



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS Y VETERINARIAS**

**TESIS**

**EXTRACTOS VEGETALES PARA EL MANEJO DE PLAGAS Y  
ENFERMEDADES EN JITOMATE (*Solanum lycopersicum*) Y FRESA  
(*Fragaria × ananassa* Duch.)**

**Presenta**

**Ing. Efraín Martínez López**

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON OPCIÓN  
A AGRONÓMICAS**

**Tutor**

**Dr. Alberto Margarito García Munguía**

**Comité Tutorial**

**Dr. Joaquín Sosa Ramírez  
Mc. Wendy Karina Gastelum Ferro  
Dr. Luis Arturo Ibarra Juárez**

**Aguascalientes, Ags., Mayo de 2018.**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

Dr. Raúl Ortiz Martínez

DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTE:

Por medio de la presente como tutor designado del estudiante **Efraín Martínez López** quien realizó la tesis titulada: **EXTRACTOS VEGETALES PARA EL MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN JITOMATE (*Solanum lycopersicum*) Y FRESA (*Fragaria × ananassa* Duch.)** y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que pueda proceder a imprimirla, así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención de grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento me permito enviarle un saludo cordial.

**ATENTAMENTE**

**"Se Lumen Proferre"**

Jesus Maria. Ags. a 16 de mayo de 2018

**Dr. Alberto Margarito García Munguía**

Tutor de tesis

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Secretaría de Investigación y Posgrado  
c.c.p.- Consejo Académico  
c.c.p.- Minuta secretario Técnico

**Dr. Raúl Ortiz Martínez**

**DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PRESENTE:**

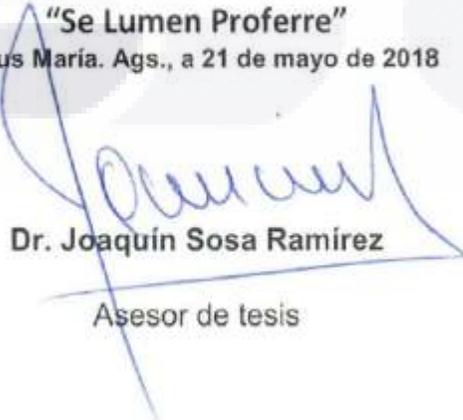
Por medio de la presente como asesor designado del estudiante **Efraín Martínez López** quien realizó la tesis titulada: **EXTRACTOS VEGETALES PARA EL MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN JITOMATE (*Solanum lycopersicum*) Y FRESA (*Fragaria × ananassa* Duch.)** y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que pueda proceder a imprimirla, así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención de grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento me permito enviarle un saludo cordial.

**ATENTAMENTE**

**"Se Lumen Proferre"**

Jesus María. Ags., a 21 de mayo de 2018



**Dr. Joaquín Sosa Ramírez**

Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Secretaría de Investigación y Posgrado  
c.c.p.- Consejo Académico  
c.c.p.- Minuta secretario Técnico

**Dr. Raúl Ortiz Martínez**

**DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PRESENTE:**

Por medio de la presente como asesor designado del estudiante **Efraín Martínez López** quien realizó la tesis titulada: **EXTRACTOS VEGETALES PARA EL MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN JITOMATE (*Solanum lycopersicum*) Y FRESA (*Fragaria × ananassa* Duch.)** y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que pueda proceder a imprimirla, así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención de grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento me permito enviarle un saludo cordial.

**ATENTAMENTE**

**"Se Lumen Proferre"**

Jesus María. Ags., a 16 de mayo de 2018



**M.C. Wendy Karina Gastélum Ferro**

Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Secretaría de Investigación y Posgrado  
c.c.p.- Consejo Académico  
c.c.p.- Minuta secretario Técnico



Xalapa, Veracruz a 18 de Mayo de 2018

**Dr. Raúl Ortiz Martínez**  
**DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**PRESENTE:**

Por medio de la presente como asesor designado del estudiante **Efraín Martínez López** quien realizó la tesis titulada: **EXTRACTOS VEGETALES PARA EL MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN JITOMATE (*Solanum lycopersicum*) Y FRESA (*Fragaria × ananassa* Duch.)** y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que pueda proceder a imprimirla, así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención de grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento me permito enviarle un saludo cordial.

ATENTAMENTE



Dr. Luis Arturo Ibarra Juárez  
Asesor

Red de Estudios Moleculares Avanzados

Tel: (228) 842 18 00 ext. 3501,

Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

OF. NO. CCA-D-11-15-062-18

Dra. en Admón. María del Carmen Martínez Serna  
Directora General de Investigación y Posgrado

**PRESENTE.**

Por medio de la presente me permito comunicarle a usted que la tesis titulada "EXTRACTOS VEGETALES PARA EL MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN JITOMATE (*Solanum lycopersicum*) Y FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch.)", del alumno **EFRAÍN MARTÍNEZ LÓPEZ**, egresado de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, respeta las normas y lineamientos establecidos institucionalmente para su elaboración y su autor cuenta con el voto aprobatorio de su tutor y comité tutorial.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
Jesús María, Ags., 24 de Mayo del 2018  
"SE LUMEN PROFERRE"



Dr. Raul Ortiz Martínez  
Decano del Centro



c.c.p. Jefa del Departamento de Control Escolar  
c.c.p. Sección de Certificados y Títulos  
c.c.p. Secretario Técnico  
c.c.p. Estudiante  
c.c.p. Archivo



## AUTORIZACIONES

### DICTAMEN DE REVISIÓN DEL PROTOCOLO DE TESIS

DATOS DEL ESTUDIANTE	
NOMBRE: Efraín Martínez López	ID (No. de Registro): 216157
PROGRAMA: Maestría en Ciencias con opción a Agronómicas y Veterinarias	ÁREA: Ciencias Agronómicas
TUTOR/TUTORES: Dr. Alberto Margarito Garcia Munguia	
TESIS ( X )	
OBJETIVO: Evaluar aceites esenciales de <i>Schinus molle</i> , <i>Eucalyptus cinerea</i> y <i>Larrea tridentata</i> para el manejo de plagas y enfermedades fungosas en jitomate y fresa.	
DICTAMEN	
CONGRUENCIAS CON LAS LGAC DEL PROGRAMA: ( )	
CONGRUENCIA CON LOS CUERPOS ACADÉMICOS: ( )	
CUMPLE CON LAS NORMAS OPERATIVAS: ( )	
COINCIDENCIA DEL OBJETIVO CON EL REGISTRO: ( )	

Aguascalientes, Ags. A 28 De mayo de 2018

#### FIRMAS

**DR. ALBERTO MARGARITO  
GARCIA MUNGUIA**

TUTOR

**DR. ANTONIO DE JESÚS MERAZ  
JIMÉNEZ**

SECRETARIO TÉCNICO DEL  
POSGRADO

## AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** le agradezco la beca recibida durante la maestría, así como múltiples apoyos para mi formación profesional.

A la **Universidad Autónoma de Aguascalientes** que me brindó su apoyo y facilidades en el uso de sus instalaciones y material.

Al **Dr. Alberto Margarito García Munguía** por su instrucción, conocimiento, paciencia, disponibilidad, por cada detalle y momento dedicado para aclarar cualquier tipo de duda que me surgiera, agradecerle por la caridad y exactitud con la que enseñó cada clase y sobre todo por forjar constancia y dedicación en cada una de las actividades emprendidas en este tiempo.

Al **Dr. Joaquín Sosa Ramírez** por su profundo conocimiento sobre la armonía entre el ser humano y la naturaleza, por transmitir en todo momento esa energía que se necesita para emprender cualquier vuelo, por la exactitud con la que enseñó cada clase, discurso y lección.

A la **Mc. Wendy Karina Gastelum Ferro** por sus conocimientos, consejos antes y después de cada seminario, por su disposición de hacer que la distancia entre cada una de las instituciones sea corta y sobre todo esa capacidad de ver la realidad de cada momento.

Al **Dr. Luis Arturo Ibarra Juárez**. Por su conocimiento, dedicación, consejos, apoyo incondicional durante la estancia y sobre todo por sumarse en este barco de último momento.

Al **Dr. Catarino Perales Segovia** por ser un evaluador con profundo conocimiento y experiencia profesional sobre el tema, que permitió hacer de cada seminario un espacio de reflexión y autoevaluación.

A todos los asesores que forman parte de la Maestría en Ciencias con Opciones Agronómicas y Veterinarias.

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE CUADROS.....4**

**ÍNDICE DE FIGURAS.....6**

**RESUMEN.....9**

**ABSTRACT .....10**

**INTRODUCCIÓN GENERAL.....11**

**CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO .....13**

1.1. EXTRACTOS VEGETALES .....14

    1.1.1. Insecticidas de origen vegetal .....16

    1.1.2. Metabolitos de origen vegetal con actividad antifungica .....22

1.2. ENFERMEDADES FUNGOSAS DE FRESA.....24

1.2.1. *Fusarium oxisporum*.....26

    1.2.1.1. Clasificación Taxonómica.....27

    1.2.1.2. Distribución .....28

1.2.2. *Botrytis cinerea* Pers .....28

    1.2.2.1. Clasificación taxonómica.....29

    1.2.2.1. Morfología y función de las estructuras de *Botrytis cinerea*.....29

    1.2.2.2. Ciclo de infección de *Botrytis cinerea*.....30

    1.2.2.3. Importancia de *Botrytis cinerea* .....32

1.3. ENFERMEDADES FUNGOSAS DE JITOMATE .....33

    1.3.1. *Alternaria solani* .....33

        1.3.1.1. Ciclo de la enfermedad .....34

        1.3.1.1. Clasificación taxonómica.....35

    1.3.2. *Rhizoctonia solani* .....35

        1.3.2.1. Distribución de *Rhizoctonia solani*.....36

        1.3.2.2. Clasificación taxonómica.....36

1.4. PLAGAS INSECTILES EN EL CULTIVO DE FRESA.....37

    1.4.1. *Lygus spp.*.....37

1.4.1.2. Distribución .....	37
1.4.1.3. Clasificación taxonómica .....	38
1.5. PLAGAS INSECTILES DE JITOMATE.....	38
1.5.1. <i>Triaulerodes vaporiarum</i> .....	38
1.5.1.1. Taxonomía .....	40
1.5.1. 2. Distribución .....	40
1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	41
1.6.1. ORIGEN, EVOLUCIÓN Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA .....	41
1.6.2. CONDICIONES LOCALES QUE PERMITEN ABORDAR EL PROBLEMA.....	42
1.7. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN .....	43
1.8. OBJETIVOS.....	43
1.8.1. Objetivo general.....	43
1.8.2. Objetivos específicos .....	43
1.9. BIBLIOGRAFÍA.....	44
<b>CAPITULO II ACEITES ESENCIALES.....</b>	<b>54</b>
2.1. RESUMEN.....	54
2.2. INTRODUCCIÓN .....	55
2.3. ACEITES ESENCIALES .....	56
2.3.1. Terpenos: Generalidades.....	57
2.3.2. Modo de acción de los aceites esenciales .....	59
2.3.4. Mecanismos de acción de los aceites esenciales.....	61
2.3.5. Metabolitos de origen vegetal nocivos para insectos plaga .....	62
2.4. ACEITE ESENCIAL DE <i>Larrea tridentata</i> .....	64
2.4.1. Metabolitos presentes en los aceites esenciales de <i>Larrea tridentata</i> ...	65
2.5. ACEITE ESENCIAL DE <i>Schinus molle</i> L.....	67
2.5.1. Metabolitos presentes en los aceites esenciales de <i>Schinus molle</i> .....	67
2.6. ACEITE ESENCIAL DE <i>Eucalyptus cinerea</i> .....	67
2.6.1. Acción insecticida de los aceites esenciales del genero <i>Eucalyptus</i> ....	68
2.6.2. Metabolitos presentes en los aceites esenciales de <i>Eucalitus cinerea</i> .	69
2.7. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN.....	70

2.7.1. Hidrodestilación o arrastre de vapor.....	70
2.7.2. Extracción de aceites esenciales .....	72
2.7.3. Destilación por Arrastre con Vapor.....	73
2.8. RESULTADOS.....	75
2.8.1. CONCLUSIONES .....	76
2.9. BIBLIOGRAFÍA .....	77
<b>CAPITULO III. AISLAMIENTO, PURIFICACION, IDENTIFICACION Y PROPAGACION DE LOS FITOPATOGENOS .....</b>	<b>83</b>
3.1. RESUMEN.....	83
3.2. INTRODUCCION .....	84
3.3. COLECTA DE MATERIAL ENFERMO.....	84
3.4. AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DEL PATÓGENO .....	85
3.5. IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA.....	87
3.6. PURIFICACIÓN DEL PATÓGENO .....	90
3.7. BIBLIOGRAFÍA .....	92
<b>CAPITULO IV. INHIBICIÓN DE CRECIMIENTO MICELIAL A NIVEL <i>IN VITRO</i> .93</b>	<b>93</b>
4.1. RESUMEN.....	93
4.2. INTRODUCCIÓN .....	94
4.3. CONCENTRACIONES USADAS .....	94
4.4. EVALUACIÓN <i>IN VITRO</i> .....	95
4.5. RESULTADOS.....	98
4.6. CONCLUSIONES .....	108
4.7. BIBLIOGRAFÍA .....	109
<b>CAPITULO V. MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES CON ACEITES ESENCIALES.....</b>	<b>112</b>
5.1. RESUMEN.....	112
5.2. INTRODUCCIÓN .....	113
5.3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	113
5.4. RESULTADOS.....	120
5.5. CONCLUSIONES .....	131
5.6. BIBLIOGRAFÍA .....	132

**ÍNDICE DE CUADROS**

CUADRO 1. RENDIMIENTO DE ACEITES ESENCIALES EN 1.4 KG DE HOJAS FRESCAS.....75

CUADRO 2. COMPOSICIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES QUE SE OBTUVIERON A TRAVÉS DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR .....75

CUADRO 3. PORCENTAJE DE INHIBICIÓN DE CRECIMIENTO MICELIAL DE *FUSARIUM OXISPORUM* A DIFERENTES HORAS Y A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ACEITES ESENCIALES DE TRES ESPECIES DIFERENTES. ....99

CUADRO 4. CRECIMIENTO MICELIAL DE *FUSARIUM OXISPORUM* AISLADO EN FRESA A LAS 12, 24, 48, 72, 168 Y 240 HORAS EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ACEITES ESENCIALES DE *S. MOLLE*, *E. CINÉREA* Y *L. TRIDENTATA*. ....100

CUADRO 5. PORCENTAJE DE INHIBICIÓN DE CRECIMIENTO MICELIAL DE *BOTRYTIS CINEREA* A DIFERENTES HORAS Y A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ACEITES ESENCIALES DE TRES ESPECIES DIFERENTES. ....102

CUADRO 6. CRECIMIENTO MICELIAL DE *B. CINEREA* AISLADO EN FRESA A LAS 12, 24, 48, 72, 168 Y 240 HORAS EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ACEITES ESENCIALES DE *S. MOLLE*, *E. CINÉREA* Y *L. TRIDENTATA*. ....103

CUADRO 7. PORCENTAJE DE INHIBICIÓN DE CRECIMIENTO MICELIAL DE *ALTERNARIA SOLANI* A DIFERENTES HORAS Y A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ACEITES ESENCIALES DE TRES ESPECIES DIFERENTES. ....104

CUADRO 8. CRECIMIENTO MICELIAL DE *A. SOLANI* AISLADO EN FRESA A LAS 12, 24, 48, 72, 168 Y 240 HORAS EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ACEITES ESENCIALES DE *S. MOLLE*, *E. CINÉREA* Y *L. TRIDENTATA*. ....105

CUADRO 9. PORCENTAJE DE INHIBICIÓN DE CRECIMIENTO MICELIAL DE *RIZOCTONIA SOLANI* A DIFERENTES HORAS Y A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ACEITES ESENCIALES DE TRES ESPECIES DIFERENTES. ....106

CUADRO 10. CRECIMIENTO MICELIAL DE *R. SOLANI* AISLADO EN FRESA A LAS 12, 24, 48, 72, 168 Y 240 HORAS EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ACEITES ESENCIALES DE *S. MOLLE*, *E. CINÉREA* Y *L. TRIDENTATA*. ....107

CUADRO 11. TRATAMIENTOS EVALUADOS EN LOS ENSAYOS EN CAMPO. .... 115

CUADRO 12. ESCALA VISUAL PARA EVALUAR EL GRADO DE INFECCIÓN DE *BOTRYTIS CINÉREA* EN EL CULTIVO DE FRESA (*FRAGARIA X ANANASSA DUCH*). ..... 116

CUADRO 13. ESCALA VISUAL PARA EVALUAR EL GRADO DE INFECCIÓN DE *ALTERNARIA SOLANI* EN EL CULTIVO DE FRESA (*FRAGARIA X ANANASSA DUCH*) EMPLEADA POR KRANZ Y COL., 1994. .... 116

CUADRO 14. COMPORTAMIENTO DE *B. CINÉREA* EN EL CULTIVO DE FRESA DESPUÉS DE APLICAR LOS TRATAMIENTOS..... 121

CUADRO 15. COMPORTAMIENTO DE *LYGUS* SP EN EL CULTIVO DE FRESA DESPUÉS DE APLICAR LOS TRATAMIENTOS..... 123

CUADRO 16. COMPORTAMIENTO DE *A. SOLANI* DESPUÉS DE APLICAR LOS TRATAMIENTOS. .... 125

CUADRO 17. COMPARACIÓN DE MEDIAS DE NINFAS DE *T. VAPORARIORUM* EN EL CULTIVO DE JITOMATE. .... 128

CUADRO 18. MEDIAS DEL COMPORTAMIENTO DE ADULTOS DE *T. VAPORARIORUM* EN EL CULTIVO DE JITOMATE. .... 130

**ÍNDICE DE FIGURAS**

FIGURA 1. INSTALACIÓN DE DESTILADOR.....73

FIGURA 2. EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES.....74

FIGURA 3. DIAGRAMA PARA OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES *SCHINUS MOLLE*,  
*LARREA TRIDENTATA* Y *EUCALITUS CINÉREA* .....74

FIGURA 4. COLECTA DE *BOTRYTIS* SP EN FRUTOS DE FRESA .....85

FIGURA 5. COLECTA DE *FUSARIUM* SP EN EL CULTIVO DE FRESA.....86

FIGURA 6. *ALTERNARIA SOLANI* EN HOJAS DE JITOMATE .....86

FIGURA 7. *RHIZOCTONIA SOLANI* EN PLANTULAS DE JITOMATE .....86

FIGURA 8. AISLAMIENTO DE FITOPATOGENOS .....87

FIGURA 9. INCUBADORA DE CEPAS A REPRODUCIR .....87

FIGURA 10. *ALTERNARIA SOLANI* AISLADO DE JITOMATE, VISTA EN EL MICROSCOPIO.....88

FIGURA 11. *FUSARIUM* SP AISLADO DE FRESA, VISTA EN EL MICROSCOPIO.....89

FIGURA 12. *BOTRYTIS CINEREA* AISLADO EN FRUTOS DE FRESA, VISTA EN EL  
MICROSCOPIO.....89

FIGURA 13. *RHIZOCTONIA SOLANI* AISLADO DE PLANTULAS DE JITOMATE, VISTA EN EL  
MICROSCOPIO.....90

FIGURA 14. CEPAS DE *FUSARIUM OXISPORUM* PURIFICADO.....91

FIGURA 15. CEPAS DE *ALTERNARIA SOLANI* EN PLENO CRECIMIENTO .....91

FIGURA 16. CEPAS DE *BOTRYTIS CINEREA* EN PLENO CRECIMIENTO.....91

FIGURA 17. PREPARACION DE CONCENTRACIONES USADAS .....95

FIGURA 18. APLICACIÓN EN LOS TRATAMIENTOS A NIVEL *IN VITRO*.....96

FIGURA 19. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN EL CULTIVO DE FRESA..... 114

FIGURA 20. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN EL CULTIVO DE JITOMATE ..... 115

FIGURA 21. EVALUACIÓN DE *BOTRYTIS CINEREA* DE FRESA..... 117

FIGURA 22. EVALUACIÓN DE *LYGUS* SP EN EL CULTIVO DE FRESA. .... 117

FIGURA 23. EVALUACIÓN DE *ALTERNARIA SOLANI* EN EL CULTIVO DE JITOMATE. .... 118

FIGURA 24. EVALUACIÓN DE ADULTOS DE *TRIALEURODES VAPORARIORUM* EN EL CULTIVO  
DE JITOMATE. .... 118

FIGURA 25. EVALUACIÓN DE NINFAS DE *TRIALEURODES VAPORARIORUM* EN EL CULTIVO DE JITOMATE. .... 119

FIGURA 26. % DE INFECCIÓN DE *B. CINÉREA* EN EL CULTIVO DE FRESA..... 121

FIGURA 27. % DE CONTROL DE *B. CINÉREA* EN EL CULTIVO DE FRESA. .... 122

FIGURA 28. COMPORTAMIENTO DE *LYGUS* SP DESPUÉS DE APLICAR LOS TRATAMIENTOS EN EL CULTIVO DE FRESA. .... 123

FIGURA 29. PORCENTAJE DE CONTROL DE *LYGUS* SP EN EL CULTIVO DE FRESA DESPUÉS DE APLICAR LOS TRATAMIENTOS. .... 124

FIGURA 30. % DE INFECCIÓN DE *A. SOLANI* EN EL CULTIVO DE JITOMATE ..... 125

FIGURA 31. PORCENTAJES DE CONTROL DE *A. SOLANI* DESPUÉS DE APLICAR LOS TRATAMIENTOS EN EL CULTIVO DE JITOMATE ..... 126

FIGURA 32. COMPORTAMIENTO DE NINFAS DE *T. VAPORARIORUM* DESPUÉS DE APLICAR LOS TRATAMIENTOS. .... 127

FIGURA 33. PORCENTAJE DE CONTROL DE NINFAS DE *T. VAPORARIORUM* DESPUÉS DE APLICAR LOS TRATAMIENTOS..... 128

FIGURA 34. COMPORTAMIENTO DE ADULTOS DE *T. VAPORARIORUM* DESPUÉS DE APLICAR LOS TRATAMIENTOS. .... 129

FIGURA 35. PORCENTAJE DE CONTROL DE ADULTOS DE *T. VAPORARIORUM* DESPUÉS DE APLICAR LOS TRATAMIENTOS EN EL CULTIVO DE JITOMATE..... 130

**ACRÓNIMOS**

%	Pociento
AE	Aceite esencial
°C	Grados Centigrados
Kg	Kilogramo
Kg ha <sup>-1</sup>	Kilogramo por hectárea
T ha <sup>-1</sup>	Tonelada por hectárea
hr	Hora
hrs	Horas
L	Litros
ml	Mililitros
mg	Miligramos
µm	Microlitros
mm	Milímetro
cm	Centímetro
m	Metro
M <sup>2</sup>	Metro cuadrado
Km	Kilometro
ha	Hectárea
spp	Varias especies
PDA	Agar papa dextrosa
NDGA	Acido nordihidroguayaretico
Ppm	Partes por millón
w/v	Peso sobre volumen
IRAC	Insecticide Resistance Action Committee
FRAC	Fungicide Resistance Action Committee

## RESUMEN

México es uno de los países que más depende de productos agrícolas altamente tóxicos que incluso han dejado de utilizarse en otros países por su extrema peligrosidad. Ante esta situación se planteo el siguiente proyecto con la finalidad de contribuir en esta misión de producir más y mejores productos libres de tóxicos para la salud humana y, sobre todo que los productos que sirven como insecticidas y fungicidas sean biodegradables para disminuir los impactos negativos que conlleva el uso de ingredientes activos sintéticos que no son degradables por los microorganismos del suelo.

Para ello se utilizaron aceites esenciales que se obtuvieron de pirul (*Schinus molle*), eucalipto dólar (*Eucaliptus cinerea*) y gobernadora (*Larrea tridentata*) en dos fases para determinar el efecto de control sobre fitopatógenos en el cultivo de fresa y jitomate, la primera fase consistió en determinar concentraciones de aceites esenciales para la inhibición *in vitro* de *Fusarium oxysporum* y *Botrytis cinerea* aislados del cultivo de fresa; *Alternaria solani* y *Rhizoctonia solani* aislado del cultivo de jitomate. Las concentraciones que mejor efecto inhibitorio presentaron fueron *S. molle* (1000, 2000 y 3000 ppm), *E. cinerea* (750, 1000, 2000 y 3000 ppm) y *L. tridentata* (750, 1000, 2000 y 3000 pm), estas concentraciones se evaluaron a nivel de campo a través de ensayos *in vivo* para manejo de *Botrytis cinerea* y *Alternaria solani* como fungicidas y para manejo de *Triaulerodes vaporariorum* y *Lygus* spp como insecticida; los resultados indican que los aceites esenciales tienen efecto sobre el manejo de *Triaulerodes vaporariorum* y *Lygus* spp en un periodo de tiempo muy corto, para el caso de hongos en la parte aérea de la planta no hay un efecto prometedor para su manejo con estas sustancias.

**Palabras clave:** Aceites esenciales, Fitopatógenos, Salud, Extracto.

**ABSTRACT**

Mexico is one of the countries that most depends on highly toxic agricultural products that have even stopped being used in other countries because of their extreme danger. Facing that situation, the following thesis was proposed with the aim of contributing to this mission to produce more and better products free of toxins for human health and, above all, that the products that are use as insecticides and fungicides being biodegradable to reduce the negative impacts that involves the use of synthetic active ingredients that are not degradable by soil microorganisms.

For this, essential oils were used that were obtained from pirul (*Schinus molle*), eucalyptus dollar (*Eucaliptus cinerea*) and governor (*Larrea tridentata*) in two phases to determine the effect of control on phytopathogens in the strawberry and tomato crop, the first phase consisted in determining concentrations of essential oils for the *in vitro* inhibition of *Fusarium oxysporum* and *Botrytis cinerea* isolated from the strawberry crop; *Alternaria solani* and *Rhizoctonia solani* isolated from the tomato crop. The concentrations that had the best inhibitory effect were *S. molle* (1000, 2000 and 3000 ppm), *E. cinerea* (750, 1000, 2000 and 3000 ppm) and *L. tridentata* (750, 1000, 2000 and 3000 pm), these concentrations were evaluated at the field level through *in vivo* tests for management of *Botrytis cinerea* and *Alternaria solani* as fungicides and for management of *Triaulerodes vaporariorum* and *Lygus* spp as an insecticide; the results indicate that the essential oils have an effect on the management of *Triaulerodes vaporariorum* and *Lygus* spp in a very short period of time, for the case of fungi in the aerial part of the plant there is no promising effect for their handling with these substances.

**Keywords:** Essential oils, Phytopathogens, Health, Extract.

## INTRODUCCIÓN GENERAL

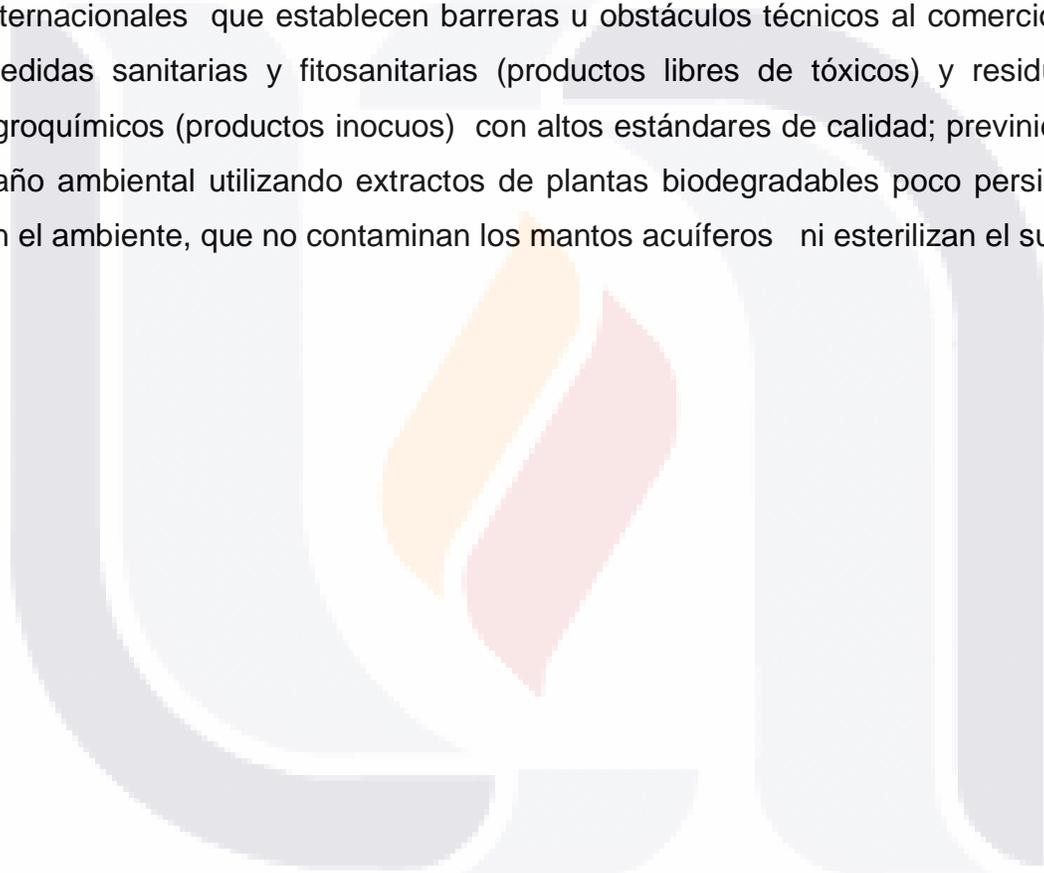
La agricultura se ha consolidado como la principal fuente de contaminación de aguas superficiales, con plaguicidas y nitratos, erosión y esterilización del suelo, contaminación de alimentos con residuos químicos; aunado a ello el problema de resistencia a plaguicidas va en aumento, que conlleva aplicar más producto en menos tiempo y por tanto una mayor exposición de agro-tóxicos; en la actualidad con la firma de diferentes tratados para el cuidado del ambiente surge la necesidad de buscar nuevas alternativas para controlar plagas y enfermedades en los diversos cultivos agrícolas con énfasis al cuidado de la salud de los consumidores y el ambiente en que vivimos.

El impacto negativo de los insecticidas y fungicidas sintéticos en la salud pública y en el medio ambiente, además de la resistencia que generan en el patógeno por la manera irracional de controlar plagas y enfermedades. Los desórdenes ecotoxicológicos observados en el planeta por el uso de plaguicidas sintéticos, ha llevado a diversificar los métodos de control de insectos plaga, microorganismos fitopatógenos, entre otros.

Los bioinsecticidas, fungicidas, bactericidas naturales y extractos vegetales constituyen una alternativa a la preocupación del cuidado del ambiente y a las exigencias actuales de la protección fitosanitaria de los productos hortícolas. Los beneficios ecológicos del uso de compuestos orgánicos naturales, (plaguicidas a base de extractos orgánicos o aleloquímicos) en el proceso de producción agrícola son muchos, ya que son biodegradables, poco persistentes, y sobre todo, no son perjudiciales al ser humano, los diversos efectos biológicos de los metabolitos secundarios han llevado a reevaluar sus diferentes funciones en las plantas, especialmente en el contexto de las interacciones ecológicas y en el desarrollo de mecanismos de defensa contra insectos y enfermedades causadas por hongos. Las investigaciones con extractos vegetales (aceites esenciales) para el control de fitopatógenos señalan la presencia de metabolitos principalmente secundarios responsables del amplio espectro de actividad biológica que presentan algunos vegetales; las familias con mayor potencial fungicida reportadas son: Apiaceae,

Asteráceas, Brassicaceae, Fabáceas, Lamiaceae, Ranunculaceae, Rosaceae y Cactaceae, entre otras, que merecen ser valoradas como productos fitosanitarios por sus principios activos con acción antimicrobiana.

Se debe de tomar en cuenta también que una parte de la población ha comenzado a exigir productos que no afecten su salud, no contengan residuos de compuestos químicos como fungicidas y sean más amigables con el ambiente, con este proyecto se está atendiendo a la demanda de los mercados regionales e internacionales que establecen barreras u obstáculos técnicos al comercio como medidas sanitarias y fitosanitarias (productos libres de tóxicos) y residuos de agroquímicos (productos inocuos) con altos estándares de calidad; previniendo el daño ambiental utilizando extractos de plantas biodegradables poco persistentes en el ambiente, que no contaminan los mantos acuíferos ni esterilizan el suelo.



## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

En México se estiman 30,000 especies de plantas, por lo que se considera uno de los países con riqueza florística en el mundo, donde el 85% de la población recurre a las plantas medicinales y aromáticas, lo que indica el arraigo que tienen (Toledo, 1994). Es oportuno resaltar que siempre se ha dado una intensa dinámica coevolutiva entre las plantas y sus patógenos en los ecosistemas naturales, un aspecto que definitivamente ha influido en la estabilidad de las especies. La diversidad de plantas aromáticas crea un ambiente heterogéneo de olores, esto ocasiona la principal comunicación de los insectos plagas por los colores y olores, considerándose uno de los componentes principales de la biodiversidad (Abdo y Riquelme, 2008).

En la agricultura con tendencias al cuidado del ambiente y la salud humana, los insecticidas vegetales desempeñan un papel importante, son derivados o extraídos directamente de plantas y son utilizados como mecanismos de defensa frente a posibles daños por insectos sobre los que actúan como venenos de contacto (Huerta y Chiffelle, 2010). Es común utilizar las raíces, hojas, flores y semillas de varias especies, históricamente los compuestos más comunes son los rotenoides, piretroides, alcaloides y terpenoides, que inciden severamente en el metabolismo de los insectos, ya sea como repelentes o como anti alimentario, e impide el desarrollo del ciclo biológico de las plagas (Carrillo y col., 2008). Entre los productos botánicos, los aceites esenciales (AE) son una categoría importante que comenzó a desarrollarse con la investigación en los años ochenta (Regnault, 1997). Se derivan a partir de plantas aromáticas que, en el transcurso de la evolución, desarrollaron una miríada de componentes constitutivos e inducidos defensas químicas contra insectos herbívoros (Walling, 2000). El mercado de AE ha tenido el mayor crecimiento de todos los mercados de plaguicidas botánicos en los últimos años. Las cuestiones de seguridad y reglamentación han llevado a

este crecimiento. Su uso generalizado como hierbas medicinales en Europa, Japón y Norteamérica ha aumentado la confianza en su seguridad (Trumble, 2002).

