volatilidad y aroma fresco o cítricos. Por otro lado, los sesquiterpenos, compuestos por 15 átomos de carbono, presentan menor volatilidad y están presentes en especies como el clavo y la copaiba, donde ofrecen propiedades antiinflamatorias. Los fenilpropanos, derivados del ácido shikímico, destacan por su actividad antimicrobiana y aromas intensos, con ejemplos como el eugenol del clavo y el cinamaldehído de la canela. Además, los compuestos azufrados, como los del ajo poseen un olor penetrante y propiedades bactericidas, mientras que los ésteres y óxidos, como el cineol del eucalipto, son reconocidas por las aplicaciones medicinales (Martínez, 2003).

En cuanto a su consistencia se agrupan en tres categorías principales. Las esencias fluidas son líquidos volátiles a temperatura ambiente, comunes en plantas aromáticas y cítricos. Los bálsamos, de mayor densidad y menor volatilidad, incluyen ejemplos como el bálsamo de Perú, ampliamente utilizados en productos medicinales y cosméticos. Por último, las oleorresinas son sustancias viscosas o semisólidas que concentran el aroma de las plantas como ocurre en la pimienta negra o el clavo (Martínez, 2003). Esta clasificación se puede detallar de forma más resumida en la **Figura 8** (Elaboración propia con datos tomados de Díaz & Betancourt, 2018).



**Figura 8.** Clasificación de aceites esenciales.

La extracción de aceites esenciales, compuestos aromáticos concentrados presentes en diversas partes de las plantas, ha evolucionado a lo largo del tiempo, integrando métodos tradicionales y técnicas modernas para optimizar su pureza y rendimiento. Los principales procedimientos incluyen Hidrodestilación, extracción con solventes volátiles, prensado en frío, enflorado y extracción con fluidos supercríticos. Cada técnica tiene aplicaciones específicas según la naturaleza del material vegetal y las propiedades deseadas del aceite esencial.

La destilación por arrastre con vapor es uno de los métodos más utilizados debido a su eficiencia y capacidad para preservar los compuestos volátiles. Este proceso implica calentar el material vegetal con vapor de agua para liberar las sustancias aromáticas, las cuales se condensan y separan posteriormente de la fase acuosa. Este método se utiliza ampliamente para extraer aceites de plantas como *Cymbopogon citratus* y *Lavandula angustifolia* (Martínez, 2003; Espitia Yanes, 2011).

Otro enfoque tradicional es la extracción con solventes volátiles, donde sustancias como hexano o etanol disuelven los compuestos aromáticos. Este método es útil para materiales vegetales delicados como flores

de jazmín o rosa, que pueden dañarse con el calor. Sin embargo, la purificación posterior es esencial para eliminar los residuos de solventes y garantizar un producto seguro (Akhtar & Isman, 2004).

El prensado en frío se aplica principalmente a frutas cítricas como naranjas y limones, cuyos aceites esenciales están presentes en el pericarpio. Este método, que no requiere calor, garantiza la conservación de los componentes volátiles y minimiza el riesgo de alteraciones químicas, siendo una técnica clave en la industria alimentaria y cosmética (Navarro et al., 2015; Rueda, 2007).

En contraste, el enflorado, una técnica histórica, implica la absorción de compuestos aromáticos en grasas animales o vegetales mediante contacto directo con las flores. Este procedimiento, aunque efectivo para flores delicadas como el jazmín, es costoso y menos empleado en la actualidad debido a la aparición de métodos más eficientes (Martínez, 2003).

Por último, la extracción con fluidos supercríticos, utilizando principalmente dióxido de carbono, representa una tecnología moderna con numerosas ventajas. Este método opera bajo altas presiones y temperaturas controladas, lo que permite una extracción selectiva de los compuestos deseados sin necesidad de solventes tóxicos. Su aplicación se ha extendido en la extracción de aceites esenciales de alta calidad, como el de romero y eucalipto, destacando por su respeto al medio ambiente y su capacidad para preservar la integridad química de los aceites (Armenta et al., 2023).

En resumen, la selección del método de extracción depende del tipo de planta, la sensibilidad de los compuestos volátiles y el uso final del aceite esencial. Las innovaciones tecnológicas han mejorado significativamente la eficiencia y sostenibilidad de los procesos, garantizando aceites esenciales de alta pureza y valor comercial.

## Capítulo 3. Metodología

### 3.1 Tipo de estudio

La presente investigación se realizó con un enfoque cuantitativo y un diseño experimental de tipo causal-explicativo, utilizando 3.3 kg de cáscaras de *Citrus sinensis*. El proceso incluyó la obtención, extracción, caracterización y evaluación del aceite esencial obtenido, con el objetivo de realizar pruebas de laboratorio con 8 repeticiones para comprobar la validez de la hipótesis. El estudio se centró en evaluar la eficacia insecticida del aceite esencial de *Citrus sinensis* frente a la plaga de pulgones (*Aphididae*), utilizando diferentes concentraciones del aceite: 6% v/v, 8%v/v, 10%v/v y 12%v/v.

Para analizar los datos obtenidos, se utilizó un modelo estadístico de análisis ANOVA de un solo factor con el propósito de establecer la relación entre la concentración del aceite esencial y la mortalidad de los pulgones. Este análisis permitió identificar diferencias estadísticas significativas, la variabilidad entre los grupos, la efectividad relativa de las concentraciones, la relación dosis-respuesta, el coeficiente de determinación y la concentración efectiva al 50% v/v (EC50). Asimismo, el software estadístico Minitab fue utilizado para realizar los cálculos pertinentes y se elaboraron gráficos de superficie de respuestas transformadas para representar los datos obtenidos en Matlab.

El desarrollo experimental permitió evaluar la sensibilidad diferencial entre individuos adultos y jóvenes.

### 3.2 Método de obtención de materia prima

La materia prima utilizada en el presente estudio consistió en cáscaras de naranja provenientes de establecimientos dedicados a la producción de jugos naturales. Se estableció comunicación con los trabajadores de dichos lugares, quienes, tras ser informados sobre los objetivos del proyecto, estuvieron de acuerdo en colaborar con el suministro del material necesario. En total, se recolectaron 3.3 kg de cáscaras de naranja ligeramente maduras, las cuales fueron colocadas en un contenedor limpio para su transporte. Posteriormente, las cáscaras fueron trasladadas al laboratorio, donde se almacenaron, hasta su procesamiento.

### 3.3 Selección de la plaga

La selección de la plaga para el estudio se realizó mediante un análisis detallado de las especies presentes en los cultivos del valle de Mexicali. Inicialmente, se identificaron varias especies de plagas que afectan de manera significativa a los cultivos locales. Entre estas, se incluyeron el gorgojo de suelo, la palomilla marrón de la manzana, el gusano cortador y los pulgones. Cada una de estas especies fue evaluada en función de su disponibilidad en el campo y su comportamiento en condiciones controladas.

La evaluación se llevó a cabo de la siguiente manera: primero, se obtuvo información cualitativa mediante entrevistas semiestructuradas a cuatro agricultores en el ejido Veracruz , quienes realizaron un mapeo de las zonas afectadas las preguntas surgieron de forma espontánea durante la conversación, orientada a conocer su experiencia directa con el problema algunas de las preguntas fueron: ¿cuál ha sido la plaga más común durante la temporada?, que tipo de daño ha generado?, ¿cómo realiza el manejo integral de plagas? ¿Hay alguna zona o cultivo específico donde el problema sea más? Estas preguntas permitieron dar a conocer la aparición de plagas en cultivos como hortalizas, trigo y otros; posteriormente, se realizó la observación directa en las áreas agrícolas, recorriendo las parcelas para constatar la presencia o ausencia de los insectos y, en los casos positivos, contabilizar su número por unidad muestreada (hoja, planta o metro cuadrado) para estimar la densidad poblacional utilizando la técnica por mapeo. Finalmente, todos los datos se registraron en fichas de campo y se complementaron con fotografías de los focos de infestación para su análisis. El ejemplo de la ficha de campo utilizada para la observación directa se aprecia en la **tabla 4** (Elaboración propia,2025).

