



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



Centro Interdisciplinario de Investigación para el
Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán

**“UTILIZACIÓN DE AGROHOMEOPÁTICOS PARA EL
CONTROL DEL ÁCARO *Tetranychus urticae* EN CULTIVO
DE FRESA”**

Tesis:

Que para obtener el grado de Maestro en Ciencias en
Producción Agrícola Sustentable

Presenta:

Laura Araceli Ramírez Rodríguez

Directores de tesis

Dra. María Valentina Angoa Pérez

M. en C. Guadalupe Oyoque Salcedo

Jiquilpan, Michoacán, México, Noviembre 2017.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Jiquilpan, Michoacán siendo las 12:00 horas del día 5 del mes de Octubre del 2017 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR Unidad Michoacán para examinar la tesis titulada:

“Utilización de agrohomeopáticos para el control del ácaro *Tetranychus urticae* en cultivo de fresa.”

Presentada por el alumno:

Ramírez	Rodríguez	Laura Araceli
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre

Con registro:

B	1	5	1	3	1	6
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA
Directores de tesis

Dra. María Valentina Angoa Pérez


M. en C. Guadalupe Oyoque Salcedo

Dra. Hortencia Gabriela Mena Violante

Dra. Ma. Del Rocio Ramirez Jimenez

Dr. Hipólito Cortez Madrigal

Dra. Hortencia Gabriela Mena Violante
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
Instituto Politécnico Nacional
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
CIIDIR - IPN - U- MICH.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Jiquilpan de Juárez Michoacán, el día 24 del mes de Octubre del año 2017, el (la) que suscribe Laura Araceli Ramírez Rodríguez alumno(a) del Programa de Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable, con número de registro B151316, adscrito(a) al C.I.I.D.I.R. I.P.N. Unidad Michoacán, manifiesto(a) que es el (la) autor(a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dra. María Valentina Angoa Pérez y la M. en C. Guadalupe Oyoque Salcedo y cede los derechos del trabajo titulado Utilización de agrohomeopáticos para el control del ácaro *Tetranychus urticae* en cultivo de fresa, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del (de la) autor(a) y/o director(es) del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones vangoa@ipn.mx; goyoque@ipn.mx.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Laura Araceli Ramírez Rodríguez

Agradecimientos

A Conacyt por la beca de estudio y de movilidad internacional.

Al IPN por el apoyo recibido a través de la beca de estímulo de formación de investigadores (BEIFI).

A la Doctora María Valentina Angoa Pérez por su asesoría para esta tesis, su paciencia y apoyo incondicional.

A la M. en C. Guadalupe Oyoque Salcedo por su apoyo y asesoría.

Al Doctor Hipólito Cortez Madrigal por su apoyo con la cría de ácaros y revisiones para la identificación de la especie.

A la Doctora Hortencia Gabriela Mena Violante por sus aportes para la realización de esta tesis y por formar parte de mi comité tutorial.

A la Doctora María del Rocío Ramírez por formar parte de mi comité tutorial y por sus observaciones.

Al Doctor Jesús Alberto Acuña Soto por el apoyo para la identificación, asesoría para la cría de los ácaros y fotografías proporcionadas de la identificación de ácaros.

Al CIA de la Universidad de Costa Rica por el apoyo brindado para la realización de parte del trabajo de tesis.

A la Ingeniera Flor de Marena Chavarría Vega por su valiosa asesoría y apoyo para la realización de la estancia y las pruebas preliminares de la tesis.

Al Dr. Hugo Aguilar Piedra Acarólogo del Laboratorio de Acarología del Centro de Investigaciones en Protección de Cultivos de la Escuela de Agronomía UCR de Costa Rica por su valiosa asesoría para la identificación de los ácaros.

A la ingeniera Agrónoma Ana María Solano por su apoyo para la realización de montajes de ácaros.

Al Ingeniero Francisco Javier Reynoso Marín de la Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo por su apoyo en la toma de fotografías de especímenes con un microscopio electrónico de barrido.

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a todas aquellas personas, que con su ayuda han colaborado en la realización de la presente tesis. En especial a mi madre Leticia Rodríguez Salcedo, por su apoyo incondicional en mis estudios de posgrado. A mis hermanos, Jesús Santiago y María de Lourdes por su apoyo, compañía y motivación. También a mi tío Juan y a mi tío Manuel, por sus consejos y preocuparse por mis estudios.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1 El cultivo de la fresa en México	3
2.2 Características de la planta de fresa	4
2.3 Principales enfermedades y plagas del cultivo	5
2.4 Generalidades del ácaro <i>T. urticae</i>	7
2.5 Métodos de control de ácaros <i>T. urticae</i>	10
2.5.1 Control químico del ácaro <i>T. urticae</i>	10
2.5.2 Enemigos naturales para el control de ácaro <i>T. urticae</i>	11
2.5.3 Entomopatógenos para control del ácaro <i>T. urticae</i>	12
2.5.4 Extractos y aceites vegetales para el control de <i>T. urticae</i>	13
2.6 Preparaciones homeopáticas para el control de plagas y enfermedades	15
2.7 Mecanismos de defensa en las plantas	18
2.7.1 Resistencia Sistémica Inducida (RSI)	20
2.7.2 Resistencia Sistémica Adquirida (RSA)	21
2.7.3 Resistencia Sistémica por Herida (RSH)	21
3. JUSTIFICACIÓN	26
4. HIPÓTESIS	26
5. OBJETIVO GENERAL	26