Los constituyentes AE pertenecen principalmente a dos grupos fitoquímicos: terpenoides (monoterpenos y sesquiterpenos de bajo peso molecular) y, en menor medida, fenilpropanoides, terpenoides, son los principales constituyentes de los AE. Los monoterpenos se biosintetizan a través del fosfato de metil eritritol en los plastidios, que produce los precursores de 5 carbonos pirofosfato de isopentenilo y pirofosfato de dimetilalilo, que se condensan vía pirofosfato sinantasa de geranilo para dar monoterpenos (10-carbono) (Bernards, 2010). Aunque el pirofosfato de isopentenilo puede transferirse entre compartimentos, los monoterpenos y los diterpenos tienden a formarse en el plástido, donde el único ciclasas producen las estructuras de anillo fenchano, bornano, canfano, tujona y pinano (Bernards, 2010); Los sesquiterpenos (15-carbono) se forman a través de la vía mevalonato en el citosol. Monoterpenos presentes en los AE pueden contener terpenos que son hidrocarburos ( $\alpha$ -pineno), alcoholes (mentol, geraniol, linalol, terpinen - 4 - ol, p - mentano - 3,8 - diol), aldehídos (cinamaldehído, cuminaldehído), cetonas (tujona), éteres [1,8-cineol (= eucaliptol)], y lactonas (nepetalactona) (Trumble, 2002).

### **1.1. EXTRACTOS VEGETALES**

Los extractos de plantas cumplen un rol muy importante en la agroecología, por el beneficio al medio ambiente y al ecosistema cuando son usados como alternativa para el tratamiento de enfermedades infecciosas en las plantas, causadas por organismos fitopatógenos (Jiménez, 2014).

Es prioritaria la búsqueda de alternativas de manejo de plagas y enfermedades de menor costo y menor impacto ambiental, pero con la misma efectividad; la utilización de alternativas de control de enfermedades no contaminantes, es de suma importancia para lograr una eficiente producción agrícola sin el deterioro ambiental, con productos agrícolas y alimentos más saludables, sin afectar la

productividad y calidad de los mismos. Los residuos y extractos vegetales con propiedades antimicrobianas pueden tener un papel importante en un sistema ecológico integrado de producción agrícola para el control de enfermedades, o bien, pueden ser parte complementaria en la agricultura, ya que las plantas son una fuente potencial de productos químicos naturales, algunos con acción fungicida, y que pueden explotarse con éxito (Campos y col., 1994).

Los aceites de origen animal, vegetal o mineral son productos muy usados en la agricultura por sus múltiples efectos en el control de plagas y enfermedades, así también se emplean como aditivos a herbicidas, fungicidas e insecticidas con tres propósitos principales: adherentes, vehículo para los agroquímicos, o agente tóxico. Las propiedades fitotóxicas de algunos aceites hacen posible su uso como herbicidas, su toxicidad disminuye con el grado de refinación que posean (Jiménez, 2014).

En muchas ocasiones los aceites minerales recubren el cuerpo de los insectos provocando bloqueo de la respiración al tapar sus espiráculos, de igual forma los aceites parafinados son capaces de destruir la quitina, componente primordial del cuerpo de insectos y constituyente principal de la pared celular de hongos. La propiedad fungicida que se le atribuye a ciertos aceites que no han sido muy estudiadas, descubriendo que estos impiden que los hongos parasiten la superficie que se ha cubierto con los mismos (Lira., 2003).

Las especies aromáticas pueden biosintetizar en todos sus órganos, es decir, brotes, flores, hojas, tallos, ramas, semillas, frutos, raíces, madera o corteza y se almacenan en células secretoras, cavidades, canales, las células epidérmicas o tricomas glandulares monoterpenos (diez átomos de carbono) y sesquiterpenos (quince átomos de carbono), que constituyen los componentes mayoritarios de sus aceites esenciales (Lira., 2003).

Los aceites esenciales son líquidos volátiles, transparentes, en ocasiones coloreados, solubles en lípidos y en solventes orgánicos no polares y menos densos que el agua. Otras de sus características es que son inestables ante la luz y el oxígeno, los agentes oxidantes y reductores, los pH extremos, o las trazas de metales que pueden catalizar su descomposición (Lira, 2003). Poseen la

propiedad de refractar la luz polarizada, característica utilizada en el control de pureza, ya que cada aceite presenta un índice de refracción característico. Presentan valor particular de poder rotatorio, debido a que algunos de sus componentes químicos son ópticamente activos.

Los AE son considerados mezclas complejas de más de 100 componentes que incluyen compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, algunos alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), terpenoides (monoterpenos, sesquiterpenos y diterpenos) y fenilpropanoides entre los grupos más comunes de compuestos volátiles. En la mayoría de los casos poseen dos o tres elementos en altas concentraciones mayormente terpenos y terpenoides con el resto, incluidos los fenilpropanoides en proporciones mucho menores (Bakkali y col., 2008).

#### **1.1.1. Insecticidas de origen vegetal**

Los compuestos vegetales, de una gran versatilidad estructural, presentan propiedades muy diversas, pero su rol fisiológico en la planta no siempre es conocido. Los organismos vegetales sintetizan dos categorías de metabolitos: primarios y secundarios (Silva, 2001).

Los metabolitos primarios (carbohidratos, proteínas, lípidos, y ácidos nucleicos), son indispensables para el desarrollo y multiplicación de las plantas. Las rutas metabólicas primarias son comunes a todas las plantas, a diferencia de las secundarias, que varían considerablemente entre distintas especies, reflejando su historia evolutiva y relaciones taxonómicas. La característica de los metabolitos secundarios de ser específicos de un género o de una especie permite su clasificación a través de la taxonomía química (Leicach, 2006).

El metabolismo secundario incluye sustancias bioactivas como terpenos, terpenoides, esteroides, alcaloides, compuestos sulfurados, entre otros. Algunos cumplen roles fundamentales en el metabolismo primario, tal es el caso de la clorofila y los reguladores del crecimiento (auxinas, giberelinas, ácido abscísico), mientras para otros compuestos aún no se ha determinado su función en el metabolismo de la planta. Ciertos autores sugieren que son el resultado del proceso evolutivo vegetal, que confiere mayor aptitud de supervivencia a las

especies vegetales que los presentan (Cox, 2002). Están presentes en todas las especies en concentraciones muy bajas, de allí su definición de secundario.

La presencia de metabolitos secundarios está en muchos casos asociada a la protección de los tejidos vegetales de la acción de organismos fitófagos (insectos, ácaros y nematodos entre otros), hongos, bacterias y virus, pudiendo además afectar a otros organismos. Mientras los metabolitos primarios son fundamentales en la adquisición de biomasa y función reproductiva, los secundarios están en general involucrados en las interacciones planta-herbívoro, incluyendo a los productos naturales que actúan como defensas químicas (Leicach, 2006).

Whittaker y Feenny (1971), utilizaron por primera vez la denominación aleloquímicos, para aquellas sustancias a través de las cuales los organismos de una especie afectan el crecimiento, salud, comportamiento y/o población de los de otra especie (excluyendo todas aquellas consideradas como nutrientes). Ante una agresión ocasionada por un factor biótico o abiótico, la planta puede responder aumentando la producción de aleloquímicos que la caracterizan o bien disparando la síntesis “de novo” de defensas químicas a partir de estructuras precursoras que ya están presentes en la misma.

Se ha demostrado que la producción de aleloquímicos es una estrategia defensiva de muchos organismos vegetales, que puede afectar a herbívoros (Leicach, 2006). Las kairomonas producidas por la plantas favorecen al insecto (organismo receptor), ya que lo orientan hacia ella, induciendo su alimentación u oviposición, mientras que las allomonas favorecen únicamente al emisor actuando como repelentes, alejando al insecto de la planta; como disuasivos de la alimentación u oviposición, como antibióticos que interrumpen el desarrollo y crecimiento de microorganismos o como antixenóticos que interrumpen el comportamiento de selección. Un tercer tipo, las sinomonas, benefician tanto al organismo que las libera como al que las recibe (Ruther y col., 2002).

El creciente aumento del ataque de insectos plagas a las plantas cultivadas, la resistencia de los insectos a los insecticidas químicos, y la contaminación ambiental por el uso de plaguicidas, además de los incrementos en los costos de producción, hace que deban buscarse alternativas de manejo de plagas mediante

bioinsecticidas que no induzcan resistencia y sean amigables con el ambiente. En diversas investigaciones se utilizan los principios activos (metabolitos secundarios) para el control de ácaros (Hincapié y col., 2008), homópteros (Santiago y col., 2009), dípteros (Iannacone y Reyes, 2001), coleópteros, entre otros.

En diversas regiones del país, se localiza fácilmente a la higuera (*Ricinus communis* L.), una planta silvestre e introducida a México, es una de las especies más conocidas con propiedades insecticidas. Las semillas y cáscaras de higuera contienen elementos tóxicos (Carrillo y col., 2008). El principal elemento tóxico es la ricina en el cual se encuentra un triglicérido (timiristina), que es una proteína, pero también está presente un potente alérgeno que es más difícil de inactivar que la ricina (Carrillo y col., 2008). El árbol del paraíso (*Melia azedarach* L.) es otra especie importante, crece abundantemente en Argentina, los frutos maduros y las hojas amarillas son utilizados como insecticida y anti alimentario en diferentes plagas. El potente efecto insecticida del extracto de esta especie podría ser equivalente al del extracto de neem (*Azadirachta indica* A. Juss). Estudios realizados a partir de distintas concentraciones de extracto de paraíso demuestran que este inhibe la alimentación y afecta negativamente el desarrollo y supervivencia de distintas especies plaga de insectos que atacan diversos cultivos agronómicos (Carrillo y col., 2008).

Entre las especies de plantas nativas de los Valles Centrales de Oaxaca utilizadas para el control de plagas y enfermedades se encuentra el diente de león (*Taraxacum officinale* L.). Sanjuán (2005), reporta el efecto de extractos vegetales para el control de la mosquita blanca (*Bemisia tabacii* Genn.) en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de campo. Los rendimientos más altos en el manejo alternativo de esta plaga los obtuvo con el extracto de *T. officinale* al 20%, obteniendo un rendimiento de 33.3 ton/ha, el agrífono más la aplicación alternada de los extractos vegetales mostró un rendimiento de 41.876 ton/ha. Sin embargo, para el testigo al no aplicarle ningún ingrediente activo no se tuvo ningún rendimiento, lo que indica que ya no es posible producir tomate en campo sin

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

aplicar algún producto para reducir la incidencia y severidad de la mosquita blanca.

Vásquez (2005), evaluó el efecto insecticida de los extractos vegetales de floripondio (*Brugmansia candida* Pers.), higuierilla (*R. communis*), poleo (*Mentha pulegium*) romero (*Romarinus officinalis* L.) y ruda (*Ruta graveolens* L.), para el control de insectos plaga a nivel de huerto familiar. En sus resultados, de acuerdo a la aplicación de los extractos vegetales y su efecto con relación a las plagas en la primera etapa, se encontró que ningún extracto provocó repelencia ni mortalidad con dosis del 1%, en tanto que para la segunda aplicación con dosis del 5% se observa que los extractos de floripondio y poleo si causaron repelencia, en la tercera aplicación todos provocaron repelencia al menos, contra un insecto. Los tratamientos mostraron efecto repelente contra mosquita blanca y, en general, contra los insectos chupadores, sobresaliendo los tratamientos con extractos a base de floripondio (Carrillo y col., 2011).

Hernández (2005), evaluó el control de mosquita blanca (*B. tabacii*) en calabaza Huiche (*Cucúrbita pepo* L.), con extractos vegetales de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y epazote (*Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin y Clemants sinónimo *Chenopodium ambrosioides*) obtenidos de plantas secas y semillas. Se molieron hojas, tallos y flores hasta quedar polvo; en el caso de neem se molieron las hojas. Los extractos vegetales a bajas concentraciones provocaron mortalidad de mosquita blanca, además muestran repelencia contra este insecto plaga y se observó más en la especie de albahaca (*O. basilicum*) en sus diferentes concentraciones. En el neem, como se utilizó el follaje, el efecto fue menor en la mortalidad de la mosquita blanca. El testigo químico no fue superado por los extractos vegetales en sus diferentes concentraciones (Carrillo, 2008).

Aun en la actualidad se siguen evaluando especies como higuierilla, neem, árbol de paraíso, chicalote, cempasúchil, epazote, ruda, romero, estafiate, entre otras, para el control de mosquita blanca, ácaros y paratrioza, en condiciones de laboratorio (Carrillo y col., 2011).

Los AE y sus componentes ejercen efectos insecticidas o reducen e interrumpen el crecimiento de insectos en sus diferentes etapas de la vida (Regnault, 2005). Eugenol, abundante en el clavo (*Eugenia caryophyllata*), o *Cinnamaldehyde*, abundante en cinamomo (*Cinnamomum verum*), ejerce toxicidad ovicida, larvicida y adulticida en el gorgojo de las habichuelas, *A. obtectus*, e inhibe su reproducción. Los niveles de toxicidad de los AE a la mosca de la fruta mediterránea, *Ceratitis capitata* y se han determinado los áfidos de los cereales *Rhopalosiphum padi* y *Metopolophium dirrhodum* (Regnault, 2005).

La eficacia de los AE y sus constituyentes varía según el perfil fitoquímico del extracto vegetal y el objetivo entomológico. El bruquido *A. obtectus* es más sensible a los fenólicos Monoterpenos y el áfido *R. padi* a los monoterpenos metoxilados, mientras que las moscas *C. capitata* responden a ambos tipos de compuestos (Regnault, 2008). Aceites Esenciales como aceite de tomillo, romero (*Rosmarinus officinalis*), y el eucalipto tienen actividad repelente (Regnault, 2008). El aceite de citronela (*Cymbopogon Nardus*) rechaza los mosquitos y las moscas, y el ajo (*Allium sativum*) el aceite es un elemento disuasorio para muchos insectos herbívoros (Regnault, 2005). Actualmente se comercializan para horticultores, invernaderos y jardines En los Estados Unidos y el Reino Unido (Copping, 2009).

Los AE tienen varias características que mejoran su eficacia como insecticidas; los análogos fitoquímicos de piperamidas puras de los aceites de pimienta aumentaron su toxicidad para las moscas domésticas y las larvas de mosquitos, ya que se evaluaron individualmente y en mezclas binarias, ternarias y cuaternarias manteniendo la concentración total igual (Scott y col. 2002). Las mezclas de compuestos vegetales reducen la evolución de la tolerancia a los insecticidas naturales, comparado con un solo compuesto, como se ejemplifica con el áfido verde del melocotón *Myzus persicae* (Isman, 2008).

Se han ensayado AE de plantas aromáticas para tratar varios problemas de protección de cultivos en situaciones pre y poscosecha, como se observa en los siguientes estudios iniciales. Para la protección de los productos almacenados, la toxicidad de los AE de pachulí (*Pogostemon* spp.) y de albahaca dulce (*Ocimum*

*basilicum*) a los coleópteros *Sitophilus oryzae* (gorgojo del arroz), *Stegobium paniceum* (escarabajo de farmacia) *Tribolium castaneum* (escarabajo de harina roja) y *Bruchus chinensis* (escarabajo de pulso) (Isman, 2008) y AE de eucalipto y tomillo al barrenador de grano menor (*Rhyzopertha dominica*) una amplia gama de insectos voladores, por ejemplo, *S. oryzae*, *Musca domestica* (mosca doméstica) (Baker y col. 2008), *M. persicae*, *Trialeurodes Vaporariorum* (mosca blanca de invernadero) y *Stephanitis pyri* (Baker y col. 2008), se ven afectados por AE de *Gaultheria spp.* y *Eucalyptus spp.*

Hay una amplia gama de taxones de insectos que son afectados por los AE, en ensayos de detección de actividad fumigante de AE y compuestos extraídos de 21 especies de plantas a partir de 12 familias de plantas contra la mosca negra *Lycoriella ingenua*. Park y col. (2006), encontraron que se consiguió una buena actividad larvicida con AE de *Acorus gramineus*, *Schizonepeta tenuifolia* y *Zanthoxylum piperitum* a 25  $\mu\text{g ml}^{-1}$  de aire. GC-MS del aceite de *S. tenuifolia* reveló la presencia de tres compuestos principales, pulegona, mentona y limoneno, que tenían valores de CL50 de 1.21, 6.03 y 15.42 /  $\mu\text{g ml}^{-1}$ , respectivamente. Como comparación, el valor de CL50 de diclorvos fue de 8.13  $\mu\text{g ml}^{-1}$ . En Otro estudio, Park y col., (2006), realizaron bioensayos de fumigantes de 40 especies de plantas adicionales para determinar su actividad larvicida contra *L. ingenua*. Se obtuvieron las mejores actividades de fumigación con AE de rábano picante (*Armorica rusticana*), anís (*P. anisum*) y aceites de ajo. Papachristos y col. (2009), corroboraron la toxicidad de los AE ya observada en *C. capitata*. Experimentaron con AE de cáscara de cítricos, en el que el limoneno es el ingrediente más abundante, y las larvas fueron administradas con dietas en las que los valores de CL50 del limoneno oscilaron entre 7 y 11  $\text{ml g}^{-1}$ . (Liu y col. 2011) extendido el trabajo de Shaaya y col. (1991), sobre la toxicidad de los AE en cuatro insectos importantes almacenados: *T. castaneum*, *Sitophilus zeamais* (gorgojo del maíz), *R. dominica* y *Oryzaephilus surinamensis* (escarabajo de grano en dientes de sierra). Ellos encontraron que AE de las flores de *Ostericum sieboldii* poseen fuerte actividad insecticida contra *T. castaneum* y *S. zeamais*, con valores

de CL50 de 27.4 y 20.9 mg de aire litro-1, respectivamente. En ese caso, los AE de las flores de *O. sieboldii* fueron myristicin (30,3%),  $\alpha$ -terpineol (9,9%), A-cadinol (7,3%),  $\beta$ -farneseno (6,3%) y linalol (5,9%).

Actividades de evacuación y fumigación de los AE extraídos de la hoja y corteza de *Laurelia sempervirens* y *Drimys winteri* se evaluaron en el áfido de la guisante, *Acyrtosiphon pisum* (Zapata y col, 2010). Aplicado como un fumigante, *L. sempervirens* AE ejerció un fuerte y rápido deterioro del comportamiento de sedimentación del insecto, mientras que AE de *D. winteri* no presento ningún efecto. Esta propiedad, así como la actividad afícida de AE de *L. sempervirens*, promete no sólo manejar las poblaciones de áfidos, sino también reducir la diseminación de virus en plantas en espacios cerrados como invernaderos o túneles de plástico. Como complemento de las estudios realizados con aceite de pachulí, Zhu y col. (2003), realizaron una serie de experimentos para evaluar la repelencia y la toxicidad del aceite de pachulí y su principal componente, el alcohol de pachulí, contra la termitas subterráneas de formosa, *Coptotermes formosanus*. Demostraron repelencia y que Los filtros de papel tratados con aceite de pachuli fueron menos consumidos por las termitas de los trabajadores. Los efectos de los AE en muchos otros artrópodos están mal documentados; sin embargo, una notable excepción es la actividad acaricida de *Chenopodium ambrosioides* var. *Ambrosioides* contra ácaros adultos *Tetranychus urticae* y *Panonychus ulmi* (Christie, 2010).

### **1.1.2. Metabolitos de origen vegetal con actividad antifúngica**

Los aceites esenciales han demostrado tener actividad contra diversos hongos patógenos, causantes de diversas afecciones. Se ha probado la actividad de los aceites contra hongos (Tabanca y col., 2006). Un considerable número de investigaciones en décadas recientes, demuestran que esta actividad antifúngica es debida principalmente a compuestos terpénicos de los aceites esenciales, como los sesquiterpenos y sesquiterpenlactonas (Abad M.J., y col., 2007).

Debido a que los microorganismos fungosos-fitopatógenos han generado resistencia al ingrediente activo de algunos fungicidas y bactericidas sintéticos, como respuesta a la presión de selección debido a las altas dosis y aplicaciones continuas (Regnault y col., 2004), y la contaminación que esto representa al ambiente, se están buscando nuevas alternativas para el control de enfermedades causadas por ellos en hortalizas.

Ante esta problemática se hace necesario el desarrollo de métodos de control alternativos (Isman, 2006), dando paso al uso de productos botánicos, cuyo interés radica no solo en la posibilidad de encontrar nuevos compuestos útiles, sino también en aprovechar la naturaleza compleja de sus mezclas y el sinergismo que se puede presentar entre sus componentes (Zhou y col., 2010). Sin embargo son pocos los metabolitos que se han mostrado promisorios para el desarrollo de agroquímicos verdes (Dayan, 2009).

Algunos de los más usados han sido las piretrinas naturales obtenidos del Crisantemo (*Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis.) (Duso col., 2008), la nicotina, un metabolito que actúa como insecticida de contacto y que ha retomado importancia en los últimos años en los estudios realizados por Araque (2010); Igualmente, es popular el uso de los metabolitos provenientes de la familia Meliacea, en especial aceite de neem (*Azadiractha indica*) que se usa para fines comerciales (Morgan, 2009), una buena cantidad de aceites esenciales son conocidos por ejercer actividad antimicrobiana (Schelz, y col., 2006; Inouye, col., 2006) y antifúngica (Monsálvez y col., 2010), destacándose los aceites esenciales de una gran variedad de especies del genero *Eucalyptus* como fuentes promisorias para el control de plagas y enfermedades agrícolas (Batish y col., 2008).

## 1.2. ENFERMEDADES FUNGOSAS DE FRESA

El cultivo de fresa como cualquier otro cultivo agrícola, es susceptible al ataque de patógenos. Las infecciones fúngicas son las principales enfermedades que afectan al cultivo de fresa tanto en el campo como en postcosecha (Cellis, 2008).

**Antracnosis:** causada por el hongo *Colletotrichum spp.* afecta casi a toda la planta, en frutos maduros se desarrollan puntos firmes y hundidos de color marrón oscuro o negro al inicio de la infección, cuando se encuentran en condiciones elevadas de humedad se desarrolla el hongo de micelio blanco y una masa de esporas de color rosa-salmón (Ullio y MacArthur, 2004). Así las especies de *Colletotrichum* como *Colletotrichum gloeosporioides* y *Colletotrichum acutatum* causan enfermedades como la pudrición de la corona y la mancha negra de las hojas. Mancha foliar: causada por *Mycosphaerella fragariae* aparecen inicialmente como manchas pequeñas circulares, de color morado en la superficie superior de la hoja, crecen entre 3-6 mm de diámetro y el centro de la mancha torna de color gris a blanco en las más viejas y color marrón en las hojas jóvenes. El hongo produce más esporas en las manchas y es capaz de afectar peciolo, estolones, tallos y el fruto (Cellis, 2008).

**Quemadura de la hoja:** causada por el hongo *Diplocarpon earliana*, la enfermedad se presenta por pequeñas manchas irregulares de color púrpura con centros de color marrón, cuando infecta mayor superficie las manchas se tornan de un color violeta rojizo hasta marrón, la hoja se seca hacia arriba con los márgenes enrollados y presenta las características de la enfermedad, ataca peciolo, tallos, flores y frutos donde las manchas son alargadas y hundidas de color rojizo. (Ullio y MacArthur, 2004).

**Tizón de la hoja:** causada por el hongo *Phomopsis obscurans*, la infección se presenta con manchas circulares de color rojizo a púrpura en diferentes zonas de la mancha, estas crecen en forma de V y se tornan de color marrón oscuro en la zona interior y marrón en el exterior, las lesiones siguen las venas principales y

siguen hasta el interior, infecta además de las hojas peciolos, cálices y fruto (Cellis, 2008).

**Pudrición de la fruta:** (leaf blotch/*Gnomonia* fruit rot) causada por el hongo *Gnomonia comari* infecta las flores y los frutos de la planta generalmente desde la base, los cálices de las flores y los frutos inmaduros son rápidamente infectados y la fruta se seca. Cuando el cáliz y el fruto mueren se forma una podredumbre marrón que se extiende lentamente y cubre el fruto. La mancha foliar se produce de color púrpura o marrón con puntos necróticos (Ullio y col., 2004).

**Oídio:** causada por el hongo *Sphaerotheca macularis*, los síntomas iniciales de la enfermedad se presentan en las hojas hacia arriba de los bordes, seguido de un manchado irregular de color púrpura en la superficie de las hojas superiores y generalmente a lo largo de las venas principales. Esta enfermedad no produce masas de esporas pero si un micelio de color blanco (Ullio y col., 2004).

**Marchitamiento por fusarium:** Causada por el hongo *Fusarium oxysporum* las plantas se marchitan y mueren rápidamente, los síntomas se presentan en la corona con una coloración marrón-rojiza. Causando pudrición inhabilitando el intercambio de compuestos

**Pudrición de la corona:** Causada por *Phytophthora nicotianae* un patógeno importante que afecta las raíces en una amplia variedad de cultivos, provoca una marchitez rápida que se presenta inicialmente en las hojas jóvenes para extenderse a toda la planta. La corona presenta un color rojizo a marrón y muestra signos de descomposición.

**Podredumbre gris:** Causada por el hongo *Botrytis cinerea* considerado como el principal patógeno que afecta el cultivo de fresa en campo así como en postcosecha, infecta cualquier parte de la planta en cualquier estado de desarrollo, la enfermedad se presenta inicialmente como una mancha marrón-amarillenta hacia el final de cáliz, y a los pocos días se cubre de una apariencia polvosa de moho gris en toda la superficie de la fruta provocando una pudrición, en las hojas se forman manchas de color café necrosadas en un estado latente para dispersarse y seguir con la infección (Chaves y Wang, 2004).

### **1.2.1. *Fusarium oxysporum***

*Fusarium oxysporum* es una de las especies de mayor importancia fitopatológica, una de las que cuenta con mayor número de plantas hospedantes y una de las especies que mayor daño económico ocasiona entre los patógenos de plantas. La especie tiene la capacidad de atacar un gran número de plantas de importancia agrícola y ocasiona principalmente marchitamientos vasculares, seguidos de la muerte de la planta. Algunas especies pueden ocasionar también pudrición de la corona y de las raíces de algunas plantas (Ullio y col., 2004).

El hongo se caracteriza por producir colonias de crecimiento rápido y tres tipos de esporas: microconidias, macroconidias y clamidosporas. Las microconidias son esporas unicelulares, sin septas, hialinas, de elipsoidales a cilíndricas, rectas o curvadas. Las macroconidias, son esporas de pared delgada, fusiformes, largas, moderadamente curvadas, con varias células y de tres a cinco septas transversales, con la célula basal elongada y la célula basal atenuada. Las clamidosporas son esporas formadas a partir de la condensación de células de las hifas o de las macroconidias y se caracterizan por poseer paredes bastante gruesas, lo que las hace muy resistentes a condiciones ambientales desfavorables o a la ausencia de plantas hospedantes. Las clamidosporas se forman simples o en pares, son terminales o intercalares y son las principales responsables de la sobrevivencia del hongo en tejidos muertos de plantas hospedantes o en el suelo (Nelson, 1981).

El género *Fusarium* es un grupo de hongos filamentosos ampliamente distribuidos en el suelo y plantas. Debido a su capacidad de crecer a 37°C, son considerados oportunistas (Ullio y Macarthur, 2004). Es posible que diversas especies patogénicas y no patogénicas, incluyendo especies productoras de micotoxinas, se encuentren asociadas a pudriciones de raíces provocando una de las enfermedades más destructivas de la mayoría de las ornamentales, cultivos hortícolas en invernadero, así como en campo abierto. El fitopatógeno invade tejido vascular de la raíz y los tallos son colonizados por el crecimiento de la hifa y movimiento de conidias en el flujo de transpiración. Los síntomas iniciales

aparecen como clorosis y distorsión de las hojas bajas. La marchitez afecta a la planta, presentándose una decoloración vascular y necrosis en los tallos; ésta se da a medida que el patógeno avanza, llegando a ocasionar la muerte de la planta. El género *Fusarium* contiene numerosas especies fitopatógenicas como lo son: *Fusarium oxysporum*, *Fusarium culmorum* y *Fusarium solani* siendo estos algunos de los principales fitopatógenos en cereales, ornamentales y hortalizas (Giraud y col., 2002).

Produce los "mohos amarillos o rosados" de plantas de ornato y hortalizas de postcosecha, especialmente de cultivos de raíces, tubérculos y bulbos, pero las plantas de poca altura, como las cucurbitáceas y los tomates, también son afectadas. *Fusarium* produce también la pudrición café de las naranjas y los limones que se mantienen almacenados durante mucho tiempo. Con respecto a la mayoría de las hortalizas, la contaminación por *Fusarium* se produce en el campo antes o durante la cosecha, aun cuando la infección pueda desarrollarse durante el almacenamiento de ellas. Las pérdidas son particularmente considerables en el caso de cultivos tales como el de papa, que son almacenados durante largos períodos. Los tejidos afectados aparecen ligeramente húmedos y muestran un color café claro al principio, pero más tarde adquieren un color café oscuro y se secan un poco. Conforme se extienden las áreas putrefactas, a menudo se hunden, la cáscara del fruto se arruga y aparece sobre ella un pequeño penacho de moho de color blanquizco, rosa o amarillo. Varios penachos miceliales similares se desarrollan también en los sitios huecos que se forman en los tejidos putrefactos. La infección de los tejidos más blandos tales como los de los tomates y las cucurbitáceas se desarrolla con mayor rapidez y se caracteriza por la formación de un micelio y tejidos putrefactos de color rosa.

#### **1.2.1.1. Clasificación Taxonómica**

Según Alexopoulos y Mims (1979) la clasificación de *Fusarium* es la siguiente:

Reino: Mycetozoa

División: Amastigomycota

Subdivisión: Deuteromycotina

Clase: Deuteromycetes

Orden: Moniliales

Familia: Tuberculariaceae.

Género: *Fusarium*

Especie: *oxysporum*

El anamorfo corresponde a *Fusarium oxysporum*

#### **1.2.1.2. Distribución**

El patógeno se encuentra en todos los lugares, en los países mediterráneos, en Florida (USA) y en otras regiones subtropicales. En México se encuentra distribuida en el Bajío, Sinaloa, Morelos, Estado de México y otras áreas de menor importancia. De las enfermedades causadas por hongos del suelo destacan por su potencial destructivo *F. oxysporum*, que es un patógeno cosmopolita de distribución mundial y causante de la enfermedad llamada “Marchitez vascular”. Este patógeno ha sido reportado en las principales regiones productoras de jitomate de más de 32 países (Ullio y col, 2004). En México el primer reporte de *F. oxysporum* fue registrado en el estado de Sinaloa, donde ha afectado sustancialmente la producción de jitomate en las principales regiones productoras. Las pérdidas ocasionadas por esta enfermedad llegan a ser del 60 % del rendimiento, además de mermar la calidad de los frutos (Chamorro, 2007).

#### **1.2.2. *Botrytis cinerea* Pers**

*Botrytis cinerea* Pers., es un hongo necrotrófico, agente causal de la podredumbre gris, es capaz de afectar a más de 200 especies vegetales, puede permanecer como saprofito sobre restos vegetales y tejidos muertos de planta, hasta que encuentra las condiciones favorables muy comunes en nuestra latitud entre las cuáles pueden ser: formación de condensación que pueden estar dadas por lluvia, llovizna, rocío o neblina densa, altas humedades relativas; luz difusa y fuertes fluctuaciones de temperatura (máximas de 35.5 °C; 15-25 °C la óptima y cerca de 0 °C como mínima) (Chamorro. 2007)

### 1.2.2.1. Clasificación taxonómica

Clasificación taxonómica de *Botrytis cinerea*.

Reino: fungi

División: Amastigomycota

Subdivisión: Deuteromycota

Clase: Deuteromycetes

Subclase: Hyphomycetidae

Familia: Moniliales

Orden: Moniliaceae

Género: *Botrytis*

Especie: *Cinerea*

### 1.2.2.1. Morfología y función de las estructuras de *Botrytis cinerea*

La morfología de *B. cinerea* y la función de cada una de sus partes le permite infectar a su hospedero (Holz, 2007), por lo que conocer al patógeno resulta en información para crear nuevas alternativas de control.

El micelio se encuentra formado por un conjunto de hifas o filamentos tabicados y cilíndricos, los cuales se multiplican de forma vegetativa mediante división citoplasmática. Se considera una estructura de resistencia y tienen la capacidad de vivir por largo tiempo en bulbos, semillas y partes vegetativa de las plantas. A partir del micelio, generalmente envejecido, se forman diversas estructuras tales como los macroconidióforos, microconidióforos y esclerocios cuya función es la propagación y supervivencia ante condiciones desfavorables (Espinosa, 2006; Holz, 2007).

Los conidios son las principales estructuras de dispersión y de resistencia del hongo, se consideran de corta duración en el campo y su supervivencia está determinada por la temperatura, humedad, actividad microbiana y la exposición a la luz. Los conidios son capaces de sobrevivir sobre la superficie vegetal,

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

manteniendo su viabilidad y capacidad infectiva bajo las condiciones adversas (Holz, 2007).

Las clamidosporas son células de aspecto hialino de alta variabilidad de forma y tamaño. Se consideran estructuras de resistencias bajo condiciones críticas. Se forman a partir de la transformación de algunas partes de micelio y liberadas por la desintegración de las hifas. Bajo condiciones de humedad y sin nutrientes, estas estructuras germinan dando lugar a microconidios que permanecerán en estado latente hasta que se tengan los nutrientes para germinar originando hifas que penetren al huésped, esporulen y formen conidios nuevamente (Holz, 2007).

Los esclerocios son considerados las estructuras de mayor importancia involucradas en la supervivencia y reproducción del hongo. Pueden sobrevivir bajo condiciones ambientales adversas y producir estructuras llamadas apotecios, las cuales tienen una considerable capacidad de producción de conidios. La formación de estas estructuras está influenciada por varios factores como la temperatura, la luz, el pH y la composición del tejido sobre el cual se desarrollan. Dentro de los esclerocios se encuentra pigmentos melánicos y una reserva de nutrientes (Espinosa, 2006; Holz., 2007).

#### **1.2.2.2. Ciclo de infección de *Botrytis cinerea***

El inóculo de *B. cinerea* se encuentra presente generalmente en el campo dentro de un proceso que se repite por la producción, liberación y dispersión del inóculo. Tal como se describe el ciclo de infección de *B. cinerea* al iniciar con la dispersión de algunas de la estructuras que permitan al hongo seguir desarrollándose. Estas estructuras se dispersan a través del aire, la lluvia o los insectos, hasta entrar en contacto con una superficie vegetal e iniciar el ciclo descrito a continuación (Espinosa, 2006).

#### **Adhesión y germinación**

La adhesión de las estructuras de propagación como los conidios, se lleva a cabo en dos fases. En la primera el conidio se hidrata para establecer interacciones

hidrofóbicas y permitir su germinación mediada por diversos factores como la disponibilidad de agua y una humedad relativa alta (>93%), la dureza e hidrofobicidad de la superficie, la fuente de carbono, los nutrientes y la producción de etileno por parte de la planta. La segunda etapa se presenta cuando el conidio ha germinado y se forma una matriz compuesta de lípidos, polisacáridos y melanina que le permite al hongo adherirse a la superficie del huésped (Espinosa, 2006).

### **Penetración**

La infección puede iniciar a partir de tejidos dañados o que han sido infectados previamente por algún otro patógeno, mediante la penetración directa e incluso por aberturas naturales como las estomas. Es así que el apresorio o el tubo germinativo inicia la penetración. Sin embargo, *B. cinerea* es capaz de producir sustancias que tienen la capacidad de degradar el material vegetal y facilitar la penetración. Estas son enzimas como la cutinasa la que destruye la cutina, la primera barrera de protección de la planta. La pectinasa es otra enzima que degrada la pectina de la pared celular y las lipasas, enzimas que hidrolizan ésteres de ácidos insaturados de cadena larga que forman parte de la cutícula y la cera presente en este tejido (Espinosa, 2006).