**Tabla 4.** *Ficha de campo*

Variable	Dato registrado
Fecha	Febrero – marzo de 2024
Nombre del productor o parcela	Agricultor 1 – Ejido Jijilpa
Ubicación / Coordenadas	Ejido Jijilpa, Valle de Mexicali

Cultivo observado	Hortalizas y trigo
Etapa fenológica del cultivo	Diversas (según el cultivo observado)
Tipo de plaga observada	Variada según parcela: pulgón, gusano, mosquita blanca
Estadio del insecto	Ninfa y adulto
Unidad de muestreo	Planta / hoja / metro cuadrado
Área muestreada	Huertos: > 5 m <sup>2</sup> ; Campo abierto: > 10 m <sup>2</sup>
Densidad poblacional estimada	Variable según especie; en algunos casos se reportaron hasta 30 individuos por planta
Síntomas observados en el cultivo	Hojas dañadas, enrollamiento, pérdida de vigor, clorosis
Condiciones climáticas	Cálidas y secas (promedio: 25–30 °C)
Productos aplicados previamente	Insecticidas convencionales (según el agricultor)
Observaciones generales	La presencia de plagas fue confirmada visualmente y coincidió con lo reportado por los agricultores. Se evidenció posible resistencia y baja efectividad de tratamientos tradicionales

Posteriormente, con el fin de asegurar la fiabilidad de los ensayos, se definieron las características biológicas de cada especie con base en una revisión de la literatura especializada y estudios previos. Se prestó especial atención a su capacidad de reproducción en cautiverio y su tasa de supervivencia en condiciones de laboratorio; sobre estos datos se midieron parámetros, el tiempo de desarrollo larvario adulto y la supervivencia durante dos semanas bajo condiciones controladas de temperatura, humedad. Solo

aquellas especies que mostraron reproducción constante, supervivencia superior al 80% v/v y buena adaptación al entorno simulado fueron incluidas en el experimento principal, garantizando que cualquier variación en su respuesta se atribuyera al tratamiento con aceites esenciales y no al estrés o mortalidad natural.

### 3.4 Método de extracción del aceite esencial

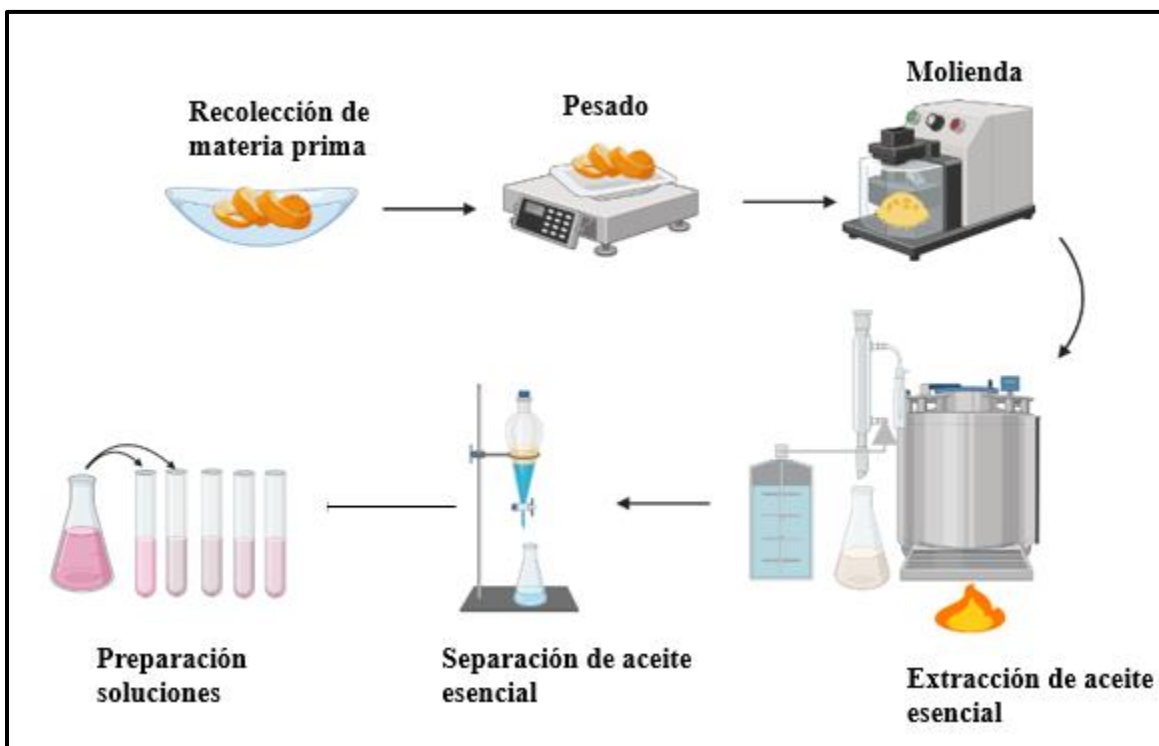
La materia prima fue pesada y posteriormente triturada a 2,500 rpm con una duración de 0.15s, luego la extracción se llevó a cabo en el equipo de hidrodestilación el cual cuenta con un sistema de calentamiento, tanque extractor, tuberías de gas y vapor, un condensador y un decantador como se indica en la **Figura 9** (Armenta et al., 2023).



**Figura 9.** Sistema de extracción

Se agregaron 6 L de agua con 3.3 kg de cáscaras de naranja preparadas para la primera corrida, con un tiempo de aproximadamente 40 min. Este proceso se repitió por duplicado. El aceite obtenido se separó de la fase acuosa del aceite esencial y fue almacenado en recipientes oscuros para prevenir su degradación por

la luz. Con dicho aceite, se prepararon soluciones de distintas concentraciones (6% v/v, 8% v/v, 10% v/v, 12% v/v) utilizando además de *citrus sinensis* como materia base, alcohol isopropílico y Tween 80 para mejorar la miscibilidad en agua. Todo el proceso del método de la obtención del aceite esencial se puede observar la **Figura 10** (elaboración propia, 2025), donde se ilustra cada paso, por el cual se procesó la materia prima hasta obtener el aceite esencial y por último las soluciones de aceite esencial.



**Figura 10.** *Proceso de obtención del aceite esencial*

### 3.5 Método del consumo energético

Para estimar la huella de carbono generada durante el proceso de extracción de aceite esencial a partir de cáscaras de naranja, se describen a continuación las etapas clave del proceso, incluyendo los consumos energéticos y materiales asociados a cada una de ellas. Esta información será utilizada posteriormente para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), expresadas en kg de CO<sub>2</sub> equivalente, con base en factores de emisión reconocidos (por ejemplo, IPCC o bases de datos como Ecoinvent).

### ***3.5.1 Recolección y transporte de la materia prima***

Las cáscaras de naranja fueron recolectadas en un establecimiento dedicado a la elaboración de jugos naturales, ubicado dentro de la misma localidad del laboratorio, minimizando así el impacto por transporte.

Preparación inicial: selección, pesado y molienda

Una vez en el laboratorio, se seleccionaron las cáscaras más maduras y en buen estado. Estas se pesaron y posteriormente se sometieron a una molienda durante 20 segundos a una velocidad de 2.500 rpm.

Las cáscaras molidas se introdujeron en un equipo de hidrodestilación a escala piloto durante 40 minutos.

En esta etapa se registraron dos consumos principales:

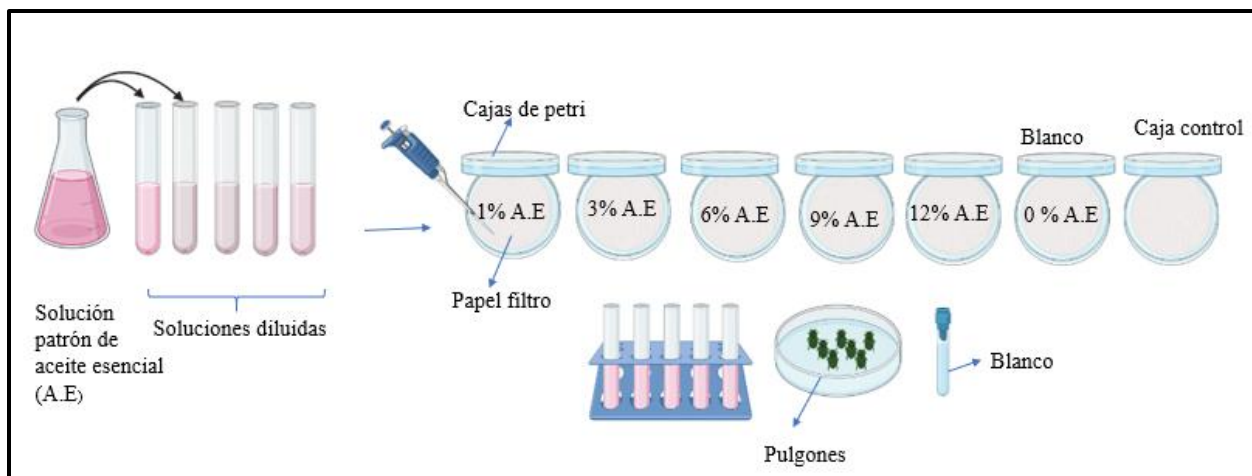
Energía térmica: Se utilizó un flujo de calor de 33,99 MJ/h, cuya fuente (eléctrica o gas) será identificada para aplicar el factor de emisión correspondiente.

Agua de recirculación: Se operó una bomba de 373 W/h para mantener el flujo continuo. También se contabilizó el volumen total de agua utilizado y la energía para impulsarla.