5.1 Objetivos específicos.....	27
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
6.1 Colecta de ácaros en invernadero	27
6.2 Montaje de ácaros para su identificación.....	27
6.3 Identificación de la especie del ácaro <i>T. urticae</i>	28
6.4 Establecimiento de crías de <i>T. urticae</i>	29
6.5 Evaluación preliminar de control de <i>T. urticae</i> en plantas de fresa con preparaciones homeopáticas	30
6.5.1 Preparaciones homeopáticas de <i>T. urticae</i>	30
6.5.2 Bioensayo preliminar para el control de <i>T. urticae</i> en plantas de fresa con preparaciones homeopáticas	31
6.6 Control de <i>T. urticae</i> en plantas de fresa con preparaciones homeopáticas del ácaro <i>T. urticae</i>	32
6.7 Evaluación de compuestos volátiles involucrados en el control de <i>T. urticae</i>	35
7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	38
8. RESULTADOS.....	38
8.1 Identificación del ácaro <i>T. urticae</i>	38
8.2 Bioensayos preliminares de control del ácaro <i>T. urticae</i> con preparaciones homeopáticas.....	40
8.3 Bioensayos definitivos con preparaciones homeopáticas del ácaro <i>T. urticae</i>	42
8.4 Identificación de compuestos volátiles en plantas de fresa	46
9. DISCUSIÓN.....	54
10. CONCLUSIONES.....	59
11. REFERENCIAS.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Rutas biosintéticas para la emisión de compuestos volátiles por las plantas.	25
Figura 2: a) La hembra adulta de <i>Tetranychus urticae</i> tiene forma ovalada y su tamaño es de 400-500µm; b) en el caso del macho tiene histerosoma cónico y son de menor tamaño que la hembra.	29
Figura 3. Escala diagramática para cuantificación de la severidad.	34
Figura 4. Características del ácaro <i>Tetranychus urticae</i> : a) aedeago en machos se caracteriza por: 1) perilla, 2) gancho y 3) mango; b) area genito-anal de hembras: 1) abertura genital, 2) setas anales dos pares de setas y 3) setas paranales un par de setas.	38
Figura 5. Características del ácaro <i>Tetranychus urticae</i> tomadas con el microscopio electrónico de barrido: a) Hembra <i>Tetranychus urticae</i> ; b) Area gnatosomal: 1) peritremos distalmente encorvados; c) Palpos: 1) estructura en forma de dedo pulgar; d) Patas: 1) empodio y 2) pelos proximales.	39
Figura 6. Incidencia de <i>Tetranychus urticae</i> en plantas de fresa tratadas con distintas preparaciones homeopáticas a la segunda semana de muestreo. Medias, indicadas por las barras con la misma letra, no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) (n=3).	41
Figura 7. Severidad de <i>Tetranychus urticae</i> en plantas de fresa tratadas con distintas preparaciones homeopáticas a la segunda semana de muestreo. Medias, indicadas por las barras con la misma letra, no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) (n=3).	42
Figura 8. Incidencia del ácaro <i>Tetranychus urticae</i> en plantas de fresa tratadas con las preparaciones homeopáticas y sus componentes a la cuarta semana de muestreo. Medias, indicadas por las barreras con la misma letra, no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) (n=3). T1: Sin tratamiento; T2: Sacarosa; T3: Agua; T4: Abamectina; T5: Preparación homeopática de ácaros <i>T. urticae</i> ; T6: Preparación homeopática de hojas infestadas con ácaros <i>T. urticae</i> ; T7: Alcohol 87°.	43
Figura 9. Severidad del ácaro <i>T. urticae</i> en plantas de fresa tratadas con preparaciones homeopáticas de <i>T. urticae</i> y sus componentes a la cuarta semana de muestreo. Medias, indicadas por las barras con la misma letra, no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) (n=3). T1: Sin tratamiento; T2: Sacarosa; T3: Agua; T4: Abamectina; T5: Preparación homeopática de ácaros <i>T. urticae</i> ; T6: Preparación homeopática de hojas infestadas con ácaros <i>T. urticae</i> ; T7: Alcohol 87°.	45
Figura 10. Tratamientos utilizados para el control de <i>Tetranychus urticae</i> : a) plantas control; b) plantas con sacarosa; c) plantas tratadas con agua; d) plantas tratadas con abamectina; e) plantas tratadas con preparación homeopática con ácaros <i>Tetranychus urticae</i> ; f) plantas tratadas con preparación homeopática de hojas infestadas con ácaros <i>T. urticae</i> ; g) plantas tratadas con alcohol 87°.	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Rutas biosintéticas de la producción de compuestos volátiles de defensa en las plantas.	24
Cuadro 2: Tratamientos evaluados para el control del ácaro <i>Tetranychus urticae</i>	33
Cuadro 3: Tratamientos utilizados en la evaluación de compuestos volátiles producidos al controlar <i>Tetranychus urticae</i> en plantas de fresa.	36
Cuadro 4: Programación del cromatógrafo de gases acoplado a masas para la determinación de compuestos volátiles.	37
Cuadro 5: Compuestos volátiles identificados en plantas de fresas con agua, confrontadas con ácaros <i>Tetranychus urticae</i>	47
Cuadro 6: Compuestos volátiles identificados en plantas de fresa con abamectina.	48
Cuadro 7: Compuestos volátiles identificados en plantas de fresa con abamectina, confrontadas con ácaros <i>Tetranychus urticae</i>	49
Cuadro 8: Compuestos volátiles identificados en plantas de fresa con preparación homeopática de <i>Tetranychus urticae</i>	50
Cuadro 9: Compuestos volátiles identificados en plantas de fresa con preparación homeopática de ácaros <i>Tetranychus urticae</i> , confrontadas con ácaros <i>T. urticae</i>	52
Cuadro 10: Compuestos volátiles identificados en plantas de fresa, con preparado homeopático de hojas infestadas con ácaros <i>Tetranychus urticae</i> , confrontadas con ácaros <i>Tetranychus urticae</i>	53

RESUMEN

La fresa (*Fragaria x annanassa*) es muy apreciada en todo el mundo por sus características de sabor, aroma y color, además de su contenido de vitamina C y antioxidantes, entre otros. Por la creciente demanda de este fruto, México y en particular el estado de Michoacán, se han colocado dentro de los principales productores y exportadores. Este cultivo presenta una serie de problemáticas, entre las que destacan su susceptibilidad a plagas y enfermedades. Dentro de las plagas que causan mayor pérdida en la producción de la misma se encuentra el ácaro *Tetranychus urticae*, que se alimenta de la savia de las hojas inhibiendo la capacidad fotosintética, causando aproximadamente el 80% de pérdidas en la producción.

El ácaro ha desarrollado resistencia a los acaricidas sintéticos usados para su control, debido a su uso desmedido. Por lo que, se requieren alternativas, y una que está cobrando importancia es la homeopatía que se define como un conocimiento científico que utiliza dosis homeopáticas en la producción agrícola. En este trabajo se utilizaron preparaciones homeopáticas elaborados con *T. urticae* y hojas de plantas de fresa infestadas por éste a la dilución 6CH (Centesimal Hahnemann), para reducir las poblaciones del mismo en plantas de fresa a nivel de invernadero y un control con solo agua. Las preparaciones homeopáticas fueron aplicados por aspersion a plantas de fresa de 2 meses de edad trasplantadas en suelo estéril y posteriormente confrontadas con ácaros de *T. urticae*. Se determinó la incidencia y severidad del ácaro durante un mes. Se realizó un experimento adicional para evaluar la producción de compuestos volátiles involucrados en el control del ácaro al aplicar las preparaciones homeopáticas. Los resultados de las pruebas mostraron que la aplicación de las preparaciones homeopáticas elaboradas a partir de las hojas infectadas de ácaro permitió la disminución significativa tanto de la incidencia de *T. urticae* (homeopático 86.61% y control 100%) como de la severidad del daño causado por el ácaro en las plantas con respecto a las plantas control (homeopático 3.82% y control 74.8%), lo que muestra el potencial del uso de estos compuestos para el control de esta plaga.

Palabras clave: homeopatía, mecanismos de defensa, *Fragaria x annanassa*, araña roja.

ABSTRACT

Strawberry (*Fragaria x annanassa*) is widely appreciated worldwide for its flavor, aroma and color characteristics, as well as its vitamin C content and antioxidants, among others. Due to the growing demand for this fruit, Mexico and, in particular, the state of Michoacán, have been placed among the main producers and exporters. This crop presents a series of problems, among which its susceptibility to pests and diseases. Among the pests that cause the greatest loss in the production of the same is the mite *Tetranychus urticae*, which feeds on leaf sap inhibiting the photosynthetic capacity, causing approximately 80% of losses in production.

The mite has developed resistance to the synthetic acaricides used for its control, due to its excessive use. Therefore, alternatives are required, and one that is gaining importance is homeopathy that is defined as a scientific knowledge that uses agro-host doses in agricultural production. In this work, homeopathic preparations made with *T. urticae* and leaves of strawberry plants infested by it were used to dilute 6CH (Centesimal Hahnemann), to reduce its populations in strawberry plants at the greenhouse level and a control with only water. The homeopathic preparations were applied by spraying to 2 month old strawberry plants transplanted in sterile soil and later confronted with *T. urticae* mites. The incidence and severity of the mite was determined for one month. An additional experiment was carried out to evaluate the production of volatile compounds involved in the control of the mite when applying the homeopathic preparations. The results of the tests showed that the application of the homeopathic preparations elaborated from the infected leaves of mite allowed a significant decrease in both the incidence of *T. urticae* (homeopathic 86.61% and control 100%) and the severity of the damage caused by the mite in the plants compared to the control plants (homeopathic 3.82% and control 74.8%), which shows the potential of the use of these compounds for the control of this pest.

Key words: homeopathy, defense mechanisms, *Fragaria x annanassa*, red spider.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de fresa es de gran relevancia en Michoacán, debido a que es un importante generador de empleo, además de aumentar sus exportaciones agrícolas, con el desarrollo en el mercado interno y externo. Lo que conlleva a un incremento en la economía del país con la entrada de divisas por comercialización de productos frescos y procesados (Ávila y González, 2012).