### **Muerte del tejido vegetal**

Cuando el hongo penetra el tejido vegetal, da origen a una lesión primaria que facilita la invasión del tejido por la difusión de compuestos con actividad fitotóxica como toxinas, metabolitos secundarios e.g. botridial, dihidrobotridial y bocinolina de *B. cinerea*, relacionados con las manchas necróticas. El ácido oxálico al estar presente dentro de la planta forma cristales de oxalato cálcico el cual actúa como quelante de iones de calcio y cobre. La eliminación del calcio de la pectina provoca que esta absorba agua y se hinche causando una deformación. Otra forma de ocasionar la muerte celular del tejido está mediada por la producción de especies reactivas de oxígeno (Cellis, 2008).

### **Fase de latencia**

Durante esta fase, las condiciones son desfavorables para el hongo, ya que se presentan los mecanismos de defensa de la planta, por lo que el hongo permanece en un estado de latencia. Este periodo se describe en un gran número de frutos aunque se presenta con mayor frecuencia en fresa, frambuesa y vid (Cellis, 2008).

### **Colonización y maceración**

Cuando las condiciones son nuevamente favorables para el hongo y ha logrado invadir intracelularmente los tejidos de la planta, la infección se establece, segregando una serie de enzimas degradativas obteniendo nutrientes para su crecimiento a partir del tejido vegetal que se encuentra a su alrededor (Espinosa, 2006).

### **Esporulación y dispersión**

La putrefacción del tejido vegetal se presenta una vez establecida la infección de manera que las condiciones permiten la formación de conidios y conidióforos sobre la superficie del cultivo dando lugar a la coloración característica de la enfermedad. Una vez que el hongo ha esporulado la dispersión de los conidios inician nuevamente el ciclo en otra superficie vegetal (Cellis, 2008).

#### **1.2.2.3. Importancia de *Botrytis cinerea***

La fresa es una fruta de distribución mundial, muy apreciada para consumo fresco y la elaboración de postres, debido a sus cualidades de color, aroma y acidez; además es una fruta rica en vitaminas A y C (Cellis, 2008).

La pudrición por *Botrytis* o moho gris (gray mold) causada por *Botrytis cinerea* es la mayor causa de pérdidas postcosecha en fresa. Esta enfermedad ataca las flores sobre todo, cuando se presentan períodos prolongados con alta humedad relativa y al fruto durante su desarrollo, maduración y transporte. En el fruto aparece como una mancha amarillenta de consistencia acuosa, que posteriormente se extiende a toda la fruta y se cubre de un polvo gris, que corresponden a las esporas del hongo. En algunos casos esta enfermedad es

capaz de atacar hasta el 95% de frutos después de 48 horas de cosechados (Agrios, 2007).

Quizá sea la enfermedad más común y más ampliamente distribuida de hortalizas, plantas de ornato, frutales y aún de cultivos mayores en todo el mundo. Es la enfermedad más común en las plantas cultivadas en los invernaderos. La enfermedad causadas por *Botrytis* aparece principalmente en forma de tizones de inflorescencias y pudriciones de fruto, pero también como pudriciones del tallo, ahogamiento de plántulas, manchas foliares y como pudriciones del tubérculo, como, un bulbo y raíces. Bajo condiciones húmedas el hongo produce una capa fructífera conspicua de moho gris sobre los tejidos afectados, una característica de las enfermedades por *Botrytis* (Agrios, 2007).

### **1.3. ENFERMEDADES FUNGOSAS DE JITOMATE**

Los problemas fitosanitarios constituyen el principal limitante del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en las zonas productoras de México; por su importancia económica destacan las enfermedades fungosas; en particular, el tizón tardío causado por *Phytophthora infestans* y el tizón temprano, ocasionado por *Alternaria solani* los cuales afectan ramas, peciolo, hojas tallos y frutos, causando una disminución considerable de la producción. Tradicionalmente el control de estos patógenos ha sido por agroquímicos, los cuales se aplican a la semilla, follaje y al suelo, con resultados favorables; sin embargo, su uso trae como consecuencia efectos nocivos sobre el ambiente debido a su residualidad, lo que provoca que se acumulen en cuerpos de agua, suelo, plantas y animales; además, generan resistencia por parte de los fitopatógenos, sin olvidar el detrimento que causa en la salud humana (Cellis 2008).

#### **1.3.1. *Alternaria solani***

El tizón temprano del tomate se encuentra distribuido en todas las zonas productoras de tomate del mundo, y puede llegar a ser una importante enfermedad si se dan las condiciones ambientales favorables para su desarrollo.

En Nayarit, *A. solani* es la principal enfermedad que afecta a follaje. Tiene una amplia distribución en todo el estado, y sus mayores daños ocurren cuando hay presencia de precipitaciones, principalmente en el ciclo otoño-invierno. (Momol y Pernezny, 2006).

**Síntomas y daños:** La enfermedad inicia con manchas pequeñas circulares de color café o negro sobre las hojas más viejas; las lesiones pueden ser rodeadas por un halo clorótico. A medida que la enfermedad se desarrolla, las manchas se hacen más grandes y pueden ser de 8-10 mm de diámetro o mayores, sobre las hojas dañadas se forman círculos concéntricos, los cuales son un síntoma característico de esta enfermedad; con infecciones severas puede haber defoliación, dejando expuestos a los frutos a las quemaduras de sol. (Momol y Pernezny, 2006).

En los tallos atacados por el patógeno se desarrollan lesiones pequeñas, oscuras y acuosas; estas lesiones se expanden y se hacen ovales con círculos concéntricos. Los daños que se producen en tallos son ahorcamiento y eventualmente muerte de los mismos o de la planta. Las infecciones en los frutos pueden afectar tanto a frutos verdes como maduros; los síntomas son manchas circulares de colores café oscuro, acuosas y que también presentan anillos concéntricos; sin embargo, existen otras especies de éste patógeno que pueden afectar frutos tanto en pre como en postcosecha (Nitzsche y Wyenandt, 2005; Wyenandt y col., 2006).

#### **1.3.1.1. Ciclo de la enfermedad**

*Alternaria solani* produce estructuras de resistencia llamadas clamidosporas, las cuales son capaces de sobrevivir en el suelo o residuos de cosecha por un periodo de tiempo. El patógeno se puede transmitir por semilla, debido a esto, puede afectar semilleros y plantas de trasplante. La enfermedad también ataca a otras solanáceas como papa y berenjena. Esta puede sobrevivir en plantas espontáneas de tomate, así como en papa, berenjena o solanáceas silvestres. Las esporas del hongo se diseminan por el viento y por el salpique de agua de lluvia.

Condiciones de alta humedad y temperaturas de 24-29 °C favorecen el desarrollo de *A. solani* (Martin y col., 2010).

#### **1.3.1.1. Clasificación taxonómica**

Reino: *Fungi*

Phylum: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Pleosporales

Familia: *Pleosporales*

Género: *Alternaria*

Especie: *Alternaria solani*

#### **1.3.2. Rhizoctonia solani**

*Rhizoctonia solani* es un patógeno habitante del suelo que ataca, especialmente cuando éste se realiza bajo invernadero, provocando caída de plántulas del tomate. El hongo puede causar ahogamiento, cancrrosis de tallo, pudrición de raíz, etc., en varios cultivos. En la corona y raíz del tomate causa una pudrición por lo que la planta se marchita y muere. Las plantas infectadas con *R. solani* entre sus síntomas presentan la pudrición de semillas, ahogamiento y muerte de plántulas, el hongo ataca el tallo iniciando de la parte basal ocasionando pudriciones blandas y pudrición de la raíz, síntomas que resultan debilitando y causando muerte prematura de la planta, en algunos casos, el porcentaje de plántulas muertas puede llegar hasta 70% lo que ocasiona reducción de la productividad (Arcos y col., 2015; Medeiros y col., 2015).

El hongo *Rhizoctonia solani* causa pudrición de raíz y cuello en plantas de jitomate, ocasionando pérdidas severas que afectan la calidad y cantidad de la producción del cultivo de jitomate (Mendoza, 1996). Tradicionalmente, la protección del cultivo de jitomate contra el ataque de hongos patógenos se ha realizado mediante el control químico (Lagunas y col., 2001); sin embargo, aunque los agroquímicos han permitido obtener incrementos substanciales en la

producción, el uso indiscriminado ha ocasionado problemas de contaminación ambiental que han impactado negativamente en la biodiversidad de los agroecosistemas, causando la inestabilidad de los mismos que se manifiesta, entre otros efectos nocivos, en una incidencia mayor de enfermedades en los cultivos. Esto y los problemas de seguridad pública inherentes a la fabricación y uso de agroquímicos han conducido a la búsqueda y establecimiento de nuevas alternativas de manejo de las enfermedades (Zavaleta, 2000).

#### **1.3.2.1. Distribución de *Rhizoctonia solani***

*Rhizoctonia solani* es un hongo que se distribuye en todo el mundo causando diversas enfermedades en una gran variedad de cultivos. (González, 2002).

#### **1.3.2.2. Clasificación taxonómica**

Hongo superior

Subdivisión: Deuteromycotina

Clase: Agonomycetes

Orden: Agonomycetales (Myceliales)

Género: *Rhizoctonia*

Especie: *solani*

#### **Importancia**

*Rhizoctonia solani*, que por su ubicuidad representa un peligro potencial en todas las zonas productoras (Silva y col., 2009).

La capacidad de infección de *Rhizoctonia solani* está determinada por las condiciones de temperatura y humedad (González, 2002), y es uno de los hongos fitopatógeno de mayor incidencia en el cultivo de jitomate (Velásquez., 2007), aunque también puede infectar a un extenso grupo de plantas de diferentes especies de importancia económica (Gour., 2012) en las que produce lesiones oscuras en raíces y semillas, pudrición de tallos y de las partes de la planta que están en contacto con el suelo (González., 2008).

## 1.4. PLAGAS INSECTILES EN EL CULTIVO DE FRESA

### 1.4.1. *Lygus spp*

La chinche lygus (*Lygus lineolaris*), es una plaga polífaga importante en el centro y noreste de los Estados Unidos de América (Handley y Pollard, 1993), se hospeda en más de la mitad de las especies de plantas cultivadas en el norte de América (Capinera, 2001). Ataca a una amplia variedad de plantas herbáceas de importancia económica como hortalizas, flores, árboles frutales y plantas de vivero (Kelton, 1975), *Lygus lineolaris* es una plaga económicamente importante en fresa (*Fragaria x ananassa*) (Rhainds y col., 2001), esto debido a que causa severos daños por el tipo de aparato bucal (succionador), el cual usa para alimentarse de las flores y frutos en desarrollo; cuando una fruto recién cuajado se daña, ya no se desarrolla correctamente, esto causa un característico descoloramiento y malformación denominado “cat-facing” o “cara de gato” (Wayne. y col., 2001). Razón por la cual es necesario controlar las chinches lygus antes de que causen daño, ya que a medida que aumenta la densidad de población de ninfas por racimo floral, o por planta se incrementa el porcentaje de daño en los frutos y disminuye el rendimiento (González, 2010).

Para el control de *L. lineolaris*, los insecticidas químicos han sido los productos más utilizados en fresa, aunque en los últimos años se ha detectado resistencia a algunos compuestos en las poblaciones de chinche lygus en campo (González, 2010). Por lo anterior, es esencial conocer el grado de tolerancia del insecto a los agroquímicos que se usan para su control y con ello hacer una rotación de agroquímicos por su grupo químico o hacer un plan de manejo integrado de esta plaga que reduciría pérdidas económicas y contaminación ambiental.

#### 1.4.1.2. Distribución

La chinche lygus, (*Lygus lineolaris*), es una plaga polífaga importante en el centro y noreste de los Estados Unidos de América (González, 2010).

### 1.4.1.3. Clasificación taxonómica

Orden: Hemiptera

Familia: Miridae

Género: *Lygus*

Especie: *lineolaris*

## 1.5. PLAGAS INSECTILES DE JITOMATE

### 1.5.1. *Trialeurodes vaporarum*

De acuerdo a IRAC, 2016 *B. tabaci* se encuentra en más de 900 plantas huésped en todos los continentes excepto la Antártida. Según se informa, transmite más de un centenar de especies de virus. La mosca blanca se desarrolla en las zonas tropicales, subtropicales, y menos predominantemente en hábitats templados. También es una plaga importante de los invernaderos. Los adultos son de aproximadamente 1 mm de largo; su cuerpo es de azufre de color amarillo, las alas son de color blanco, y el animal es totalmente recubierto con un polvo blanco, similar a la cera. La primera ninfa estadio es de aproximadamente 0,3 mm de longitud y se mueve alrededor en busca de un lugar para insertar sus piezas bucales en el floema.

Las ninfas y adultos presentan un aparato bucal de tipo picador chupador (Perea y col., 2003). Al alimentarse perforan las células del follaje y succiona la savia de los tejidos vegetales, ocasionando daños directos (amarillamiento y debilitamiento de las plantas) ocasionan una cierta pérdida de vigor en la planta que en última instancia pueden afectar a los rendimientos económicos. Cuando hay altas poblaciones de mosca blanca, se puede presentar maduración desuniforme, causada por la presencia de toxinas en la saliva del insecto, cuando hay más de 15 larvas por cm<sup>2</sup> los daños directos son de importancia (Rodríguez y col., 2001). Otro de los daños directos que provoca esta plaga es como consecuencia de la secreción de melaza, los adultos, sobre todo las larvas segregan gran cantidad, la

melaza es una sustancia compuesta por azúcares, monosacáridos, disacáridos y trisacáridos, cuya composición varía en función de la edad de la larva y se considera un subproducto de la actividad alimentaria de larvas y adultos, es excretada a través del ano, cayendo a la superficie de los vegetales, es un medio de cultivo óptimo para el desarrollo de hongos tipo negrilla (*Capnodium* spp.), que dificultan e incluso impiden la fotosíntesis en las superficies afectadas, produciéndose decoloraciones.

El daño indirecto que realiza *B. tabaci* y que sin duda es el más importante por las grandes pérdidas económicas que provoca en la agricultura, es la transmisión de virus, se cree que *B. tabaci* es capaz de transmitir aproximadamente unos 300 virus fitopatógenos, entre éstos cabe destacar el TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Begomovirus) o virus del rizado amarillo o de la hoja en cuchara del tomate que fue detectado por primera vez en España en cultivos de tomate de Murcia y Almería a final de verano de 1992 (Moriones y col., 1993).

La “mosca blanca de los invernaderos” (*T. vaporariorum*) es un insecto pequeño de metamorfosis intermedia. El ciclo biológico comprende 4 estados: huevo, 4 estadios ninfales, pupa y adulto. Los huevos son lisos, periformes y provistos de un pedicelo. Son depositados en un círculo en el envés de la hoja y casi siempre están cubiertos de una secreción cerosa. El primer estadio ninfal es el único móvil y camina varias horas sobre la hoja hasta encontrar un lugar adecuado para alimentarse del floema. El segundo y tercer estadio ninfal son muy similares, aplanados con forma de escama. Después de la tercera muda, la ninfa pasa por dos fases, una inicial durante la cual se alimenta (ninfa 4) y otra en la que deja de hacerlo. Este último estado se caracteriza por la aparición de largas setas y la elevación de las paredes laterales típicas de la pupa. Los adultos recién emergidos tienen las alas transparentes que luego se cubren de una sustancia cerosa (Polack, 2005).

Este insecto se puede reproducir sexual o partenogenéticamente. Las hembras viven entre 30 y 40 días. Las ovipositoras normales, son de 150 huevos y en casos de muy buenas condiciones, se observaron algunas de más de 350 huevos (Castilla, 2005).

Los daños causados por *T. vaporariorum* pueden ser:

- a) Directos, los producidos por adultos y estados inmaduros al alimentarse provocando pérdidas de rendimiento.
- b) Indirectos, que pueden ser de dos tipos: efectos sobre la calidad, como los causados por las ninfas, que al alimentarse de la savia retienen los nutrientes y excretan una sustancia pegajosa rica en azúcares, que favorece el crecimiento del hongo fumagina o negrilla (*Cladosporium* sp.). Este afecta la capacidad fotosintética de la planta y cubre los frutos, perjudicando el valor cosmético del mismo (Cáceres, 2004).

La mosca blanca de los invernaderos (*Trialeurodes vaporariorum*) es una especie fitófaga y polífaga, que afecta seriamente a los cultivos hortícolas.

El ciclo de vida de *T. vaporariorum* de huevo a adulto puede ser afectado por factores relacionados con la planta huésped y por las condiciones climáticas. El principal factor climático que afecta directamente la tasa de desarrollo y el grado de actividad de los insectos, es la temperatura (Ramos y col., 2002; Campos y col., 2003).

#### **1.5.1.1. Taxonomía**

Orden: Hemiptera

Familia: Aleyrodidae

Género: *Trialeurodes*

Especie: *Trialeurodes. Vaporariorum.*

#### **1.5.1. 2. Distribución**

El origen geográfico de las “moscas blancas” es muy controvertido, pero la mayoría de las especies del género *Trialeurodes* se atribuyen al continente americano pudiendo ser Brasil o México los lugares de origen. Esta especie se ha convertido en cosmopolita, con una amplia distribución que comprende cinco continentes: Asia, Europa, América, Oceanía y África (Chamorro, 2007).

## **1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Durante la segunda mitad del siglo XX, la agricultura ha sido exitosa en satisfacer la creciente demanda de alimentos; el rendimiento de cultivos básicos se incrementó dramáticamente, el precio de los cultivos declinó, la tasa de incremento en la producción de alimentos ha excedido la tasa de crecimiento poblacional en varios países en vías de desarrollo, esto con el objetivo de solucionar el problema del hambre en el mundo. Por lo tanto, la solución era cambiar el genotipo o tipo de cultivares mejoradas con el establecimiento de monocultivos, aplicación de grandes cantidades de agua, fertilizantes y agroquímicos incrementando hasta cinco veces la producción. En conclusión, los resultados en cuanto a aumento de la productividad y la contaminación de la salud humana y ecológica fueron sumamente espectaculares.

### **1.6.1. ORIGEN, EVOLUCIÓN Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA**

Después de la “revolución verde” la agricultura se consolidó como la principal fuente de contaminación de aguas superficiales, con plaguicidas y nitratos, erosión y esterilización del suelo, contaminación de alimentos con residuos químicos y sobre todo la resistencia a plaguicidas va en aumento. Irónicamente, los mismos agroquímicos que fueron vistos durante muchos años como un símbolo del triunfo del hombre sobre la naturaleza, hoy son puestos en las listas negras de numerosos países por su extrema peligrosidad (Sarandon y col, 2014).

Una de las consecuencias del mal uso y uso indiscriminado de agroquímicos, que actualmente se está transformando en una gran preocupación, es la pérdida de efectividad de muchos plaguicidas debido al desarrollo de resistencia por parte de las especies plagas y enfermedades como respuesta a la presión de selección debido a las altas dosis y aplicaciones continuas. Los agricultores perciben claramente este problema al observar que la efectividad de los plaguicidas está disminuyendo aceleradamente y que necesitan aplicar más y nuevos productos,

para el control de las adversidades bióticas. Para el año 1989, ya se contabilizaban 504 especies de insectos que habían desarrollado resistencia a uno o más agroquímicos, en 2005 esto ya había aumentado a 525 especies resistentes a algún ingrediente activo y para el 2011 el IRAC (insecticide resistance action committee) reportó 553 especies de insectos resistentes a algún ingrediente activo. Para el caso de hongos causantes de enfermedades fungosas en 2010 se ha reportado resistencia a metalaxil, iprovalicarb, azoxystrobin y dimetomorph en diferentes cultivos. Esto significa la necesidad de uso de nuevos productos y/o de mayores dosis a intervalos más cortos para obtener el mismo resultado, provocando que la planta no tenga tiempo para sintetizar los ingredientes activo, aunado a ello los mercados regionales establecen barreras u obstáculos técnicos al comercio como medidas sanitarias y fitosanitarias (productos libres de tóxicos) y residuos de agroquímicos, que hacen más complejo este problema (Sarandon y col, 2014).

#### **1.6.2. CONDICIONES LOCALES QUE PERMITEN ABORDAR EL PROBLEMA**

En el estado de Aguascalientes, México, las condiciones en que se encuentran los productores de jitomate y fresa son similares, en los cultivos de jitomate en invernadero y fresa en macro túnel se han presentado diferentes problemas con enfermedades fungosas entre los que destacan las causadas por *Alternaría solani*, *Alternaría alternata*, *Phytophthora infestans*, *Sclerotinia esclerotiorum*, *Botrytis cinerea*, *Leveillula taurica*, *Fusarium oxysporum* entre otros agentes causales, aunado a ello la presencia de plagas insectiles como *Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum*, *Bactericera cockerelli*, *Aphis gossypii*, *Lygus spp* entre otros.

De igual forma se encuentran plantas que presentan actividades anti insecticidas y anti fungicidas que en la actualidad aún no se utilizan para controlar los problemas causados por hongos e insectos plaga y que ayudan a atenuar el problema de resistencia a ingredientes activos de algunos fungicidas y bactericidas sintéticos, como respuesta a la presión de selección debido a las altas dosis y aplicaciones continuas.

## 1.7. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Los aceites esenciales de *Schinus molle*, *Eucalyptus cinerea* y *Larrea tridentata* tendrán efecto insecticida y fungicida, lo que se verá reflejado en tasas de mortalidad e inhibición.

## 1.8. OBJETIVOS

### 1.8.1. Objetivo general

Evaluar aceites esenciales de *Schinus molle*, *Eucalyptus cinerea* y *Larrea tridentata* para el manejo de plagas y enfermedades fungosas en jitomate y fresa.

### 1.8.2. Objetivos específicos

- I. Obtener aceite esencial de *Schinus molle*, *Eucalyptus cinerea* y *Larrea tridentata*.
- II. Evaluar el efecto insecticida de los extractos de *Schinus molle*, *Eucalyptus cinerea*, *Larrea tridentata*, para el control de *Lygus spp.* en fresa en campo.
- III. Evaluar el efecto insecticida de los extractos de *Schinus molle*, *Eucalyptus cinerea*, *Larrea tridentata*, para el control *Trialeurodes vaporariorum* en jitomate en invernadero.
- IV. Evaluar el efecto fungicida de los extractos de *Schinus molle*, *Eucalyptus cinerea*, *Larrea tridentata* para inhibición de crecimiento *in vitro* e *in situ* de *Botrytis cinerea* y *Fusarium spp.* en fresa.
- V. Evaluar el efecto fungicida de los extractos de *Schinus molle*, *Eucalyptus cinerea*, *Larrea tridentata* para inhibición de crecimiento *in vitro* e *in situ* de *Alternaria solani* y *Rhizoctonia solani* en jitomate.

## 1.9. BIBLIOGRAFÍA.

- Abad M, Bermejo P., 2007. Baccharis (Compositae): a review update. Arkivoc, 7:76-96
- Abdo, Guadalupe, 2008. Aromáticas en la huerta orgánica / Guadalupe Abdo y Hugo Riquelme; dirigido por Sandra Massoni - 2ª ed. C. de Buenos Aires: Inst. Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. 112 p.; 21x15 cm. ISBN 978-987-521-300-5.
- Agrios, G. 2007. Fitopatología, colaborador en la traducción, Manuel Guzmán Ortiz, Segunda edición, México, Editorial Limusa S. A., 838 p.
- Alexopoulos, C. J. C. Mims W. and M. Blackwell. 1979. Introductory Micology. Fourth Edition. Edit Jhon Wiley & Sons, Inc. United States of America. 869 p.
- Araque, M.P., Pelaez, J.C. 2010. Evaluación de la actividad biológica de emulsiones aceite/agua de ácido oleico-nicotina sobre *Drosophila melanogaster*, Vitae, 17 (1), 83-89.
- Arcos J.; Zúñiga. 2015. Efecto de rizobacterias en el control de *Rhizoctonia solani* en el cultivo de papa. Ecología Aplicada. 14(2): 95-101
- Baker JD, Arnason JT, McRae C, Wade JM, Alkemade SJ. 2008. Insect repellent: composition, useful to reduce the incidence of infectious diseases, comprises evening primrose oil and a carrier. US Patent Application 2008/0213408
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. & Idaomar, M. 2008. Biological effects of essential oils. A review. *J. Agric. Food Chem.* 46 (2): 446-475.
- Campos, A.J.E., Vázquez, M.M.S. y Rodríguez, GR. 1994. Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento de *Rhizohium solani* en laboratorio. Memorias del XXI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Cuernavaca, Morelos, México, p. 47.

- Capinera J.L. 2001. Handbook of Vegetable Pests. Academic Press, San Diego. 729 pp.
- Carrillo-Rodríguez J.C., R. Vásquez-Ortiz, A. Ríos-Díaz, M.P. Jerez-Salas, Y. Villegas Aparicio 2008. Extractos vegetales para el control de plagas del follaje del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Oaxaca, México. En: VIII Congreso científico de SEAE: Agricultura y Alimentación Ecológica; 16-20 septiembre del 2008, Bullas, Murcia, España.
- Carrillo-Rodríguez, J. C., C. Perales-Segovia y J. L. Chávez-Servia. 2011. Experiencias en el manejo de plagas agrícola con extractos vegetales. Instituto Tecnológico del Valle de axaca, Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes y CIIDIR-IPN, Unidad Oaxaca. Oaxaca, México.
- Castilla, N. 2005. Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Ediciones Mundi
- Celis, A; Mendoza, C; Pachón, M; Cardona, J; Delgado, W. y Cuca, L. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, vol. 26(1):97-106.
- CHAMORRO, Daniel. 2007. Caracterización de Poblaciones de *Botrytis cinerea* Resistentes a Fungicidas en rosas (*Rosa* sp) en las provincias de Pichincha y Cotopaxi. 2005. Universidad Central del Ecuador. Quito. Pichincha. 2008
- Chaves, N, y Wang, A, 2004. Combate del moho gris (*Botrytis cinerea*) de la fresa mediante *Gliocladium roseum*. [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v28n02\\_073.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v28n02_073.pdf). Acceso noviembre 2017.
- Christie M. 2010. Private property pesticide by-laws in Canada. <http://www.flora.org/healthyottawa/BylawList.pdf>
- Copping LG, ed. 2009. The Manual of Biocontrol Agents: A World Compendium. Alton: Br. Crop Prod.
- Cox, P. 2002. Factors affecting the behaviour of beetle pests in stored grain, with particular reference to the development of lures. *J. Stored Prod. Res.* 38: 95-115.
- Dayan, E.F., L.C. Cantrell y O.S. Duke. 2009. Natural products in crop protection. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 17, 4022-4034.

- Díaz, B. V., 2002., Principales enfermedades del frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en las principales regiones productoras del estado de Morelos. INIFAP. Folleto técnico.. 17. 34 p
- Duso, C., Malagnini V., Pozzebon A., Castagnoli M., Liguori M., Simoni S., 2008. Comparative toxicity of botanical and reduced-risk insecticides to Mediterranean populations of *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari Tetranychidae, Phytoseiidae) *Biological Control*, 47, 1621.
- Espinosa, M. (2006). Estudio de la variabilidad genética y organización cromosómica en el hongo fitopatógeno *Botrytis cinerea*. Tesis Doctoral Universidad de Cadíz.
- Giraud, T., E. Fournier, D. Vautrin, M. Solignac, E. Vercken, B. Bakan y. Brygoo (2002). Isolation of eight polymorphic microsatellite loci, using an enrichment protocol, in the phytopathogenic fungus *Fusarium culmorum*. *Molecular Ecology Notes* 2: 121-123.
- González H. D. 2002. Estado Actual de la Taxonomía de *Rhizoctonia solani* Kühn. *Revista Mexicana de Fitopatología*. Vol 20 (2), p. 200
- González S., María G., Salazar-T., José C., Jaimes A., F., Ramírez A. S., & González S. R. 2010. Eficacia de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin en el control de *Lygus lineolaris* (Palisot de Beauvois) en fresa. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 16(3), 189-193. Recuperado en 14 de septiembre de 2016, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027152X2010000300007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027152X2010000300007&lng=es&tlng=es).
- Gonzalez, A. (2009). *Actividad cicatrizante de una pomada con aceite esencial de schinus molle l. "molle" en ganado vacuno con heridas infectadas y en ratones*. Tesis de grado, *Farmacia y Bioquímica*, Ibarra, Ecuador.
- González-García, M. 2008. Aspectos de sistemática y biología del complejo *Rhizoctonia*. *Fitosanidad*. 12(3):147-159.
- González-Hernández, D. 2002. Estado actual de la taxonomía de *Rhizoctonia solani* Kühn. *Rev. Mex. Fitopatol.* 20(2):200-205.

- Gour, R. 2012. Isolation and characterization of Actinomycetes against *Macrophomina phaseolina* and *Rhizoctonia solani*. Adv. J. Pharm. Sci. 1(2):31-30.
- Handley, D. T.; Pollard, J. E. 1993. Microscopic examination of tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae) feeding damage to strawberry. Journal of Economic Entomology 86(2): 505–510.
- Holz, G; ertze, S. y Williamson, B. (2007). The ecology of *Botrytis* on plant surfaces. In Elad. Y; Williamson, B; Tudzynski, P. y Denle, N. *Botrytis:biology, pathology and control*. Springer, USA, pp:9-27<sup>a</sup>
- Huerta, A., Chiffelle, I., Puga, K., Azúa, F., y Araya, J. E. 2010. Toxicity and repellence of aqueous and ethanolic extracts from *Schinus molle* on elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola*. Crop Protection, 29(10), 1118-1123.
- Iannacone O., J. y M. Reyes U. 2001. Efecto de la rotenona y neem sobre *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) y *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Dgromyzidae) plagas del tomate en el Perú. Agronomía Tropical 51(1): 65-79.
- Iannacone, J., & Alvarino, L. (2010). Toxicidad De *Schinus Molle* L. (Anacardiaceae) A Cuatro Controladores Biológicos De Plagas Agrícolas En El Perú. (Spanish). Acta Zoológica Mexicana, 26(3), 603-615.
- Iannacone, J., H. Ayala, y A. Román, 2004. Efectos toxicológicos de cuatro plantas sobre el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1855 (Coleóptera: Curculionidae) y sobre el gorgojo de las galletas *Stegobium paniceum* (Linnaeus 1761) (Coleóptera: e Anobiida) en Perú. Gayana 69(2): 234-240.
- Iannacone, O. J. 2008. Actividad insecticida y repelente de plantas en el gorgojo del maíz I. *Sitophilus zeamais*. SCIENTIA 10(10):171-179.
- Iannacone, O. J., Wong, Y. S., Alcantara, P., & Rodríguez, R. (2008). Actividad insecticida y repelente de plantas en el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*. Scientia, 10(10), 171-179.

- Inouye, S., K. Uchida y S. Abe. 2006. Volatile Composition and Vapour Activity Against *Trichophyton mentagrophytes* of 36 Aromatic Herbs Cultivated in Chichibu District in Japan, *The International Journal of Aromatherapy* 159-168.
- IRAC, 2016. Revisada el 18 de mayo de 2016 disponible en <http://www.irac-online.org/pests/bemisia-tabaci/>
- IRAC, 2016. Revisada el 18 de mayo de 2016 disponible en <http://www.irac-online.org/pests/aphis-gossypii/>
- Isman, M.B. & Machial, C.M., 2006. Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. *En: Rai, M., Carpinella, M.C. (Eds.), Naturally Occurring Bioactive Compounds. Advances in Phytomedicine* 3. Elsevier, pp. 29-44
- Jiménez EV, Mosquera OM. 2014., Actividad antifúngica In vitro de tres extractos de plantas frente a *Botrytis cinerea*
- Kelton L.A. 1980. The Plant Bugs of the Prairie Provinces of Canada. Heteroptera: Miridae. The Insects and Arachnids of Canada. Part 8. Canadian Government Publishing Centre. Hull, Quebec. 408 pp
- Lagunas-Lagunas, J., Zavaleta-Mejía, E., Osada-Kawasoe, S. y Aranda-Ocampo, S. 2001. *Bacillus firmus* como agente de control biológico de *Phytophthora capsici* Leo. en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 19:57-65.
- Leicach, S.R. 2006. Alelopatía. Interacciones químicas en la comunicación y defensa de las plantas. Editorial Eudeba, 202 pp.
- Leicach, S.R. 2006. Alelopatía. Interacciones químicas en la comunicación y defensa de las plantas. Editorial Eudeba, 202 pp.
- Leicach, S.R., Garau, A.M., Guarnaschelli, A.B., Yaber Grass, M.A., Sztarker, N.D. & Dato, A. 2010. Changes in *Eucalyptus camaldulensis* essential oil composition as response to drought preconditioning. *J. Plant Inter.* 5(3): 205-210.

- Leslie, J. F. and B. A. Summerell. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual.
- Lira-Saldivar, R. (2003), "Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la gobernadora (*Larrea tridentata* (D.C.) Coville)", *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(2), pp. 214-222.
- Liu et al., 2008. X. Liu, Q. Chen, Z. Wang, L. Xie, Z. Xu. Allelopathic effects of essential oil from *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* on pathogenic fungi and pest insects. *Front. Forestry China*, 3 (2008), pp. 232–236.
- Liu ZL, Chu SS, Jiang GH. 2011. Insecticidal activity and composition of essential oil of *Ostericum sieboldii* (Apiaceae) against *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum*. *Rec. Nat. Prod.* 5:74–81
- Liu, X., Chen, Q., Wang, Z., Xie, L. & Xu, Z., 2008. Allelopathic effects of essential oil from *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* on pathogenic fungi and pest insects. *Front. Forestry China* 3: 232-236
- Martin, H., J. Thomas, and D. Persley. 2010. Tomato. p. 245-274. *In* Persley et al (ed.) *Diseases of vegetable crops in Australia*. CSIRO Publishing.
- Mendoza-Zamora, C. 1996. Enfermedades fungosas de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México, México. 85 p.
- Momol, T. and K. Pernezny. 2006. 2006 Florida Plant Disease Management Guide: Tomato. Publication PDMG-V3-53. Florida Cooperative
- Monsálvez, M., Zapata, N., Vargas, M., Berti, M., Bittnerb, M., Hernández, V., 2010. Antifungal effects of n-hexane extract and essential oil of *Drimys winteri* bark against Take-All disease. *Industrial Crops and Products*, 31, 239-244.
- Morgan, D.E., 2009. Azadirachtin, a scientific gold mine. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 17, 40964105.
- Moriones, E. 1993. El virus del rizado amarillo del tomate (TYLCV): una nueva virosis en España. En: J. L. Cenis (Eds.) *El virus del rizado amarillo (hoja en cuchara) del tomate (TYLCV) y su vector Bemisia tabaci*. Jornadas nº 8. Región de Murcia. Consejería de Medio Ambiente Agricultura y Agua. Murcia. Pp. 19-22.