## **3.6 Diseño experimental**

### ***3.6.1 Pruebas biológicas***

El procedimiento experimental inició con la preparación de soluciones de aceite esencial de *Citrus sinensis* en concentraciones del 1% v/v, 3% v/v, 6% v/v, 9% v/v y 12% v/v, además de una solución control y una concentración al 100%. Para garantizar la estabilidad de las soluciones, se empleó un Tween 80 como emulsificante, lo que permitió una adecuada homogenización del aceite en el medio líquido. Estas soluciones fueron utilizadas para impregnar papel filtro, el cual se colocó en cajas de Petri, asegurando la uniformidad en la aplicación del tratamiento, el montaje experimental se observa en la **Figura 11** (Elaboración propia, 2025).



**Figura 11.** *Montaje experimental*

La evaluación se llevó a cabo utilizando individuos de la plaga seleccionada en distintas etapas de desarrollo (jóvenes y adultos), asignando cuatro especímenes a cada caja de Petri. En cada caja, el papel filtro impregnado con una de las soluciones sirvió como sustrato de exposición. Durante el experimento, las cajas fueron mantenidas en condiciones ambientales controladas como lo fue la temperatura, luminosidad con el fin de evitar interferencias externas que pudieran afectar el desarrollo del estudio. El tiempo de exposición varió entre 2 y 4 h.

Para garantizar la validez y reproducibilidad del experimento, se realizaron dos réplicas por cada concentración. Además, se incluyó un grupo control con papel filtro sin tratamiento, permitiendo descartar cualquier efecto no relacionado con la aplicación del aceite esencial.

Para las pruebas finales, se realizaron ajustes en las concentraciones evaluadas, enfocándose en niveles que mostraron mayor efectividad en la fase exploratoria. Se establecieron concentraciones del 6% v/v, 8% v/v, 10% v/v y 12% v/v, optimizando así el ensayo biológico para centrar la evaluación en los rangos de mayor impacto sobre la plaga. Adicionalmente, se mejoró la formulación de la solución empleando Tween 80 como emulsificante, lo que permitió una mayor estabilidad y mejor dispersión del aceite esencial en el medio de aplicación. En esta fase final, se incrementó el número de individuos expuestos a seis por cada caja de Petri, manteniendo las mismas condiciones de control y exposición establecidas en la fase exploratoria. Asimismo, se añadió una caja de Petri adicional con la concentración letal (CL50) **Figura 12**

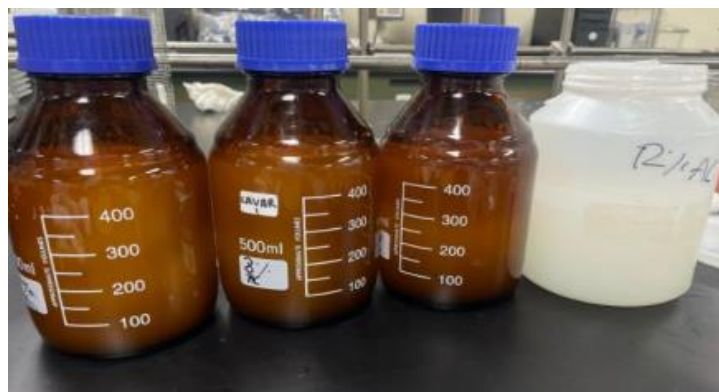
(Elaboración propia, 2025), es decir, la dosis del aceite esencial que provoca la muerte del 50 % de los individuos expuestos bajo condiciones controladas que permite definir con mayor precisión el umbral de efectividad del bioplaguicida. Gracias a este ajuste, se obtuvo información más exacta sobre la capacidad del aceite esencial para controlar la plaga objetivo.



**Figura 12.** *Pruebas biocidas*

### **3.6.2** *Pruebas exploratorias de fitotoxicidad*

En este estudio, se prepararon cuatro soluciones con diferentes concentraciones de aceite esencial como se observa en la **Figura 13** (Elaboración propia, 2025), a concentraciones de 6% v/v, 8% v/v, 10% v/v, 12% v/v, de aceite esencial.



**Figura 13.** *Control de pulgones vs concentración*

Cada una con un volumen de 500 mL, estas soluciones fueron aplicadas en dos especies ornamentales, *Hibiscus sabdariffa* (Jamaica) y *Ocimum basilicum* (albahaca), las cuales se monitorearon cada 5 días para evaluar posibles efectos fitotóxicos. Como control, se incluyeron plantas que no recibieron el tratamiento, con el fin de descartar factores externos que pudieran influir en el crecimiento y desarrollo de las plantas. En la **Figura 14** (Elaboración propia, 2025), se observan las especies en el momento de la aplicación.



**Figura 14.** *Aplicación de las soluciones*

### **3.6.3 Pruebas biocidas en campo**

Se realizaron pruebas de aplicación de biocidas en un área de aproximadamente 50 metros cuadrados, donde se encontraban cultivos de brócoli, pak choi, acelga, betabel, turnip, lechuga romana, rúcula y repollo. La

aplicación se llevó a cabo mediante un sistema de aspersión manual como se muestra en la **Figura 15** (Elaboración propia, 2025)



**Figura 15.** *Aspersor manual*

Asegurando una distribución homogénea del producto sobre cada grupo de cultivos. Se establecieron diferentes concentraciones del biocida, incluyendo un tratamiento control sin aplicación, distribuyéndose de la siguiente manera: la concentración del 6% v/v se aplicó a los cultivos de brócoli y pak choi, la del 8% v/v, a los cultivos de acelga y betabel, la del 10% v/v a turnip y lechuga romana, y acelga y la del 12% v/v a rúcula y repollo, mientras que el grupo control se mantuvo sin aplicación del biocida. Para cada tratamiento se aplicaron 500mL de la solución correspondiente, asegurando condiciones ambientales estables para evitar factores externos que pudieran influir en los resultados. La aplicación se realizó a las 9:00 a. m., y se efectuó un monitoreo cada 12h durante un período de tres días, evaluando parámetros como cambios en la coloración, marchitamiento, afectaciones en la estructura foliar y otros signos de fitotoxicidad o respuesta fisiológica de las plantas, permitiendo determinar el impacto del biocida en función de la concentración aplicada y su efecto sobre cada especie vegetal.

En la **Figura 16** (Elaboración propia, 2025), se ilustra el momento en el que se realiza la aspersión manual, y se detalla en la misma figura algunas hojas infestadas de pulgones.



**Figura 16.** *Aplicación de las soluciones*

#### **3.6.4** *Procedimiento de análisis*

El presente estudio empleó un diseño experimental para evaluar la eficacia de diferentes concentraciones de aceite esencial en la mortalidad de pulgones y su tiempo de exposición, utilizando análisis estadísticos y gráficos para interpretar los resultados. Para ello, se definieron las variables involucradas: la variable independiente correspondió a las concentraciones del aceite esencial (A.E) expresadas en porcentajes (%) y el tiempo de exposición en minutos (min), mientras que la variable dependiente fue el porcentaje de mortalidad de los pulgones tras la aplicación de los tratamientos.

Para verificar que los datos experimentales cumplieran con el supuesto de normalidad necesario para aplicar pruebas estadísticas paramétricas, se realizó una prueba de normalidad a la variable dependiente "% Mortalidad". Esta evaluación se llevó a cabo en el software Minitab, utilizando la prueba de Anderson-Darling, recomendada por su sensibilidad ante desviaciones en la forma de la distribución. La variable fue analizada antes de aplicar el análisis de varianza (ANOVA), con el objetivo de garantizar la validez estadística del modelo experimental.

Después de garantizar la validez del modelo experimental se evaluó la concentración del producto y el tiempo de exposición sobre la mortalidad, con un Diseño de Experimentos (DOE) factorial completo general. En este diseño, se trabajó con dos factores: la concentración, que tuvo cuatro niveles (6% v/v, 8% v/v, 10% v/v y 12%), y el tiempo de exposición, que se evaluó en dos niveles (120 y 240 min), período determinado en las pruebas exploratorias durante el cual se observaron signos de mortalidad. Cada combinación de estos factores se replicó por duplicado para aumentar la precisión y fiabilidad de los resultados.

El experimento se realizó de manera aleatorizada, asegurando que cada combinación de concentración y tiempo tuviera la misma probabilidad de ser aplicada. Una vez aplicado el tratamiento, se registró el porcentaje de mortalidad como variable de respuesta.

Para interpretar los datos, se utilizó un Análisis de Varianza (ANOVA de dos vías) con un nivel de confianza del 95% v/v, lo que permitió evaluar si la concentración, el tiempo o la interacción entre ambos factores afectaban significativamente la mortalidad. Se consideró significativo cualquier resultado con un p-valor menor a 0.05, indicando una relación estadísticamente relevante.

También se generó una gráfica de superficie de respuesta, la cual mostró de manera tridimensional la relación entre los factores evaluados y la mortalidad. Estos análisis proporcionaron información clave para determinar si la concentración y el tiempo de exposición influyen en los resultados, ayudando a comprender mejor su impacto y su posible aplicación en la toma de decisiones.