Sin embargo, al cultivo de fresa lo aquejan diversas plagas y enfermedades entre ellas se destaca el ácaro *Tetranychus urticae*. Este ácaro se alimenta del contenido celular de las hojas, mediante la perforación de la epidermis inferior o superior de las mismas, provocando manchas cloróticas que varían en color de blanco a verde pálido (Cazaux *et al.*, 2014; Días *et al.*, 2010). Esto conlleva a la pérdida económica del cultivo de fresa ya que, los daños producidos son aproximadamente del 80% de la producción. Esto sucede cuando la plaga rebasa el límite poblacional de ácaros. El umbral económico con la finalidad de tolerable de una plaga del cultivo de fresa, es de 5 a 10 ácaros por foliolo (Badii *et al.*, 2015; González, 2015). Nyoike y Liburd (2013), mencionan que cuando hay una población de 50 ácaros por hoja, se considera una infestación alta y cuando alcanza la cantidad de 80 ácaros por hoja es considerado un punto crítico.

Para el control del ácaro *T. urticae* se han utilizado diversos acaricidas como son: abamectina, fenpiroximato, spiromesifen, clorfenapir, propargita y dicofol (Kumari *et al.*, 2017). Sin embargo, debido a su corto ciclo de vida y su rápida reproducción, *T. urticae* es capaz de desarrollar resistencia frente a estos acaricidas (Van Leeuwen *et al.* 2010), fundamentalmente por su uso excesivo y la aplicación de técnicas inadecuadas para el control, por lo que se ha optado por la utilización de productos alternativos (Liburd *et al.* 2007), como aceites y extractos vegetales, entre los que destacan: Neem (*Azadirachta indica* A. Juss), Piretrina o piretro (*Chrysanthemum cinerariaefolium*), Rentona (*Lonchocarpus* spp), Sabadilla (*Schoenocaulon officinales*), Rianoides (*Ryania speciosa*), entre otros (Soto, 2013). Por otro lado, enemigos naturales como los ácaros fitófagos, que se han distinguido como principales depredadores, y se han utilizado para el control de *T. urticae* en invernadero tal es el caso de

Phytoseiulus persimilis, *Phytoseiulus longipes*, *Amblyseius fallacis* y *Neoseiulus californicus* (Badii *et al.*, 2010; Schuster y Pritchard, 1963). Recientemente la homeopatía, que tienen gran potencial de uso en la agricultura, tanto para promover el incremento de biomasa en las plantas, como la resistencia a plagas y enfermedades (Gomes *et al.* 2010), también se considera como una alternativa para el control del ácaro.

De acuerdo con lo anterior, en este trabajo se utilizaron preparaciones homeopáticas a partir de *T. urticae* y de hojas infestadas con ácaros *T. urticae*, para combatirlo en el cultivo de fresa y evaluar su efecto en el control de la severidad de los daños ocasionados por *T. urticae* en plantas de fresa; de igual manera se exploró el estudio de un posible mecanismo de inducción de resistencia sistémica relacionado con la aplicación de las preparaciones homeopáticas aplicadas en plantas de fresa.

2. ANTECEDENTES

2.1 El cultivo de la fresa en México

La fresa es uno de los cultivos que se encuentra en prácticamente todo el mundo, con áreas de siembra cada vez mayores de aproximadamente 2.5 toneladas métricas (Avitia *et al.*, 2014). Se cultiva en más de 60 países; el principal productor es Estados Unidos con 1, 115,000 ton al año, Rusia 324,000 ton y México con 398,287 ton ocupando el tercer lugar en producción mundial de fresa (SAGARPA; SIAP, 2016).

El cultivo de fresa en México se inició a mediados del siglo XIX en el estado de Guanajuato. En 1950 cobró mayor importancia por la creciente demanda de los EE.UU. originando que el cultivo de fresa se extendiera a diversos estados del país (Ávila y González, 2012). En el 2017 SAGARPA registró en México una superficie sembrada de fresa de 8,981 ha, obteniéndose una producción de 271,421 ton y un rendimiento promedio de 39.973 ton ha⁻¹. El cultivo genera al país el 1.1% del valor creado por el sector agrícola, cerca de 4,200 millones de pesos (mdp) (SIAP, 2014).

La producción nacional de fresa tuvo un valor estimado de 5,779 mdp, con un consumo per cápita anual de 1.4 kg; considerando una mayor producción en los meses de mayo, junio y julio; y reportando ventas de fresa del 51% lo cual, representa un aumento en las exportaciones por el orden de los 46 millones de dólares (mdd). Los estados con mayor volumen de producción de fresa en México son: Michoacán (68.7%), Baja California (17.9%), Guanajuato (9.4%), Baja California Sur (1.9%) y el Estado de México (1.2%) (SAGARPA, 2017).

Michoacán se destaca como el principal productor y exportador de fresa a nivel nacional, con una superficie sembrada de 6,869.00 ha, una producción de 263,235 ton y un rendimiento de 38.434 ton ha⁻¹ (SIAP, 2017). De acuerdo a SAGARPA (2017), Michoacán registró más de 253,000 ton por año, y aportó el 64% a la producción nacional.

En Michoacán se destaca el municipio de Zamora con una superficie sembrada de 1,300 ha, con un volumen de producción de 72,800 ton. Extendiéndose a los municipios de Tangancícuaro, Jacona, Maravatío, Ixtlán y Panídicuaro (SIAP, 2014). Además, es un importante generador de empleo rural, principalmente en el sistema de alta tecnología, en el que se emplea el riego por goteo, acolchado plástico y macrotúnel. En este sistema se tiene una demanda anual de 1,120 jornales por ha, considerando que Michoacán tiene una superficie tecnificada de 3,500 ha; en donde se tiene una demanda anual de 4, 600,000 jornales, lo que representa 17,759 empleos permanentes por ciclo en el campo, a los que se suman 3,955 empleos generados en la agroindustria; 368 empleos en la proveeduría de maquinaria y equipos, 60 prestadores de servicios y 226 empleos en el transporte (SAGARPA, 2014).

2.2 Características de la planta de fresa

La fresa pertenece a la familia de las Rosáceas, subfamilia Rosoidea y género *Fragaria*. Es una planta herbácea, perenne y posee un desarrollo de raíces y estolones en ramificaciones. La planta está constituida por dos entrenudos de 10 o 20 cm de longitud y una yema terminal. Está compuesta por hojas trifoliadas, la flor se encuentra en corimbo, tiene inflorescencia donde nacen los pedúnculos que son pilosos y constan de un cáliz de cinco sépalos, una corola de cinco pétalos blancos y estambres amarillos insertados en un receptáculo (Kessel, 2012).

El cultivo de fresa se desarrolla mejor en climas fríos y climas medios, en temperaturas aproximadas de 10 y 12°C. La temperatura óptima está entre 12 y 18°C, los factores que causan graves daños al cultivo son las heladas y los vientos fríos. Para que la planta tenga un buen desarrollo se requieren los días soleados con fotoperiodo de 8 h y una temperatura media de 15°C (Kessel, 2012).

Se caracteriza por su sabor, aroma, textura y su color; tiene como ventaja la aclimatación en diferentes entornos mediante la utilización de invernadero. La fresa es considerada una de las frutillas con alto contenido de ácido ascórbico, además de tener propiedades astringentes

y diuréticas (Skrovankova *et al.*, 2015). Además, se caracteriza por su contenido en vitamina C, así como en ácidos grasos insaturados y minerales de los que se destacan el manganeso (Mg) y el potasio (K) (Topolska *et al.*, 2017); así, como minerales esenciales de los que sobresale el hierro (Fe), que actúa como cofactor enzimático (Olmos *et al.*, 2015).