- Murillo, Walter, Araque, Pedronel, & Peláez, Carlos A. (2012). Actividad Fungicida e Insecticida de Emulsiones Agua/Aceite de Mezclas de Extractos de *Nicotiana tabacum*, *Azadiractha indica* y *Eucalyptus tereticornis*. *Información tecnológica*, 23(1), 139-152. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642012000100015>
- NELSON, P.E. 1981., Life cycle and epidemiology of *Fusarium oxysporum*.
- Nitzsche, P. and Wyenandt, A. 2005. Diagnosing and controlling fungal diseases of tomato in the home garden. Publication Number FS547. Rutgers NJAES Cooperative Extension, The State University of New Jersey.
- Papachristos DP, Kimbaris AC, Papadopoulos NT, Polissiou MG. 2009. Toxicity of citrus essential oils against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) larvae. *Ann. Appl. Biol.* 155:381–89
- Park IK, Kim L-S, Choi I-O, Lee Y-S, Shin S-C. 2006. Fumigant activity of plant essential oils and components from *Schizonepeta tenuifolia* against *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae). *J. Econ. Entomol.* 99:1717–21
- Park, J.D., Habeebu, S.S.M. & Klaassen CD. 2002. Testicular toxicity of di-(2-ethylhexyl) phthalate in young Sprague-Dawley rats. *Toxicology* 171: 105-115
- Perea, J. A. 2003. “El ‘pulgón saltador’ o la Paratrioza, una amenaza para la horticultura de Sinaloa”, Taller sobre Paratrioza *cockerelli* Sulc. Como plaga y vector de fitoplasmas en hortalizas. Memoria. 9-12 pp.
- Peredo. H. A., Palou E., Lopez. A., 2009., Aceites Esenciales: Métodos de Extracción. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de las Américas Puebla.
- POLACK, A. 2005. Manejo integrado de moscas blancas. *Boletín Hortícola* N° 31. EEA
- Regnault-Roger C, Silvy C, Alabouvette C. 2005. Biopesticides: réalités et perspectives commerciales. In *Enjeux Phytosanitaires pour l’Agriculture et l’Environnement*, ed. C Regnault-Roger, pp. 849–80. Paris: Lavoisier Tech & Doc

- Regnault-Roger C. 2008. Recherche de nouveaux biopesticides d'origine végétale à caractère insecticide: démarches méthodologiques et application aux plantes aromatiques méditerranéennes. See Ref. 98, pp. 25–50
- Regnault-Roger C.; Philogene, B. J.; Vincent, C. 2004. Biopesticidas de Origen Vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- RhaindS, M.; Kovach, J.; Dosa, E. L.; English–Loeb, G. 2001. Impact of reflective mulch on yield of strawberry plants and incidence of damage by tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae). *Journal of Economic Entomology* 94(6): 1477–1484.
- Rodríguez, R. Tavares, R. y Medina, 2001. Cultivo moderno del tomate. 2ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. España. 255 p.
- Ruther, J., Meiners, T. & Steidle, J.L.M. 2002. Rich in phenomena lacking in terms - A classification of kairomones. *Chemoecology* 12: 161-167.
- Sanjuán Lara F. 2005. Extractos vegetales en el control de la mosquita blanca en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de M.C. en Productividad de Agroecosistemas, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca No. 23, Oaxaca.
- Santiago-Hernández, N.C., J.C. Carrillo-Rodríguez, M.P. Jerez-Salas; J.L. Chávez-Servia y C. Perales S. 2009. Extractos vegetales para el control de mosquita blanca *Bemisia tabaci* Genn. en tomate. En: X Simposio internacional y V Congreso anual de agricultura sostenible. Universidad Autónoma de Chiapas y Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible, A. C. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Sarandón, Santiago Javier y Flores, Claudia Cecilia. 2014. Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables 1a ed. La Plata : Universidad Nacional de La Plata,. E-Book: ISBN 978-950-34-1107-0

- Schelz, Z., J. Molnar y J. Hohmann., 2006. Antimicrobial and Antiplasmodial Activities of Essential oils, *Fitoterapia*, 77, 279-285.
- Scott IM, Puniani E, Durst T, Phelps D, Merali S, et al. 2002. Insecticidal activity of *Piper tuberculatum* Jacq. extracts: synergistic interaction of piperamides. *Agric. For. Entomol.* 4:137-44
- Shaaya E, Ravid U, Paster N, Juven B, Lisman U, Pissarev V. 1991. Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *J. Chem. Ecol.* 7:499-504
- Silva Aguayo, G.A. 2001. Insecticidas vegetales. <http://ipmworld.umn.edu/cacelado/Spchapters/GsilvaSp.htm>. (Último acceso: noviembre 20107).
- Silva-Rojas, H. V.; Fernández-Pavia, S. P.; Góngora-Canul, C.; Macías-López, B. C. y Ávila-Quezada, G. D. 2009. Distribución espacio temporal de la marchitez del chile (*Capsicum annuum* L.) en Chihuahua e identificación del agente causal *Phytophthora capsici* Leo. *Rev. Mex. Fitopatol.* 27(2):134-147.
- Tabanca N., Demirci B., Husnu Can Baser K., Aytac Z., Ekici M., Khan S., Jacob M., Wedge D.
- Toledo, V., 1994. La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación en los noventa. *Ciencias*. N° 34 abril-junio, 43-57.
- Trumble JT. 2002. Caveat emptor: safety considerations for natural products used in pest control. *Am. Entomol.* 48:7-13
- Ullio, L. y Macarthur, E. (2004). Strawberry disease control guide. *Journal NSW Agriculture*, vol. 3:236-244.
- Vasquez, O., Alva, A. y Marreos, J. 2001. Extracción y caracterización del aceite de *Je Engineering*. Elsevier. Nueva York EE.UU. 707P
- Velásquez, V. R. y Victoriano, L. F. 2007. Presencia de patógenos en almácigos y semilla de chile (*Capsicum annuum* L.) en Aguascalientes y Zacatecas, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 25:75-79.

- Walling LL. 2000. The myriad plant responses to herbivores. *J. Plant Growth Regul.* 19:195–216
- Wayne. N.D.; T.R. Fastulo.2001. Tarnished plant Bug. *Lygus lineolris* (Palisot de Beauvois)(insecta:Heteroptera:Miriadae). University of Florida. IFAS Extension. [Creatures.ifas.ufl.edu/tres/tarnished\\_plant\\_bug.htm](http://Creatures.ifas.ufl.edu/tres/tarnished_plant_bug.htm).
- Whittaker, R.H. & Feeny, P.P. 1971. Allelochemicals: Chemical Interactions between Species. *Science* 171: 757-770.
- Wyenandt, A., W. Kline, and A. J. Both. 2006. Important diseases of tomatoes grown in high tunnels and greenhouses in New Jersey. Publication Number FS358. Rutgers NJAES Cooperative Extension, The State University of New Jersey
- Zapata N, Lognay G, Smagghe G. 2010. Bioactivity of essential oils from leaves and bark of *Laurelia sempervirens* and *Drimys winteri* against *Acyrtosiphon pisum*. *Pest Manag. Sci.* 66:1324–31
- Zapata, N., F. Budia., Vifiuela, E y P. Medina. 2006. Laboratory Evaluation of Natural Pyrethrins, Pymetrozine and Triflumuron as Alternatives to Control *Ceratitidis capitata* Adults. *Phytoparasitica*, 34(4):420-427.
- Zavaleta-Mejía, E. 2000. Alternativa de manejo de las enfermedades de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología* 17:201-207.
- Zhou, X., Li, Yongquan., Xin Chen. 2010. Computational identification of bioactive natural products by structure activity relationship. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, 24, 38-45.
- Zhu BCR, Henderson G, Yu Y, Laine RA. 2003. Toxicity and repellency of patchouli oil and patchouli alcohol against Formosan subterranean termites *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae). *J. Agric. Food Chem.* 51:4585–88.

## CAPITULO II

### ACEITES ESENCIALES

#### 2.1. RESUMEN

Los aceites esenciales son sustancias aromáticas que se encuentran en numerosas especies de plantas, se pueden extraer de diferentes órganos de la planta como hojas, tallos, flores y raíces; con diferentes métodos de extracción; la destilación por arrastre de vapor, la extracción con disolventes, por fluidos supercríticos y por uso de microondas, en este apartado el objetivo es obtener aceites esenciales de tres especies de plantas para emplearlas como posibles sustancias para manejo de plagas y enfermedades en los cultivos de jitomate y fresa, para ello se optó por usar el método de arrastre de vapor para la obtención de aceites esenciales debido a que se cuentan con los materiales necesarios para este método en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, se obtuvieron los aceites esenciales que posteriormente se enviaron al laboratorio de química de la UNAM para el análisis de los componentes presentes, para ello se encontraron en Aceite esencial de *Larrea tridentata*:  $\alpha$ -etilglucofuranosido, Piperina, Ácido octadecanoico, Ácido nordihidroguaiarético, Fitol, Acido 4 acetoxi-meta-anisico y 4-etoxi-3 metoxifenetilamina; para el caso de *Schinus molle*:  $\beta$ -mirceno,  $\alpha$ - felandreno,  $\beta$ -pineno,  $\alpha$ -pineno, limoneno y  $\beta$ -felandreno; y para *Eucalyptus cinerea*: 1.8 cinecol,  $\alpha$ -pineno, Canfeno,  $\beta$ -Felandreno, Limoneno,  $\gamma$ -terpineno,  $\alpha$ -terpineol y d-4 caeno respectivamente.

## 2.2. INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales y extractos de plantas se han utilizado desde hace mucho tiempo para obtener aromas y sabores, pero en años recientes se ha estado incursionando en el campo de la agronomía, es decir se ha estudiado si los aceites esenciales de ciertas plantas tienen actividad contra plagas y enfermedades fitopatógenos de diversos cultivos de interés agrícola; la destilación por arrastre con vapor es una técnica usada para separar sustancias orgánicas insolubles en agua y ligeramente volátiles, de otras no volátiles que se encuentran en la mezcla, como resinas o sales inorgánicas, u otros compuestos orgánicos no arrastrables. Los vapores saturados de los líquidos inmiscibles sigue la Ley de Dalton sobre las presiones parciales, que dice que: cuando dos o más gases o vapores, que no reaccionan entre sí, se mezclan a temperatura constante, cada gas ejerce la misma presión que si estuviera solo y la suma de las presiones de cada uno, es igual a la presión total del sistema. Al destilar una mezcla de dos líquidos inmiscibles, su punto de ebullición será la temperatura a la cual la suma de las presiones de vapor es igual a la atmosférica. Esta temperatura será inferior al punto de ebullición del componente más volátil. Si uno de los líquidos es agua (destilación por arrastre con vapor de agua) y si se trabaja a la presión atmosférica, se podrá separar un componente de mayor punto de ebullición que el agua a una temperatura inferior a 100°C. Esto es muy importante cuando el compuesto se descompone a su temperatura de ebullición o cerca de ella. En general, esta técnica se utiliza cuando los compuestos cumplen con las condiciones de ser volátiles, inmiscibles en agua, tener presión de vapor baja y punto de ebullición alto. La destilación por arrastre con vapor también se emplea con frecuencia para separar aceites esenciales de tejidos vegetales. Los aceites esenciales son mezclas complejas de hidrocarburos, terpenos, alcoholes, compuestos carbonílicos, aldehídos aromáticos y fenoles y se encuentran en hojas, cáscaras o semillas de algunas plantas. En el vegetal, los aceites esenciales están almacenados en glándulas, conductos, sacos, o simplemente reservorios dentro del vegetal, por lo que es conveniente desmenuzar el material

para exponer esos reservorios a la acción del vapor de agua. Los aceites esenciales son productos naturales aplicados en diferentes industrias, como son la farmacéutica, alimenticia, en perfumería, entre otros usos. Actualmente, se constituyen en productos alternativos para la elaboración de biopesticidas o bioherbicidas. La obtención de los aceites esenciales es realizada comúnmente por la tecnología llamada de destilación por arrastre con vapor, en sus diferentes modalidades. La pureza y el rendimiento del aceite esencial dependerán de la técnica que se utilice para el aislamiento.

### **2.3. ACEITES ESENCIALES**

Los Aceites Esenciales (AE), son sustancias aromáticas de base lipídica encontradas prácticamente en todas las plantas; son muy numerosas y están ampliamente distribuidas en las distintas partes de la planta: raíces, tallos, hojas, flores y frutos. Los aceites esenciales son componentes heterogéneos de terpenos, sesquiterpenos, ácidos, ésteres, fenoles, lactonas; separables por métodos químicos o físicos, como la destilación, entre otros (Vasquez y col., 2001).

Los AE son considerados mezclas complejas de más de 100 componentes que incluyen compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, algunos alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), terpenoides (monoterpenos, sesquiterpenos y diterpenos) y fenilpropanoides entre los grupos más comunes de compuestos volátiles. En la mayoría de los casos poseen dos o tres elementos en altas concentraciones mayormente terpenos y terpenoides con el resto, incluidos los fenil propanoides en proporciones mucho menores (Bakkali y col., 2008).

### 2.3.1. Terpenos: Generalidades

Los isoprenoides, más conocidos como terpenoides derivan del acoplamiento de un número entero de unidades isopreno que ocurre a través de la ruta biosintética del ácido mevalónico a través de la cual se origina el isopentenil pirofosfato (Leicach, 2006).

Wallach (1887), propuso la clasificación de terpenos de acuerdo al número de átomos de carbono que poseen, clasificación reconocida a nivel mundial y seguida por cuantos trabajan con terpenoides. La unidad básica de los terpenoides: el isopreno, constituido por 5 átomos de carbono. A partir de ella se forman los monoterpenos (C<sub>10</sub>), los sesquiterpenos (C<sub>15</sub>), etc.

Muchos de los monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos y triterpenos son compuestos cíclicos, como  $\beta$ -pineno,  $\alpha$ -cadineno, ácido dextropimárico o lanosterol. También existen ejemplos de derivados acíclicos como mirceno, farnesol, geraniol, linalol, escualeno (Leicach, 2006).

Los terpenos característicos de los aceites esenciales son monoterpenos y sesquiterpenos, es decir aquellos de menor peso molecular, y por lo tanto más volátiles.

Entre los monoterpenos, una de las grandes familias de productos naturales (Grayson, 2000) existe una gran variedad de hidrocarburos, alcoholes, aldehídos y otros compuestos oxigenados que, incluyen isómeros no sólo funcionales sino también de posición y geométricos. Se han identificado como producto del metabolismo secundario de los vegetales, aunque no son exclusivos de ellos. Son bastantes frecuentes en representantes de familias de angiospermas como Apiacea, Asteraceae, Lamiaceae, Myristicaceae, Myrtaceae, Poaceae y Rubiaceae). Entre los monoterpenos más comunes de las plantas aromáticas están:  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, alcanfor y 1,8-cineol (Leicach, 2006).

La presencia de monoterpenos volátiles en los aceites esenciales constituye una importante estrategia de defensa contra insectos y hongos patógenos (Tripathi y col., 2009).

Los sesquiterpenos, ampliamente distribuidos en la naturaleza, forman parte de los aceites esenciales, particularmente de hongos, plantas no vasculares e incluso

bacterias como *Streptomyces*. Al contar con una unidad más de isopreno que los monoterpenos, presentan mayor plasticidad en su construcción que se traduce en una mayor variabilidad estructural y funcional, resultando en hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, etc. (Tholl y col., 2006).

Aunque se les ha atribuido diversas funciones como hormonas vegetales (ácido abscísico o fitoalexinas) y como antibióticos de origen fúngico, al igual que los monoterpenos pueden actuar como inhibidores de especies vegetales. Entre los sesquiterpenos con propiedades alelopáticas se incluyen compuestos tales como el farnesol, el  $\gamma$ -bisaboleno, el cariofileno y sesquiterpenolactonas como los partenólidos partenina y achilina (Kobaisy et al., 2001; Leicach, 2006).

Los AE varían en la constitución y proporción de sus principios activos determinando así sus propiedades biológicas (Pichersky y col., 2006; Leicach, 2010).

Por ejemplo, el AE de *Origanum compactum* (Linneo) (Lamiaceae) tiene carvacrol y timol como componentes principales; linalol es el componente principal de *Coriandrum sativum* (Linneo) (Apiaceae); mientras  $\alpha$ - y  $\beta$ -tuyeno y alcanfor predominan en *Cinnamomum camphora* (Linneo) (Lauraceae) y *Artemisia* sp. (Linneo) (Asteraceae). *Eucalyptus globulus* (Labill) (Myrtaceae) posee como componente principal 1,8-cineol. En *Anethum graveolens* (Linneo) (Apiaceae):  $\alpha$ -felandreno y limoneno (tanto en hoja como en semilla) acompañando al componente principal carvona. Mentol es el componente principal de especies del género *Mentha* (Linneo) (Lamiaceae), seguido por la cetona mentona (Leicach, 2010).

Los aceites esenciales pueden variar su composición por diversos factores entre los que se destacan: condiciones geobotánicas del medio, clima, altitud, latitud, exposición a la luz, tipo de suelo, pluviosidad; método del cultivo, fertilizantes, abonos y agroquímicos; edad de la planta y su estado fenológico; época de recolección y parte de la planta (órgano cosechado); modo de almacenamiento y manejo del material vegetal (fresco, seco, fermentado), tratamiento postcosecha; modo de obtención del aceite (destilación, hidrodestilación, extrusión) (Taiz y Zeiger, 2006).

Las plantas aromáticas y sus aceites esenciales se han utilizado desde la antigüedad por su sabor y aroma como condimento; también como agente antimicrobiano e insecticida y para repeler insectos o proteger los productos almacenados; (Bakkali y col., 2008). Constituyen eficaces alternativas a los plaguicidas sintéticos sin producir efectos adversos sobre el ambiente, ya que no persisten en él por su biodegradabilidad (Isman y Machial, 2006).

Durante la última década, se han utilizado como fumigantes y como insecticidas por contacto, ya que poseen mecanismos de reglamentación menos estrictos debido a la larga historia de su uso (Isman, 2006) y están siendo considerados como posibles candidatos para el manejo de malezas (Batish y col., 2008), plagas y enfermedades de las plantas (Pawar y Thaker, 2006; Bakkali y col., 2008).

### **2.3.2. Modo de acción de los aceites esenciales**

Los aceites esenciales son buenos penetrantes que aumentan su propia biodisponibilidad y la de los productos coadministrados; estas propiedades están relacionadas con la disrupción de las bicapas lipídicas en las células. (Adorjan y Buchbauer, 2010).

Algunos AE tienen modos específicos de acción que los convierten en buenos sinergistas. En particular, un Número de compuestos son inhibidores bien establecidos de los citocromos de insectos P450 responsables Fase I del metabolismo de los xenobióticos, incluidos los insecticidas. Estos incluyen fitoquímicos que contienen anillos de metilendioxi tales como dillapiole en aceite de eneldo (*Anthemis sowa*), piperamidas de *Piper* spp., aceites y furanocumarinas del aceite de bergamota (*C. bergamia*), dillapiole y semisintético, los derivados tienen un factor de sinergismo de dos a seis veces cuando se combinan con insecticidas botánicos (Belzile, 2000), pero las piperamidas tienen un notable factor de sinergia de 11 cuando se combinan con piretrina (Jensen y col. 2006) y tienen efectos profundos en el transcriptoma del citocromo P450 de los insectos tratados.

Los monoterpenos acíclicos o monocíclicos son moléculas volátiles pequeñas. Por lo tanto, están involucrados en la transmisión de señales aerotransportadas de

plantas a insectos. En la sencilla de insectos, especializados Las proteínas de unión odorantes (OBP) responden a los monoterpenos volátiles (Picimbon y Renault, 2008).

**a) Inhibidores de alimentación.** El modo de acción de estos compuestos vegetales se refiere a que después de una pequeña prueba quitan el apetito o reducen la capacidad de alimentación. En este caso el insecto deja de alimentarse y llegan a provocar la muerte por inanición. En general esta acción se cuantifica en la literatura como repelencia general, provocando pérdida de peso en la larva y pupa, con menor consumo foliar de la planta atacada (Rodríguez, 2008).

**b) Inhibición de crecimiento.** En esta situación los compuestos llegan a afectar la metamorfosis o periodos juveniles de las plagas, estas sustancias secundarias pueden provocar diferentes grados de inhibición de crecimiento: muerte, daño fuerte (mortalidad o prolongación de la fase larval) y moderado (cuando el crecimiento se inhiba conjuntamente con la inhibición de la alimentación; fase larval prolongada con menor peso larval) y leve, este último cuando la prolongación larval se debe al efecto del compuesto secundario involucrado (Rodríguez, 2007). En tanto en investigaciones con la especie el paraíso (*Melia azedarach*) contra el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) reportan que, inhiben la alimentación de esta plaga por permitir menos ingestión de alimento y además inhibió el crecimiento por prolongar la duración de la fase larval. También argumentan que la actividad de la gran mayoría de las sustancias del paraíso consisten en inhibir la acción de las oxidasas en el intestino medio; entonces el estado inmaduro muere o se convierte en pupa o adulto anormal por la deficiencia de nutrientes o interferencia en los procesos fisiológicos (Rodríguez, 2007).

**c) Repelentes.** Este mecanismo de acción ahuyenta a la plagas debido a que los compuestos presentes tiene olor desagradable y efectos irritantes (Rodriguez y col., 2008); en bioensayos se reportan especies que son repelentes de plagas como *Cymbopogon nardus* L. y chinche (*Cyrtomenus bergi* Froeschner) en maíz (Orozco y col., 2006); extractos de ortiga mayor (*Urtica dioica* L.) y de rosa laurel (*Nerium oleander* L.) tienen efectos repelentes en el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) (Iannacone, 2008), así mismo los aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) y canela (*Cinnamomum verum* J. Presl) son repelentes a mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* West.) (Santiago y col., 2009).

**d) Atrayentes.** Atrae a las plagas o enemigos naturales de las plagas. Esta atracción de insectos se ha utilizado como trampa. Además ha sido útil para identificar a los compuestos atrayentes y con ello manejar adecuadamente sus concentraciones y comercializarlos. La gran mayoría de estos, atraen a los machos y hembras lo que se complementa la acción de las feromonas. También cuando se cambia la concentración cambia la respuesta del receptor. Por ejemplo, cuando es baja puede atraer a la hembra pero no la oviposición, perder el efecto atrayente y hasta provocar repelencia. En trabajos recientes se ha evaluado su función como antibióticos y paralizantes (Rodríguez, 2008).

**e) Antifúngicos.** Los extractos vegetales pueden tener efectos antifúngicos por ejemplo; para controlar la roya del frijol (*Uromyces appendiculatus* (Pers.) Unger), la cenicilla (*Erysiphe cichoracearum* (D.C.) v.p. Heluta) y el mildiú de la calabacita (*Pseudoperonospora cubensis* Berk. y Curt.), Montes y col., (2000).

#### **2.3.4. Mecanismos de acción de los aceites esenciales**

El mecanismo de acción de los aceites esenciales como el de todas las moléculas bioactivas está estrechamente relacionado con las estructuras químicas de sus

componentes. Su actividad biológica depende del tipo de grupo funcional y de su posición en la molécula tanto como de su volatilidad y su peso molecular (Tripathi y col 2009). Algunos AE y sus componentes mayoritarios resultan tóxicos a través del contacto directo o del ingreso al organismo por vía respiratoria (Negahban y col., 2006; Kordali y col., 2006; López y col., 2008).

Mientras que algunos afectan la fisiología nutricional de los insectos ya sea por modificar su comportamiento (actuando como antialimentarios) o produciendo efectos tóxicos por ingestión (Benzi y col., 2009). Por otro lado muchos aceites han resultado ser altamente efectivos por su acción repelente (Nerio y col., 2009; Ukeh y col., 2009).

En investigaciones recientes se comprobó que algunos aceites esenciales y en particular los monoterpenos actúan sobre los receptores de la octopamina exclusivos de los insectos, este neurotransmisor interviene en la modulación de la actividad muscular en los mismos, haciéndolos altamente selectivos dada la ausencia de los correspondientes receptores en los vertebrados (Rajendran y Sriranjini, 2008).

### **2.3.5. Metabolitos de origen vegetal nocivos para insectos plaga**

Las plantas son capaces de sintetizar metabolitos secundarios que incluyen gran variedad de compuestos químicos cuya presencia varía enormemente de acuerdo a la familia, especie, localización geográfica y parte de la planta. Estos metabolitos pueden tener actividades biológicas sobre insectos, plagas, o microorganismos fitopatógenos e inclusive pueden producir fortalecimiento estructural en la planta, incrementando su resistencia a la penetración de micelios de los hongos y a los ataques de insectos. Los principales núcleos fitoquímicos con actividad fungicida reportados son: terpenos, taninos, flavonoides y alcaloides (jimenez, 2014)

Se cree que en la mayoría de los casos los productos naturales de origen vegetal pueden presentar ventajas sobre los plaguicidas sintéticos en términos de menor toxicidad para mamíferos, rápida degradación y disponibilidad local (Aguirre y Delgado, 2010).

Las plantas son laboratorios naturales en donde se biosintetiza una gran cantidad de sustancias químicas y de hecho se les considera como la fuente más importante de metabolitos secundarios o productos secundarios naturales (Rodríguez, 2007).

Cabe señalar que los metabolitos tienen funciones secundarias en los procesos de asimilación de fotosíntesis, de respiración, transporte de solutos, síntesis de proteína, asimilación de nutrientes, diferenciación o la formación de carbohidratos, proteínas y lípidos en la planta. Estos metabolitos tienen una distribución limitada en el reino vegetal. En tanto su papel es proteger a las plantas del ataque de herbívoros e infección por agentes patógenos. Los metabolitos secundarios son divididos en tres grupos, con base en su biosíntesis: **terpenos, fenoles y compuestos que contienen nitrógeno** (Taiz y Zeiger, 1991).

**a) Fenoles o fenilpropanoides** Son compuestos hidroxilados que pueden actuar como anti-alimentarios, existen en altas concentraciones en la pared celular de las hojas y frutos jóvenes son los encargados de aumentar la rigidez y reducir la digestibilidad por los insectos y vertebrados herbívoros. Los taninos actúan como barrera por su sabor amargo; y las cumarinas inhiben el crecimiento de hongos y son tóxicas para nemátodos, ácaros e insectos (Sepúlveda y col. 2003).

Los flavonoides confieren el color a plantas y flores, entre ellos la rotenona que actúan como inhibidor enzimático y repelente. La rotenona es efectiva contra insectos picadores-chupadores, tales como pulgones, chinches rojas e insectos masticadores. Este insecticida puede entrar al cuerpo del insecto, a través del canal de alimentación, la tráquea y el integumento, y los mata por la inactivación específica de la enzima respiratoria debido a la falta de oxígeno (Alfonso, 2002).

**b) Terpenos** Son los principales constituyentes de los aceites esenciales y actúan como repelentes e inhibidores de la alimentación y la oviposición. Los aceites esenciales son generalmente monoterpenos, como el

limonenol, mentol y piretroides (monoterpenos); principales constituyentes del limón, menta y el crisantemo (*Chrysanthemum* sp.), respectivamente. El uso del piretro como insecticida se originó en la región transcaucásica de Asia, alrededor de los años 1800 para controlar piojos y pulgas. Esta sustancia se usa en polvo y aspersiones para hortalizas y frutales con el objetivo de controlar pulgones e insectos masticadores. Las piretrinas afectan a los insectos por medio de acción paralizante, afecta el sistema nervioso del insecto por lo que provoca convulsiones antes de la muerte, la que puede llegar después de varios días de parálisis.

Los compuestos son absorbidos a través de la cutícula del insecto o por conducto de los espiráculos

- c) **Compuestos que contienen nitrógeno.** Son el grupo más diverso de metabolitos secundarios, destacan los alcaloides con efectos que llegan a ser neurotóxicos; es decir, bloquean neuroreceptores, intermediarios de la transducción de la señal neuronal y canales iónicos de vertebrados e insectos. A este grupo pertenece la nicotina, compuesto común en las hojas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). Y actúa como un veneno activo para los animales de sangre caliente, por ingestión o por absorción a través de la piel. En los insectos penetra a través del integumento y espiráculos actuando sobre el sistema nervioso central produciendo excitación a concentraciones bajas y parálisis a concentraciones altas (Avalos y col., 2009).

#### 2.4. ACEITE ESENCIAL DE *Larrea tridentata*

Dentro del grupo de plantas que han sido estudiadas por su potencial en el control de microorganismos fitopatógenos se encuentra gobernadora (*Larrea tridentata*), especie que ha sido considerablemente reconocida por sus propiedades medicinales y antifúngicas. Numerosos estudios han demostrado que los extractos

de gobernadora tienen acción antifúngica bajo condiciones *in vitro* en al menos 17 hongos fitopatógenos de importancia económica (Lira, 2003).

Comúnmente en México se conoce a *L. tridentata* con el nombre sugestivo de “governadora” por su dominancia en las grandes extensiones de las zonas áridas del norte de México. También se le llama sonora, tasajo, jarilla, guamis y hediondilla, por el peculiar olor que tiene, sobre todo después de una lluvia.

*Larrea tridentata* es el arbusto más abundante y ampliamente distribuido en los desiertos de Norteamérica, de hecho, su distribución se utiliza para delimitar (Hunter y col., 2001) el Sonorense, Chihuahuense, Mojave, y una pequeña parte Gran Cañón (Brinker, 2009).

Esta especie es tolerante a temperaturas extremas y a la desecación (Castellanos, 2008) es una planta C3, y su metabolismo se encuentra activo durante todo el año (Giorgetti y col., 2000). Sin embargo, durante periodos de frío extremo, puede limitarse la presencia de *L. tridentata*, ya que la congelación induce la cavitación y embolismo del xilema (Martínez y Pockman, 2002). Gran parte del éxito en la adaptabilidad del género y en particular de la especie tridentata se debe a sus interesantes mecanismos fisiológicos, como su capacidad de intercambio iónico y su habilidad para mantener una red de actividad fotosintética.

#### **2.4.1. Metabolitos presentes en los aceites esenciales de *Larrea tridentata***

Contiene de 5 a 7.5 % Flavonoides/aglycona (Apigenin y Kaempferol) Flavonoides/glucosidos (Chrysoeriol y Quercetin) y de 10 a 15 % de Saponinas/triterpenos (Larreagenina y ácido Larreico) como metabolitos secundarios, de igual forma actúan como insecticidas e inhibidores de crecimiento de enfermedades causadas por hongos. En la resina de *L. tridentata* han sido reportados el contenido en base al peso seco del follaje los lignanos fenólicos, seguidos por las saponinas, flavonoides (Sakakibara y col., 1976), aminoácidos y minerales (Lira-Saldivar, 2003).

El compuesto más importante que se encuentra en la resina de las células cercanas a las capas epidérmicas superior e inferior de las hojas y tallos es el ácido nordihidroguaiarético (NDGA), uno de los antioxidantes mejor conocidos (Arteaga y col., 2005). Químicamente se le ha descrito como beta-gamadimetil-alfa,delta-bis(3,4-dihidroxifenil) butano, y en términos de productos naturales, *L. tridentata* es distinguida por contener gran cantidad del lignano NDGA (Mabry y Bohnstedt, 1979). Algunas investigaciones lo reportan hasta en 10% del peso seco de las hojas (Arteaga y col., 2005), es decir, constituye el 80% de todos los fenoles presentes en la resina contenida en la parte aérea vegetal. En un estudio sobre la distribución de los compuestos fenólicos en la planta, se demostró que las estructuras fotosintéticas (hojas y tallos verdes) contienen concentraciones altas de NDGA (Hyder y col., 2002).

Sin embargo, los efectos combinados de todos los constituyentes de *L. tridentata* apuntan hacia un sinergismo que amplía el efecto del compuesto activo primario (NDGA), esto sugiere la ventaja de usar un extracto de la estructura hoja/tallos en comparación con usar una preparación de NDGA purificado y sintetizado (Lira-Saldivar, 2003)

Debido al efecto inhibidor en numerosos sistemas enzimáticos, *L. tridentata* y NDGA tienen un amplio espectro como agentes antisépticos, que se ha probado al evaluar *in vitro* diversas dosis de los extractos en más de 45 bacterias fitopatógenas, entre las más importantes: *Erwinia amylovora*, *E. atroseptica* y *Pseudomonas solanacearum* como nematocida. Lira-Saldivar (2003), reportó la inactivación de nemátodos colectados de suelo infestado donde se tenía sembrado melón (*Cucumis sativus*), vid (*Vitis vinifera*) y nogal (*Carya ilinoensis*).

Las propiedades antifúngicas de *L. tridentata* han sido corroboradas con trabajos desde hace aproximadamente 40 años mediante ensayos *in vitro*. Por lo que representa una buena opción, junto con otras plantas con propiedades biocidas, para enfrentar plagas y enfermedades de importancia económica y social, ya que son fuente de fitoquímicos activos, son biodegradables y relativamente no tóxicos para humanos, animales y medio ambiente (Brinker, 2009)

## 2.5. ACEITE ESENCIAL DE *Schinus molle* L.

Tiene sustancias activas, tales como terpenos (principalmente mono- y sesquiterpenos), taninos, alcaloides, flavonoides, saponinas, encías, linoleico ácidos, oleorresins, principalmente en hojas y frutos (monoterpenos (95.67%) son los constituyentes principales  $\alpha$ -felandreno (35.86%),  $\beta$ -felandreno (29.3%),  $\beta$ -pineno (15.68%), p cimeno (5.43%) y  $\alpha$ -pineno (5.22%) (Hayouni y col., 2008), que tienen propiedades insecticidas y repelentes en diferentes insectos (Abdel - Sattar y col., 2009) recientemente.

### 2.5.1. Metabolitos presentes en los aceites esenciales de *Schinus molle*

El estudios fitoquímicos de *Schinus molle* L. han indicado que contiene taninos, alcaloides, flavonoides, saponinas esteroidales, esteroides, terpenos y aceite esencial. “El aceite esencial presente en las hojas contiene ácido behénico, bergamota, bicyclogermacreno, borneno, cadineno, cadinol, calacoreno, calamenediol, calamaneno, canfeno, carvacrol, ácido gálico, butirato de geraniol, limoneno, mirceno, ácido linoleico, ácido palmítico, entre otros” (Gonzalez, 2009). Varios estudios han demostrado que el aceite esencial de las hojas frescas de *Schinus molle* L. posee actividad antibacterial, antiviral, antifúngica y antimicrobial de ahí sus usos en distintas áreas de la medicina (Gonzalez, 2009).

## 2.6. ACEITE ESENCIAL DE *Eucalyptus cinerea*

El género *Eucalyptus* (del griego eu: bien y kalipto: cubrir, debido a que sus flores están bien protegidas por sus sépalos y pétalos fusionados) originario de Australia y de Tasmania, está representado por más de 700 especies distribuidas en todo el mundo, y es ampliamente utilizado para la obtención de pasta de papel y madera. Las especies de *Eucalyptus* no sólo proporcionan biomasa sino que producen aceites esenciales utilizados en farmacia, perfumería e industria (Brooker y Kleinig, 2006).

Las hojas de *E. cinerea* son ricas en aceites esenciales, que se pueden obtener por destilación por arrastre con vapor (Batish, 2008).