## Capítulo 4. Resultados y análisis

### 4.1 Plaga seleccionada

El estudio determinó que los pulgones fueron la plaga más adecuada para su análisis en laboratorio debido a su facilidad de recolección, rápido ciclo reproductivo y capacidad de adaptación a condiciones controladas. Se observó que estos insectos pudieron mantenerse en cautiverio sin dificultad, alimentándose de plantas hospedantes y conservando poblaciones estables durante todo el periodo experimental. Su reproducción se llevó a cabo de manera continua, permitiendo la observación de múltiples generaciones en un corto tiempo. El ciclo de vida de los pulgones es aproximadamente de una semana en condiciones óptimas de temperatura y humedad. En comparación con otras plagas evaluadas, como el gorgojo de suelo y la palomilla marrón de la manzana, los pulgones demostraron ser más resistentes y fáciles de manejar en condiciones de laboratorio, lo que facilitó su estudio y control.

### 4.2 Rendimiento de extracción de aceite esencial de naranja dulce

Se realizó el análisis del rendimiento de aceite esencial extraído de cáscaras de naranja en relación con el tiempo de extracción y el consumo de agua. A partir de 3.3 kg de cáscaras de naranjas y utilizando 6 L de agua en un proceso de hidrodestilación, se obtuvieron 31 mL de aceite esencial en un periodo de 40 min. A continuación, se presenta un resumen en la **Tabla 5** (Elaboración propia, 2025), de los resultados y la relación clave derivadas de los datos disponibles.

**Tabla 5.** *Rendimiento de aceite esencial y consumo de agua*

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>
<b>Peso inicial de la cáscara de naranja</b>	3.3 kg
<b>Volumen del agua utilizado</b>	6 L
<b>Tiempo de extracción</b>	40 min
<b>Volumen de aceite extraído</b>	31 mL
<b>Rendimiento</b>	9.38 mL/kg

<b>Relación agua/aceite</b>	0.19 L/mL
<b>Relación agua/cáscara</b>	1.82 L/kg
<b>Relación cáscara/aceite</b>	4.106 kg/mL

### 4.3 Consumo energético y huella de carbono en el proceso de extracción

El estudio permitió determinar la cantidad de CO<sub>2</sub> generada durante el proceso de extracción de aceites esenciales a partir de cáscaras en naranja, calculando la de emisión generada en cada una de la etapa del procedimiento como la molienda y el proceso de extracción. Se encontró que la emisión total fue de aproximadamente 1,428.8 g de CO<sub>2</sub>, de los cuales la mayor parte provino del quemador de gas y la bomba de agua con 1,424 g. Dado que se obtuvieron 31 mL de aceite esencial, se calculó que por cada mililitro de aceite producido se generaron 46.09 g de CO<sub>2</sub>.

El análisis del consumo energético permitió identificar que los equipos con mayor impacto ambiental fueron el quemador de gas y la bomba de agua. Durante el proceso de extracción, el sistema de calentamiento utilizó un quemador de gas con un consumo de 1.29 L/h, lo que generó aproximadamente 1,380 g de CO<sub>2</sub> en 40 minutos de operación. Por su parte, la bomba de recirculación de agua, con una potencia de 373 W, operó durante el mismo periodo y consumió 0.2487 kWh, resultando en una huella de carbono de 44.05 g de CO<sub>2</sub>. Aunque con menor impacto, la molienda también contribuyó a las emisiones, ya que el equipo utilizado tenía una potencia de 300 W y realizó cuatro operaciones de 20 s, cada una, con un consumo total de 24,000 J, lo que generó 1.18 g de CO<sub>2</sub>.

El análisis general reveló que el mayor consumo energético y, por ende, la mayor contribución a la huella de carbono se concentró en el sistema de calentamiento, responsable de más del 96% del CO<sub>2</sub> total generado. La bomba de recirculación de agua y la molienda tuvieron un impacto significativamente menor, aunque no despreciable dentro del balance energético global.

Los resultados arrojan la necesidad de optimizar el uso de energía en cada etapa del proceso. Para reducir la huella de carbono, se busca mejorar la eficiencia de los equipos, en especial el sistema de calentamiento,

así como considerar el uso de energías renovables en las operaciones eléctricas. La reducción del desperdicio energético y la optimización de los tiempos de operación también podrían contribuir a una menor generación de CO<sub>2</sub>.

#### 4.4 Determinación de la actividad insecticida según la concentración del aceite esencial

Los resultados del estudio revelaron que la mortalidad de los pulgones varió significativamente en función de los diferentes niveles de concentración, a continuación, se detalla cada porcentaje de mortalidad de pulgones, dependiendo de la concentración y tiempo de exposición en la **Tabla 6** (Elaboración propia ,2025).

**Tabla 6.** *Porcentaje de mortalidad en función de la concentración y el tiempo de exposición*

<b>Concentración (%)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>% Mortalidad</b>
<b>6</b>	120	33
<b>6</b>	120	17
<b>6</b>	240	17
<b>6</b>	240	33
<b>8</b>	120	50
<b>8</b>	120	33
<b>8</b>	240	67
<b>8</b>	240	50
<b>10</b>	120	50
<b>10</b>	120	67
<b>10</b>	240	50
<b>10</b>	240	50
<b>12</b>	120	67

<b>12</b>	120	67
<b>12</b>	240	83
<b>12</b>	240	50

#### 4.4.1 Análisis de los resultados

La prueba de normalidad aplicada a la variable "% Mortalidad" mostró un valor p de 0.106, según la prueba de Anderson-Darling. Dado que este valor es mayor al umbral de significancia comúnmente utilizado ( $\alpha = 0.05$ ), se concluye que los datos no presentan desviaciones significativas respecto a una distribución normal. Por tanto, se consideró apropiado el uso de análisis de varianza (ANOVA) para evaluar los efectos de los factores experimentales sobre la variable de respuesta.

Para analizar los resultados de la actividad insecticida en laboratorio, se empleó un diseño experimental factorial completo (DOE) con dos factores: tiempo de exposición (dos niveles) y concentración de la solución de aceite esencial (cuatro niveles), realizando cada combinación de niveles por duplicado como se observa en la **Tabla 7**.

**Tabla 7.** Análisis de varianza ANOVA

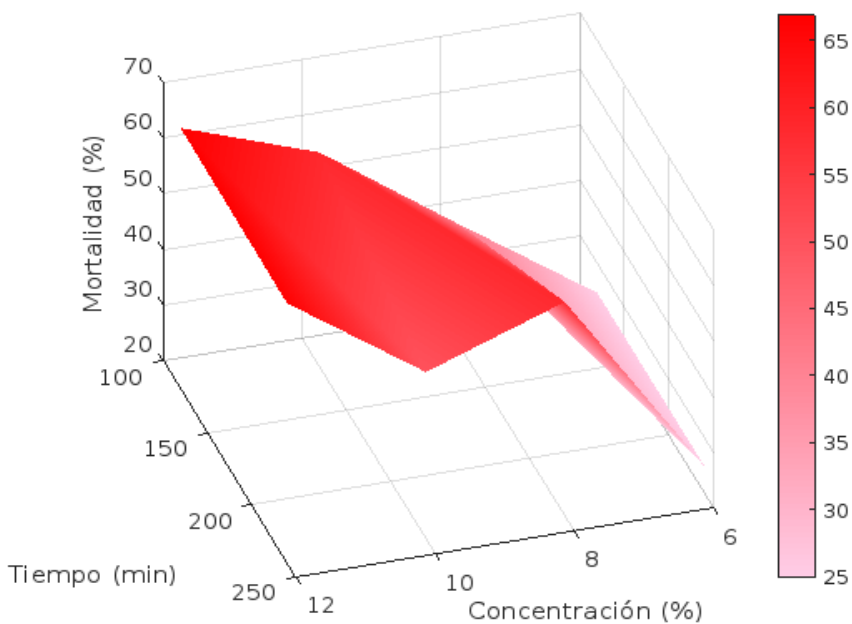
<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>Contribución</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Concentración (%)	3	3,678.50	69.75%	1,226.17	7.95	0.009
Tiempo (min)	1	16.00	0.30%	16.00	0.10	0.756
Concentración/tiempo	3	345.50	6.55%	115.17	0.75	0.554
Error	8	1,234.00	23.20%	154.25		
Total	15	5,274.00	100.00%			

En la **Tabla 7** se observa el análisis de varianza realizado sobre las pruebas de bioensayo indica que el factor más influyente en la mortalidad es la concentración del producto, ya que, a mayor concentración, se observa un aumento significativo en la mortalidad ( $p = 0.009$ ). Por otro lado, el tiempo de exposición (120

o 240 min) no mostró un efecto relevante sobre la mortalidad ( $p=0.756$ ), no se encontró que la combinación de concentración y tiempo tuviera un impacto conjunto significativo ( $p=0.554$ ). En resumen, la concentración del tratamiento es el factor determinante, y aumentar el tiempo de exposición no genera diferencias importantes en los resultados.