Sus compuestos contribuyen a la salud humana, proveen propiedades anti-diabéticas, antioxidantes y anti-inflamatorias, entre otras (Skrovankova *et al.*, 2015). Así, como las antocianinas, que además de proteger a las células contra daños oxidativos, también proporciona menor incidencia de desórdenes neurodegenerativos y enfermedades cardiovasculares (Olmos *et al.*, 2015). Los antioxidantes, que por sus actividades biológicas ayudan a disminuir incidentes cardiovasculares. También se destacan el ácido elágico y la quercetina que han demostrado tener efectos positivos frente a la actividad anti-cáncer (Skrovankova *et al.*, 2015). Posee compuestos clasificados como no nutritivos en los que destacan los flavonoides o ácidos fenólicos y fibra dietética (Topolska *et al.*, 2017). Los flavonoides han demostrado tener efectos sobre la actividad antibacteriana de forma directa (Das *et al.*, 2016).

2.3 Principales enfermedades y plagas del cultivo

Dentro de las principales enfermedades que afectan el cultivo de fresa están: pudrición del fruto, antracnosis, pudrición de la corona y marchitamiento o amarillamiento, que se describen a continuación:

Pudrición del fruto: Es producida por el hongo *Botrytis cinerea*, que causa una pudrición en las flores que aumenta en condiciones de mayor humedad. Sus síntomas aparecen de color café tornándose gris por la esporulación (Paulus, 1990).

Antracnosis: El agente causal es el hongo *Colletotrichum* spp. el inóculo original puede estar presente en la planta madre. Se caracteriza por presentar pequeñas manchas hundidas de color café oscuro que aparecen en los estolones y pecíolos; posteriormente se tornan de negro llegando a estrangular los tejidos si no son aplicados fungicidas. Cuando la enfermedad es agresiva puede infectar la corona (Paulus, 1990).

Pudrición de la corona: Enfermedad causada por *Phytophthora cactorum* puede ser transmitida a través de la planta madre, de hospederos o del suelo a partir de oosporas. El síntoma de pudrición por *P. cactorum*; puede ser distinguido por la apariencia del tejido decolorado en la corona acompañado de pequeños puntos rojizos. Puede manifestarse en frutos en condiciones de suelo húmedo y medio ambiente fresco por una pudrición café seca con un moho blanco (Paulus, 1990; Strand, 2008).

Marchitamiento o amarillamiento: De entre los hongos causantes de pudrición de raíz y corona *Fusarium oxysporum* es el de mayor importancia económica. El hongo por sí solo puede causar pérdidas superiores al 50%, además de originar la condición llamada “suelo freseado” donde el cultivo no prospera (Castro y Dávalos, 1990).

Dentro de las principales plagas que afectan el cultivo de fresa están: chinche ligus (*Lygus hesperus*); trips occidental de la flor (*Frankliniella occidentalis*); gusano del fruto (*Heliothis* sp.); gallina ciega (*Phyllophaga* sp.); la araña roja (*Tetranychus urticae*) (León *et al.* 2014), cuyos daños se describen a continuación:

Chinche ligus (*Lygus hesperus*): Se alimenta de frutos jóvenes, utiliza su aparato bucal tipo chupador para la succión de la savia, causa depresiones en las frutas lo que provoca muerte de las células en las plantas y distorsiones en la forma de la fruta en su proceso de maduración, denominadas comúnmente como “cara de gato”(Murray y Alston, 2013).

Trips (*Frankliniella occidentalis*): es una plaga que afecta principalmente a flores y frutos. En las flores, los síntomas se manifiestan con pequeñas lesiones sobre la base de la flor, dando lugar a una necrosis prematura de los estambres que puede provocar el aborto de la flor y frutos jóvenes, también se observan síntomas de bronceado y malformación en la fruta (Cluever *et al.*, 2016; Mendoza, 1998).

Estos insectos dañan con su aparato bucal la cutícula de las plántulas al succionar la sabia de la que se alimentan, producen deformaciones en el follaje y detienen el desarrollo de las plántulas jóvenes, sus daños son directamente a los órganos reproductores de las flores (Mendoza, 1998).

Gusano del fruto (*Heliothis* sp.): Los adultos son palomillas que durante la noche depositan hasta 1000 huevecillos que incuban de 2 a 4 días. Las larvas empiezan por alimentarse de los estigmas, y posteriormente dañan a los frutos, para después bajar al suelo a pupar (Mendoza, 1998). Como estrategia de vida se alimentan durante las noches y se ocultan en el día en la corona de la planta. Mientras que los gusanos de los frutos se alimentan en cualquier momento (Rojas *et al.*, 2015).

Gallina ciega (*Phyllopa* spp.): Los adultos suelen alimentarse de las raíces de las plantas de fresa, ocasionando la muerte de la planta (Sánchez *et al.*, 2012). Dentro de sus estrategias de vida esta que suelen permanecer escondidos en el suelo, para que las hembras puedan depositar sus huevecillos en la parte superficial cerca de las raíces de la planta para después causar daño (Mendoza, 1998).

Araña roja (*Tetranychus urticae*): Es una plaga de gran relevancia ecológica debido a que causa graves daños en aproximadamente 150 cultivos de valor económico. Se alimenta del contenido de las células de las hojas, ocasionando hojas cloróticas (Aguilar y Murillo, 2012; Cazaux *et al.*, 2014).

2.4 Generalidades del ácaro *T. urticae*

T. urticae constituye una de las plagas más graves que atacan a los cultivos en todo el mundo. Todos sus miembros son fitófagos, y en México ataca tanto en campo como en invernadero, especialmente a plantas de las familias Solanaceae y Cucurbitaceae como: tomates, berenjenas, pimientos, pepinos, calabacines; ornamentales de invernadero como: rosas, crisantemo, claveles; cultivos anuales de campo como: maíz, algodón, soja y azucarera y en cultivos perennes como: alfalfa, fresas, uvas, cítricos y ciruelas (Cazaux *et al.*, 2014).

El ácaro *T. urticae* se ubica en la siguiente clasificación taxonómica según Argolo, (2012)

- Reino: Animalia
- Phylum: Arthropoda
- Subphylum: Chelicerata
- Clase: Arachnida
- Orden: Prostigmata
- Familia: Tetranychidae
- Género: Tetranychus
- Especie: *Tetranychus urticae* Koch

Dentro de los ácaros, *T. urticae* es la especie más polífaga, ataca las hojas y tallos de la planta, provocando graves daños que llegan a causar la muerte prematura en las plantas (Zhang, 2003). Los síntomas iniciales se caracterizan por clorosis o decoloración puntual en el pinchazo o huella de la inserción del estilete en el sitio de alimentación, lo cual hace fácil su detección sobre todo en el área foliar de las plantas. A medida que se incrementa la población se generaliza la clorosis y se observan zonas deshidratadas, marchitas y necrosadas (Estrada *et al.*, 2012).

La apariencia y los daños que causa se pueden observar en la superficie inferior de las hojas, donde se encuentran huevos de forma esférica y translúcida de color pálido. Al salir del huevo las larvas son de color amarillento, tienen seis patas, después se tornan verde amarillento cuando se alimentan. Las ninfas de ocho patas son de color verde amarillento, con manchas oscuras, y su cuerpo en forma ovoide tiene las patas cortas (Zhang, 2003).

Las hembras adultas son aproximadamente de 400-500 μm y los machos son más pequeños con histeromioma cónica. Las hembras son de color amarillento y verdoso con dos puntos negros en el idiosoma dorsolateral, en hibernación son de color más oscuro y pueden cambiar a naranja o rojo. El color de los ácaros puede variar dependiendo de la planta huésped, entre otros factores (Zhang, 2003).

Las hembras de *T. urticae* tiene una alta tasa de oviposición y fecundación la cual varía dependiendo de la planta y la temperatura. Una hembra aproximadamente llega a poner más de 10 huevos por día y llega a producir un promedio de más de 100 huevos durante dos semanas con una temperatura aproximada de 25°C, y tiene una relación de reproducción hembra macho de aproximadamente 3:1 (Zhang, 2003).