Los aceites extraídos de las diferentes especies de *Eucalyptus* poseen entre sus componentes principales 1,8-cineol, eucamalol, citronela,  $\alpha$ -pineno, p-cimeno y  $\gamma$ -terpineno, entre otros (Leicach y col., 2010).

La composición y el rendimiento de los aceites esenciales de *Eucalyptus* están determinados por factores como la variabilidad genética, tipo y edad de las hojas y la influencia de factores ambientales, además de los tratamientos silviculturales y la forma de ejecución del muestreo y análisis del aceite (Leicach y col., 2010).

Los aceites esenciales extraídos de las hojas de eucalipto en Taiwán, son ricos en eucaliptol (58.34%),  $\alpha$ -terpinil acetato (14.87%),  $\alpha$ -pineno (6.25%) y los principales constituyentes del aceite esencial de la especie *E. camaldulensis* son  $\alpha$ -pineno (22.52%), p-cimeno (21.69%), afelandreno (20.08%), eucaliptol (9.48%), c-terpineno (9.36%).

### **2.6.1. Acción insecticida de los aceites esenciales del genero *Eucalyptus***

El aceite esencial de *Eucalyptus* puede ser utilizado como insecticida y repelente, también, es conocido desde hace cientos de años por su acción antibacteriana, antiséptica y antifúngica (Derwirsch y col., 2009). Estas propiedades son bien conocidas debido a componentes como 1,8-cineol, citronelal, citronelol, acetato de citronelilo, p-cimeno, eucamalol, limoneno, linalol,  $\alpha$ -pineno,  $\gamma$ -terpineno, alocimeno, y aromadendreno (Liu y col., 2008).

Los aceites esenciales de eucalipto pueden actuar como un repelente natural contra mosquitos y otros artrópodos dañinos, además de actuar como antialimentarios sobre herbívoros (Batish y col., 2008).

El material vegetal contiene 0.5 – 3.5% de aceite esencial, la composición del aceite esencial obtenido varía, dependiendo de las condiciones ambientales de cultivo y el método de extracción del aceite. Existen estudios, donde se analizan y se identifican los principales compuestos de los aceites esenciales de eucalipto (Tropicos, 2015).

El aceite esencial de eucalipto se caracteriza por sus propiedades insecticidas, un estudio realizado por Mareggiani, evalúa la actividad insecticida del aceite de eucalipto variedad *E. globulus*, contra adultos de *Aphis gossypii* (Hemiptera, Aphididae) encontrando valores de LC50 (Concentración letal necesaria para matar el 50% de la población) de 2000 ppm a las 4 y 6 horas, atribuida al metabolito secundario 1,8 cineol o eucaliptol, principal componente del aceite esencial de eucalipto (Tropicos, 2015).

### **2.6.2. Metabolitos presentes en los aceites esenciales de *Eucalitus cinerea***

Batish y col. (2008), mencionan que el aceite de eucalipto es una mezcla compleja de una variedad de monoterpenos y sesquiterpenos, y aromáticos fenoles, óxidos, éteres, alcoholes, ésteres, aldehídos y cetonas, sin embargo, la composición exacta y la proporción de los cuales varía según la especie (Brooker y Kleinig, 2006). La actividad pesticida de los aceites de eucalipto se ha debido a los componentes tales como 1,8-cineol, citronelal, citronelol, acetato de citronelilo, p-cimeno, eucamalol, limoneno, linalool,  $\alpha$ -pineno,  $\gamma$ -terpineno,  $\alpha$ -terpineol, alloocimene y aromadendrene (Liu y col., 2008). La bioactividad del aceite esencial depende del tipo y naturaleza de los constituyentes y su concentración individual. Varía aún más con las especies, estación, la ubicación, el clima, el tipo de suelo, la edad de las hojas, el régimen de la fertilidad, el método utilizado para secar el material de la planta, y el método de extracción de aceite (Brooker y Kleinig, 2006).

De acuerdo a algunos estudios realizados por diversos autores, la especie *E. cinerea* tiene el mayor contenido de aceites esenciales en sus hojas (3,5 % en base seca) y el mayor contenido de 1,8 cineol en dicho aceite (72,42 %). Las otras especies, *E. globulus*, *E. citriodora* y *E. grandis* contienen 2,5; 2,0 Y 0,25 % de aceites en sus hojas, respectivamente (Mora y col., 2002).

De igual forma para el caso de *Eucaliptus cinerea* se encuentran metabolitos como 1,8 cineol,  $\alpha$ -pineno, cafeno, felandreno, limoneno,  $\gamma$ -terpineno,  $\alpha$ -terpineol, d-4

careno, Aromandreno y globulol, que hacen que la planta pueda tener diversas actividades en contra de insectos y hongos fitopatógenos.

## **2.7. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN.**

Las plantas contienen un amplio rango de componentes bioactivos como lípidos, fitoquímicos, farmacéuticos, sabores, fragancias y pigmentos. Los extractos vegetales son ampliamente usados en la alimentación e industria farmacéutica. Las técnicas de extracción han sido ampliamente estudiadas para obtener tales componentes naturales de plantas de gran valor para su comercialización. El método tradicional de extracción Soxhlet, el cual ha sido usado por muchas décadas, es muy prolongado y requiere relativamente grandes cantidades de solventes. Existe un incremento en la demanda de nuevas técnicas de extracción con tiempos reducidos y disminución del uso de solventes orgánicos. Métodos novedosos de extracción incluyen la extracción asistida por ultrasonido, extracción asistida por microondas, extracción por fluidos supercríticos y extracción acelerada por solventes, los cuáles son técnicas rápidas y eficientes para usarlas en la extracción de los componentes químicos de las plantas (Wang, 2006). En general, un procedimiento analítico para aceites esenciales y aromas de plantas o especias comprende dos pasos: extracción (destilación por arrastre de vapor, hidrodestilación, extracción por Soxhlet, extracción asistida por ultrasonido, extracción asistida por microondas, etc.) y análisis (cromatografía de gases, cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas) (Chemat y col., 2005).

### **2.7.1. Hidrodestilación o arrastre de vapor.**

La hidrodestilación es el método convencional más usado para extraer el material de la planta en aceite esencial. En este método se pasa vapor de agua a través del material vegetal, para extraer las moléculas aromáticas volátiles, las cuáles son llevadas a través de un serpentín refrigerante hasta un recipiente donde se

separa el vapor enfriado (agua) del aceite esencial. Así, dentro de la planta se encuentra la “esencia”, y después de la destilación y el proceso, “el aceite esencial”. La composición de la esencia no es la misma que la del aceite esencial, sino que cambia al presentarse las reacciones químicas durante el procesamiento general de la planta. El calor, agua y oxígeno influyen sobre las esencias y cambian su estructura. Algunas de las partículas más volátiles desaparecen y a veces surgen nuevos compuestos durante el proceso de destilación (Grace, 2001).

Desde hace muchas décadas se asume que el proceso de hidrodestilación está regido por la vaporización del aceite esencial “libre” o disponible en la superficie de las hojas o flores, cuando una corriente de vapor saturado atraviesa un lecho conformado por este material vegetal. Al ser la vaporización el fenómeno que controla el proceso, se asume un equilibrio termodinámico entre el aceite esencial y el agua, controlante del rendimiento. Sin embargo la velocidad de obtención del aceite disminuye más rápidamente conforme el tiempo transcurre. Existen por lo menos tres fenómenos controlantes del proceso: El primero, una vaporización instantánea del aceite esencial, en la interface de la película formada en la superficie del material vegetal y el vapor circundante; el segundo, la difusión del aceite vaporizado al seno de la corriente del vapor circundante, debido a la convección que ejerce el vapor en su lecho y su inmediato transporte al exterior del equipo; el tercero, una exudación ( o excreción) del aceite esencial desde el interior de los tricomas glandulares, a través de su cutícula, a la película superficial del material vegetal (Cerpa, 2007).

La hidrodestilación para obtener aceite esencial de las plantas ha sido un recurso dominado por muchos años, en esta técnica de extracción un empaque poroso conteniendo el material de la planta (hojas y/o flores) es constantemente lavado con vapor. Los componentes volátiles presentes en el material de la planta son tomados por el vapor debido a su baja presión parcial de vapor, por lo tanto los componentes arrastrados son fácilmente separados por decremento de solubilidad. Esto se lleva a cabo por la disminución de la temperatura del torrente de vapor por condensación forzada en una unidad de intercambio de calor. La

mezcla líquida resultante es inducida al separador donde ocurre la separación de las fases acuosa y oleosa (Cerpa, 2007).

### **2.7.2. Extracción de aceites esenciales**

Se realizó la colecta de ramas jóvenes de *Schinus molle*, *Larrea tridentata* y *Eucalyptus cinérea* para posteriormente quitar las hojas minutos antes de colocarlos en los matraces para su hidrodestilación.

Las especies fueron sometidas a hidrodestilación por arrastre de vapor en un sistema con recirculación de agua, el cual está avalado por la farmacopea francesa para evaluar el rendimiento y el tiempo de extracción del aceite esencial. Para ello se realizaron utilizando 800 gramos de material vegetal fresco en 3200 ml de agua (w/v 1:4).

#### **Materiales**

- 1 Matraz redondo fondo plano, de 5000 mL (24/40)
- 1 Refrigerante para agua (24/40) con mangueras
- 1 T de destilación (24/40 y para el termómetro)
- 1 Porta termómetro 1 Termómetro de -20 a 150°
- 1 Colector (24/40)
- 1 Matraz Erlenmeyer de 250 mL, graduado
- 1 Barra magnética de 1"
- 1 Pinzas de tres dedos con nuez (grandes) 2
- 1 parrilla eléctrica
- Hielo



Figura 1. Instalación de destilador.

### 2.7.3. Destilación por Arrastre con Vapor

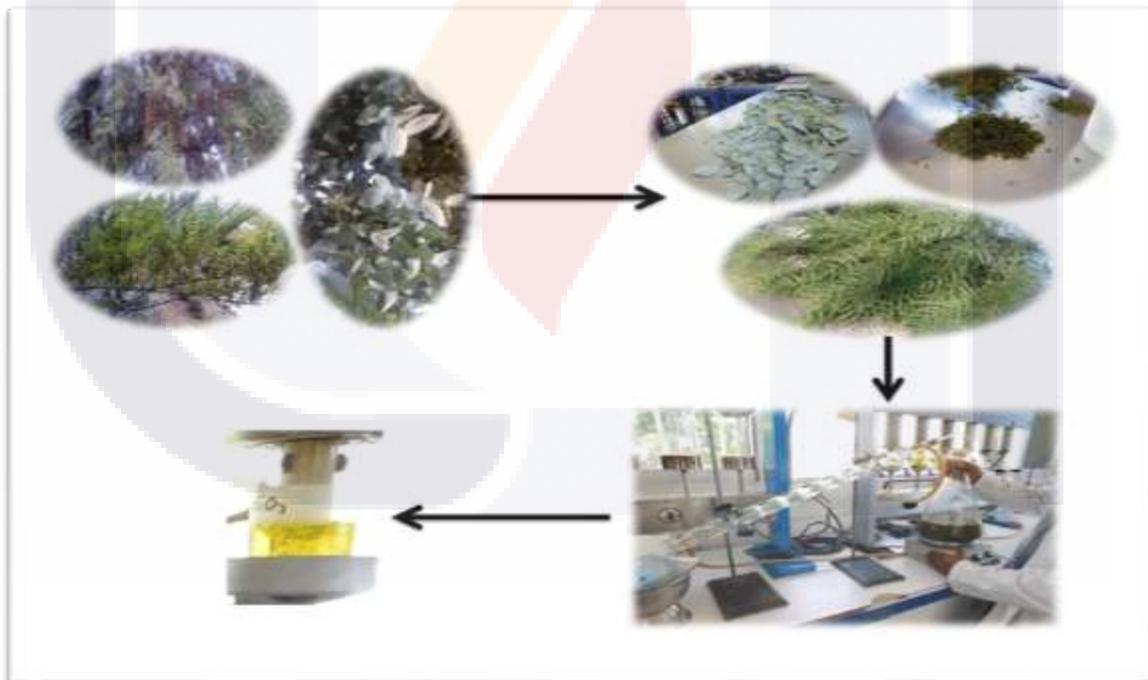
Se agregó 1 L de agua destilada en el matraz, seguido de ello se agregó 1.4 kg de hojas de cada planta. Se procedió a colocar el tapón herméticamente con el termómetro cuidando que la conexión de vidrio no se obstruya el paso de la corriente de vapor. Seguido de ello se aplicó calor a presión constante, el vapor fue conduciéndose a un condensador con agua corriente obteniendo así un hidrodestilado.

Para la separación del aceite y parte del agua se empleó un embudo de separación.



**Figura 2. Extracción de aceites esenciales**

Este procedimiento se repitió durante 10 veces para cada planta para obtener una cantidad apropiada para cada aceite esencial. Los aceites esenciales se guardaron en frascos de vidrio de color ámbar, posteriormente



**Figura 3. Diagrama para obtención de aceites esenciales de *Schinus molle*, *Larrea tridentata* y *Eucalyptus cinerea***

## 2.8. RESULTADOS.

Se obtuvieron las siguientes cantidades de aceites esenciales en 10 réplicas de la extracción en 1.4 kg de hojas frescas de cada especie por repetición.

**Cuadro 1. Rendimiento en ml de aceites esenciales en 1.4 kg de hojas frescas.**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total.
<i>E. cinerea</i>	38	39	37	39	38	40	36	34	38	39	378 ml
<i>S.molle</i>	36	34	37	35	36	34	34	33	36	35	350 ml
<i>L. tridentata</i>	29	32	30	30	31	33	32	30	32	31	310 ml

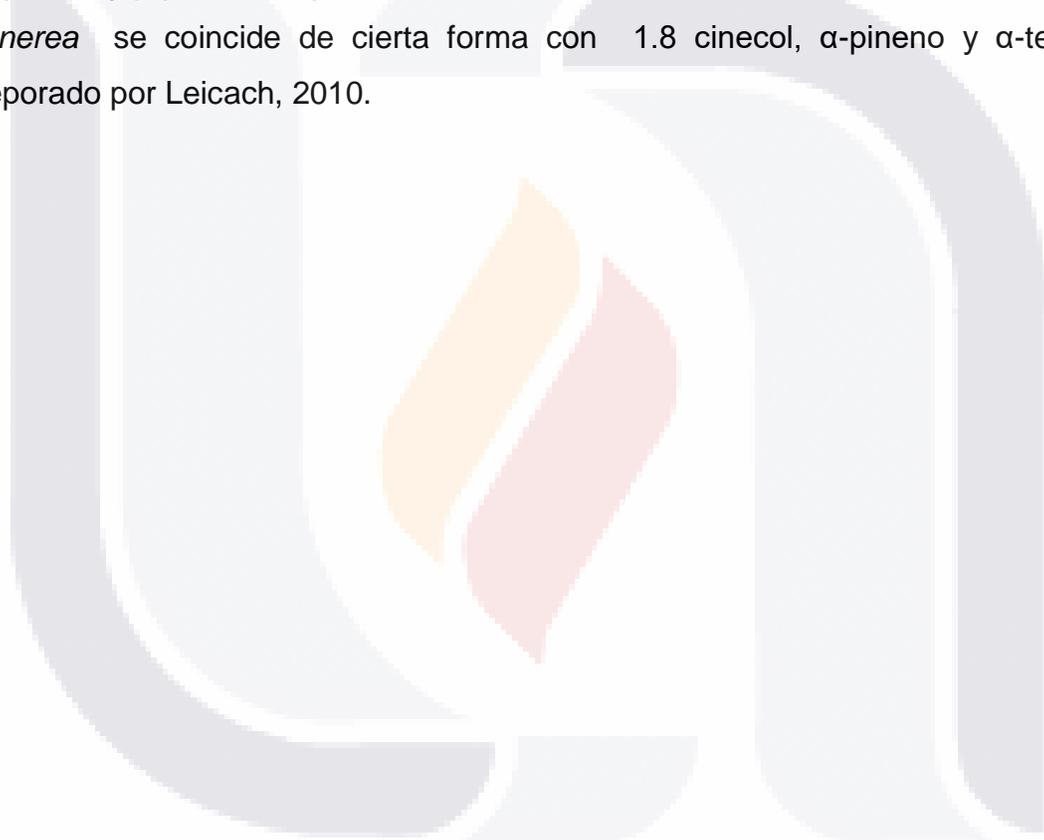
Los aceites esenciales fueron enviados a un laboratorio especializado en química para conocer su composición como lo muestra el cuadro 2, se anexan los resultados de laboratorio.

**Cuadro 2. Composición de los aceites esenciales que se obtuvieron a través de destilación por arrastre de vapor**

Especie vegetal	Componente químico	%
<i>Larrea tridentata</i>	$\alpha$ -etilglucofuranosido	6
	Piperina	21
	Ácido octadecanoico	18
	ácido nordihidroguaiarético	10
	Fitol	15
	Acido 4 acetoxi-meta-anisico	14
	4-etoxi-3 metoxifenetilamina	13
	Otros	3
<i>Schinus molle</i>	$\beta$ -mirceno	30
	$\alpha$ - felandreno	26
	$\beta$ -pineno	14
	$\alpha$ -pineno	12
	limoneno	10
	$\beta$ -felandreno	6
	Otros	2
<i>Eucalyptus cinerea</i>	1.8 cinecol	72
	$\alpha$ -pineno	15
	Canfeno	1
	$\beta$ -Felandreno	1
	Limoneno	0.5
	$\gamma$ -terpineno	0.5
	$\alpha$ -terpineol	4
	d-4 caeno	5
	otros	1

### 2.8.1. CONCLUSIONES

Se obtuvo la cantidad necesaria de material para el desarrollo de la tesis en sus dos etapas. De acuerdo a los compuestos encontrados en los aceites esenciales de *Larrea tridentata* se encuentra el ácido nordihidroguaiarético reportado por Artega y col., en 2010, pero en ese caso no es un compuesto mayoritario en este aceite esencial, de igual forma en el caso del aceite esencial de *Schinus molle* se coincide con lo reportado por Abdel - Sattar y col., 2009 al encontrar  $\alpha$ - felandreno,  $\alpha$ -pineno y  $\beta$ -pineno respectivamente, en el caso del aceite esencial de *Eucalyptus cinerea* se coincide de cierta forma con 1.8 cinecol,  $\alpha$ -pineno y  $\alpha$ -terpineol reportado por Leicach, 2010.



## 2.9. BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Sattar, E., Zaitoun, A., Farag, M., El-Gayed, S., Harraz, F., 2009. Chemical composition, insecticidal and insect repellent activity of *Schinus molle* L. leaf and fruit essential oils against *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*. *Nat. Prod. Res.* 25, 1e10.
- Adorjan B, Buchbauer G. 2010. Biological properties of essential oils: an updated review. *Flavour Fragrance J.* 25:407–26
- Aguirre Yela, V. & Delgado, V. Pesticidas naturales y sintéticos. 2010. *Revista Ciencia.* 13 (1): 43-53.
- Alfonso, M. 2002. Los plaguicidas botánicos y su importancia en la agricultura orgánica. *Agricultura Orgánica* 2. 26-30 pp
- Arteaga, S., A. Andrade-Cetto y R. Cárdenas (2005), "*Larrea tridentata* (Creosote bush), an abundant plant of Mexican and US-American deserts and its metabolite nordihydroguaiaretic acid", *Journal of Ethnopharmacology*, 98(3), pp. 231-239.
- Avalos A., Pérez E. 2009. Metabolismo secundario de plantas. Serie Fisiología Vegetal.2(3):119-145.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. & Idaomar, M. 2008. Biological effects of essential oils. A review. *J. Agric. Food Chem.* 46 (2): 446-475.
- Batish, D.R., Singh, H. P., Kohli, R.K., S., K. 2008. *Eucalyptus* essential oil as a natural pesticide. *For. Ecol. Manage.* 256: 2166-2174.
- Belzile AS, Majerus SL, Podeszinski C, Guillet G, Durst T, et al. 2000. Dillapiol derivatives as synergists: structure-activity relationship analysis. *Pestic. Biochem. Physiol.* 66:33–40
- Benzi, V., Stefanazzi, N. & Ferrero, A. 2009. Biological activity of essential oils from leaves and fruits of pepper tree (*Schinus molle* L.) to control rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.). *Chilean J. Agric. Res.* 69(2):154-159.
- Brooker, M.I.H. & Kleinig, D.A., 2006. Field Guide to *Eucalyptus*. Vol.1. South-eastern Australia, Third edition. Bloomings, Melbourne.

- Castellanos-Pérez, E., A. de Soyza y G. Dornat (2008), "Photosynthesis and water use efficiency of the association between *Larrea divaricata* (D.C) Cov and *Muhlenbergia porteri* Sribn", *International Journal of Experimental Botany PHYTON* , 77, pp. 297-320.
- Cerpa MG. 2007. Hidrodestilación de aceites esenciales: modelado y caracterización. Tesis de Doctorado. Valladolid, España: Universidad de Valladolid. 304 pChemat et al, 2005
- Derwirsch, E., Benziane, Z. & Boukir, A. 2009. GC/MS analysis of volatile constituents and antibacterial activity of the essential oil of the leaves of *Eucalyptus globulus* in atlas median from Morocco. *Advanced in Natural and Applied Sciences*.
- Giorgetti, H., Z. Manuel, O. Montenegro, G. Rodríguez y C. Busso (2000), "Phenology of some herbaceous and woody species in central, semiarid Argentina", *ournal of Experimental Botany PHYTON*, 69, pp. 91-108.
- Gonzalez, A. (2009). *Actividad cicatrizante de una pomada con aceite esencial de schinus molle l. "molle" en ganado vacuno con heridas infectadas y en ratones*. Tesis de grado, *Farmacia y Bioquímica* ,Ibarra, Ecuador.
- González S., María G., Salazar-T., José C., Jaimes A., F., Ramírez A. S., & González S. R. 2010. Eficacia de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin en el control de *Lygus lineolaris* (Palisot de Beauvois) en fresa. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 16(3), 189-193. Recuperado en 14 de septiembre de 2016, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027152X2010000300007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027152X2010000300007&lng=es&tlng=es).
- Grace, U, 2001, omaterapia para practicantes, grupo editorial tomo mexico.
- Hayouni, E., Chraief, I., Abedrabba, M., Bouix, M., Leveau, J., Mohammed, H., Hamdi, M., 2008. Tunisian *Salvia officinalis* L. and *Schinus molle* L. essential oils: their chemical compositions and their preservative effects against *Salmonella* inoculated in minced beef meat. *Int. J. Food Microbiol.* 125, 242e251.

- Hunter, K., J. Betancourt, B. Riddle, T. Vandevender, K. Cole y G. Spaulding (2001), "Ploidy race distributions since the last glacial maximum in the North America desert shrub, *Larrea tridentate*" *Global ecology & Biogeography*, 10, pp. 521-533.
- Hyder, P., E. Fredrickson, R. Estell, M. Tellez y R. Gibbens (2002), "Distribution and concentration of total phenolics, condensed tannins, and nordihydroguaiaretic acid (NDGA) in creosote bush (*Larrea tridentata*)", *Biochemical Systematics and Ecology*, 30(10), pp. 905-912.
- Isman, M.B. & Machial, C.M., 2006. Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. *En: Rai, M., Carpinella, M.C. (Eds.), Naturally Occurring Bioactive Compounds. Advances in Phytomedicine 3*. Elsevier, pp. 29-44
- Jiménez EV, Mosquera OM.; 2014; Actividad antifúngica In vitro de tres extractos de plantas frente a *Botrytis cinerea*
- Jensen HR, Scott IM, Sims SR, Trudeau VL, Arnason JT. 2006. The effect of a synergistic concentration of a *Piper nigrum* extract used in conjunction with pyrethrum upon gene expression in *Drosophila melanogaster*. *Insect Mol. Biol.* 15:329–39
- Kobaisy, M., Tellez, M.R., Webber, C.L., Dayan, F.E., Schrader, K.K. & Wedge, D.E. 2001. Phytotoxic and fungitoxic activities of the essential oil of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) leaves and its composition. *J. Agr. Food Chem.* 49: 3768-3771.
- Kordali, S., Aslan, I., Almasur, O. & Cakir, A. 2006. Toxicity of essential oils isolated from three artemisia species and some of their major components to granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Ind. Crop Prod.* 23(2): 162-170.
- Leicach, S.R., Garau, A.M., Guarnaschelli, A.B., Yaber Grass, M.A., Sztarker, N.D. & Dato, A. 2010. Changes in *Eucalyptus camaldulensis* essential oil composition as response to drought preconditioning. *J. Plant Inter.* 5(3): 205-210.

- Leicach, S.R. 2006. Alelopatía. Interacciones químicas en la comunicación y defensa de las plantas. Editorial Eudeba, 202 pp.
- Leicach, S.R., Garau, A.M., Guarnaschelli, A.B., Yaber Grass, M.A., Sztarker, N.D. & Dato, A. 2010. Changes in *Eucalyptus camaldulensis* essential oil composition as response to drought preconditioning. *J. Plant Inter.* 5(3): 205-210.
- Lira-Saldivar, R. (2003), "Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la gobernadora (*Larrea tridentata* (D.C.) Coville)", *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(2), pp. 214-222.
- Liu et al., 2008. X. Liu, Q. Chen, Z. Wang, L. Xie, Z. Xu. Allelopathic effects of essential oil from *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* on pathogenic fungi and pest insects. *Front. Forestry China*, 3 (2008), pp. 232–236.
- Liu, X., Chen, Q., Wang, Z., Xie, L. & Xu, Z., 2008. Allelopathic effects of essential oil from *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* on pathogenic fungi and pest insects. *Front. Forestry China* 3: 232-236
- López, M., Jordán, M. & Pascual-Villalobos, M. 2008. Toxic compounds in essential oils of coriander, caraway and basil active against stored rice pest. *J. Stored Prod. Res.* 44: 273-278.
- Mabry, T. y C. Bohnstedt (1979), "*Larrea*: a chemical resource", en Campas E., T. Mabry y S. Fernández (eds), *Larrea. Serie el Desierto*. Coahuila, México: CIQA, pp. 217-236.
- Martínez-Vilalta, J. y W. Pockman (2002), "The vulnerability to freezing-induced xylem cavitation of *L. tridentata* (Zygophyllaceae) in the Chihuahuan desert", *American Journal of Botany*, 89(1), pp. 1916-1924.
- Montes B., R., Cruz. V., Martínez. G., Sandoval-García, G., García-Licon, R., Zilch-Domínguez, S., ... y Carvajal-Moreno, M. 2000. Propiedades antifúngicas en plantas superiores. Análisis retrospectivo de investigaciones. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 18(2), 125-131.
- Mora A; torres, r.; rojas, d. y stashenko, E. 2002. Estudio Comparativo de los Aceites Esenciales de Varias Especies de Eucalipto. Abstract en: IX

- Congreso Latinoamericano de Cromatografía y Técnicas Afines, Cartagena de Indias, Colombia. Febrero 20-22,2002, trabajo PN24. Pag.165.
- Negahban, M., Moharrampour, S. & Sefidkon, F. 2006. Chemical composition and insecticidal activity of *Artemisia scoperte* essential oil against three coleopteran stored product insects. *J. Asia-Pacific Entomol.* 9(4): 381-388.
- Nerio, L., Olivero-Verbel, J. & Stashenko, E. 2009. Repellent activity of essential oils from seven aromatic plants grow in Colombia against *Sitophilus zeamais* Mostschulsky (Coleoptera). *J. Stored Prod. Res.* 45: 212-214.
- Pawar, V.C. & Thaker, V.S. 2006. In vitro efficacy of oils against *Aspergillus niger*. *Mycosis* 49(4): 316-323.
- Pichersky, E., Noel, J.P. & Dudareva, N. 2006. Biosynthesis of Plant Volatiles: Nature's Diversity and Ingenuity. *Science* 311: 808-811.
- Picimbon JF, Regnault-Roger C. 2008. Composés sémiochimiques volatils, phytoprotection et olfaction: cibles moléculaires pour la lutte intégrée. See Ref. 98, pp. 383–416
- Rajendran, S. & Sriranjini, V. 2008. Plant products as fumigants for stored-product insect control. *J. Stored Prod. Res.* 44: 126-135
- Rodríguez-Santos, F., Castillo, R., & Gómez-Candeleda, C. (2008). Variables relacionadas con la alimentación y la nutrición: variables biológicas, psicológicas y socioculturales. *Psicología y Nutrición*. Barcelona: Masson, 17-34.
- Rodriguez C. H.2007. propiedades Plaguicidas del E ucalipto. Campus Montecillo, COLPOS, Texcoco, Mexico.IX Simposio Internacional y IV congreso Nacional de agricultura sostenible XX Reunion Cientifica-Tecnologica Forestal y Agropecuaria Veracruz.
- Sakakibara M., D. DiFeo, N. Najatani, B. Timmerman y T. Mabry (1976), "Flavonoid methyl ethers on the external leaf surface of *Larrea tridentanta* and *L. divaricata*", *Phytochemistry*, 15, pp. 727-731.
- Santiago-Hernández, N.C., J.C. Carrillo-Rodríguez, M.P. Jerez-Salas; J.L. Chávez-Servia y C. Perales S. 2009. Extractos vegetales para el control de mosquita blanca Bemisia tabaci Genn. en tomate. En: X Simposio

internacional y V Congreso anual de agricultura sostenible. Universidad Autónoma de Chiapas y Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible, A. C. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

- Sepulveda, M. (2003). Manejo De Espasticidad En Miembros Superiores Con Infiltraciones De Fenol Y Toxina Botulínica.
- Taiz, L. & Zeiger, E. 2006. Secondary Metabolites and Plant Defense. *Plant Physiology, Fourth Edition*. Sinauer Associates, capítulo 13.
- Tripathi, A., Upadhyay, S., Bhuiyan, M. & Bhattacharya, P. 2009. A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. *J. Pharm. Phytot.* 1(5): 52-63.
- Tropicos. (13 de 05 de 2015). *Tropicos.org. Missouri Botanical Garden*. . Recuperado noviembre de 2017, de <http://www.tropicos.org>
- Ukeh, D., Birkett, M., Pickett, J., Bowman, A. & Mordue Luntz, A. 2009. Repellent activity of alligator pepper, *Aframomum melegueta*, and ginger, *Zingiber officinale*, against the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Phytochemistry* 70: 751-758.
- Vasquez, O., Alva, A. y Marreos, J. 2001. Extracción y caracterización del aceite de Je *Engineering*. Elsevier. Nueva York EE.UU. 707P
- Wang, J., Zhu, F., Zhou, X. M., Niu, C. Y. & Lei, C. L. 2006. Repellent and fumigant activity of essential oil from *Artemisia vulgaris* to *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Stored Prod. Res.* 42: 339-347.

### CAPITULO III

## AISLAMIENTO, PURIFICACION, IDENTIFICACION Y PROPAGACION DE LOS FITOPATOGENOS

### 3.1. RESUMEN

En la naturaleza los microorganismos se desarrollan estrechamente entre sí, por tanto se necesitan de varias técnicas de purificación para el conocimiento de una sola especie de fitopatógenos, para lo cual en el caso de nuestros organismos de interés realizamos colectas de tejido enfermo (hojas y raíz de jitomate, hojas y fruto de fresa), seguido de ello se procedió al aislamiento del patógeno en el tejido afectado, posteriormente una identificación taxonómica de los organismos de interés, se tomó el patógeno de interés en esta fase para poder purificarlo y finalmente se procedió a incrementar a los organismos ya purificados para su posterior utilización, en esta fase los objetivos fueron obtener la cantidad de fitopatógenos puros para la realización de los ensayos *in vitro*, para lo cual se mantuvo bajo condiciones asépticas para evitar contaminación con otros organismos que se encuentran en el ambiente hasta su utilización.

### **3.2. INTRODUCCION**

En la naturaleza abundan los microorganismos que se desarrollan estrechamente relacionados entre sí, de manera que encontramos bacterias, hongos y otros organismos de muy diversos tipos, tanto de vida libre como parásitos. Para poder estudiarlos y conocerlos se deben cultivar en medios adecuados aislándolos del suelo o de partes vegetales enfermas. A partir de la primera muestra que se coloca en un medio de cultivo, se obtiene un cultivo mixto del que se deben tomar nuevas muestras para realizar otros cultivos, seleccionando las diferentes colonias hasta lograr que en el medio se desarrolle un solo tipo de organismo, consiguiendo de esta forma un cultivo puro. Para realizar aislamientos a partir del suelo, existen diversas técnicas como la de placa directa y la de dilución en serie. En el caso de que el patógeno se encuentre en las partes vegetales, se puede proceder a realizar aislamientos directos, utilizar cámaras húmedas, colocar partes vegetales en el medio de cultivo a través de trampas, etc. Para dilucidar la interacción patógeno-planta, la identificación de fitopatógenos es uno de los enfoques e investigación indispensable en la búsqueda de estrategias agronómicas de control y manejo de la enfermedad (Boyd y col., 2013), tales como la aplicación de agroquímicos (fungicidas), mejora en la productividad. En la identificación de microorganismos las características morfológicas han sido la base de la identificación hasta género, nivel de especie, familia, orden y clase.

### **3.3. COLECTA DE MATERIAL ENFERMO**

El material enfermo se colecto en diferentes lugares, para el caso de fresa se colecto en el Rancho de Fresas el Milagro, ubicado en el Municipio de Pabellón de Arteaga Aguascalientes.

En el caso de los patógenos de jitomate se colectaron en los invernaderos del Campo Agrícola Experimental del Centro de Ciencias Agropecuarias, se procedió a re identificar de acuerdo con su género y especie, utilizando las claves de

Romero (1988), y Barnett y Hunter (1998), posteriormente se incrementó el inóculo para ser usado experimentalmente.

### 3.4. AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DEL PATÓGENO

Las muestras colectadas en el campo se llevaron al laboratorio de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Se aplicaron las técnicas para el aislamiento y purificación de hongos provenientes de raíz para aislamiento de *Fusarium* (figura 5), frutos para aislar *Botrytis cinerea* (figura 4), esto para el cultivo de fresa. Para el caso de patógenos en jitomate se emplearon parte de la raíz de jitomate para aislamiento de *Rhizoctonia* (7) y hojas enfermas para el caso de *Alternaria* (figura 6) todo esto de acuerdo al Manual de Micología Taxonomica de Ponce y col 2005.



Figura 4. Colecta de *Botrytis* sp en frutos de fresa



Figura 5. Colecta de *Fusarium* sp en el cultivo de fresa.



Figura 6. *Alternaria solani* en hojas de jitomate



Figura 7. *Rhizoctonia solani* en plantulas de jitomate

En las muestras de tejidos enfermos se realizaron varios cortes de pequeñas secciones a partir del borde de la lesión, con la finalidad de obtener tejidos afectados y aparentemente sanos. Estas secciones se colocaron en una solución de hipoclorito de sodio al 2% durante un minuto, y luego se enjuagaron tres veces con agua destilada y estéril, de inmediato se secaron y se procedió a sembrar los trocitos de tejido en el medio de cultivo agar papa dextrosa (APD, Merck) incubando de 2-3 días a temperatura ambiente. Igualmente, se colocaron trocitos de tejido afectado en cámara húmeda por 24 horas para observar las estructuras reproductivas al microscopio de luz (figuras 8 y 9). Una vez desarrolladas las colonias en el medio de cultivo, se tomaron muestras de estas para la preparación de micro cultivos observándose las estructuras microscópicas de los hongos, luego se procedió a la identificación de las especies fúngicas, empleando claves taxonómicas (Barnett y col., 1972; Ponce y col., 2005).