#### 4.5 Análisis de superficie de respuesta

En la **Figura 17** se observa que el aumento en la concentración genera un incremento significativo en la mortalidad, lo que indica una relación positiva entre ambas variables. En contraste, el tiempo de exposición no presenta un efecto relevante sobre la mortalidad, ya que la superficie se mantiene prácticamente plana a lo largo del eje del tiempo.



**Figura 17.** Superficie de respuesta % de mortalidad vs. % concentración vs. Tiempo.

Además, no se evidencia una interacción significativa entre concentración y tiempo, lo que sugiere que el impacto de la concentración en la mortalidad es independiente del tiempo de exposición.

Estos resultados sugieren que optimizar la concentración es la clave para maximizar el efecto del producto, sin necesidad de prolongar el tiempo de exposición.

#### 4.6 Fitotoxicidad en plantas según la concentración del aceite esencial

Las concentraciones de aceite esencial al 10% v/v y 12% v/v mostraron signos de oscurecimiento y necrosis en las hojas como se observa en la **Figura 18**.



**Figura 18.** *Aplicación del 10%, A. Aplicación del 12%, B*

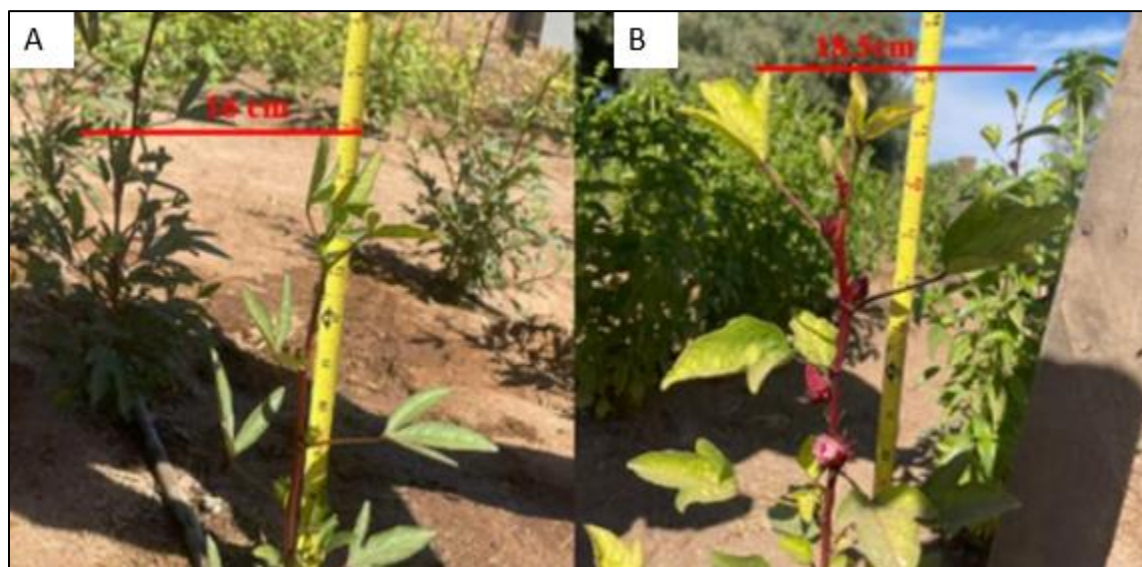
En la concentración al 10% v/v se consideró muy baja la fitotoxicidad y con muy poca necrosis. A una concentración del 12%v/v, el oscurecimiento fue medianamente alto y la necrosis aumentó.

Estos cambios de color en las hojas a concentraciones más altas podrían indicar un inicio de estrés en las plantas, posiblemente debido a una reacción de defensa o a un leve efecto fitotóxico en algunos tejidos foliares. Otra posible causa de la coloración observada podría ser una aplicación localizada excesiva del producto o el horario de aplicación, ya que es recomendable realizar el tratamiento en momentos de baja exposición solar, como al amanecer o al atardecer, incluso si el compuesto no es de origen natural.

##### 4.6.1 Crecimiento de la planta con tratamiento

En plantas tratadas, se aprecia un crecimiento similar al de las plantas sin tratamiento, como se muestra en la **Figura 19 A**, se observa una planta de Jamaica sin aplicación del producto, con una altura de 16 cm, mientras que en la **Figura 19 B**, después de 5 días de exposición al producto, se percibió un crecimiento a 18.5 cm, indicando un desarrollo normal. Además, se detectó una floración adecuada en la planta expuesta al producto. Las plantas tratadas con concentraciones del 6% v/v y 8% v/v mantuvieron una coloración verde

oscura en la mayoría de las hojas, y en algunas un verde más claro antes de la exposición; después de la exposición, el color se mantuvo constante tanto en las plantas de Jamaica como en las de albahaca, lo cual indica un buen estado de salud y ausencia de efectos negativos visibles sobre la fotosíntesis y otros procesos fisiológicos. En cuanto al tamaño de las hojas, se notó un desarrollo normal en todas las concentraciones, excepto en algunas hojas tratadas con el 10% y 12%, donde se percibió una ligera reducción. El tamaño promedio de las hojas de albahaca fue de aproximadamente 3.5 cm de largo. Además, el promedio de hojas totales en las plantas de ambas especies fue de alrededor de 28 hojas por planta, indicando un follaje saludable y denso en concentraciones más bajas. Por último, el tratamiento no causó mortalidad en insectos no objetivo.



**Figura 19.** *Altura de la planta sin tratamiento (A), Altura de la planta con tratamiento (B)*

#### **4.7 Fitotoxicidad y actividad insecticida en campo**

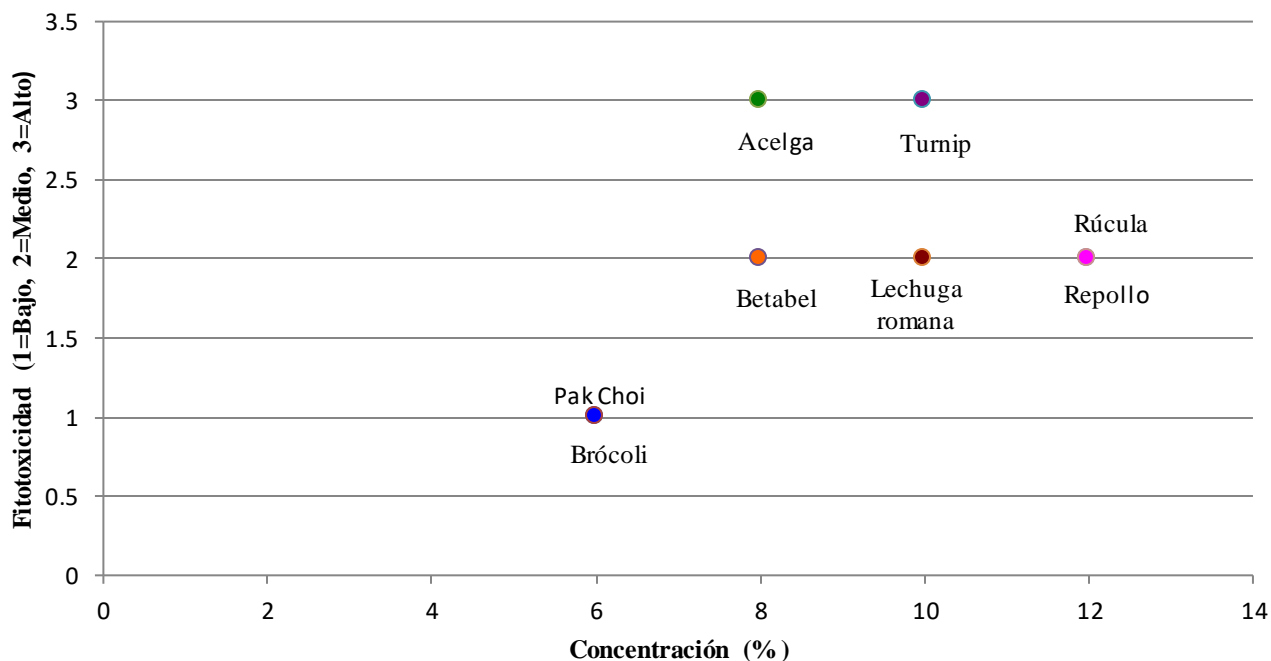
Con base en la gráfica “Fitotoxicidad vs Concentración”, se detalla cómo varía el nivel de respuesta fitotóxica en diferentes plantas ornamentales expuestas a concentraciones del aceite esencial de cáscara de naranja.

A concentraciones bajas del 6% v/v, tanto Brócoli como Pak Choi presentaron un nivel bajo de fitotoxicidad valor bajo. Esto indica que en estas especies el producto fue bien tolerado y no provocó daño visible en las

hojas ni alteraciones fisiológicas notorias, lo que sugiere una buena compatibilidad del tratamiento en dosis reducidas.

Al aumentar la concentración al 8% v/v, se empezaron a evidenciar diferencias: Acelga presentó una fitotoxicidad alta (nivel 3), mientras que Beta Betabel se mantuvo en un (nivel 2) medio. Esta diferencia podría explicarse por la sensibilidad específica de cada cultivo a los compuestos del aceite esencial, siendo la acelga especialmente susceptible a esta dosis.