El ácaro *T. urticae* se alimenta de los cloroplastos de las células en el envés de la hoja. Destruye las células provocando una inhibición en los procesos fisiológicos de la planta como es la fotosíntesis, la conducta estomática y la transpiración (González, 2015). En el haz de la hoja se desarrolla un punteado blanquecino o un amarillamiento característico, que puede convertirse en color marrón debido a la alimentación del ácaro (Zhang, 2003).

La especie *T. urticae* pertenece a la familia Tetranychidae, se puede distinguir de otros ácaros por sus quelíceros modificados en estiletes largos, recurvados y en forma de “J”. Estos estiletes se encuentran encerrados en una cápsula hemisférica llamada estilóforo y se utilizan para perforar tejidos vegetales. Los Tetranychidae pueden distinguirse por sus palpos con el que la hembra produce la seda, los cuales se curvan hacia adentro. Tienen setas robustas en forma de uña y una estructura en forma de dedo pulgar y también tiene dos pares de ojos laterales en el podroso y carecen de setas alargadas y estructura filamentosa en la parte posterior (NAPPO, 2014).

Las hembras miden aproximadamente 0.5 mm de largo, tienen forma ovalada y pueden ser de color amarillo, verde, rojo o marrón. Los machos suelen ser más pequeños y más puntiagudos en la parte posterior que las hembras. La mayoría de los ácaros (Arachnida: Acari) tienen ocho patas (excepto el estadio de larva, el cual presenta seis patas) y tienen el cuerpo formado por una sola estructura, sin segmentación conspicua y son generalmente diminutos (<1 mm) (NAPPO, 2014).

Hay especies que viven en colonias y producen la seda o telaraña, que ayuda a la regulación ambiental de la colonia y también a repeler algunos enemigos naturales, esta seda es común en las especies de la subfamilia Tetranychidae, pero se encuentra de manera más intensa en los géneros *T. dufour* 1832 y *Schizotetranychus trägardh*. La seda crea un microhabitat en el que se desarrolla la población, dentro del cual se pueden encontrar zonas determinadas como:

sitios para alimentarse, sitios para defecar, de protección para huevos y para la población en general (Estrada *et al.*, 2012).

La reproducción en la mayoría de los *T. urticae* es haplo-diploide, los machos son producidos por partenogénesis arrenótoca y las hembras a través de la reproducción sexual. Algunas especies pueden presentar partenogénesis telítoca. En su desarrollo pasan por los estadios de huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto. El género Tetranychidae a nivel mundial es de los más conocidos, estudiados y combatidos por los daños que producen a los cultivos agrícolas (Estrada *et al.*, 2012).

2.5 Métodos de control de ácaros *T. urticae*

En la actualidad se emplean distintos métodos para el control del ácaro *T. urticae*, entre los que destacan: el control químico y el biológico. Recientemente, se han implementado las preparaciones homeopáticas como alternativa para el control de plagas y enfermedades.

2.5.1 Control químico del ácaro *T. urticae*

El control convencional del ácaro *T. urticae* se lleva a cabo mediante la aplicación de acaricidas, tales como: compuestos organoestánicos, inhibidores del transporte de electrones mitocondriales, abamectina, fenpiroximato, spiromesifen, clorfenapir, propargita y dicofol. Debido a su uso irracional el control químico suele ser ineficaz por su corto ciclo de vida, con prole abundante y capacidad reproductiva arrenótoca, es capaz de desarrollar resistencia (Attia *et al.*, 2013; Ay e Yorulmaz, 2010). Adicionalmente, los acaricidas empleados en el control del *T. urticae*, han ocasionado graves problemas; como la presencia de residuos tóxicos en los frutos, interfieren en la supervivencia de organismos benéficos, la intoxicación de mamíferos y la contaminación del ambiente (Soto, 2013; Soto *et al.*, 2011).

Diversos trabajos han evaluado la susceptibilidad de *T. urticae* a los acaricidas. Así, Villegas *et al.* (2010), encontraron resistencia de *T. urticae* a abamectina, endosulfán y oxidemetón metílico. Debido a lo anterior se han buscado otras alternativas, entre las que se destacan: control biológico mediante depredadores y entomopatógenos, uso de extractos y aceites vegetales.

2.5.2 Enemigos naturales para el control de ácaro *T. urticae*

El control biológico del ácaro *T. urticae* se ha realizado mediante la utilización de fitoseidos en Europa, Asia, África, Australia y América del Norte. Dentro de las especies que se han utilizado se encuentran: *Phytoseiulus persimilis*, *Phytoseiulus micropolis*, *Neoseiulus californicus*, *Neoseiulus fallacis*, *Neoseiulus longispinosus* y *Galendromus occidentalis* (Zhiqiang, 2003).

Dentro de los depredadores que se han aplicado con mayor frecuencia se encuentran *P. persimilis* y *N. californicus*, los cuales han demostrado ser eficaces cuando son liberados en forma conjunta. *P. persimilis* es un ácaro depredador especialista y *N. californicus* es un ácaro generalista (Argüelles *et al.*, 2013).

P. persimilis se alimenta exclusivamente de especies de *Tetranychus*; así, su presencia depende de la presencia y calidad de su presa. Es capaz de comer 34 huevos o 4.8 hembras y 10 juveniles por día (Attia *et al.*, 2013; McMurtry y Croft, 1997). Sin embargo, este ácaro depredador es sensible no sólo a la calidad y cantidad de presas, sino también a las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad relativa. También su desarrollo se ve obstaculizado por tricomas glandulares, triacilglicerolés y algunos sesquiterpenos (Attia *et al.*, 2013; Kennedy, 2003). Por otro lado, *N. californicus* puede sobrevivir algunos días sin comer presas, al alimentarse únicamente con polen de las plantas. Su desarrollo no se ve afectado por condiciones ambientales, sin embargo, es menos voraz y tiene una baja natalidad (Attia *et al.*, 2013; Rondon *et al.*, 2005).

Argüelles *et al.* (2013), empleó *N. californicus* como depredador de *T. urticae* y mostró un menor consumo de larvas de *T. urticae* y un mayor consumo de ninfas y adultos con promedio de 17 ± 2.2 y 15 ± 1.0 de individuos, respectivamente.

Además de ácaros fitoseidos para el control de *T. urticae*, también se han utilizado otros depredadores; tal es el caso de *Feltiella acarisuga* (Diptera: Cecidomyiidae), ampliamente utilizada en invernaderos. La hembra actúa depositando sus huevos en las colonias de ácaros y las larvas depredadoras comen huevos, ninfas y adultos. Una vez establecido el depredador, se alimenta cinco veces más que *P. persimilis*. También se ha empleado, tanto en campo como en invernadero, el escarabajo *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae). La hembra es capaz de poner aproximadamente 100 huevos y tanto larvas como adultos del coleóptero se alimentan de todas las etapas del ácaro y sus huevos (Attia *et al.*, 2013; Mo y Liu, 2006; Rott y Ponsonby, 2000).

2.5.3 Entomopatógenos para control del ácaro *T. urticae*

Entomophthora thaxteriana y *Entomophthora adjarica* se han utilizado como hongos entomopatógenos para el control de poblaciones del ácaro *T. urticae*, causando una fuerte epizootia en estos organismos. Son útiles en invernaderos cuando la humedad puede mantenerse cerca de la saturación durante un período de tiempo (Zhiqiang, 2003).

Tamai *et al.*, (2002), evaluaron entomopatógenos como *Aschersonia aleyrodis*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Hirsutella* sp. y *Paecilomyces farinosus*. Los ácaros se inocularon en suspensiones de conidios 1.7×10^7 de *Hirsutella* sp. con un volumen de 2 mL; y 5×10^7 conidios/mL⁻¹ en el caso de *A. aleyrodis*, *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. farinosus*.