Figura 8. Aislamiento de fitopatógenos



Figura 9. Incubadora de cepas a reproducir

### 3.5. IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA

Para la identificación morfológica de *R. solani* se realizó un frotis en fresco del micelio crecido en medio PDA con una aguja estéril o con cinta adhesiva. El micelio se colocó sobre un porta objetos con una gota de agua destilada y se examinó en un microscopio óptico a 100 y 400X, procurando observar las características taxonómicas de las claves de Ponce y col., 2005.

***Alternaria solani.***

Es un hongo filamentoso, saprofito, perteneciente al filo Ascomycota y al grupo de los dematiáceos, caracterizados por presentar una coloración oscura; microscópicamente se observan conidióforos simples, tabicados, de forma alargada u ovoide. En el extremo del conidióforo se forman unos conidios de color pardo, con septos transversales y verticales (muriformes) de disposición irregular. La reproducción es por gemación de la célula apical, a partir de la cual se genera un nuevo conidio, formándose así largas cadenas de conidios (figura 10).



Figura 10. *Alternaria solani* aislado de jitomate, vista en el microscopio

***Fusarium spp***

Se procedió a identificar los caracteres morfológicos como el tamaño y forma de acroconidios; tamaño, presencia o ausencia de microconidios; formación de clamidosporas y las estructuras de los conidióforos (figura 11).

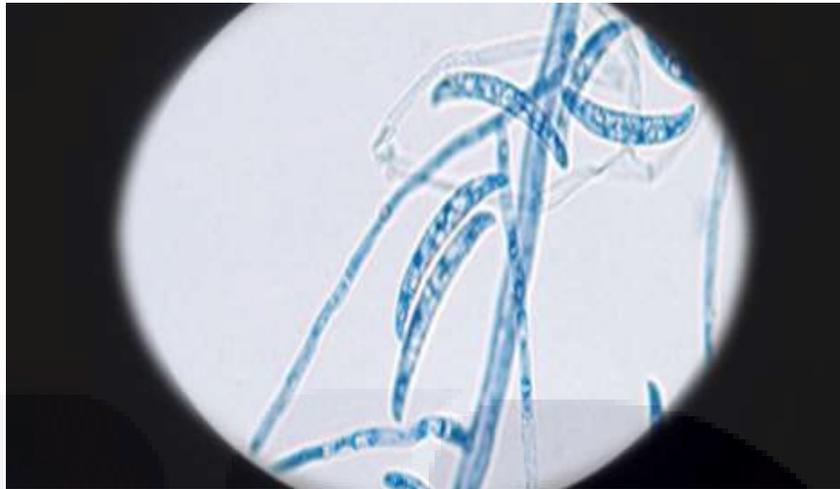


Figura 11. *Fusarium* sp aislado de fresa, vista en el microscopio

### ***Botrytis cinerea***

Una de las características de este hongo es que los conidios agrupados en forma de racimo, se observaron conidióforos largos, ramificados, con los ápices hinchados y esterigmas de los cuales emergen conidios lisos, unicelulares y ovoides (figura 12), Estas características coincidieron con las descritas por Agrios (1996), para el género *Botrytis*.

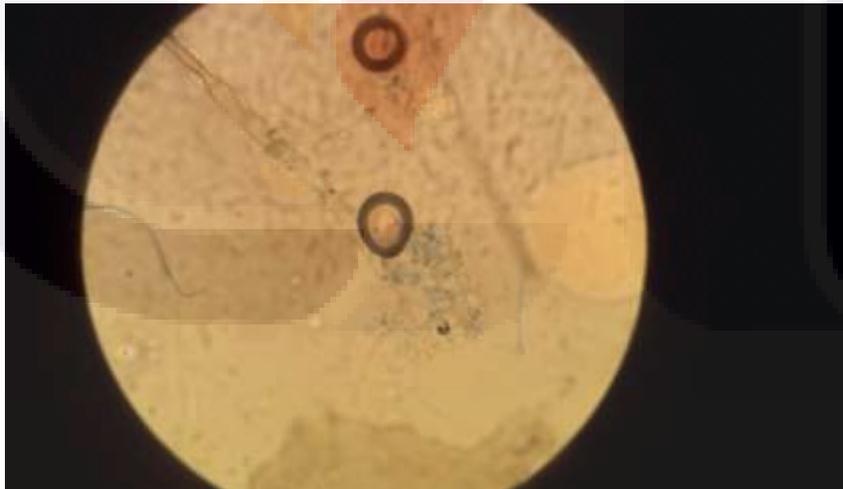


Figura 12. *Botrytis cinerea* aislado en frutos de fresa, vista en el microscopio

### ***Rhizoctonia solani***

Las muestras procesadas originaron colonias fúngicas, no esporulantes, incoloras en etapa juvenil y café cuando maduran, constan de largas ramificaciones que crecen en ángulos rectos respecto a la hifa principal; presentan la formación de un septo de la ramificación cerca del punto de origen (figura 13), lo cual concuerda con las características morfológicas de *R. solani* descritas por Parmeter y Whitney (1970).



**Figura 13.** *Rhizoctonia solani* aislado de plantulas de jitomate, vista en el microscopio

### **3.6. PURIFICACIÓN DEL PATÓGENO**

Cuando se tenía la seguridad de tener al patógeno de acuerdo a las características que se manejan en el “Manual de Micología Taxonómica” se procedió a purificarlo a partir de inoculos de la cepa provenientes del aislado en la etapa anterior mediante la técnica de resiembra sucesivas en el medio de cultivo PDA en las cajas Petrí (figuras 14, 15 y 16), posteriormente fueron colocadas en incubación a 20°C.+2 °C hasta su uso.

***Fusarium oxisporum***



**Figura 14. Cepas de *Fusarium oxisporum* purificado**

***Alternaria solani***



**Figura 15. Cepas de *Alternaria solani* en pleno crecimiento**

***Botrytis cinerea.***



**Figura 16. Cepas de *Botrytis cinerea* en pleno crecimiento**

### 3.7. BIBLIOGRAFÍA

Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.

Agrios, G. 1996; *Fitopatología*; 2ª EDICION; EDIT. LIMUSA; MEXICO

Barnett, H. L., B. B. Hunter, 1998. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 4 Edition. APS PRESS. St, Paul, Minnessota.

Boyd, I.L. & Freer-Smith, Peter & Gilligan, Christopher & C J Godfray, H. (2013). *The Consequence of Tree Pests and Diseases for Ecosystem Services*. Science (New York, N.Y.). 342. 1235773. 10.1126/science.1235773.

Peñuelas-Rubio, O., Arellano-Gil, M., Vargas-Arispuro, I. C., Lares-Villa, F., Cantú-Soto, E. U., Hernández-Rodríguez, S. E., ... & Mungarro-Ibarra, C. *In Vitro Bioactivity Of Creosote Bush Extracts (Larrea Tridentata) On The Inhibition Of Postharvest Fungi: Penicillium Polonicum, Aspergillus Niger, Rhizopus Oryzae Y Alternaria Tenuissima*. *Polibotanica*, 40, 183-198.

Pimentel, D., R. Zuñiga, and D. Morrison. 2005. Update on the environmental and economic cost associated with alien-invasive species in the United States. *Ecol. Econ.* 52:273-288.

Ponce y col., 2005. *Manual de Micología de la Universidad Autónoma Chapingo*

Romero, C. S., 1988. *Hongos Fitopatógenos*. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo

## CAPITULO IV

### INHIBICIÓN DE CRECIMIENTO MICELIAL A NIVEL *IN VITRO*

#### 4.1. RESUMEN

Se realizaron ensayos a nivel de laboratorio para determinar las concentraciones de aceites esenciales de *Larrea tridentata*, *Schinus molle* y *Eucalyptus cinerea* que inhiben el crecimiento micelial de *Fusarium oxisporum* y *Botrytis cinerea* aislado en el cultivo de fresa; *Rhizoctonia solani* y *Alternaria solani* aislado en el cultivo de jitomate, se empleo el método de medio de cultivo envenenado y después se midio el crecimiento micelial en cuatro repeticiones de cada concentración a diferentes horas durante diez días, los tratamientos que mejor comportamiento presentaron para la inhibición de crecimiento micelial fueron *Schinus molle* con 86.9 y 79.9 % a una concentración de 2000 y 3000 ppm respectivamente, *Eucalyptus cinérea* con 88.9, 73.9 y 91.5 % con 1000, 2000 y 3000 ppm, en el caso de *Larrea tridentata* 88.9, 80.9 y 83.4 % con 1000, 2000 y 3000 ppm, comparado con el extracto comercial que obtuvo un 90.5 % de inhibición y en relación al producto químico que ofreció un 91.0 % de inhibición de crecimiento micelial de *Fusarium oxisporum* a nivel *in vitro*, para el caso de *B. cinerea* el aceite esicial de *S. molle* en sus concentraciones de 1000, 2000 y 3000 ppm presentaron 87.9, 80.9 86.9 % respectivamente; *E.cinerea* ofrecio a 500, 750, 1000, 2000 y 3000 ppm Ofecieron 71.9, 62.3, 85.9, 67.3, 90.5 % de control y finalmente *L. tridentata* a 750, 1000, 2000 y 3000 ppm mostro controles de 62.8, 83.9, 79.9 y 86.4% respectivamente.

## 4.2. INTRODUCCIÓN

Un ensayo realizado *in vitro* quiere decir que se realiza fuera de un organismo vivo y que normalmente implica a tejidos aislados, órganos o células; puede usar datos *in vitro* para satisfacer de forma completa o parcial los requisitos de información que, en caso contrario, exigiría la generación de datos con ensayos en organismos vivos, para ello en esta fase de tesis se empleó este procedimiento para obtener información sobre las dosis que posiblemente ofrecieran un efecto inhibitorio sobre cepas de hongos fitopatógenos que se está estudiando, para ello se contemplaron diferentes concentraciones de aceites esenciales de tres plantas con posibilidades de introducción como alternativas en el manejo ecológico de plagas y enfermedades en los cultivos de jitomate y fresa.

## 4.3. CONCENTRACIONES USADAS

Se retomaron las dosis empleadas por Peñuelas (2015), aplicados con extractos de Gobernadora para el manejo de *Aspergillus niger*, *Penicillium polonicum* y *Rhizopus oryzae*. Aunado a ello verificar las dosis a utilizar será de acuerdo a las normas que establece la FRAC (2006), en donde se consideran dosis altas, medias y bajas para definir dosis más eficaz y evitar posible generación de resistencia.

Para ello se plantean los siguientes dosis a utilizar en el caso de hongos (*Botrytis cinerea*, *Fusarium* spp., *Alternaria solani* y *Rhizoctonia solani*): 150, 200, 250, 500, 750, 1000, 2000 y 3000 ppm de los tres aceites esenciales de *Schinus molle*, *Eucaliptus cinerea* y *Larrea tridentata*, más un testigo absoluto y un testigo comercial, para cada hongo siendo un total de 27 tratamientos con sus respectivos cuatro repeticiones.



**Figura 17. Preparación de concentraciones usadas**

#### **4.4. EVALUACIÓN *IN VITRO***

Las pruebas se realizaron en cajas Petri de 10 cm de diámetro, usando el método de difusión descrito por Murray y col. (2003), que consiste de la siguiente forma, se colocó un cuadro de medio de cultivo con crecimiento activo de agente causal en cuatro cajas (unidad experimental) que contiene el medio sólido papa-dextrosa-agar (PDA). Seguido de ello aplicó el tratamiento hasta cubrir todo el medio que se encuentra en la caja, se empleó un control positivo (fungicida comercial) y uno negativo (agua destilada). Las cajas de Petri se incubaron a una temperatura de  $27 \pm 2$  °C. La variable a evaluada fue el diámetro del halo de inhibición, que se midió con una regla milimétrica graduada. Se realizaron tres mediciones en diferentes ángulos, después se tomó el promedio.



**Figura 18. Aplicación en los tratamientos a nivel *in vitro***

La efectividad de los extractos para el control se determinó después de cada evaluación a través de la fórmula de efectividad de Abbott (Abbott, 1925):

$$ET = \frac{IT - it}{IT} * 100$$

Donde ET = Eficacia del tratamiento; IT = Porcentaje de infección en el testigo; it = Porcentaje de infección en el tratamiento.

La efectividad se expresó en porcentaje (%) de control de cada aislamiento (% ET). El experimento se realizó como un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones.

## **Evaluación de los extractos vegetales**

Se evaluaron los tres aceites esenciales arriba mencionados, sobre *F. oxysporum*, *B. cinerea*, *A. solani* y *R. solani* para ello, se utilizó la metodología de medio de cultivo envenenado Rodríguez y col. (2007), utilizando las siguientes concentraciones: 150, 200, 250, 500, 750, 1000, 2000, 3000 ppm. Para la obtención de las dosis se tomó el extracto a una concentración del 100%, y luego se realizaron diluciones utilizando como solvente agua destilada hasta obtener las concentraciones deseadas. Para el aislamiento, determinación, desarrollo, reproducción e identificación del patógeno se empleó un medio de cultivo comercial PDA (papa-dextrosa-agar). Teniendo la caja Petri con el medio de cultivo se colocaron trocitos de 0.5 cm de diámetro del fitopatógeno ya purificado en la parte media de la caja, se incubaron a  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$  en oscuridad hasta que el crecimiento del micelio de la caja testigo (PDA sin extracto) alcanzó el tamaño de la placa. Se midió diámetro radial del crecimiento del micelio a los 12, 24, 48, 72, 120, 168 y 240 horas con un vernier. El porcentaje de inhibición de crecimiento se determinó de la siguiente manera: % inhibición =  $\frac{\text{crecimiento micelial del testigo} - \text{crecimiento micelial del tratamiento}}{\text{crecimiento micelial del testigo}} \times 100$ . (Kishore y col., 1996).

Análisis de resultados. Con los datos obtenidos se realizó la prueba de normalidad de Shapiro wilk, un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias por Tukey ( $p \leq 0,05$ ) utilizando el paquete estadístico SAS 9.0.

## 4.5. RESULTADOS

### ***Fusarium oxisporum***

Los aceites que mejor porcentaje de inhibición proporcionaron cuando el testigo alcanzó a colonizar toda la caja Petri (168 horas después de la exposición a los aceites esenciales) fueron *Schinus molle* con 86.9 y 79.9 % a una concentración de 2000 y 3000 ppm respectivamente, *Eucalyptus cinerea* con 88.9, 73.9 y 91.5 % con 1000, 2000 y 3000 ppm, en el caso de *Larrea tridentata* 88.9, 80.9 y 83.4 % con 1000, 2000 y 3000 ppm, comparado con el extracto comercial que obtuvo un 90.5 % de inhibición y en relación al producto químico que ofreció un 91.0 % de inhibición de crecimiento micelial de *Fusarium oxisporum* a nivel *in vitro* (Cuadro 3). Ochoa *et al.* (2011), reportó que extractos de *Schinus molle* no presenta ningún efecto de inhibición a concentraciones de 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 y 10000 ppm., contrario a lo que en este trabajo se encontró con aceites esenciales. Por otro lado en caso de *L. tridentata* Peñuelas y col., (2015) mencionan que el extracto de esta planta tiene efectos de inhibición del crecimiento de *Alternaria tenuissima*, *Aspergillus niger* y *Rhizopus oryzae* desde los 150 a 750 ppm demostrando así un efecto antifúngico.

De acuerdo al cuadro 4, las concentraciones de aceite esencial de *Schinus molle* que mejor impidieron el crecimiento micelial de *F. oxisporum* fueron las concentraciones de 2000 y 3000 ppm, sin superar al extracto comercial y al tratamiento químico; para el caso de *E. cinerea* los mejores tratamientos fueron las concentraciones de 1000, 2000 y 3000 ppm de igual forma sin superar al extracto comercial y al tratamiento químico; para el caso de *L. tridentata* los mejores resultados fueron reflejados en las concentraciones de 2000 y 3000 ppm, esto coincide con lo mencionado por Ayala y col., (2008) en donde indica que a mayor concentración mayor es la actividad de inhibición sobre hongos, similar a lo que muestran los resultados de este trabajo, en donde las mayores concentraciones manifestaron mejor porcentaje de inhibición de crecimiento micelial de *Fusarium oxisporum*.

**Cuadro 3. Porcentaje de inhibición de crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum* a diferentes horas y a diferentes concentraciones de aceites esenciales de tres especies diferentes.**

% de Inhibición del crecimiento micelial de <i>Fusarium oxysporum</i> en horas con respecto al testigo absoluto		12	24	48	72	120	168	240
	Concentración (ppm)							
<i>Schinus molle</i>	150	100.0	44.4	-32.1	-11.3	-1.9	3.5	0.0
	200	100.0	88.9	82.1	71.3	28.7	11.1	0.0
	250	100.0	88.9	89.3	78.8	59.9	38.7	3.0
	500	100.0	100.0	96.4	92.5	72.6	62.3	33.0
	750	100.0	100.0	96.4	81.3	66.2	51.3	22.0
	1000	100.0	100.0	100.0	97.5	83.4	76.9	50.5
	2000	100.0	100.0	100.0	98.8	93.6	86.9	78.0
	3000	100.0	100.0	100.0	96.3	89.8	79.9	72.5
	<i>Eucalyptus cinerea</i>	150	100.0	77.8	71.4	56.3	53.5	20.6
200		100.0	100.0	89.3	51.3	15.3	8.0	0.0
250		100.0	100.0	96.4	87.5	68.8	55.8	20.0
500		100.0	100.0	100.0	93.8	77.1	63.3	26.0
750		100.0	100.0	96.4	96.3	86.6	55.8	26.5
1000		100.0	100.0	100.0	100.0	97.5	88.9	72.5
2000		100.0	100.0	100.0	98.8	87.3	73.9	57.0
3000		100.0	100.0	100.0	100.0	94.3	91.5	72.0
<i>Larrea tridentata</i>		150	100.0	77.8	78.6	61.3	36.9	11.6
	200	100.0	100.0	85.7	60.0	35.0	26.1	2.5
	250	100.0	88.9	85.7	52.5	40.8	29.6	11.0
	500	100.0	100.0	100.0	92.5	72.0	47.7	27.0
	750	100.0	100.0	100.0	93.8	79.6	61.3	49.5
	1000	100.0	100.0	100.0	100.0	94.9	88.9	66.5
	2000	100.0	100.0	100.0	98.8	87.3	80.9	74.5
	3000	100.0	100.0	100.0	96.3	91.7	83.4	73.5
	Testigo absoluto	----	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Extracto comercial	9000	100.0	100.0	100.0	100.0	98.7	90.5	80.0
Químico comercial	1000	100.0	100.0	100.0	100.0	96.8	91.0	81.0

**Cuadro 4. Crecimiento micelial de *Fusarium oxisporum* aislado en fresa a las 12, 24, 48, 72, 168 y 240 horas en diferentes concentraciones de aceites esenciales de *S. molle*, *E. cinérea* y *L. tridentata*.**

Crecimiento micelial (mm) de <i>F. oxisporum</i> a diferentes horas								
Concentración (ppm)	12	24	48	72	120	168	240	
<i>Schinus molle</i>	150	0 b	1.25 b	9.25 a	22.25 a	40 a	48 a	50 a
	200	0 b	0.25 c	1.25 b	5.75 c	28 abc	44.25 abcd	50 a
	250	0 b	0.25 c	0.75 b	4.25 c	15.75 cdefgh	30.5 abcdef	48.5 a
	500	0 b	0 c	0.25 b	1.5 c	10.75 cdefg	18.75 efghi	33.5 abcd
	750	0 b	0 c	0.25 b	3.75 c	13.25 cdefg	24.25 cdefgh	39 abc
	1000	0 b	0 c	0 b	0.5 c	6.5 fgh	11.5 fghi	24.75 cde
	2000	0 b	0 c	0 b	0.25 c	2.5 gh	6.5 gh	11e
	3000	0 b	0 c	0 b	0.75 c	4 gh	10 ghi	13.75 e
<i>Eucaliptus cinerea</i>	150	0 b	0.5 cb	2 b	8.75 c	18.25 bcdefg	39.5 abcd	50 a
	200	0 b	0 c	0.75 b	9.75 cb	33.25 ab	45.75 abcd	50 a
	250	0 b	0 c	0.25 b	2.5 c	12.25cdefgh	22 defgh	40 abc
	500	0 b	0 c	0 b	1.25 c	9 defg	18.25 efghi	37 abc
	750	0 b	0 c	0.25 b	0.75 c	5.25 gh	22 defghi	36.75 abc
	1000	0 b	0c	0 b	0 c	1 gh	5.5 hi	13.7 5e
	2000	0 b	0 c	0 b	0.25 c	5 gh	13f ghi	21.5 cde
	3000	0 b	0 c	0 b	0 c	2.25 gh	4.25i	14 e
<i>Larrea tridentata</i>	150	0 b	0.5 cb	1.5 b	7.75 c	24.75 abcde	44 abcd	50 a
	200	0 b	0 c	1 b	8 c	25.5 abcd	36.75 abcde	48.75 a
	250	0 b	0.25 c	1 b	9.5 cb	23.25 abcdef	35 abcde	44.5 abc
	500	0 b	0 c	0 b	1.5 c	11 cdefg	26 bcdefg	36.5 abc
	750	0 b	0 c	0 b	1.25 c	8 efgh	19.25 efghi	25.25 bcde
	1000	0 b	0 c	0 b	0 c	2 gh	5.5 hi	16.75 de
	2000	0 b	0 c	0 b	0.25 c	5 gh	9.5 ghi	12.75 e
	3000	0 b	0 c	0 b	0.75c	3.25 gh	8.25 ghi	13.25 e
Testigo absoluto	0.5 a	2.25 a	7 a	20 ab	39.25 a	50 a	50 a	
Extracto comercial 90000	0 a	0 b	0 c	0 b	0 c	0.5 h	4.75 hi	
Químico comercial 1000	0 a	0 b	0 c	0 b	0 c	1.25 gh	4.5 hi	

Valores con la misma letra en la misma columna dentro de cada especie son estadísticamente iguales Tukey ( $p>0,05$ ).

### ***Botrytis cinerea***

Las concentraciones de aceites esenciales de *Schinus molle* que mejor porcentaje de inhibición ofrecieron para *B. cinerea* fueron 1000, 2000 y 3000 ppm, tales concentraciones obtuvieron un 87.9, 80.9 y 86.9 % de inhibición respectivamente; *Eucalyptus cinerea* a 500, 750, 1000, 2000 y 3000 ppm ofrecieron 71.9, 62.3, 85.9, 67.3 y 90.5 % respectivamente; en el caso de *Larrea tridentata* las concentraciones que mejor porcentaje de inhibición ofrecieron fueron 750, 1000, 2000 y 3000 ppm con 62.8, 83.9, 79.9 y 86.4 % respectivamente, comparado con el extracto comercial de 86.4 % y con el producto químico de 89.5 %. Cabe señalar que los tratamientos testigos presentaron un comportamiento muy constante durante el desarrollo del experimento a diferencia de los tratamientos evaluados cuadro 5.

Para la variable crecimiento micelial (cuadro 6) las concentraciones de 1000 y 3000 ppm de aceite esencial de *Schinus molle*, *Eucalyptus cinerea* y *Larrea tridentata* son estadísticamente iguales con el extracto comercial y el producto químico comercial, en los tres extractos hay las concentraciones de 2000 ppm comparten grupos estadísticamente con los tratamientos testigo, pero ofrecen menor porcentaje de inhibición, cabe señalar que no es suficiente contemplar solamente el parámetro de porcentaje de inhibición de crecimiento micelial, debido a que la separación de medias nos indica que son estadísticamente diferentes, es por ello que para la toma de decisión sobre las posibles concentraciones que se evaluarán en campo sean estadísticamente iguales.

**Cuadro 5. Porcentaje de inhibición de crecimiento micelial de *Botrytis cinerea* a diferentes horas y a diferentes concentraciones de aceites esenciales de tres especies diferentes.**

		% de Inhibición del crecimiento micelial de <i>Botrytis cinerea</i> en horas con respecto al testigo absoluto							
		Concentración (ppm)	12	24	48	72	120	168	240
<i>Schinus molle</i>	<b>150</b>		100.0	66.7	25.0	-15.6	6.2	3.5	0.0
	<b>200</b>		100.0	86.7	62.5	63.5	29.8	10.1	0.0
	<b>250</b>		100.0	80.0	85.0	76.0	57.8	38.7	2.5
	<b>500</b>		100.0	100.0	100.0	96.9	87.6	49.2	19.0
	<b>750</b>		100.0	100.0	97.5	86.5	67.7	48.2	25.0
	<b>1000</b>		100.0	100.0	100.0	99.0	91.3	87.9	59.5
	<b>2000</b>		100.0	100.0	100.0	97.9	91.3	80.9	69.0
	<b>3000</b>		100.0	100.0	100.0	97.9	90.7	86.9	81.0
<i>Eucalyptus cinerea</i>	<b>150</b>		100.0	80.0	47.5	40.6	46.0	17.1	0.0
	<b>200</b>		100.0	73.3	57.5	55.2	14.9	7.5	0.0
	<b>250</b>		100.0	100.0	90.0	83.3	72.7	41.2	6.5
	<b>500</b>		100.0	100.0	100.0	97.9	83.2	71.9	32.0
	<b>750</b>		100.0	100.0	100.0	97.9	88.2	62.3	30.0
	<b>1000</b>		100.0	100.0	100.0	100.0	93.8	85.9	70.5
	<b>2000</b>		100.0	100.0	100.0	100.0	86.3	67.3	60.5
	<b>3000</b>		100.0	100.0	100.0	100.0	94.4	90.5	73.0
<i>Larrea tridentata</i>	<b>150</b>		100.0	80.0	57.5	52.1	41.6	6.5	0.0
	<b>200</b>		100.0	73.3	67.5	68.8	22.4	20.6	3.0
	<b>250</b>		100.0	100.0	97.5	80.2	57.1	22.6	0.0
	<b>500</b>		100.0	100.0	100.0	96.9	84.5	55.3	30.5
	<b>750</b>		100.0	100.0	100.0	95.8	90.7	62.8	51.5
	<b>1000</b>		100.0	100.0	100.0	100.0	95.7	83.9	74.0
	<b>2000</b>		100.0	100.0	100.0	100.0	86.3	79.9	74.5
	<b>3000</b>		100.0	100.0	100.0	94.8	93.8	86.4	74.5
Testigo absoluto	----		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Extracto comercial	<b>9000</b>		100.0	100.0	100.0	100.0	98.8	86.4	76.5
Químico comercial	<b>1000</b>		100.0	100.0	100.0	100.0	99.4	89.4	85.5

**Cuadro 6. Crecimiento micelial de *B. cinerea* aislado en fresa a las 12, 24, 48, 72, 168 y 240 horas en diferentes concentraciones de aceites esenciales de *S. molle*, *E. cinérea* y *L. tridentata*.**

Crecimiento micelial (mm) de <i>B. cinerea</i> diferentes horas								
Concentración (ppm)	12	24	48	72	120	168	240	
<i>Schinus molle</i>	150	0 a	1.25 b	7.5 cd	27.75 f	37.75 ij	48 m	50 h
	200	0 a	0.5 ab	3.75 abc	8.75 bcde	28.25 fghi	44.75 jkl	50 h
	250	0 a	0.75 ab	1.5 ab	5.75 abcd	17 bcdefg	30.5 fghij	48.7g5
	500	0 a	0 a	0 a	0.75 a	5 abc	25.25 bcde	40.5 fgh
	750	0 a	0 a	0.25 a	3.25 abc	13 abcdef	25.75 bcde	37.5 efgh
	1000	0 a	0 a	0 a	0.25 a	3.5 abc	6 ab	20.25 abcd
	2000	0 a	0 a	0 a	0.5 a	3.5 abc	9.5 abc	15.5 ab
	3000	0 a	0 a	0 a	0.5 a	3.75 abc	6.5 ab	9.5 a
<i>Eucalyptus cinerea</i>	150	0 a	0.75 ab	5.25 bcd	14.25 e	21.75 defgh	41.25 ijkl	50 h
	200	0 a	1 ab	4.25 abc	10.75 cde	34.25 hi	46 klm	50 h
	250	0 a	0 a	1 ab	4 abcd	11 abcde	29.25 efgh	46.75 fgh
	500	0 a	0 a	0 a	0.5 a	6.75 abcd	14 abcd	34 cdef
	750	0 a	0 a	0 a	0.5 a	4.75 abc	18.75 abcd	35 efg
	1000	0 a	0 a	0 a	0 a	2.5 abc	7 ab	14.75 ab
	2000	0 a	0 a	0 a	0 a	5.5 abcd	16.25 abcd	19.75 abc
	3000	0 a	0 a	0 a	0 a	2.25 abc	4.75 a	13.5
<i>Larrea tridentata</i>	150	0 a	0.75 ab	4.25 abc	11.5 de	23.5 efgh	46.5 lm	50ab
	200	0 a	1 ab	3.25 abc	7.5 abcde	31.25 ghi	39.5 hijk	48.5
	250	0 a	0 a	0.25 a	4.75 abcd	17.25 cdefg	38.5 ghijk	50 h
	500	0 a	0 a	0 a	0.75 a	6.25 abcd	22.25 bcde	34.75 defg
	750	0 a	0 a	0 a	1 ab	3.75 abc	18.5 abcd	24.25 bcde
	1000	0 a	0 a	0 a	0 a	1.75 abc	8 ab	13 ab
	2000	0 a	0 a	0 a	0 a	5.5 abcd	10 abc	12.75 ab
	3000	0 a	0 a	0 a	1.25 ab	2.5 abc	6.75 ab	12.75 ab
Testigo absoluto	0.75 b	3.75 c	10 d	24 f	40.25 j	49.75 n	50 h	
Extracto comercial 90000	0 a	0 a	0 a	0 a	0.5 ab	6.75 ab	11.75 ab	
Químico comercial 1000	0 a	0 a	0 a	0 a	0.25 a	5.25 ab	7.25 a	

### ***Alternaria solani***

Los mejores porcentajes de inhibición de *A. solani* fueron las concentraciones de 2000 ppm de *E. cinerea*, seguido de 3000 y 2000 ppm de *L. tridentata* y *S. molle*, cabe destacar que las concentraciones de 1000 y 2000 ppm de aceites de *L. tridentata* superaron el 60% de inhibición para el caso de *A. solani* (cuadro 7).

**Cuadro 7. Porcentaje de inhibición de crecimiento micelial de *Alternaria solani* a diferentes horas y a diferentes concentraciones de aceites esenciales de tres especies diferentes.**

		% de Inhibición del crecimiento micelial de <i>Alternaria solani</i> en horas con respecto al testigo absoluto						
Concentración (ppm)		12	24	48	72	120	168	240
<i>Schinus molle</i>	<b>150</b>	100.0	80.0	87.0	6.3	8.3	0.0	0.0
	<b>200</b>	100.0	100.0	95.7	81.3	64.6	32.0	0.0
	<b>250</b>	100.0	100.0	91.3	53.1	60.4	2.0	2.0
	<b>500</b>	100.0	100.0	95.7	90.6	77.1	20.0	0.0
	<b>750</b>	100.0	100.0	100.0	93.8	75.0	10.0	0.0
	<b>1000</b>	100.0	100.0	100.0	96.9	89.6	54.0	14.0
	<b>2000</b>	100.0	100.0	100.0	100.0	97.9	76.0	32.0
	<b>3000</b>	100.0	100.0	100.0	96.9	95.8	72.0	36.0
<i>Eucaliptus cinerea</i>	<b>150</b>	100.0	80.0	73.9	65.6	72.9	26.0	0.0
	<b>200</b>	100.0	100.0	91.3	78.1	31.3	10.0	0.0
	<b>250</b>	100.0	100.0	95.7	59.4	66.7	8.0	4.0
	<b>500</b>	100.0	100.0	100.0	93.8	75.0	16.0	0.0
	<b>750</b>	100.0	100.0	100.0	96.9	81.3	32.0	8.0
	<b>1000</b>	100.0	100.0	100.0	96.9	93.8	46.0	10.0
	<b>2000</b>	100.0	100.0	100.0	93.8	91.7	84.0	36.0
	<b>3000</b>	100.0	100.0	100.0	100.0	91.7	74.0	32.0
<i>Larrea tridentata</i>	<b>150</b>	100.0	100.0	91.3	75.0	54.2	24.0	0.0
	<b>200</b>	100.0	100.0	95.7	62.5	35.4	6.0	0.0
	<b>250</b>	100.0	100.0	95.7	62.5	45.8	16.0	0.0
	<b>500</b>	100.0	100.0	100.0	96.9	70.8	14.0	0.0
	<b>750</b>	100.0	100.0	100.0	93.8	62.5	56.0	6.0
	<b>1000</b>	100.0	100.0	100.0	87.5	75.0	62.0	10.0
	<b>2000</b>	100.0	100.0	100.0	96.9	89.6	64.0	38.0
	<b>3000</b>	100.0	100.0	100.0	96.9	91.7	76.0	36.0
Testigo absoluto	----	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Extracto comercial	<b>9000</b>	100.0	100.0	91.3	87.5	81.3	74.0	70.0
Químico comercial	<b>1000</b>	100.0	100.0	100.0	93.8	93.8	90.0	78.0

El menor crecimiento de *A. solani* se presentó en los tratamientos del producto comercial, seguido de ello en la dosis de 2000 ppm de *Eucalyptus cinerea*, 2000 ppm de *Schinus molle*, extracto comercial que incluso ofecio menor crecimiento que las anteriores, se observa que a pesar de que las concentraciones de 1000 y 2000 ppm de A.E. de *Larrea tridentata* superaron el 60 % de inhibición de crecimiento micelial son estadísticamente diferentes (cudro 8).