En el nivel del 10% v/v, se vuelve a encontrar una respuesta variada: Turnip mostró una fitotoxicidad alta (nivel 3), mientras que Lechuga romana permaneció en nivel medio (nivel 2), similar a la respuesta del betabel. Esto refuerza la idea de que el efecto del tratamiento no depende exclusivamente de la concentración, sino también del tipo de planta, finalmente, a una concentración del 12% v/v, tanto Rúcula como Repollo manifestaron una fitotoxicidad media (nivel 2). Es interesante notar que, pese a ser la concentración más elevada, no se observó un efecto fitotóxico extremo en estas dos especies, lo cual podría indicar una mayor tolerancia natural o una barrera estructural más efectiva frente al compuesto **Figura 20**.

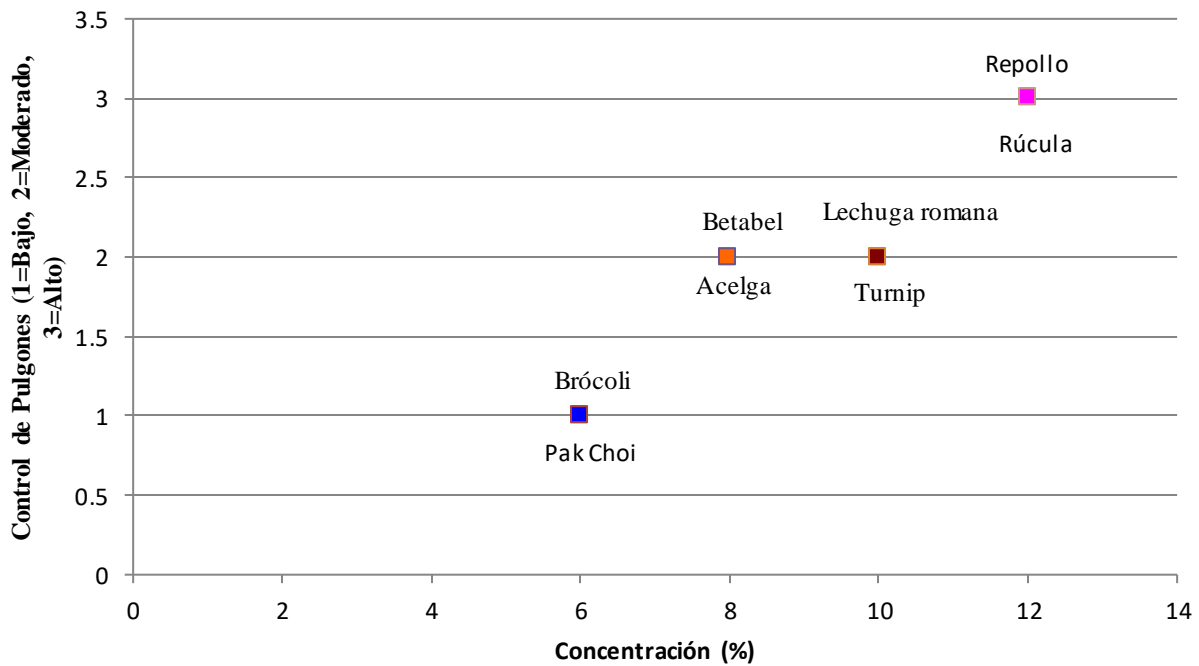


**Figura 20.** *Fitotoxicidad vs concentración*

El control de pulgones según el nivel de efectividad del tratamiento con aceite esencial varía según la dosis aplicada y la especie vegetal, en la concentración más baja evaluada 6% v/v, tanto Brócoli como Pak Choi mostraron un control bajo de los pulgones valor 1. Esta respuesta indica que, aunque el tratamiento no resultó fitotóxico para estas plantas, tampoco fue eficaz para eliminar la plaga en esa dosis, lo que pone en evidencia que concentraciones bajas podrían no ser suficientes para alcanzar un nivel de control satisfactorio, a medida que la concentración aumenta al 8% v/v, se observa una mejora en la eficacia. Especies como Acelga y Betabel lograron un control moderado nivel 2, lo cual sugiere que esta dosis comienza a mostrar efectos biocidas sobre los pulgones, aunque todavía no alcanza su máxima capacidad de acción. La misma tendencia se observa en el grupo tratado con 10% v/v, donde Turnip y Lechuga Romana

también presentan un control moderado. Esta consistencia sugiere que existe un umbral de efectividad a partir del cual el tratamiento empieza a actuar, pero aún requiere ajustes para maximizar su impacto.

El resultado más destacable aparece con la concentración del 12% v/v, donde tanto Rúcula como Repollo alcanzan el nivel 3 de control, es decir, un control alto de pulgones. En este punto el tratamiento mostro un rendimiento óptimo frente a la plaga, logrando reducir significativamente su presencia sin que en estas especies se hayan reportado daños foliares notorios **Figura 21**.



**Figura 21.** Control de pulgones vs concentración

## Capítulo 5. Conclusiones

La presente investigación cumplió de manera satisfactoria con los objetivos propuestos, demostrando la viabilidad del uso de aceites esenciales extraídos de residuos agroindustriales, específicamente cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), como alternativa biológica para el control del pulgón verde (*Myzus persicae*). Desde el planteamiento del problema, se identificó la necesidad de reducir el uso de plaguicidas sintéticos debido a sus efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente, y se propuso como solución el aprovechamiento de residuos vegetales para la obtención de bioplaguicidas de origen natural.

En relación con los objetivos específicos, se logró identificar y seleccionar adecuadamente los residuos agroindustriales, estandarizando un método de hidrodestilación que permitió obtener un rendimiento de 9.38 mL/kg de aceite esencial. Asimismo, se seleccionó una plaga objetivo con base en su prevalencia en los cultivos del valle de Mexicali, facilidad de reproducción en laboratorio y adaptabilidad a condiciones controladas. Las pruebas biológicas, tanto en laboratorio como en campo, confirmaron que la concentración del aceite esencial fue el factor más influyente en la mortalidad del pulgón, con un valor  $p$  de 0.009, mientras que el tiempo de exposición no presentó significancia estadística ( $p=0.756$ ). La concentración del 12% alcanzó el mayor porcentaje de mortalidad (83%), lo que valida la eficacia del compuesto en el control de la plaga.

Los bioensayos también permitieron evaluar la fitotoxicidad en diferentes especies vegetales, observándose que las concentraciones de 6% y 8% fueron bien toleradas, mientras que las de 10% y 12% mostraron signos leves de necrosis. Este hallazgo resulta relevante para determinar la concentración óptima en futuras aplicaciones agrícolas. Por otra parte, el análisis del consumo energético y la huella de carbono asociada al proceso de extracción permitió cuantificar las emisiones generadas, con un valor estimado de 35.67 g de CO<sub>2</sub> por mililitro de aceite producido, siendo el sistema de calentamiento el principal emisor. Este aspecto aporta una perspectiva integral sobre la sostenibilidad del proceso.

Finalmente, se logró estandarizar un protocolo experimental con diseño factorial completo y análisis ANOVA de dos vías, lo que otorgó solidez estadística a los resultados obtenidos. Este diseño permitió

establecer con claridad la relación dosis-respuesta y delimitar el umbral de eficacia del aceite esencial como insecticida.

En conjunto, los resultados obtenidos confirman la hipótesis de que los aceites esenciales extraídos de residuos vegetales poseen actividad insecticida significativa, y ofrecen una solución viable y sustentable para el manejo de plagas agrícolas. Esta tesis no solo aporta evidencia científica en favor del uso de bioplaguicidas, sino que también promueve el aprovechamiento de residuos agroindustriales, la reducción del impacto ambiental y la adopción de prácticas agrícolas más responsables, abriendo así nuevas posibilidades para la agricultura sostenible en la región y en contextos similar.