Los aislados de los hongos *A. aleyrodis* y *P. farinosus* causaron una mortalidad inferior al 3% cinco días después de la inoculación, mientras que *B. bassiana* causó una mortalidad de 60 a 80%, *M. anisopliae* provocó 80% de mortalidad e *Hirsutella* sp. causó 73% de mortalidad. También se encontraron cristales de oxalato de calcio en el interior del ácaro del 80% a 100% inoculados con *B. bassiana* o *M. anisopliae*.

Jiménez *et al.* (2014), evaluaron cepas nativas del entomopatógeno *M. anisopliae* para el control de *T. urticae*, el bioensayo se llevó a cabo en hojas de fresa en condiciones de laboratorio; se realizó una inmersión de hojas durante 5 min en una suspensión fúngica con 1×10^8 conidios/mL⁻¹, se observó micosis en varias cepas (Ma3 y Ma11) desde 2,27 a 100%, en cepas (Ma10, Ma1, Ma7 y Ma8) fue de 85,83 y 96,88% y en las cepas (Ma14 y Ma12) se encontró micosis relativamente menor 27,78%. Se concluyó que los hongos entomopatógenos, además de causar mortalidad en el ácaro, producen efectos subletales como la reducción en la fecundidad.

Villabona *et al.* (2017), evaluaron en condiciones de laboratorio los entomopatógenos *Paecilomyces fumosoroseus* y *B. bassiana* a tres concentraciones distintas por cada hongo: 5×10^6 esporas/mL⁻¹, 2×10^7 esporas/mL⁻¹ y 8×10^7 esporas/mL⁻¹. Las hembras *T. urticae* fueron introducidas en frascos anticipadamente asperjados con los entomopatógenos. *P. fumosoroseus* presentó una eficacia de 73% y *B. bassiana* de 51%, ambos a la concentración más baja de esporas. Otro caso en el que se evaluó *B. bassiana* contra *T. urticae*, fue el trabajo de Islam *et al.* (2017), quienes realizaron un experimento en laboratorio mediante el método bioensayo en discos foliares, utilizando *B. bassiana* 1,15 WP a una concentración de 1×10^8 conidios/mL⁻¹ en cinco suspensiones conidiales (0.25, 0.5, 0.75, 1 y 1.25%). Se aplicó un mL de suspensión de conidios de cada una de las cinco concentraciones de manera directa en los discos de hojas infestadas de ácaros, obteniéndose como resultados valores de CL50 *B. bassiana* contra *T. urticae* de 0.562, 0.467, 0.358 y 0.272% a 72, 96, 120 y 144 h, respectivamente después del tratamiento; y la muerte de *T. urticae* se observó a las 72 h después de la aplicación.

2.5.4 Extractos y aceites vegetales para el control de *T. urticae*

Se han realizado diversos estudios con el uso de extractos y aceites vegetales, para el control de ácaros, los cuales actúan como repelentes naturales y también como inductores de metabolitos secundarios en el control de ácaros.

Ghaderi *et al.* (2013), utilizaron extractos de *Anisosciadium orientale* DC., *Scaligeria meifolia* Boiss., *Trigonella elliptica* Boiss y *Ptelea viscosa* L., los cuales presentaron un efecto acaricida y ovicida sobre *T. urticae*. *S. meifolia* alcanzó un control del 45.84%, *A. orientale* el 41.40%, *T. elliptica* el 40.11% y *P. viscosa* el 37.66%.

Vicentini *et al.* (2015), evaluaron la mortalidad del ácaro y del número de huevos tratados con extracto *Cymbopogon winterianus*, y compararon con un insecticida que tenía como ingrediente activo azadiractina. En la mortalidad de ácaros con *C. winterianus* y azadiractina se obtuvo un 2.63 y 2.83% y, en el número de huevos se obtuvo una reducción del 86 y 81%, respectivamente. Por lo tanto, *C. winterianus* tuvo una diferencia significativa de poca dimensión, en comparación con azadiractina.

En otro trabajo, se utilizó el extracto de *Cnidoscolus aconitifolius* en el cultivo de rosa para el control de *T. urticae*. El extracto se aplicó en dosis de 10, 50, 100, 600, 1200, 1600 y 2000 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Como resultado se tuvo reducción de fertilidad y el aumento de la mortalidad de *T. urticae*. También se observó un incremento en la producción de metabolitos secundarios, tales como: flavonoides y sesquiterpenos, además de compuestos tipo cromona y xantona con efectos acaricidas (Numa *et al.*, 2015).

También se ha comprobado que el extracto de *Cymbopogon citratus* y hexythiazox tienen efectos acaricidas, de acuerdo al trabajo realizado por Fernández *et al.* (2016), quienes evaluaron los extractos, para el control del ácaro *Raoiella indica* en plantaciones de coco (*Cocos nucifera*). Con *C. citratus* al 7.5% causó un 92.5% en la mortalidad del ácaro y un 100% en la reducción de oviposición, y con hexythiazox se tuvo una reducción de la mortalidad mayor del 80%. Estos resultados se atribuyeron al efecto de metabolitos secundarios, como alcaloides, flavonoides, fenoles, saponinas y aceites esenciales. Por otro lado, también se han realizado evaluaciones con aceite vegetales con actividad acaricida, Afify *et al.* (2012), utilizaron aceites de manzanilla (*Chamomilla recutita*), mejorana (*Marjorana hortensis*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*) para el control de *T. urticae*, encontraron que con el aceite de manzanilla se tuvo 0.65% de control, con el de mejorana 1.84% y 2.18% con el de eucalipto; y la reducción de huevos fue de 1.17%, 6.26% y 7.33%, respectivamente.

Estos resultados se atribuyeron a la inducción de enzimas, por la aplicación de aceites vegetales; las enzimas identificadas fueron: glutión-S-transferasa, esterases (α -esterasa y β -esterasa) y fosfatasas alcalinas.

Pino *et al.* (2011), utilizaron aceite esencial de *Melaleuca quinquenervia* para el control de ácaros y lograron 100% en la mortalidad de hembras de *T. urticae*, *Panonychus citri* y *Raoiella indica*; atribuido a compuestos presentes en el aceite vegetal cuya composición fue de 32.95% de longifoleno, 25.42% de 1,8-cineol, 7.76% de viridiflorol y 9.50% de alomadendreno.

Lo anteriormente expuesto, demuestra que los extractos y aceites vegetales poseen actividades acaricidas contra *T. urticae*; sin embargo, estos tienen la desventaja de persistir por un periodo corto en el ambiente, además, de repeler organismos benéficos, por lo que se sugiere utilizar otras estrategias para el control de plagas.

2.6 Preparaciones homeopáticas para el control de plagas y enfermedades

La palabra homeopatía deriva del griego “homoios”, que significa similar y (“phatos”, que significa = sufrimiento o enfermedad). Su fundador fue Christian Friedrich Samuel Hahnemann (1755-1843), quien utilizó la ley de igual que menciona: lo similar cura lo similar. La homeopatía la aplicó principalmente en humanos, empleó plantas, minerales o sustancias que causan enfermedad a un organismo sano administrando dosis homeopáticas diluidas para obtener la cura. La homeopatía interviene en la autorregulación del cuerpo, que beneficia la homeostasis del sistema (Martinez *et al.*, 2014; Toledo *et al.*, 2004).

De lo anterior, surgió la idea de utilizar la homeopatía en la agricultura (agrohomeopatía), como una opción ecológica, siendo además una alternativa compatible con la agricultura tradicional, orgánica, biodinámica y aun con la convencional (Rosales, 2015). Las preparaciones homeopáticas, pueden contribuir al control de plagas y enfermedades utilizando la planta dañada por la plaga o la misma plaga (Ruiz y Madinaveitia, 2012).

Las preparaciones homeopáticas funcionan como estimulante de defensa en la planta, en relación con la agresión de plagas y enfermedades (Casali *et al.*, 2002; Martinez *et al.*, 2014). Contribuye al incremento de la biomasa y la producción de los cultivos (Gomes *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2012).