**Cuadro 8. Crecimiento micelial de *A. solani* aislado en fresa a las 12, 24, 48, 72, 168 y 240 horas en diferentes concentraciones de aceites esenciales de *S. molle*, *E. cinerea* y *L. tridentata*.**

Crecimiento micelial (mm) de <i>A. solani</i> a diferentes horas								
	Concentración (ppm)	12	24	48	72	120	168	240
<i>Schinus molle</i>	150	0 a	1 b	3 d	30 m	44 r	50 t	50 l
	200	0 a	0 a	1 b	6 f	17 l	34 k	50 l
	250	0 a	0 a	2 c	15 l	19 n	49 s	49 k
	500	0 a	0 a	1 b	3 d	11 g	40 m	50 l
	750	0 a	0 a	0 a	2 c	12 h	45 p	50 l
	1000	0 a	0 a	0 a	1 b	5 e	23 i	43 f
	2000	0 a	0 a	0 a	0 a	1 a	12 c	34 e
	3000	0a	0a	0 a	1 b	2 b	14 e	32 d
<i>Eucalyptus cinerea</i>	150	0 a	1 b	6 e	11 i	13 i	37 l	50 l
	200	0 a	0 a	2 c	7 g	33 q	45 p	50 l
	250	0 a	0 a	1 b	13 k	16 k	46 q	48 j
	500	0 a	0 a	0 a	2 c	12 h	42 n	50 l
	750	0 a	0 a	0 a	1 b	9 f	34 k	46 h
	1000	0 a	0 a	0 a	1 b	3 c	27 j	45 g
	2000	0 a	0a	0 a	2 c	4 d	8 b	32 d
	3000	0 a	0 a	0 a	0 a	4 d	13 d	34 e
<i>Larrea tridentata</i>	150	0 a	0 a	2 c	8 h	22 ñ	38 m	50 l
	200	0 a	0 a	1 b	12 j	31 p	47 r	50 l
	250	0 a	0 a	1 b	12 j	26 o	42 n	50 l
	500	0 a	0 a	0 a	1 b	14 j	43 o	50 l
	750	0 a	0a	0 a	2 c	18 m	22 h	47 i
	1000	0 a	0 a	0 a	4 e	12 h	19 g	45 g
	2000	0 a	0 a	0 a	1 b	5 e	18 f	31 c
	3000	0 a	0 a	2 c	1 b	4 d	12 c	32 d
Testigo absoluto		1 b	5 c	23 f	32 n	48 s	50 t	50 l
Extracto comercial	900000	0 a	0 a	2 c	4 e	9 f	13 d	15 b
Químico comercial	1000	0 a	0 a	0 a	2 c	3 c	5 a	11 a

***Rhizoctonia solani*.**

Las concentraciones de 1000, 2000, 3000 ppm de los tres aceites esenciales superaron el 60% de inhibición de crecimiento micelial de *R. solani*, se puede observar de igual forma que que las concentraciones más altas se asemejan más a los tratamientos testigos (cuadro 9).

**Cuadro 9. Porcentaje de inhibición de crecimiento micelial de *Rizoctonia solani* a diferentes horas y a diferentes concentraciones de aceites esenciales de tres especies diferentes.**

		% de Inhibición del crecimiento micelial de <i>Rizoctonia solani</i> en horas con respecto al testigo absoluto						
	Concentración (ppm)	12	24	48	72	120	168	240
<i>Schinus molle</i>	150	100.0	70.6	59.4	-2.7	10.3	3.0	0.0
	200	100.0	94.1	87.5	78.2	41.7	17.1	0.0
	250	100.0	94.1	89.1	61.8	56.6	18.1	3.0
	500	100.0	100.0	96.9	93.6	79.4	31.2	4.0
	750	100.0	100.0	98.4	82.7	65.7	25.1	7.5
	1000	100.0	100.0	100.0	97.3	89.1	70.4	33.0
	2000	100.0	100.0	100.0	99.1	93.1	78.4	51.5
	3000	100.0	100.0	100.0	95.5	93.1	80.9	59.5
<i>Eucaliptus cinerea</i>	150	100.0	82.4	67.2	60.0	63.4	22.6	0.0
	200	100.0	94.1	85.9	74.5	22.9	8.5	0.0
	250	100.0	100.0	95.3	70.9	69.7	25.1	7.5
	500	100.0	100.0	100.0	96.4	78.3	43.7	12.0
	750	100.0	100.0	100.0	96.4	86.3	47.2	19.0
	1000	100.0	100.0	100.0	98.2	94.3	66.8	40.5
	2000	100.0	100.0	100.0	96.4	90.3	78.9	52.5
	3000	100.0	100.0	100.0	100.0	94.3	83.9	59.0
<i>Larrea tridentata</i>	150	100.0	88.2	79.7	62.7	47.4	12.6	0.0
	200	100.0	94.1	90.6	71.8	32.6	18.6	2.5
	250	100.0	100.0	95.3	68.2	56.0	18.6	0.0
	500	100.0	100.0	100.0	95.5	74.9	31.7	11.0
	750	100.0	100.0	100.0	93.6	76.0	63.3	33.0
	1000	100.0	100.0	100.0	92.7	84.0	74.9	41.5
	2000	100.0	100.0	100.0	97.3	87.4	72.4	56.5
	3000	100.0	100.0	100.0	96.4	93.7	82.4	59.0
Testigo absoluto	----	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Extracto comercial Químico comercial	9000	100.0	100.0	93.8	92.7	89.7	82.9	73.0
	1000	100.0	100.0	100.0	96.4	96.6	92.0	81.5

**Cuadro 10. Crecimiento micelial de *R. solani* aislado en fresa a las 12, 24, 48, 72, 168 y 240 horas en diferentes concentraciones de aceites esenciales de *S. molle*, *E. cinérea* y *L. tridentata*.**

Crecimiento micelial (mm) de <i>R. solani</i> a diferentes horas								
Concentración (ppm)	12	24	48	72	120	168	240	
<i>Schinus molle</i>	150	0 a	1.25 b	6.5 b	28.25 e	39.25 gh	48.25 gh	50 d
	200	0 a	0.25 ab	2 ab	6 abcd	25.5 defg	41.25 fgh	50 d
	250	0 a	0.25 ab	1.75	10.5 d	19 bcdef	40.75 fgh	48.5 cd
	500	0 a	0 a	0.5 ab	1.75 abcd	9 abc	34.25 cdefgh	48 cd
	750	0 a	0 a	0.25 a	4.75 abcd	15 abcde	37.25 defgh	46.25 bcd
	1000	0 a	0 a	0 a	0.75 abc	4.75 ab	14.75 abcd	33.5 abcd
	2000	0 a	0 a	0 a	0.25 ab	3 a	10.75 ab	24.25 abcd
	3000	0 a	0 a	0 a	1.25 abcd	3 a	9.5 ab	20.25 ab
<i>Eucalyptus cinerea</i>	150	0 a	0.8 ab	5.3 ab	11.0 d	16.0 abcde	38.5 efgh	50.0 d
	200	0 a	0.3 ab	2.3 ab	7.0 abcd	33.8 fgh	45.5 gh	50.0 d
	250	0 a	0.0 a	0.8 ab	8.0 abcd	13.3 abcd	37.3 defgh	46.3 bcd
	500	0 a	0.0 a	0.0 a	1.0 abcd	9.5 abc	28.0 bcdefgh	44.0 bcd
	750	0 a	0.0 a	0.0 a	1.0 abcd	6.0 ab	26.3 abcdefg	40.5 bcd
	1000	0 a	0.0 a	0.0 a	0.5 abc	2.5 a	16.5 abcde	29.8 abcd
	2000	0 a	0.0 a	0.0 a	1.0 abcd	4.3 ab	10.5 ab	23.8 abc
	3000	0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	2.5 a	8.0 ab	20.5 ab
<i>Larrea tridentata</i>	150	0 a	0.5 ab	3.3 ab	10.3 bcd	23.0 cdef	43.5 gh	50.0 d
	200	0 a	0.3 ab	1.5 ab	7.8 abcd	29.5 efgh	40.5 fgh	48.8 cd
	250	0 a	0.0 a	0.8 ab	8.8 abcd	19.3 bcdef	40.5 fgh	50.0 d
	500	0 a	0.0 a	0.0 a	1.3 abcd	11.0 abcd	34.0 cdefgh	44.5 bcd
	750	0 a	0.0 a	0.0 a	1.8 abcd	10.5 abcd	18.3 abcdef	33.5 abcd
	1000	0 a	0.0 a	0.0 a	2.0 abcd	7.0 ab	12.5 abc	29.3 abcd
	2000	0 a	0.0 a	0.0 a	0.8 abcd	5.5 ab	13.8 abc	21.8 ab
	3000	0 a	0.0 a	0.0 a	1.0 abcd	2.8 a	8.8 ab	20.5 ab
Testigo absoluto	0.8 b	4.3 c	16.0 c	27.5 e	43.8 h	49.8 h	50.0 d	
Extracto comercial	90000	0 a	0.0 a	1.0 ab	2.0 abcd	4.5 ab	8.5 ab	13.5 a
Químico comercial	1000	0 a	0.0 a	0.0 a	1.0 abcd	1.5 a	4.0 a	9.3 <sup>a</sup>

El menor crecimiento micelial del fitopatógeno se presentó en el tratamiento con el testigo químico, seguido de ello la concentración de 3000 ppm de *E. cinerea*. Cabe mencionar que los tratamientos que comparten grupo con los tratamientos testigo son las concentraciones de 2000 y 3000 ppm respectivamente (cuadro 10).

#### 4.6. CONCLUSIONES

Existe posibilidad de emplear aceites esenciales de estas tres especies evaluadas para estas enfermedades.

Se emplearon las siguientes concentraciones para la fase de campo, cabe mencionar que las concentraciones que fueron estadísticamente iguales que los tratamientos testigo y que superaron el 60 % de inhibición del patógeno son las que se llevarán en fase de campo.

Para el manejo de los siguientes fitopatógenos en campo se utilizaron las siguientes concentraciones *Fusarium oxisporum* 750, 1000, 2000 y 3000 ppm de aceite esencial de *S. molle*, *E. cinerea* y *L. tridentata*. En el caso de *Rhizoctonia solani* se emplearán 1000, 2000 y 3000 ppm de aceite esencial de *S. molle*, *E. cinerea* y *L. tridentata*; para *Botrytis cinerea* 1000, 2000 y 3000 ppm de *S. molle*, *E. cinerea*, mientras que para el caso de *L. tridentata* se tomara la concentración de 750, 1000, 2000 y 3000 ppm respectivamente, y finalmente para el caso de *Alternaria solani* se emplearán concentraciones de 2000 y 3000 ppm de *S. molle* y *E. cinerea* y para el A.E. de *L. tridentata* será de 1000, 2000 y 3000 ppm respectivamente.

#### 4.7. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- Anderson, B.S., J.W. Hunt, B.M. Phillips, P.A. Nicely, V. Vlaming, V. Connor, N. Richard y R.S. Tjeerdema (2003). Integrated assessment of the impacts of agricultural drainwater in the Salinas River (California, USA). *Environmental Pollution* 124: 525-532.
- Ayala, F., E. Soto, A. González, E. Álvarez, O. Martín y G. González (2008). Microencapsulation of cinnamon leaf (*Cinnamomun zeylanicum*) and Garlic (*Allium sativum*) oils in  $\beta$ -yclodextrin. *Journal of Inclusion Phenomena Macrocylic Chemistry* 60: 359-368.
- Bravo, L.L., T.K. Bermúdez y B.R. Montes (2000). Inhibición de *Fusarium moniliforme* mediante polvos vegetales y algunos de sus componentes químicos. *Manejo Integrado de Plagas* 57: 29-34.
- Castro, F. J., y P. Dávalos G. 1990. Etiología de “la secadera” o pudrición de la raíz y corona de la fresa en Irapuato, Gto. *Rev. Mex. Fitopatol.* 8: 80-86.
- Chapagain, B.P., Z. Wiesman y L. Tsrer (Lahkim) (2007). In vitro study of the antifungal activity of saponin-rich extracts against prevalent phytopathogenic fungi. *Industrial Crops and Products* 26: 109-115.
- Delgado, D. C. ; Galindo, J. ; Gonzalez, R. ; Gonzalez, N. ; Scull, I. ; Dihigo, L. ; Cairo, J. ; Aldama, A. I. ; Moreira, O., 2012. Feeding of tropical trees and shrub foliages as a strategy to reduce ruminal methanogenesis: studies conducted in Cuba. *Trop. Anim. Health Prod.*, 44 (5): 1097-1104
- Giraud, T., E. Fournier, D. Vautrin, M. Solignac, E. Vercken, B. Bakan y Y. Brygoo (2002). Isolation of eight polymorphic microsatellite loci, using an enrichment

protocol, in the phytopathogenic fungus *Fusarium culmorum*. *Molecular Ecology Notes* 2: 121-123.

Guerrero-Rodríguez, E., S. Solís-Gaona, F.D. Hernández–Castillo, A. Flores-Olivas y D. Jasso-Cantú (2007). Actividad biológica in vitro de extractos de *Flourensia cernua* D en patógenos de postcosecha: *Alternaria alternata* y *Colletotrichum gloeosporoides*. *Revista Mexicana de Fitopatología* 25: 48-53.

Hernández-Albiter, R.C., L.L. Barrera-Necha, S. Bautista-Baños y L. Bravo-Luna (2007). Antifungal Potential of Crude Plant Extracts on Conidial Germination of two isolates of *Colletotrichum gloeosporoides*. *Revista Mexicana de Fitopatología* 25: 180-185.

Kishore, N.; J. Chansouria, y N. Dubey, 1996. “Antidermatophytic action of the essential oil of *Chenopodium ambrosioides* and an ointment prepared from it”. *Phytotherapy Research*, 10: 453-455.

Necha, L. L. B., y Barrera, L. J. G. (2009). Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium* sp. aislado de papaya (*Carica papaya*). *Revista UDO Agrícola*, 8(1), 33-41.

Ochoa Fuentes, Y. M., Cerna Chávez, E., Landeros Flores, J., Hernández Camacho, S., y Delgado Ortiz, J. C. (2012). Evaluación in vitro de la actividad antifúngica de cuatro extractos vegetales metanólicos para el control de tres especies de *Fusarium* spp. *Phyton (Buenos Aires)*, 81(1), 69-73.

Peñuelas-Rubio, O., Arellano-Gil, M., Vargas-Arispuro, I. C., Lares-Villa, F., Cantú-Soto, E. U., Hernández-Rodríguez, S. E., y Mungarro-Ibarra, C. *In Vitro Bioactivity Of Creosote Bush Extracts (Larrea Tridentata) On The Inhibition Of Postharvest Fungi: Penicillium Polonicum, Aspergillus Niger, Rhizopus Oryzae Y Alternaria Tenuissima*. *Polibotanica*, 40, 183-198.

Ponce et al 2006. Manual de micología de la universidad autónoma chapingo

SAS Institute Inc. (2017). Guide for personal computers. SAS Institute, Cary, N.C.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.gob.mx/cierre-dela-produccion-agricola-por-estado> (Consulta: noviembre 2017).

TAPIA, Cecilia y AMARO, José. Género Fusarium. Rev. chil. infectol. [online]. 2014, vol.31, n.1 [citado 2017-09-19], pp.85-86. Disponible en: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-0182014000100012&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-0182014000100012&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0716-1018. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182014000100012>.

Tjamos, E.C. y C.H. Beckman (1989). Vascular wilt diseases of plants: basic studies and control. En: NATO ASI Series H: Cell Biology, Vol. 28.

## CAPITULO V

### MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES CON ACEITES ESENCIALES

#### 5.1. RESUMEN

En este apartado abordamos los ensayos a nivel de campo, los experimentos se establecieron para determinar la eficacia de los aceites esenciales para el manejo de *Lygus* spp. y *Triaulerodes vaporariorum*, *Botrytis cinerea* y *Alternaria solani* en los cultivos de fresa y jitomate comparados con productos comerciales recomendadas para estos individuos. Los resultados muestran que los aceites esenciales evaluados a nivel de campo para insectos puede funcionar como repelente que no tiene efecto a largo plazo, esto debido a que en las parcelas tratadas con aceites esenciales no se observaron individuos muertos a diferencia del tratamiento químico, en el caso de las dos enfermedades abordadas los aceites no tienen efecto en la disminución del porcentaje de infección de las enfermedades en los cultivos evaluados.

## 5.2. INTRODUCCIÓN

La toxicología de plaguicidas es, por un lado, "la ciencia de la acción del plaguicida", que analiza cualquier factor desde el punto de vista del efecto tóxico, y examina las interacciones y relaciones causales de estos factores, que resultan en la ocurrencia del efecto tóxico, y determinan la magnitud de su efecto. Por otra parte, la toxicología de plaguicidas es también una "metodología de medición", que elabora y aplica procedimientos científicos específicos para la determinación de la medida absoluta o relativa de los diferentes tipos de acción tóxica. La determinación de esa medida toxicológica se realiza mediante un procedimiento denominado bioensayo.

El bioensayo es un procedimiento experimental en el que se pretende determinar la efectividad biológica de una sustancia, también puede definirse como el procedimiento experimental mediante el cual se determina la susceptibilidad de un organismo a un tóxico; en esta fase de la tesis se evaluó justamente esto, la cantidad de aceite esencial de *Shinus molle*, *Eucalyptus cinerea* y *Larrea tridentata* que puede inhibir el desarrollo de un cierto fitopatógeno en campo, cabe mencionar que los objetivos de esta fase fue determinar la efectividad con que los aceites esenciales de las tres plantas antes mencionadas actúan sobre mosca blanca y *Alternaría solani* en el cultivo de jitomate; Chinche lygus y *Botrytis cinerea* en fresa.

## 5.3. MATERIALES Y MÉTODOS

### DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se estableció en un diseño de bloques al azar con 14 tratamientos y 3 repeticiones cada uno. En el caso del cultivo de fresa la unidad experimental fue de 2 surcos de 1 metro de ancho por 5 metros de largo y 3 repeticiones, adecuándose al sistema de plantación del agricultor, por ello, cada unidad experimental consto de 10 m<sup>2</sup>, por lo que el área total del ensayo fue de 420 m<sup>2</sup>. La parcela útil será la parte central de dicha unidad. Para el cultivo de jitomate se

utilizaron tres surcos de 1.6m de ancho por 5 m. de largo y 3 repeticiones, adecuándose al sistema de plantación, cada unidad experimental consto de 16 m<sup>2</sup>, por lo que el área total del ensayo fue de 672 m<sup>2</sup>.

### **Momento de aplicación**

Se realizó la aplicación de los tratamientos en el cultivo de fresa cuando se encontraba la incidencia de *Botrytis cinerea* y presencia de *Lygus* sp. La aplicación se efectuó en aspersión foliar con mochila aspersor de motor asegurando aplicar las dosis indicadas en el Cuadro por hectárea por aplicación con un gasto 600 litros de agua por hectárea. De forma similar en el cultivo de jitomate se instaló el experimento cuando inició la incidencia de *A. solani* con presencia de *Trialeurodes vaporariorum*, la aplicación se realizó con un gasto de 600 litros por hectárea.



**Figura 19. Aplicación de los tratamientos en el cultivo de fresa.**



Figura 20. Aplicación de los tratamientos en el cultivo de jitomate

Cuadro 11. Tratamientos evaluados en los ensayos en campo.

Tratamientos	Producto
1	<i>Schinus molle</i> a 1000 ppm
2	<i>Schinus molle</i> a 2000 ppm
3	<i>Schinus molle</i> a 3000 ppm
4	<i>Ecaliptus cinerea</i> a 1000 ppm
5	<i>Ecaliptus cinerea</i> a 1000 ppm
6	<i>Ecaliptus cinerea</i> a 1000 ppm
7	<i>Ecaliptus cinerea</i> a 1000 ppm
8	<i>Larrea tridentata</i> a 1000 ppm
9	<i>Larrea tridentata</i> a 1000 ppm
10	<i>Larrea tridentata</i> a 1000 ppm
11	<i>Larrea tridentata</i> a 1000 ppm
12	Testigo absoluto
13	Extracto comercial
14	Control químico

**MÉTODO DE MUESTREO Y PARAMETROS DE EVALUACION DE EFECTIVIDAD Y FITOTOXICIDAD**

El muestreo fue completamente al azar Antes de la primera aplicación de los tratamientos se realizó una evaluación previa para verificar que exista la enfermedad y plaga a evaluar. Posteriormente a los 3, 7, 10 y 14 días después de la aplicación se realizaron evaluaciones de incidencia, eficacia, control y fitotoxicidad.

El muestreo realizado para evaluación de *Lygus* sp fue de forma visual cuantificando el número de insectos vivos en 10 plantas por unidad experimental, teniendo en total 30 datos por tratamiento. En el caso de *Trialeurodes vaporariorum* se cuantificaron el número de ninfas y adultos por foliolo en 3 hojas de la parte media de 10 plantas por unidad experimental, teniendo 90 datos por tratamiento.

El tamaño del muestreo para *B. cinerea* fue tomando 3 frutos de 10 plantas de la parte central de cada unidad experimental, teniendo 30 frutos por parcela útil y 90 por tratamiento, tamaño mínimo considerado por Bautista y col.2000.

Para evaluar la severidad de *B. cinerea* se utilizara la escala empleada por González y col., (2008), retomada por Calvo y col., 2012.

**Cuadro 12. Escala visual para evaluar el grado de infección de *Botrytis cinérea* en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch).**

Índice	Tipo de daño	% de infección
0	Fruto sano	0 %
1	Síntomas leves	1 %
2	Síntomas moderados	10 %
3	Síntomas severos	25 %
4	Síntomas muy severos	50 %
5	Fruto totalmente dañado	Más del 50 %

El tamaño del muestreo para *A. solani* fue tomando 4 hojas de 10 plantas de la parte central de cada unidad experimental, teniendo 40 hojas por parcela útil y 120 por tratamiento.

Para la evaluación de *A. solani* en follaje de jitomate se usó la escala empleada por Kranz y col., 1994.

**Cuadro 13. Escala visual para evaluar el grado de infección de *Alternaría solani* en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) empleada por Kranz y col., 1994.**

Índice	% de área foliar (foliolo) infectada
0	sin infección foliar (sin síntomas)
1	trazas de infección foliar
2	hasta 12.5 % de área foliar dañada

3	hasta 25 % de área foliar dañada
4	hasta 50 % de área foliar dañada
5	Más de 75 % de área foliar dañada

---



Figura 21. Evaluación de *Botrytis cinerea* de fresa.



Figura 22. Evaluación de *Lygus* sp en el cultivo de fresa.



Figura 23. Evaluación de *Alternaria solani* en el cultivo de jitomate.

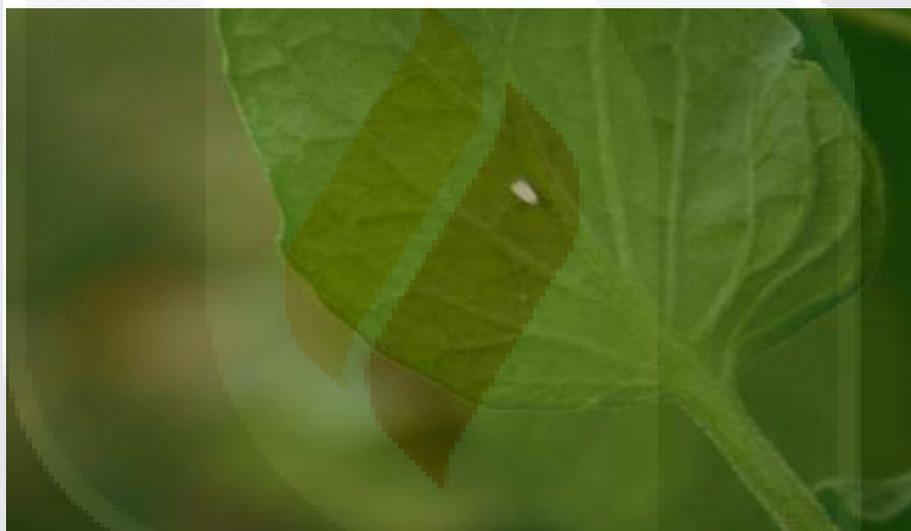


Figura 24. Evaluación de adultos de *Trialeurodes vaporariorum* en el cultivo de jitomate.



Figura 25. Evaluación de ninfas de *Trialeurodes vaporariorum* en el cultivo de jitomate.

**ESTIMACIÓN DE LA EFICACIA DE CONTROL Y ANALISIS DE DATOS**

Los datos que se obtuvieron con los índices de infección de la enfermedad se transformaran a porcentajes de infección mediante la fórmula de Townsend y Heuberger.

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^{n=5} (n * V)}{\text{Categoría mayor} * N} * 100 \dots \dots \dots (\text{Townsend y Heuberger})$$

Donde:

*PI = porcentaje de infección*

*n = número de frutos en cada categoría*

*V = valor numérico de cada categoría*

*N = número total de frutos en la muestra*

Las eficacias de los tratamientos para el manejo de insectos se empleó la fórmula de Abbot., 1925.

Con los porcentajes de severidad de *Botrytis cinerea* y *Alternaria solani* se calculó la eficacia de control de los tratamientos mediante la fórmula de Abbot:

$$ET = \frac{IT - it}{IT} X 100$$

Dónde ET = Eficacia del Tratamiento, IT= porcentaje de infección en el testigo  
It=porcentaje de infección de cada tratamiento

Los porcentajes de incidencia y severidad por unidad experimental se someterán a un análisis y separación de medias con Tukey al 95% de confiabilidad ( $\alpha=0.05$ ), mediante el paquete estadístico SAS. 9.1.

#### 5.4. RESULTADOS

##### **Control de *Botrytis cinerea* en el cultivo de fresa.**

La infección de *B. cinerea* cuando se estableció el experimento se encontraba por debajo del 20%, en la siguiente figura la línea naranja refleja el crecimiento de la infección en la parcela con el tratamiento sin aplicar (Testigo absoluto), podemos apreciar claramente el efecto del producto químico a los tres días, seguido de ello se encuentra el tratamiento con el extracto comercial, en donde se puede observar que desde el tercer días después de aplicar disminuyo el porcentaje (%) de infección, y se mantuvo hasta los diez días, contrario a lo que sucede con los extractos evaluados, en donde se observa una ligera disminución a los tres días, eso en relación al testigo absoluto.

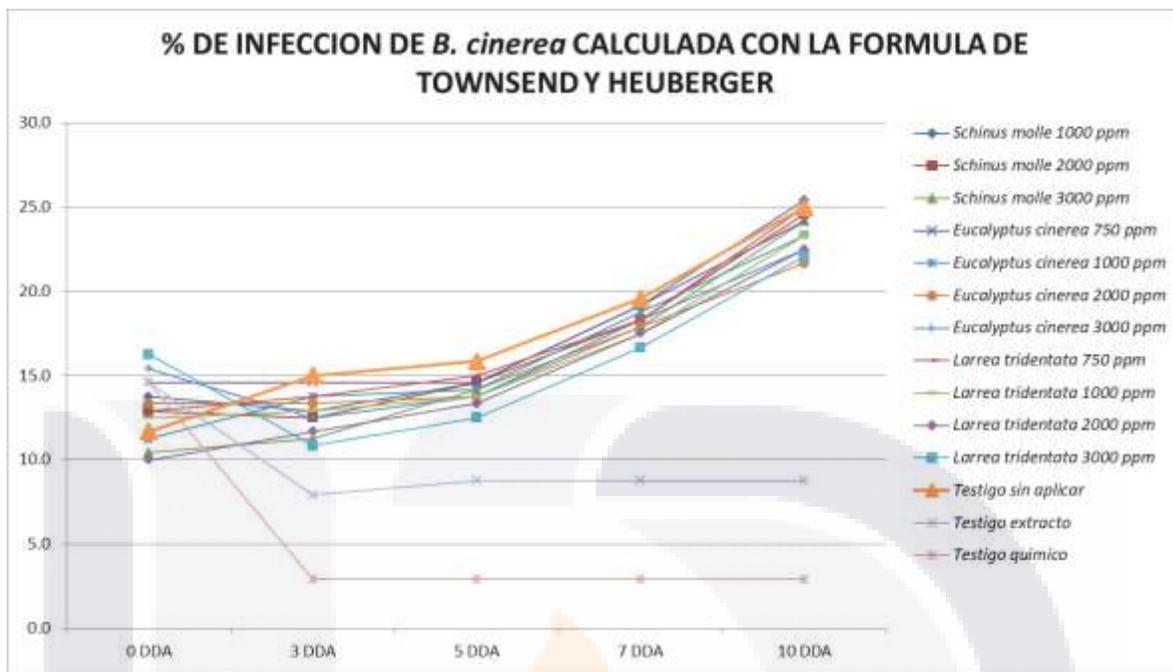


Figura 26. % de infección de *B. cinérea* en el cultivo de fresa.

Cuadro 14. Comportamiento de *B. cinérea* en el cultivo de fresa después de aplicar los tratamientos.

TRATAMIENTO	Medias del crecimiento de <i>B. cinérea</i> en fresa.				
	0 DDA	3 DDA	5 DDA	7 DDA	10 DDA
<i>Schinus molle</i> 1000 ppm	13.8 a	12.9 b	14.6 b	19.2 c	25.4 c
<i>Schinus molle</i> 2000 ppm	12.9 a	12.5 b	14.6 b	18.3 cb	24.6 c
<i>Schinus molle</i> 3000 ppm	10.4 a	11.3 ab	14.2 b	17.9 bc	24.2 c
<i>Eucalyptus cinerea</i> 750 ppm	14.6 a	14.6 b	14.6 b	19.2 c	24.2 c
<i>Eucalyptus cinerea</i> 1000 ppm	11.3 a	13.8 b	14.2 b	18.8 c	23.3 c
<i>Eucalyptus cinerea</i> 2000 ppm	13.3 a	13.3 b	13.8 b	17.9 bc	21.7 c
<i>Eucalyptus cinerea</i> 3000 ppm	15.4 a	12.5 b	13.8 b	18.3 bc	22.5 c
<i>Larrea tridentata</i> 750 ppm	12.9 a	13.8 b	15.0 b	18.3 bc	25.0 c
<i>Larrea tridentata</i> 1000 ppm	12.5 a	12.9 b	13.8 b	17.5 bc	23.3 c
<i>Larrea tridentata</i> 2000 ppm	10.0 a	11.7 ab	13.3 b	17.5 bc	22.5 c
<i>Larrea tridentata</i> 3000 ppm	16.3 a	10.8 ab	12.5 ab	16.7 bc	22.1 ab
Testigo sin aplicar	11.7 a	15.0 b	15.8 b	19.6 c	25.0 c
Testigo extracto	14.6 a	7.9 ab	8.8 ab	8.8 ab	8.8 ab
Testigo quimico	14.6 a	2.9 a	2.9 a	2.9 a	2.9 a

Valores con la misma letra en la misma columna dentro de cada especie son estadísticamente iguales Tukey ( $p > 0,05$ ).

Al calcular el porcentaje de control de los aceites esenciales sobre *B. cinerea* observamos que ningún aceite esencial supera el 30% de control en relación al

testigo absoluto, a diferencia de los tratamientos como testigo comercial, cabe mencionar que el control en el caso del extracto comercial fue de forma ascendente a diferencia del producto químico en donde el control es mucho más contundente en menos tiempo.

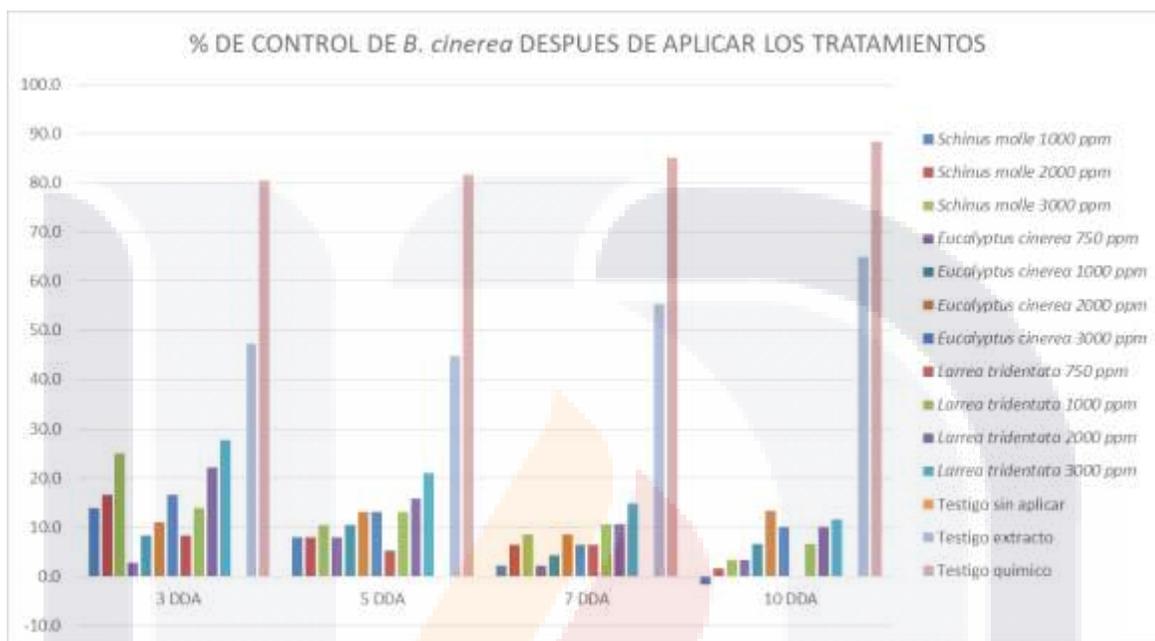


Figura 27. % de control de *B. cinerea* en el cultivo de fresa.

### Control de *Lygus* spp en el cultivo de fresa.

El comportamiento de *Lygus* sp en cultivo de fresa después de aplicar los tratamientos se observa en la siguiente figura, la línea naranja representa la parcela testigo aquí se visualiza que las poblaciones del insecto se mantienen casi constantes, diferencia de los tratamientos tratados, se observa que a los tres días después de aplicar hubo una disminución considerable en la presencia de individuo y después de 5 días después de aplicar se observa un crecimiento casi lineal en los tratamientos evaluados, cabe mencionar que a los 5 días después de aplicar el tratamiento con producto químico sigue mostrando un decrecimiento en la presencia del insecto, seguido de ello hay un crecimiento exponencial de la plaga, es muy importante apuntar que en las parcelas tratadas con los aceites

esenciales no se observaron individuos muertos, a diferencia de la parcela con producto químico.

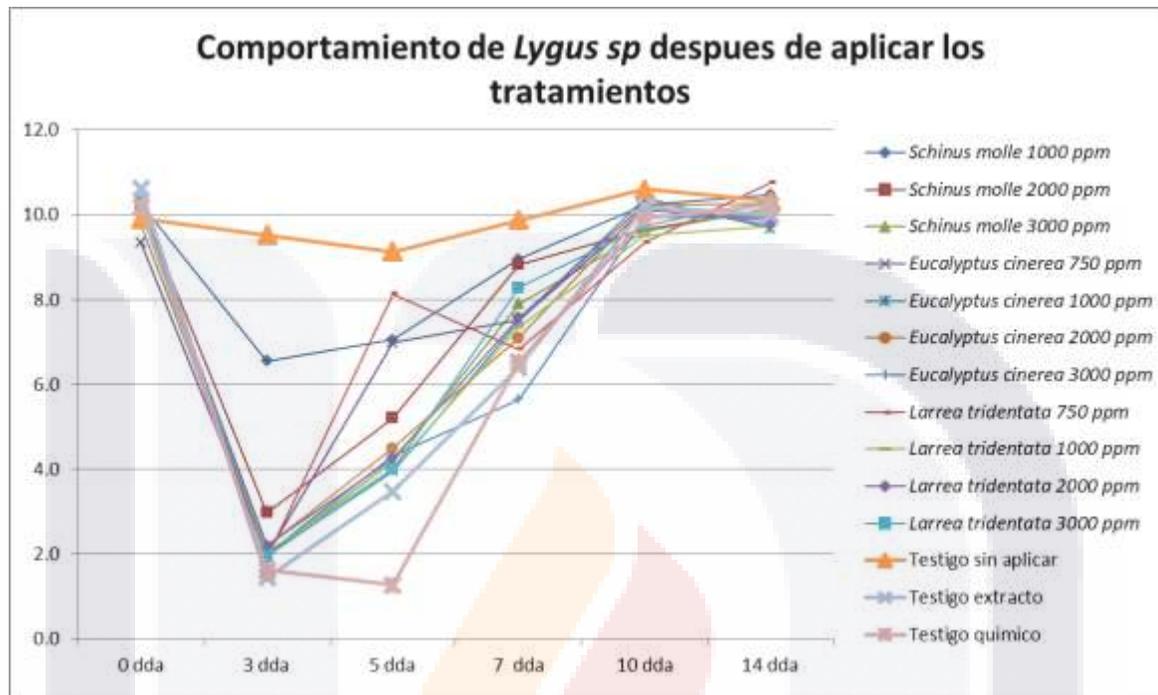


Figura 28. Comportamiento de *Lygus sp* después de aplicar los tratamientos en el cultivo de fresa.