## Capítulo 6. Referencias

1. Aguirre Yela, V., & Delgado, V. (2010). *Pesticidas naturales y sintéticos*. Revista Ciencia, 13(1), 43–53.
2. Akhtar, Y., & Isman, M. (2004). Comparative growth inhibitory and antifeedant effects of plant extracts and pure allelochemicals on four phytophagous insect species. *Journal of Applied Entomology*.
3. Aníbal, S. (2018). *Productos naturales, metabolito secundario y aceites esenciales*. Fundación Universitaria Agraria de Colombia.
4. Arauzo, J., Bimbela, F., Ábrego, J., & Sánchez, J. L. (2014). Introducción a las tecnologías de aprovechamiento de biomasa. *Boletín Grupo Español Carbón*, (33), 1–10.
5. Armenta, E. E., Coronado, M. A., Ayala, J. R., León, J. A., & Montes, D. (2023). Essential oil extraction for all: A flexible and modular system for citrus biomass waste. *BioResources*, 18(3), 4977–4993. <https://doi.org/10.15376/biores.18.3.4977-4993>
6. Avendaño Ruiz, B., & Schwentesius Rindermann, R. (2005). Factores de competitividad en la producción y exportación de hortalizas: el caso del valle de Mexicali, B.C., México. *Problemas del desarrollo*, 36(140), 165–19.
7. Badii, M. H., Landeros, J., & Cerna, E. (2007). Manejo sustentable de plagas o manejo integral de plagas: Un apoyo al desarrollo sustentable. *CULCyT*, 4(23), 13–27.
8. Bello Fandiño, J. D., & Velasco Méndez, A. P. (2019). Evaluación del efecto insecticida del extracto de *Citrus sinensis* (naranja dulce) sobre adultos de *Musca domestica*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
9. Betancourt Aguilar, C. R., & Díaz, O. (2018). Los pesticidas: clasificación, necesidad de un manejo integrado y alternativas para reducir su consumo indebido: una revisión. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(2), 14–30.
10. Bustamante, A. (2016). Química de la biomasa vegetal y su efecto en el rendimiento durante la torrefacción. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*.

11. Canna España. (2016). *Trips: Plagas y enfermedades*. Canna España. <https://www.canna.es/articles/trips-plagas-y-enfermedade>
12. Celis, A., Mendoza, F. C., & Pachón, M. E. (2009). Revisión: Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. *Temas Agrarios*, 14(5).
13. Coronado Ortega, M.A., & Ayala Bautista, J.R. (Eds.).(2023). *Biomass: the novel green gold-currente trend and future uses of biomass resource*. Nova science Publisherd.
14. Díaz, O., & Betancourt Aguilar, C. R. (2018). Los pesticidas; clasificación, necesidad de un manejo integrado y alternativas para reducir su consumo indebido: una revisión. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(2), 14–30. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>
15. Dirección General de Sanidad Vegetal. (2022). *Manual técnico para el manejo integrado del piojo harinoso de la vid* (Versión 1). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).
16. Escobar Quispe, B. R. F., Ramírez Huanca, G. M., & Lazo Ramos, R. S. (2024). Aceites esenciales: Una estrategia ecológica para el control de *Aphis craccivora* en un cultivo agrícola. *Ingeniería Investiga*, 6(00). <https://doi.org/10.47796/ing.v6i00.983>
17. Espitia Yanes, C. R. (2011). Evaluación de la actividad repelente e insecticida de aceites esenciales extraídos de plantas aromáticas (*Cymbopogon citratus* y *Tagetes lucida*) utilizados contra *Tribolium castaneum*. Universidad Nacional de Colombia.
18. Ferrer, A. (2003). Intoxicación por plaguicidas. En *Anales del sistema sanitario de Navarra* (Vol. 26, pp. 155–171). Gobierno de Navarra, Departamento de Salud.
19. Gálvez Gamboa, G. T., Sánchez Servín, M. R., Parra Cota, F., García Pereyra, J., Aviña Martínez, G. N., & Santos Villalobos, S. (2018). Plaguicidas en la agricultura mexicana y potenciales alternativas sustentables para su sustitución. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 6(1), 61–75. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v6i1.138>
20. Hernández González, M. M., Jiménez Garcés, C., Jiménez Albarrán, F. R., & Arceo Guzmán, M. E. (2007). Caracterización de las intoxicaciones agudas por

plaguicidas: perfil ocupacional y conductas de uso de agroquímicos en una zona agrícola del Estado de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 23(4), 159–167.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-)

21. Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana. Productos. Ayuntamiento de Mexicali. Recuperado el 3 de abril de 2025, de <https://www.mexicali.gob.mx/sitioimip/?seccion=Servicios&serv=PRODUCTOS>
22. Koppert México. (2023). *Gusano del fruto*. Koppert México. <https://www.koppert.mx/plagas-en-plantas/gusanos/gusano-del-fruto/>
23. Leyva-Silva, M. I., French, L., Pino, O., Montada, D., Morejón, G., & del Carmen Marquetti, M. (2017). Plantas con actividad insecticida: una alternativa natural contra mosquitos. *Revista Biomédica*, 28(3), 139–181.
24. Martínez, A. (2003). *Aceites esenciales*. Universidad de Antioquia, Facultad de Química Farmacéutica.
25. Minsa, Mida, Meduca & Jica. (2010). Guía del Manejo Integrado de Plagas (MIP) para técnicos y productores. Recuperado el 3 de abril de 2025, de [https://www.jica.go.jp/Resource/project/spanish/panama/2515031E0/data/pdf/1-57\\_01.pdf](https://www.jica.go.jp/Resource/project/spanish/panama/2515031E0/data/pdf/1-57_01.pdf)
26. Navarro Pedreño, J., Moral Herrero, R., Gómez Lucas, I., & Mataix Beneyto, J. J. (1995). Residuos orgánicos y agricultura. Universidad de Alicante, Servicio de Publicaciones. [https://www.researchgate.net/publication/235941169\\_Residuos\\_organicos\\_y\\_agricultura](https://www.researchgate.net/publication/235941169_Residuos_organicos_y_agricultura)
27. Navarro, L., Gimenes, S., Vlaverde, J., & Gómez, M. (2015). Use of orange essential oil as a sustainable alternative to conventional insecticides for the control of *Aphis fabae* Scopoli in lettuce crops. *Industrial Crops and Products*, 74, 158–163.
28. Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguez, E., Beltrán-Morales, A., Ruíz-Espinoza, F. H., & García-Hernández, J. L. (2010). Aprovechamiento de residuos orgánicos de origen animal, vegetal y doméstico para la elaboración y uso de composta en la agricultura orgánica. En *Agricultura Orgánica. Tercera parte*

- (pp. 69–80). Comisión Interamericana de Agricultura Orgánica. Recuperado de [https://www.ciaorganico.net/documypublic/120 Libro de agricultura organica](https://www.ciaorganico.net/documypublic/120_Libro_de_agricultura_organica)  
TERCERA PARTE 20
29. Ondarza-Beneítez, M. A. (2017). Biopesticidas: tipos y aplicaciones en el control de plagas agrícolas. *Agro productividad*, 10(3).
  30. Pedreño, J. N., Herrero, J. M., Lucas, I. G., & Beneyto, J. M. (1995). Residuos orgánicos y agricultura (pp. 27–95). Universidad de Alicante.
  31. Pineda Prieto, Á. I., & Ortiz Morales, W. A. (2015). Evaluación del efecto insecticida de los extractos vegetales de *Sambucus nigra* en el control de *Collaria scenica*. Universidad de La Salle.
  32. Pino-Benítez, N., Torralbo-Cabrera, Y. P., & Stashenko, E. E. (2024). Actividad repelente e insecticida de cuatro aceites esenciales de plantas recolectadas en Chocó-Colombia contra *Tribolium castaneum*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 23(4), 568–576.
  33. Ramírez, J. E., Gómez, J. M. I., Cotes, J. M., & Núñez, C. E. (2010). Efecto insecticida de los aceites esenciales de algunas lamiáceas sobre *Tecia solanivora* Povolny en condiciones de laboratorio. *Agronomía Colombiana*, 28(2), 255–263.
  34. Reyes-Ávila, A., López-Ruiz, R., González, F. J. E., Romero-González, R., & Frenich, A. G. (2024). Química y desarrollo de bioinsecticidas para un uso seguro y sostenible. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 100568.
  35. Romero Salvador, A. (2010). Aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 104(2), 331–345. Recuperado de <https://rac.es/ficheros/doc/00979.pdf>
  36. Rueda, Y. (2007). Estudio del aceite esencial de la cáscara de la naranja dulce cultivada en la Beteca. *Bistua*.
  37. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019, 7 de julio). Recuperado el 3 de abril de 2025, de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/alfalfa-la-planta-que-nos-alimenta-a-todos?idiom=es>
  38. Tacaliti, M. S., Kiernan, A. R. M., Ricci, E. M., Margaría, C. B., Viña, S. Z., & Tocho, É. F. (2024). Evaluación del aceite esencial de *Lippia alba* para el control

del pulgón de la papa (Hemiptera) en el cultivo de lechuga. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 123(1), 137–137.

39. World Health Organization. (2022, 15 de septiembre). Residuos de plaguicidas en los alimentos. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food>

## Capítulo 7. Productos académicos

# CERTIFICADO

## Registro Público del Derecho de Autor

Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la **OBRA** cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:

**AUTOR:** MARMOL RODRIGUEZ ALBA INDIRA  
**TÍTULO:** EXTRACCION Y EVALUACION DE ACEITES ESENCIALES DE RESIDUOS ORGANICOS DE PROCEDENCIA VEGETAL PARA LA DETERMINACION DE SU ACTIVIDAD COMO PLAGUICIDAS  
**RAMA:** LITERARIA  
**TITULAR:** UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA (CON FUNDAMENTO EN EL ARTICULO 83 DE LA L.F.D.A.)