Mediante el uso de preparaciones homeopáticas se mejoran el estado fisiológico de la planta, y su resistencia al inducir y favorecer interacciones biológicas. Las diluciones de diferentes preparaciones homeopáticas son importantes porque en concentraciones diluidas no son tóxicas (Martinez *et al.*, 2014; Modolon *et al.*, 2012).

La elaboración de preparaciones homeopáticas a partir de la planta enferma o de la misma plaga, generando que se conoce como tintura madre, nosode y/o isoterápicos (Casali *et al.* 2002; Martinez *et al.* 2014), a partir de la cual se realizan una serie de diluciones y agitaciones para producir la preparación homeopática. Silva *et al.* (2012), usaron *Pulsatilla nigricans*, en diluciones 6, 12, 18, 24 y 30CH; con las diluciones 6 y 24CH se observó un efecto positivo en cuanto a germinación de soja, mientras que con la 12, 18 y 30CH hubo un incremento en la longitud del tallo.

Se han llevado a cabo estudios con microscopía electrónica de transmisión (TEM), difracción de electrones y análisis químico por espectroscopía de emisión atómica acoplada inductivamente (ICP-AES), con la finalidad de comprobar la presencia de nanopartículas en medicamentos homeopáticos: oro (*Aurum metallicum* o *Aurum met*), cobre (*Cuprum metallicum* o *Cuprum met*), estaño (*Stannum metallicum* o *Stannum met*), zinc (*Zincum metallicum* o *Zincum met*), plata (*Argentum metallicum* o *Argentum met*) y platino (*Platinum metallicum* o *Platinum met*) con diluciones de 6 a 200CH. Se demostró la presencia de nanopartículas de los compuestos con los que se preparó el homeopático.

Además, se comprobó la presencia de partículas, tanto en forma como en tamaño y en concentración absoluta (Chikramane *et al.*, 2010). Bell y Koithan (2012), Describen a las preparaciones homeopáticas como nanopartículas compuestas por propiedades biológicas y físico-químicas. El empleo de maceración y agitación en la producción de los homeopáticos se maneja como la creación de nanoestructuras, que estimulan la hormesis mediante el empleo de nanopartículas.

Las nanopartículas actúan como señales biológicas que estimulan la red de respuestas biológicas al estrés alostático del organismo y suelen variar de tamaño de 1 a 1000 nm o más (Bell y Koithan, 2012). Engloban una mayor superficie en las plantas y aumentan la posibilidad de que se reconozca a las preparaciones homeopáticas como señales de amenaza biológica del medio ambiente (Bell *et al.*, 2015). También actúan como inductores en la resistencia de las plantas y en su desintoxicación (Toledo *et al.*, 2004). Además, las plantas son capaces de detectar, reaccionar y adaptarse a amenazas que comunican la posibilidad de un ataque (Bell *et al.*, 2015).

La aplicación de preparaciones homeopáticas se ha llevado a cabo en diversos cultivos para el control de plagas y enfermedades. Tal como fue en el trabajo de Almeida *et al.* (2010), quienes aplicaron tres tratamientos para el control de *Spodoptera frugiperda* en plantas de maíz. Los tratamientos fueron: *Doru* 4CH, *Euchlaena* 6CH y el homeopático a partir de la plaga *Spodoptera* 30CH. De los cuales se obtuvo una reducción en la población, con los tratamientos de *Spodoptera* 30CH y *Euchlaena* 6CH. Martínez *et al.* (2014), evaluaron el homeopático de *Neoleucinodes elegantalis*, en diluciones de 4, 7 y 14CH en cultivo de lulo (*Solanum quitoense*). Se presentaron menor número de huevos y larvas por fruto en soluciones de 4 y 7CH.

También, se han utilizado diversas preparaciones homeopáticas para el control de enfermedades, tal es el caso del trabajo realizado por Gama *et al.* (2015), quienes aplicaron las preparaciones homeopáticas de *Carbo vegetabilis*, *Metallicum ferrum*, *Natrum muriaticum*, fósforo y azufre en diluciones 3, 5, 7, 9 y 12CH en el cultivo de sisal (*Agave sisalana*) *in vitro* e *in situ* para el control de *Aspergillus niger*. La aplicación de *Natrum muriaticum* 5CH inhibió a *A. niger* un 66%. En el experimento *in situ* se midió la incidencia y severidad de la enfermedad, se obtuvo con *F. metallicum* 9CH una severidad de 27.8% menor a los otros tratamientos, mientras que en las plantas sin preparación homeopática presentaron una severidad de 73.6%.

Las preparaciones homeopáticas de *Arnica montana* y *Thuja occidentalis* en concentraciones de 100, 75 y 50% v/v se han utilizado para inhibir *Rhizoctonia solani*, *Fusarium spp* y *Macrophomina phaseolina*. Estas preparaciones homeopáticas aumentaron el crecimiento de las plantas e inhibieron la incidencia de hongos (Hanif y Dawar, 2015).

2.7 Mecanismos de defensa en las plantas

Las plantas poseen diversos mecanismos de defensa, que contribuyen con su protección frente a factores bióticos y abióticos (Camarena, 2009; Howe y Jander, 2008; Vivanco *et al.*, 2005). Respecto a los daños por factores abióticos, se destacan aquellos causados por luz, humedad y temperatura, entre otros; mientras que en los daños por factores bióticos se encuentran los patógenos e insectos. Tanto los factores abióticos como los bióticos que causan daño, inducen una respuesta de defensa en plantas (Oldroyd, 2013).

En los daños ocasionados por herbívoros participan generalistas (polífagos) y monófagos (oligófagos). Los generalistas se consideran herbívoros que se alimentan de diferentes familias de plantas, mientras que los monófagos se alimentan de uno o pocos tipos de plantas de la misma familia. Los generalistas se clasifican en tolerantes de una amplia gama de defensas (Fürstenberg-Hägg *et al.*, 2013), ya que cuentan con diferentes estrategias para evadir o minimizar la inducción de estas; tales como los insectos de orden Homóptera que tienen la capacidad de introducir su estilete y succionar el contenido vascular de la planta, impidiendo una fuerte respuesta de defensa por herida (Vivanco *et al.*, 2005). Mientras que los herbívoros especialistas activan defensas mediante estimulantes de alimentación y señales de ovoposición (Fürstenberg-Hägg *et al.*, 2013).

Los herbívoros activan respuestas locales y sistémicas, mediante vías de señalización en las cuales interaccionan moléculas como la sistemina, jasmonato, ácido galacturónico y peróxido de hidrógeno (Vivanco *et al.*, 2005). Estas moléculas activan la producción de fitohormonas como el ácido salicílico (AS), jasmonato (AJ) y etileno (ET). En la defensa local el AS se encuentra de manera acumulada, mientras que en la defensa sistémica es producido de novo (Lawton *et al.*, 1995; Vlot *et al.*, 2008). El AJ regula las defensas directas e indirectas, con que cuentan las plantas, pero con mayor frecuencia el mecanismo de resistencia adquirida (Nabity *et al.*, 2013). En respuesta a patógenos necrotróficos, por herida mecánica y depredación de herbívoros se desarrollan el AJ y ET (Amil *et al.*, 2011). Además, de estas fitohormonas también se activan una serie de cambios, en la expresión de genes para la síntesis de diversos compuestos como son: proteínas y metabolitos secundarios, entre otros (Camarena, 2009). Estos genes se expresan cuando las plantas reconocen el daño ocasionado

por patrones moleculares asociados a patógenos (PMAP) que se encuentran localizados en la membrana plasmática o en el citosol (Nürnberger *et al.*, 2004).