Se observa n diferencias significativas entre los tratamientos a los tres, cinco y siete días después de aplicar, a los 10 y 14 días después de aplicar prácticamente no hay diferencias significativas entre los tratamientos, indicando un crecimiento de los tratamientos que logro ser similar con el comportamiento de testigo absoluto, por lo cual podemos indicar que el efecto de los tratamientos tiene un efecto máximo de cinco días.

Cuadro 15. Comportamiento de *Lygus sp* en el cultivo de fresa después de aplicar los tratamientos.

Medias del *Lygus sp* en fresa.

TRATAMIENTO	0 DDA	3 DDA	5 DDA	7 DDA	10 DDA	14 DDA
<i>Schinus molle</i> 1000 ppm	10.3 a	6.6 c	7.1 c	9.0 cd	10.2 a	10.5 a
<i>Schinus molle</i> 2000 ppm	10.2 a	3.0 b	5.2 b	8.8 bcd	9.7 a	10.2 a
<i>Schinus molle</i> 3000 ppm	9.8 a	2.0 ab	4.2 b	7.9 abcd	9.6 a	10.2 a
<i>Eucalyptus cinerea</i> 750 ppm	9.4 a	2.0 ab	7.0 c	7.5 abcd	10.1 a	9.9 a
<i>Eucalyptus cinerea</i> 1000 ppm	10.3 a	2.0 ab	4.0 b	7.5 abcd	10.4 a	9.7 a
<i>Eucalyptus cinerea</i> 2000 ppm	10.2 a	2.2 ab	4.5 b	7.1 abc	10.2 a	10.3 a
<i>Eucalyptus cinerea</i> 3000 ppm	10.1 a	2.0 ab	4.3 b	5.7 a	9.9 a	10.0 a
<i>Larrea tridentata</i> 750 ppm	10.2 a	1.9 ab	8.1 cd	6.8 abc	9.4 a	10.8 a
<i>Larrea tridentata</i> 1000 ppm	10.3 a	2.1 ab	4.0 b	7.4 abc	9.5 a	9.7 a
<i>Larrea tridentata</i> 2000 ppm	10.2 a	2.2 ab	4.3 b	7.6 abcd	10.3 a	9.8 a
<i>Larrea tridentata</i> 3000 ppm	10.3 a	2.0 ab	4.0 b	8.3 bcd	9.8 a	10.3 a
Testigo sin aplicar	9.9 a	9.5 d	9.1 d	9.9 d	10.6 a	10.3 a
Testigo extracto	10.6 a	1.5 a	3.5 b	6.4 ab	10.2 a	10.0 a
Testigo químico	10.2 a	1.6 a	1.3 a	6.5 abc	9.9 a	10.2 a

Valores con la misma letra en la misma columna dentro de cada especie son estadísticamente iguales Tukey ( $p > 0,05$ ).

En la figura podemos observar claramente que el efecto de los tratamientos alcanza a los cinco días después de aplicar, a los siete días los controles caen por debajo del 50 % de efectividad en relación al testigo absoluto.

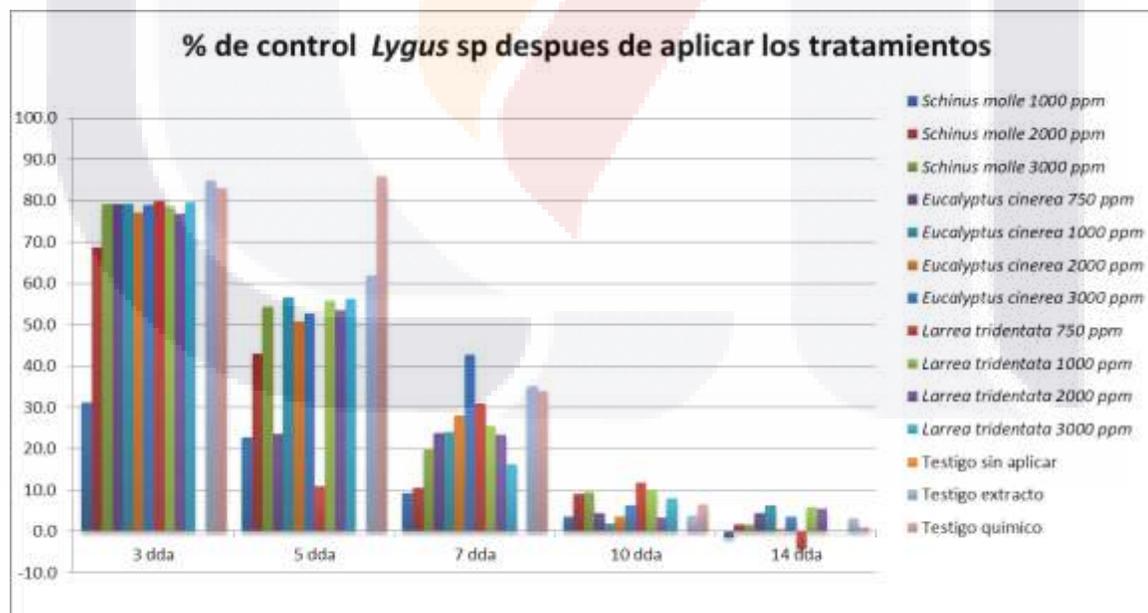
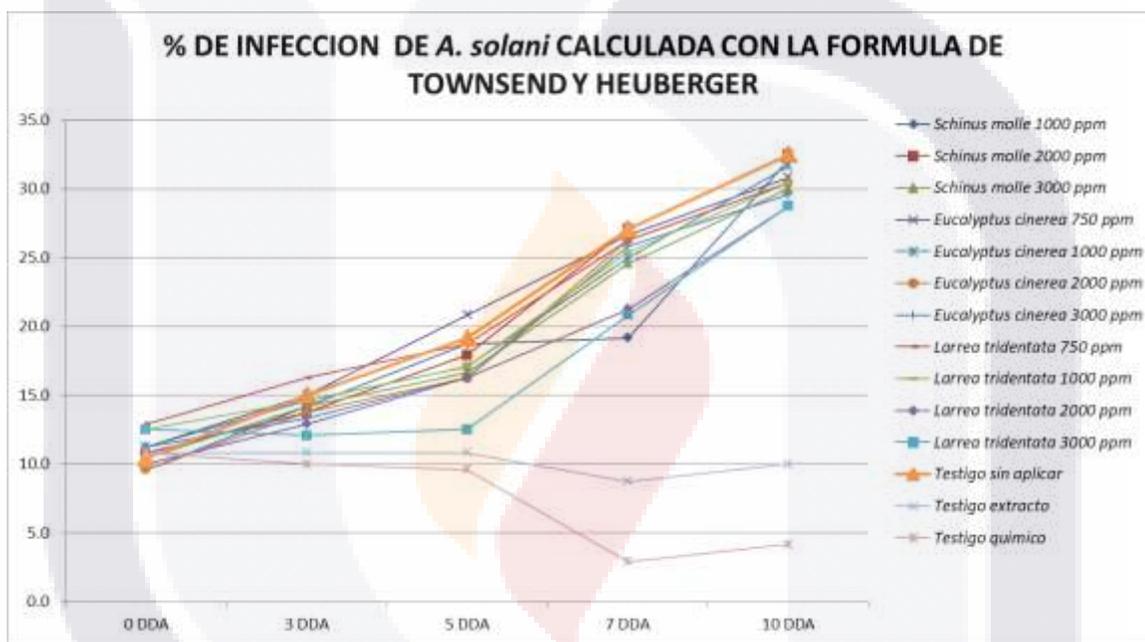


Figura 29. Porcentaje de control de *Lygus* sp en el cultivo de fresa después de aplicar los tratamientos.

**Control de *Alternaria solani* en el cultivo de jitomate.**

El comportamiento de *A. solani* en el cultivo de jitomate después de la aplicación de los tratamientos se resume en la siguiente figura, en donde se visualiza que el efecto de control del fitopatógeno para el testigo con producto químico tuvo efecto después de cinco días después de aplicar, similar al extracto comercial empleado, los aceites esenciales aplicados tuvieron un comportamiento similar al tratamiento testigo absoluto a excepción del tratamiento con *Larrea tridentata* a 3000 ppm que mostro mejor efecto para *A. solani* en el cultivo de jitomate.



**Figura 30. % de infección de *A. solani* en el cultivo de jitomate**

Las diferencias estadísticas del efecto de los tratamientos se observó a los 5 días después de aplicar y al comparar las medias de los tratamientos con el testigo absoluto no hay muchas unidades de diferencia, cabe recalcar que de manera general los aceites esenciales a las concentraciones evaluadas no ofrecen una disminución significativa en los porcentajes de infección de la enfermedad.

**Cuadro 16. Comportamiento de *A. solani* después de aplicar los tratamientos.**

Medias del crecimiento de *A. solani* en jitomate.

TRATAMIENTO	0 DDA	3 DDA	5 DDA	7 DDA	10 DDA
<i>Schinus molle</i> 1000 ppm	9.6 a	14.2 a	18.8 bc	19.2 bc	32.1 b
<i>Schinus molle</i> 2000 ppm	10.8 a	13.8 a	17.9 abc	27.1 c	32.5 b
<i>Schinus molle</i> 3000 ppm	10.4 a	14.2 a	16.7 abc	24.6 c	30.0 b
<i>Eucalyptus cinerea</i> 750 ppm	11.3 a	15.0 a	20.8 c	26.7 c	30.8 b
<i>Eucalyptus cinerea</i> 1000 ppm	11.3 a	14.6 a	17.1 abc	25.0 c	31.7 b
<i>Eucalyptus cinerea</i> 2000 ppm	9.6 a	13.8 a	16.3 abc	26.3 c	30.4 b
<i>Eucalyptus cinerea</i> 3000 ppm	11.3 a	13.3 a	16.3 abc	25.8 c	29.6 b
<i>Larrea tridentata</i> 750 ppm	12.9 a	16.3 a	18.8 bc	26.3 c	30.4 b
<i>Larrea tridentata</i> 1000 ppm	12.5 a	14.6 a	17.1 abc	25.4 c	30.4 b
<i>Larrea tridentata</i> 2000 ppm	10.0 a	12.9 a	16.3 abc	21.3 bc	28.8 b
<i>Larrea tridentata</i> 3000 ppm	12.5 a	12.1 a	12.5 bc	20.8 bc	21.3 ab
Testigo sin aplicar	10.4 a	15.0 a	19.2	27.1 c	32.5 b
Testigo extracto	10.8 a	10.8 a	10.8ab	8.8 ab	10.0 a
Testigo químico	10.8 a	10.0 a	9.6 a	2.9 a	4.2 a

Valores con la misma letra en la misma columna dentro de cada especie son estadísticamente iguales Tukey (p>0,05).

Los controles que ofrecen los aceites esenciales para *Alternaria solani* no superan el 50% a diferencia de los testigos comerciales, esto concuerda con las medias de porcentaje de infección similar al del testigo absoluto que se observa en el cuadro anterior.

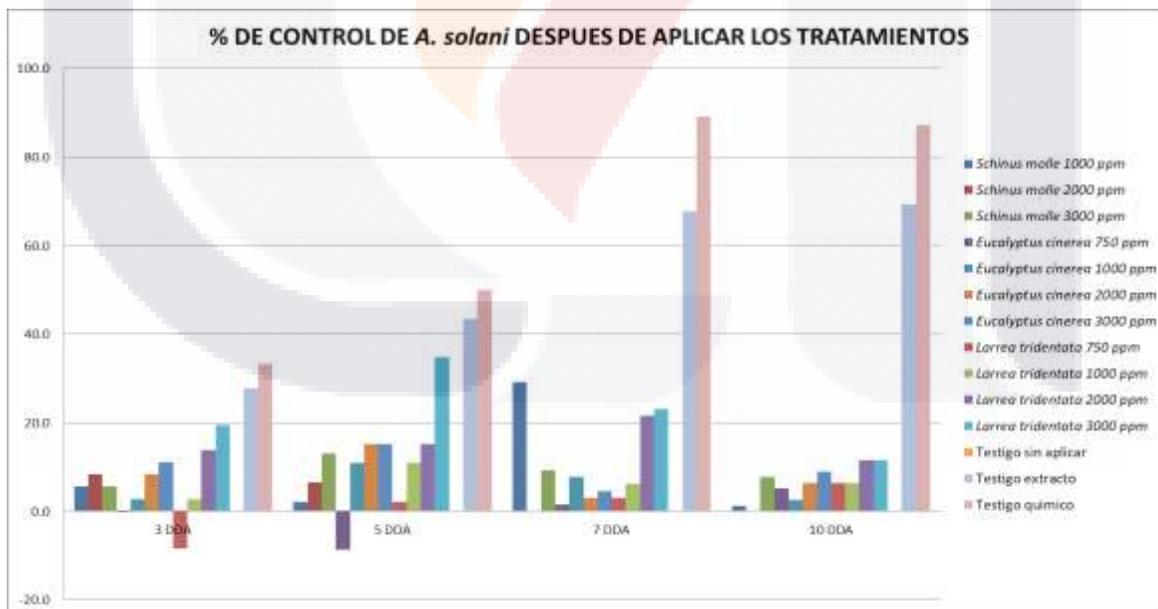


Figura 31. Porcentajes de control de *A. solani* después de aplicar los tratamientos en el cultivo de jitomate  
Control de ninfas de *Trialeurodes vaporariorum* en el cultivo de jitomate.

El comportamiento de ninfas de *T. vaporariorum* después de aplicar los tratamientos podemos visualizar que el efecto del producto químico se observa desde el tercer día, mientras que el extracto comercial se puede observar el efecto hasta los cinco días y se mantienen durante 14 días después de aplicación, a diferencia de los aceites esenciales evaluados, que muestran un efecto a los cinco días pero de 10 a 14 días hay un crecimiento en el número de ninfas por foliolo de manera similar al testigo absoluto.

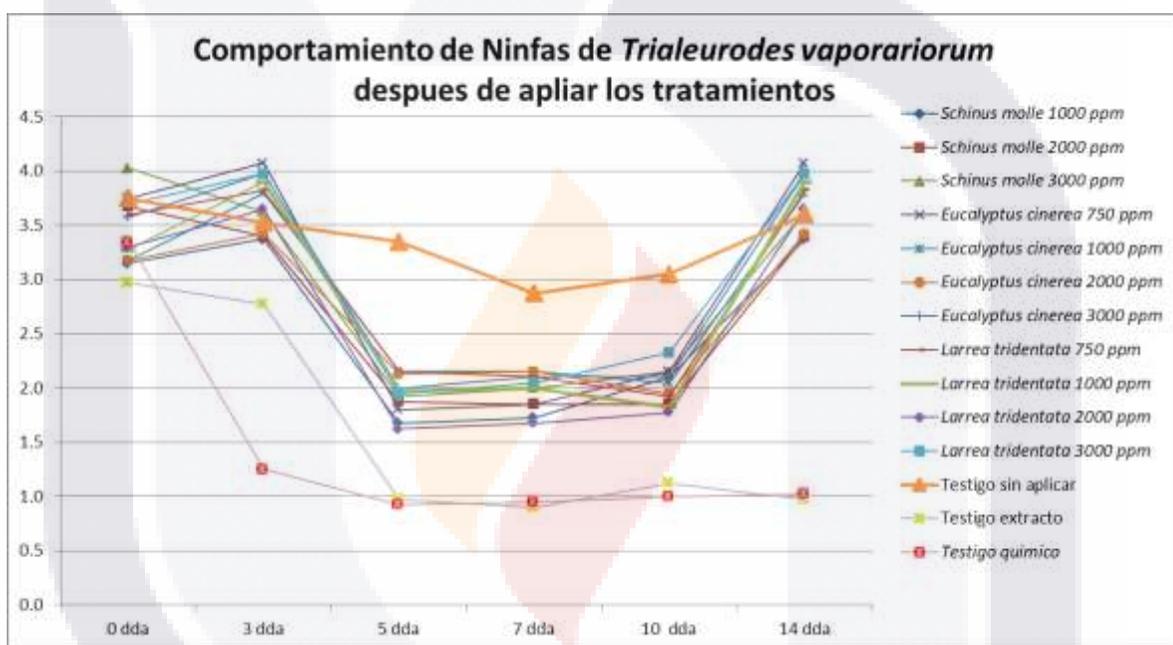


Figura 32. Comportamiento de ninfas de *T. vaporariorum* después de aplicar los tratamientos.

Las medias de los tratamientos evaluados refleja la similitud con lo observado en la figura anterior, estadísticamente no hay diferencias entre los aceites esenciales evaluados al tercer día, la diferencia empieza a partir del quinto día, se observa que de los días cinco al diez las medias no son tan distantes entre sí, pero después del décimo día hay un crecimiento en las medias de ninfas por foliolo.

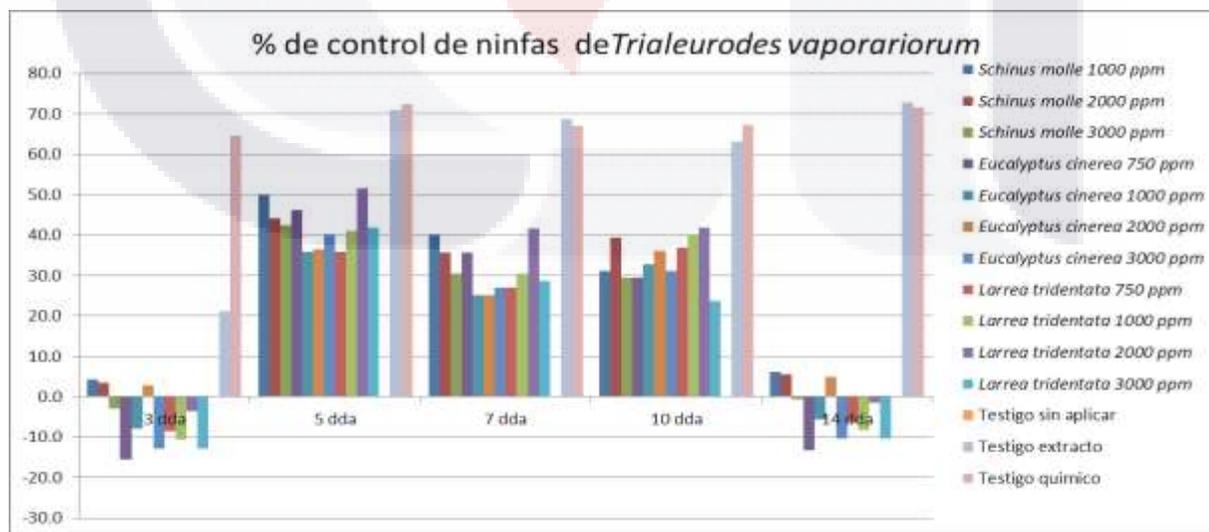
**Cuadro 17. Comparación de medias de ninfas de *T. vaporariorum* en el cultivo de jitomate.**

**Medias de ninfas de *T. vaporariorum* en el cultivo de jitomate**

TRATAMIENTO	0 DDA	3 DDA	5 DDA	7 DDA	10 DDA	14 DDA
<i>Schinus molle</i> 1000 ppm	3.2 a	3.4 b	1.7 abc	1.7 ab	2.1 bcd	3.4 b
<i>Schinus molle</i> 2000 ppm	3.7 a	3.4 b	1.9 abc	1.9 abc	1.9 abc	3.4 b
<i>Schinus molle</i> 3000 ppm	4.0 a	3.6 b	1.9 abc	2.0 bc	2.2 bcd	3.6 b
<i>Eucalyptus cinerea</i> 750 ppm	3.8 a	4.1 b	1.8 abc	1.9 abc	2.2 bcd	4.1 b
<i>Eucalyptus cinerea</i> 1000 ppm	3.2 a	3.8 b	2.2 c	2.2 bc	2.1 abcd	3.8 b
<i>Eucalyptus cinerea</i> 2000 ppm	3.2 a	3.4 b	2.1 c	2.2 bc	2.0 abc	3.4 b
<i>Eucalyptus cinerea</i> 3000 ppm	3.6 a	4.0 b	2.0 bc	2.1 bc	2.1 bcd	4.0 b
<i>Larrea tridentata</i> 750 ppm	3.6 a	3.8 b	2.2 c	2.1 bc	1.9 abc	3.8 b
<i>Larrea tridentata</i> 1000 ppm	3.3 a	3.9 b	2.0 abc	2.0 bc	1.8 abc	3.9 b
<i>Larrea tridentata</i> 2000 ppm	3.3 a	3.7 b	1.6 abc	1.7 ab	1.8 abc	3.7 b
<i>Larrea tridentata</i> 3000 ppm	3.7 a	4.0 b	2.0 abc	2.1 bc	2.3 cd	4.0 b
Testigo sin aplicar	3.8 a	3.5 b	3.4 d	2.9 c	3.1 d	3.6 b
Testigo extracto	3.0 a	2.8 ab	1.0 ab	0.9 a	1.1 ab	1.0 a
Testigo químico	3.4 a	1.3 ab	0.9 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a

Valores con la misma letra en la misma columna dentro de cada especie son estadísticamente iguales Tukey ( $p > 0,05$ ).

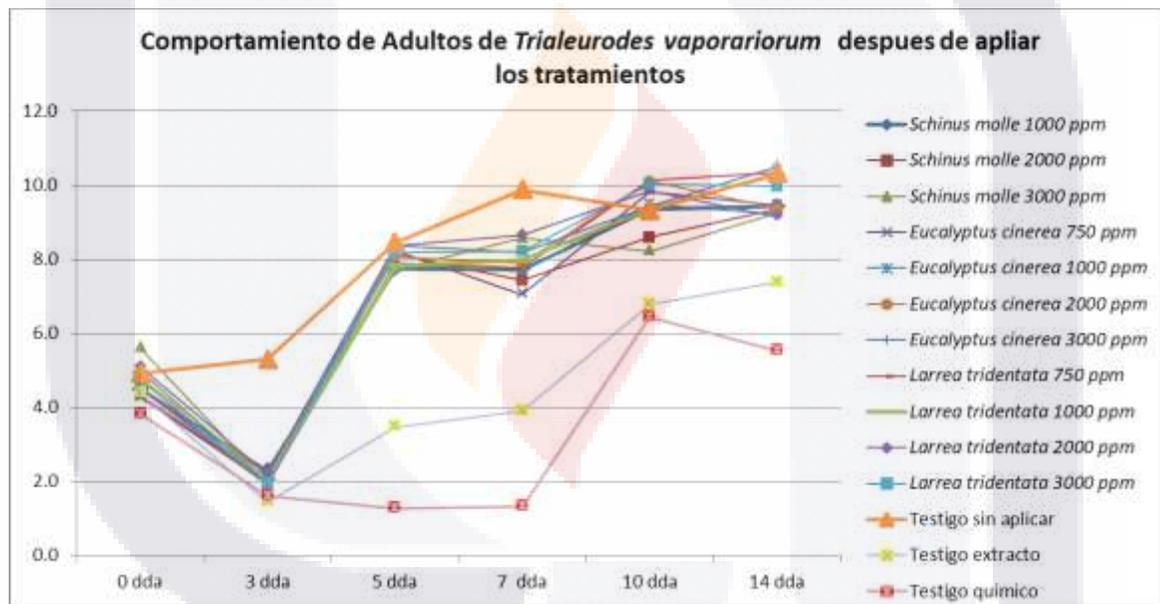
Los mejores controles de *T. vaporariorum* se presentaron entre los cinco y diez días después de aplicación, cabe señalar que a los 5 días después de aplicar solo *L. tridentata* a 2000 ppm supero el 50 % de control. Después de ello solo los testigos comerciales fueron los que mostraron mejores controles.



**Figura 33. Porcentaje de control de ninfas de *T. vporariorum* después de aplicar los tratamientos**

**Control de adultos de *Trialeurodes vaporariorum* en el cultivo de jitomate.**

Después de aplicar los tratamientos podemos observar claramente el efecto de los testigos comerciales, similares con todas las concentraciones de los aceites usadas, cabe señalar que en las unidades experimentales en donde se aplicaron los tratamientos con aceites esenciales no se observaron individuos muertos en el follaje, a diferencia de los tratamientos con productos comerciales, después de los tres días se observa un crecimiento muy brusco en las poblaciones de adultos que incluso son similares al tratamiento testigo absoluto, después de esto la tendencia de los tratamientos con aceites esenciales se comportó de manera similar con el testigo absoluto a diferencia de los testigos comerciales.



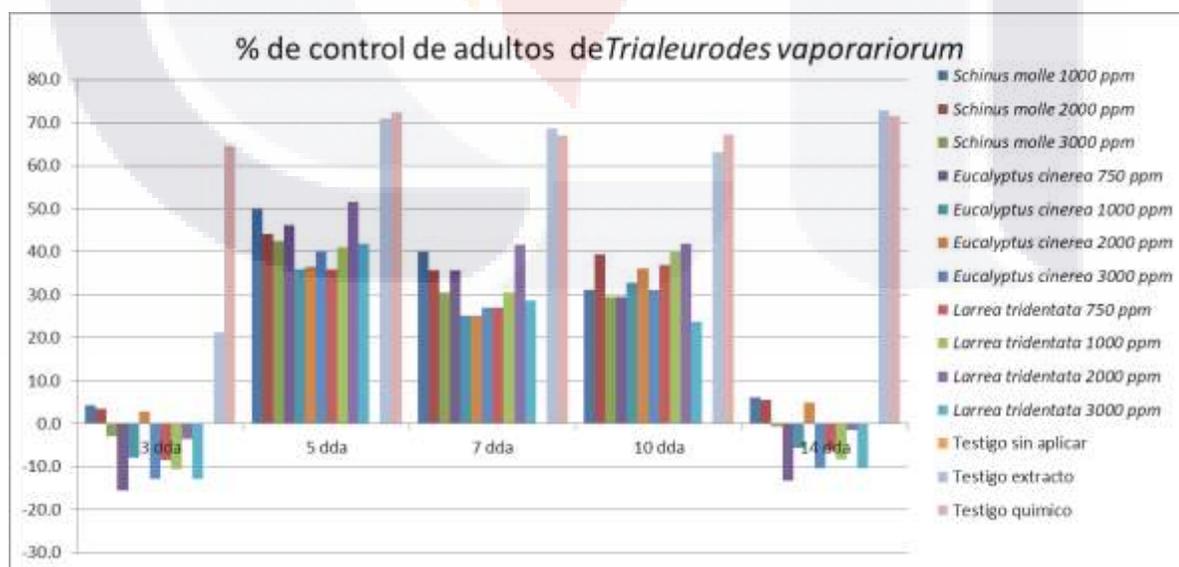
**Figura 34. Comportamiento de adultos de *T. vaporariorum* después de aplicar los tratamientos.**

Las medias de los tratamientos indican que solo al tercer día después de aplicar, los aceites esenciales presentaron su mejor efecto y debido a que no se observaron individuos muertos en el follaje como en el testigo comercial podemos intuir que los aceites esenciales de estas tres especies evaluadas repelen la presencia de mosca blanca del invernadero.

**Cuadro 18. Medias del comportamiento de adultos de *T. vaporariorum* en el cultivo de jitomate.**

Medias de adultos de <i>T. vaporariorum</i> en el cultivo de jitomate						
TRATAMIENTO	0 DDA	3 DDA	5 DDA	7 DDA	10 DDA	14 DDA
<i>Schinus molle</i> 1000 ppm	4.5 ab	2.3 b	7.8 b	7.7 c	9.4 cd	9.4 c
<i>Schinus molle</i> 2000 ppm	4.4 ab	1.9 ab	8.1 b	7.4 c	8.6 bcd	9.4 c
<i>Schinus molle</i> 3000 ppm	5.6 b	2.0 ab	7.7 b	8.6 cd	8.2 abc	9.3 bc
<i>Eucalyptus cinerea</i> 750 ppm	4.3 ab	2.0 ab	8.3 b	7.1 c	9.8 cd	9.5 c
<i>Eucalyptus cinerea</i> 1000 ppm	5.0 ab	2.0 ab	7.9 b	7.7 d	9.5 cd	9.2 bc
<i>Eucalyptus cinerea</i> 2000 ppm	4.8 ab	2.2 ab	8.1 b	7.9 c	10.1 d	9.4 c
<i>Eucalyptus cinerea</i> 3000 ppm	4.6 ab	2.0 ab	8.4 b	8.2 cd	9.4 cd	10.5 c
<i>Larrea tridentata</i> 750 ppm	4.5 ab	1.9 ab	7.9 b	7.8 c	10.1 d	10.4 c
<i>Larrea tridentata</i> 1000 ppm	5.0 ab	2.1 ab	7.8 b	8.0 b	9.4 cd	10.3 bc
<i>Larrea tridentata</i> 2000 ppm	5.1 ab	2.2 b	8.4 b	8.7 cd	9.9 cd	9.2 c
<i>Larrea tridentata</i> 3000 ppm	4.8 ab	2.0 ab	8.2 b	8.2 cd	10.0 cd	10.0 c
Testigo sin aplicar	4.9 ab	5.3 c	8.5 b	9.9 d	9.3 cd	10.3 c
Testigo extracto	4.4 ab	1.5 a	3.5 b	3.9 b	6.8 ab	7.4 ab
Testigo químico	3.8 a	1.6 ab	1.3 a	1.3 a	6.4 ab	5.5 a

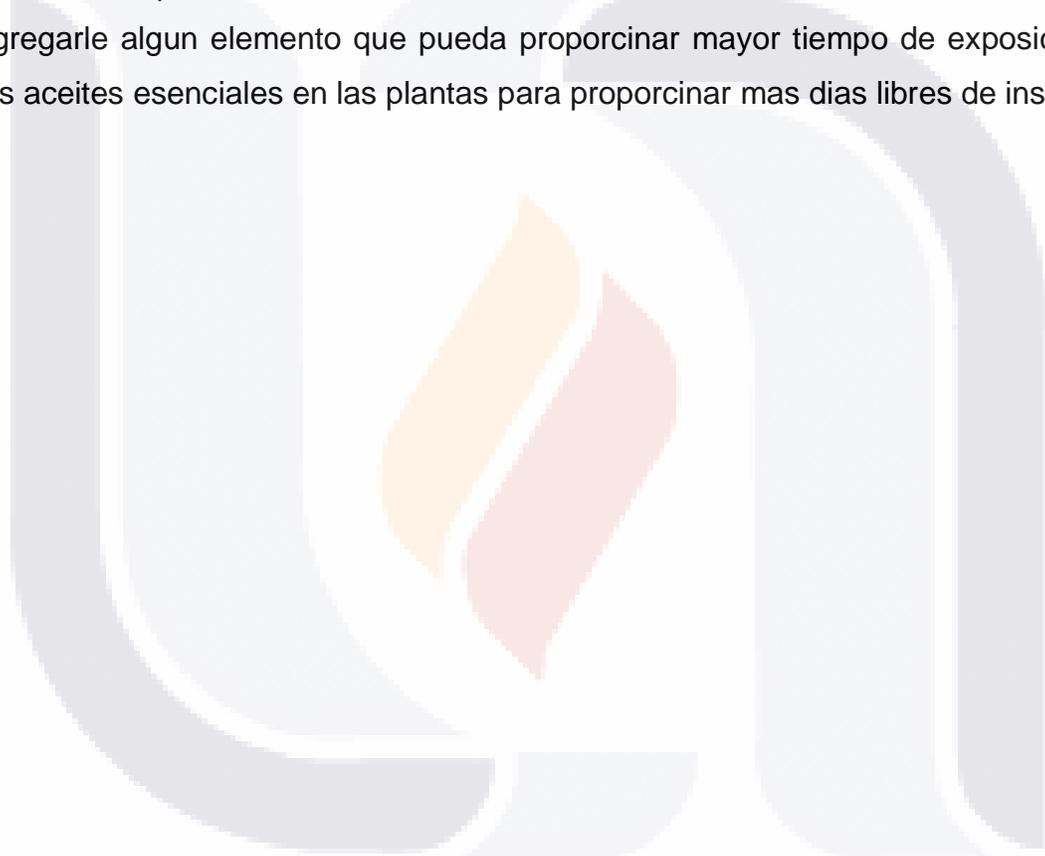
Los porcentajes de control que ofrecieron los aceites esenciales frente a adultos de *T. vaporariorum* no superaron a los tratamientos testigos comerciales, a los cinco, siete y diez días en donde se mostró mejor control solo *L. tridentata* logro superar un 50% de control.



**Figura 35. Porcentaje de control de adultos de *T. vaporariorum* después de aplicar los tratamientos en el cultivo de jitomate.**

## 5.5. CONCLUSIONES

Las concentraciones de los aceites esenciales evaluadas como fungicidas no mostraron efecto sobre inhibición de porcentajes de infección de la enfermedad en los cultivos de jitomate y fresa; como insecticidas se observaron efectos de repelencia en *Lygus* spp y en *Trialeurodes vaporariorum* a los tres y cinco días después de aplicar, esto debido a la ausencia de individuos muertos en las unidades experimentales tratadas con los extractos, se debe de trabajar en agregarle algún elemento que pueda proporcionar mayor tiempo de exposición de los aceites esenciales en las plantas para proporcionar más días libres de insectos.



## 5.6. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- Bautista, M.N.; Díaz, G.O. 2000. Bases para realizar estudios de efectividad biológica de plaguicidas. CP. Montecillos, Texcoco, Edo. de México.
- Calvo-Araya, José Alonso, Rivera-Coto, Germán, Orozco-Cayasso, Steffany, Orozco-Rodríguez, Rafael, AISLAMIENTO Y EVALUACIÓN IN VITRO DE ANTAGONISTAS DE *Botrytis cinerea* EN MORA. *Agronomía Mesoamericana* [en línea] 2012, 23 (Julio-Diciembre).
- Kranz JE, y col., (1994) The MAP kinase Fus3 associates with and phosphorylates the upstream signaling component Ste5. *Genes Dev* 8(3):313-27
- Townsend, C.R. y J. W. Heuberger. 1943. Methods for estimating losses caused by disease in fungicides experiments. *Plant disease report*. pp. 340-343.
- SAGAR, 2000. Guía de Plaguicidas Autorizados de Uso Agrícola. Dirección General de Sanidad Vegetal. 504p.
- Agrios, G.N. 2007. *Fitopatología* 2ª edición. Editorial Limusa. Mexico.838.