Con fundamento en lo establecido por el artículo 168 de la Ley Federal del Derecho de Autor, las inscripciones en el registro establecen la presunción de ser ciertos los hechos y actos que en ellas consten, salvo prueba en contrario. Toda inscripción deja a salvo los derechos de terceros. Si surge controversia, los efectos de la inscripción quedarán suspendidos en tanto se pronuncie resolución firme por autoridad competente.

Con fundamento en los artículos 2, 208, 209 fracción III y 211 de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículos 64, 103 fracción IV y 104 del Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor; y artículos 1, 3 fracción I, 4, 8 fracción I y 9 del Reglamento Interior de Instituto Nacional del Derecho de Autor, se expide el presente certificado.

**Número de Registro:** 03-2023-121113332800-01

Ciudad de México, a 19 de diciembre de 2023

EL DIRECTOR DEL REGISTRO PÚBLICO DEL DERECHO DE AUTOR

JESÚS PARETS GÓMEZ



# CERTIFICADO

## Registro Público del Derecho de Autor

Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la **OBRA** cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:

**AUTOR:** MARMOL RODRIGUEZ ALBA INDIRA  
**TÍTULO:** ECOS DE OSCURIDAD  
**RAMA:** PICTORICA  
**TITULAR:** MARMOL RODRIGUEZ ALBA INDIRA

Con fundamento en lo establecido por el artículo 3º de la Ley Federal del Derecho de Autor, el presente certificado ampara única y exclusivamente la obra original Pictórica.

Con fundamento en el artículo 13 último párrafo de la Ley Federal del Derecho de Autor, las obras que por analogía puedan considerarse obras literarias o artísticas se incluirán en la rama que les sea más afín a su naturaleza.

Con fundamento en el artículo 9 fracción I del Reglamento Interior del Instituto Nacional del Derecho de Autor, corresponde al Director del Registro del Derecho de Autor expedir los certificados de registro de las obras que establece la Ley y su Reglamento, así como determinar la rama en que deberán registrarse las obras que por su analogía puedan considerarse literarias o artísticas.

Con fundamento en el artículo 237 de la Ley Federal del Derecho de Autor, los afectados por los actos y resoluciones emitidos por el Instituto que pongan fin a un procedimiento administrativo, a una instancia o resuelvan un expediente, podrán interponer recurso de revisión en los términos de la Ley Federal del Procedimiento Administrativo.

Con fundamento en lo establecido por el artículo 168 de la Ley Federal del Derecho de Autor, las inscripciones en el registro establecen la presunción de ser ciertos los hechos y actos que en ellas consten, salvo prueba en contrario. Toda inscripción deja a salvo los derechos de terceros. Si surge controversia, los efectos de la inscripción quedarán suspendidos en tanto se pronuncie resolución firme por autoridad competente.

El presente certificado se expide con fundamento en el Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, así como de otras leyes para crear la Secretaría de Cultura, publicado el 17 de diciembre de 2015 en el Diario Oficial de la Federación; artículos 26 y 41 Bis, fracción XVIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; artículos 2, 208, 209 fracción III de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículo 69-C de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, de aplicación supletoria de acuerdo con lo establecido por la Ley Federal del Derecho de Autor en su artículo 10; artículo 84 de la Ley General de Mejora Regulatoria; artículos 2, apartado B, fracción IV, 26 y 27 del Reglamento Interior de la Secretaría de Cultura; artículos 103 fracción IV y 104 del Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículos 1, 3 fracción I, 4, 8 fracción I, 9, 16 y 17 del Reglamento Interior del Instituto Nacional del Derecho de Autor; ACUERDO por el que se establecen los Lineamientos para el uso de la Firma Electrónica Avanzada en los actos y actuaciones de los servidores públicos del Instituto Nacional del Derecho de Autor, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 19 de mayo del año dos mil veintiuno; y Acuerdo por el que se establecen las reglas para la presentación, subestanciación y resolución de las solicitudes de registro de obras, fonogramas, videogramas y edición de libros en línea ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor, publicado el 8 de diciembre de 2021 en el Diario Oficial de la Federación.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, SOCIALES E INGENIERÍA

OTORGAN LA PRESENTE

CEDEM  
UABC

# CONSTANCIA

A: *Quim. Alba Indira Marmol Rodríguez*

EXPO  
EMPREENDEDORES

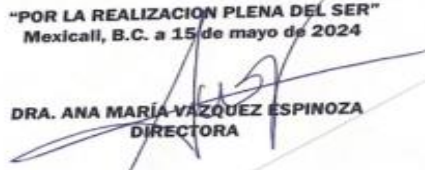
Por su participación como EVALUADORA en la  
Expo Emprendedores 2024-1

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE CIENCIAS  
ADMINISTRATIVAS  
SOCIALES E INGENIERÍA

"POR LA REALIZACION PLENA DEL SER"  
Mexicali, B.C. a 15 de mayo de 2024

  
DRA. ANA MARÍA VAZQUEZ ESPINOZA  
DIRECTORA



## Secretaría de Agricultura y Ganadería

Despacho del Secretario  
[jalma.montes@sinaloa.gob.mx](mailto:jalma.montes@sinaloa.gob.mx)  
Tels. (667) 798 71 00 y 798 71 01  
[www.sinaloa.gob.mx](http://www.sinaloa.gob.mx)

Oficio: SAyG/138/2024

Asunto: Invitación a Foro

Culiacán, Sinaloa, 30 de abril de 2024

### Química Alba Indira Mármol Rodríguez

Universidad Autónoma de Baja California Norte, Facultad de Ingeniería

Es un placer para nosotros extenderle una invitación para que participe en la Mesa de Trabajo IV, titulada "Control de Plagas, Enfermedades y Malezas en los Cultivos de Granos", en el Foro de Transferencia de Conocimientos y Tecnologías para una Agricultura Sustentable, este evento se llevará a cabo el próximo viernes 3 de mayo del presente año, a las 8:00 a.m., en el Centro de Vinculación y Desarrollo Regional Los Mochis, perteneciente al Instituto Politécnico Nacional, ubicado en Rubí 937, Fraccionamiento Viñedos, Los Mochis, Sinaloa.

El objetivo de este Foro es profundizar en el tema mencionado, así como compartir y aportar conocimientos y experiencias valiosas que contribuyan al logro de una agricultura sustentable y rentable, siempre respetando y aprovechando de manera responsable los recursos naturales. Esperamos contar con su valiosa presencia en este evento en el que se le reservan 10 minutos para exponer sus propuestas.

Sin otro particular y en espera de contar con su apoyo, le envío un cordial saludo.

Atentamente  
El Secretario de Agricultura y Ganadería



C. José Jaime Montes Salas

Bulevar Alfonso Zaragoza Maytorena # 2204, Edificio "A", Planta Baja, Fracc. Bosanza,  
Culiacán Rosales, Sinaloa, CP. 80020

Otorgan la presente

# CONSTANCIA

a: **Alba Indira Marmol Rodriguez**

Por haber asistido al webinar **Master Class: Uso de la tecnología como elemento esencial para promover un aprendizaje activo**, organizado por el **Centro de Investigación para el Aprendizaje Digital** el pasado 4 de abril de 2024, con duración de 2 horas, modalidad en línea.

El webinar forma parte del **Programa Institucional de Actividades Complementarias de Formación Integral 8 = 1**  
(8 actividades = 1 crédito)



**Universidad Autónoma  
de Baja California**  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
PARA EL APRENDIZAJE DIGITAL

"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"  
Mexicali, Baja California, a 11 de abril de 2024.

Dra. Patricia Avitia Carlos.

Coordinadora del Centro de Investigación para el Aprendizaje Digital.



Oficio: SAyG/138/2022

Asunto: Invitación a Foro

Culiacán, Sinaloa, 30 de abril de 2024

**Química Alba Indira Mármol Rodríguez**

Universidad Autónoma de Baja California Norte, Facultad de Ingeniería

Es un placer para nosotros extenderle una invitación para que participe en la Mesa de Trabajo IV, titulada "**Control de Plagas, Enfermedades y Malezas en los Cultivos de Granos**", en el Foro de Transferencia de Conocimientos y Tecnologías para una Agricultura Sustentable, este evento se llevará a cabo el próximo viernes 3 de mayo del presente año, a las 8:00 a.m., en el Centro de Vinculación y Desarrollo Regional Los Mochis, perteneciente al Instituto Politécnico Nacional, ubicado en Rubí 937, Fraccionamiento Viñedos, Los Mochis, Sinaloa.

El objetivo de este Foro es profundizar en el tema mencionado, así como compartir y aportar conocimientos y experiencias valiosas que contribuyan al logro de una agricultura sustentable y rentable, siempre respetando y aprovechando de manera responsable los recursos naturales. Esperamos contar con su valiosa presencia en este evento en el que se le reservan 10 minutos para exponer sus propuestas.

Sin otro particular y en espera de contar con su apoyo, le envío un cordial saludo.

Atentamente  
El Secretario de Agricultura y Ganadería



**C. José Jaime Montes Salas**