En el caso de la respuesta local hay un daño directo en la planta y resalta únicamente la parte dañada (Camarena, 2009). En la respuesta está implicada la síntesis de fitoalexinas, y puede o no estar presente el elemento apoptótico de hipersensibilidad. La señalización en la planta es producida por células apoptóticas o células que activan genes defensivos (Vivanco *et al.*, 2005). También esta activación se produce por patógenos virulentos y avirulentos (Madriz, 2002). Debido a los daños producidos, las plantas han desarrollado defensas directas e indirectas. En la defensa directa las plantas promueven la formación de barreras físicas o compuestos que funcionan como repelentes tóxicos para los herbívoros (Fürstenberg-Hägg *et al.*, 2013).

También las estructuras implicadas en la superficie de las hojas como son: cera, espinas o tricomas, además del espesor de la pared celular funcionan como repelentes; ya que impiden el acceso de herbívoros a los tejidos vegetales (Howe y Jander, 2008). Adicionalmente, están involucrados metabolitos secundarios, que participan como defensa inducible y constitutiva (Fürstenberg-Hägg *et al.* 2013; Vivanco *et al.* 2005; Zavala, 2010), los cuales funcionan como reductores de digestibilidad que protegen a las plantas contra herbívoros e infección por patógenos microbianos y también contribuyen a la atracción de polinizadores y animales dispersores de semillas (Fürstenberg-Hägg *et al.* 2013; Hanley *et al.* 2007). Los metabolitos actúan en herbívoros generalistas intoxicándolos, mientras que los herbívoros especialistas invierten en recursos de desintoxicación y crecimiento para que su desarrollo se ralentice (Kessler y Baldwin, 2002). Entre los metabolitos secundarios los terpenoides, los cuales causan efectos tóxicos o antidegradantes en los herbívoros (Aharoni *et al.*, 2005).

Las plantas tienen la capacidad de identificar los daños producidos mecánicamente o por herbívoros, con la finalidad de evitar el desgaste de recursos de defensa (Camarena, 2009; Howe y Jander, 2008; Vivanco *et al.*, 2005). Diversos ataques de herbívoros, suprimen los procesos fotosintéticos, los niveles hormonales y la producción de compuestos de defensa (Nabity *et al.*, 2013).

Además, se involucra la comunidad microbiana presente en las raíces, que interviene en el crecimiento de la planta y el fenotipo de la misma, con la finalidad de contribuir con interacciones multitróficas en la rizosfera (Oldroyd, 2013). También estos mecanismos están asociados a características morfológicas de las plantas (Ottaviano *et al.* 2013), como son tricomas, pelos o espinas, que actúan como barreras mecánicas que combaten el ataque a patógenos (Amil *et al.*, 2011).

2.7.1 Resistencia Sistémica Inducida (RSI)

La resistencia sistémica inducida se desarrolla por la colonización de las raíces por microorganismos de la rizosfera (Conrath *et al.*, 2006; Howe y Jander, 2008; Pieterse y van Loon, 1999). El mecanismo que participa en mayor proporción enzimas líticas, como las β -1,3-glucanasa y fitoalexinas (Cano, 2014). La RSI trabaja en conjunto con los cebadores para obtener una mayor respuesta en cuanto a la defensa. Los cebadores se encuentran asociados a microorganismos presentes en la rizósfera, favoreciendo de manera beneficiosa a la planta, optimizando su nutrición y desarrollo, mediante la superación del estrés biótico y abiótico (Pozo *et al.*, 2004). Un ejemplo de estos microorganismos son los hongos micorrizicos. Ramírez y Rodríguez (2012), mencionan que los mecanismos de defensa frente a hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA), son más tenues en comparación con aquellos presentados ante otros organismos invasores. Por lo tanto, los HFMA además de asociarse con la planta, contribuyen con el control de patógenos foliares, comedores de hojas y necrótrofos.

La fitohormona etileno tiene mayor relevancia en el mecanismo de RSI y en la producción de compuestos volátiles, para comunicarse con tejidos de la planta y entre poblaciones de plantas. El etileno es una fitohormona importante en la defensa de las plantas, ya que actúa como regulador frente a ataques de patógenos microbianos y de insectos herbívoros (Broekgaarden *et al.*, 2015). Es una de las fitohormonas que más se produce frente al estrés

ambiental, como son las heridas en las plantas, salinidad, sequía de la planta e hipoxia (Chávez *et al.*, 2012).

2.7.2 Resistencia Sistémica Adquirida (RSA)

La resistencia sistémica adquirida otorga protección contra una infección secundaria por patógenos. Se caracteriza por la acumulación de proteínas relacionadas con la patogénesis (PR), así como moléculas del ácido salicílico y ácido jasmónico, tanto a nivel local como sistémico (Diaz, 2012). Esta resistencia es de amplio espectro, ya que no solo confiere protección frente a patógenos que la han activado, sino también contra hongos, bacterias, virus o nematodos (Hammerschmidt, 1999; Ryals *et al.*, 1996; Spoel y Dong, 2012).

La RSA activa el priming que facilita la respuesta de defensa, ya que la defensa conlleva altos costos energéticos, actuando como un mecanismo de memoria que se adapta a los procesos de estrés de las plantas. Su activación tiene como ventaja acelerar la defensa celular y su proceso de manera potente, frente al ataque de patógenos e insectos (Conrath *et al.*, 2006; Ramírez y Rodríguez, 2012). Ejemplo de lo anterior se mostró en el trabajo de Kohler *et al.*, (2002), quienes utilizaron *Arabidopsis thaliana* para demostrar que el fenómeno del cebador es un mecanismo celular que participa en la resistencia adquirida en plantas.

2.7.3 Resistencia Sistémica por Herida (RSH)

En el mecanismo de resistencia sistémica por herida, las fitohormonas con mayor relevancia son el AJ, AS y ET. El AJ actúa cuando hay un daño en tejidos vegetales, a causa de heridas mecánicas o por herbívoros (Arimura *et al.*, 2011). El AS se activa por patógenos biotróficos y actúa como un modulador negativo a través de la represión de AJ (Doares *et al.*, 1995).

El etileno participa en respuesta a patógenos microbianos e insectos herbívoros, mediante rutas de señalización reguladas por el AJ y el AS. Además, interviene en la regulación de compuestos volátiles. En este caso, el ET se libera después de una herida mecánica y/o inducida por herbívoros. Aumenta la producción de AJ y de compuestos volátiles que actúan conjuntamente con el AJ (Broekgaarden *et al.*, 2015; Chisholm *et al.*, 2006; Kahl *et al.*, 2000).

La planta percibe la presencia de insectos herbívoros, mediante sus secreciones orales derivadas de la regurgitación durante la alimentación. En la regurgitación se presentan microorganismos que habitan en el intestino de los herbívoros, y puede intervenir en el reconocimiento del herbívoro por la planta para después provocar una serie de respuestas de defensa (Bonaventure, 2012; Camarena, 2009; Howe y Jander, 2008; Poelman *et al.* 2011; Vivanco *et al.* 2005; Zavala, 2010), como la producción de proteínas de defensa que limitan la capacidad de los herbívoros para digerir la planta. La alimentación de herbívoros desencadena la expresión de proteínas defensivas en las plantas que ejercen efectos directos sobre el atacante (Duffey y Stout, 1996) y desempeñan un papel importante en la defensa indirecta de la planta (Blande *et al.*, 2014; Vivanco *et al.*, 2005; Zavala, 2010). Dicho mecanismo está mediado por el AJ, y la vía de traducción de señales (Bonaventure, 2012; Mattiacci *et al.*, 1995). Se ha identificado que los volátiles con seis átomos de carbono (C6) acumulan mayor nivel de AJ endógeno, con el objetivo de inducir mayor cantidad de compuestos orgánicos volátiles (COV) (Kessler y Baldwin, 2002; Paschold *et al.*, 2006).

Los COV se han utilizado como atractivo o repelente para enviar señales de localización de alimento. También, actúan como atrayentes de enemigos naturales, de oviposición y evitan situaciones de peligro (Blande *et al.*, 2014; Ottaviano *et al.*, 2013; Vivanco *et al.*, 2005). Los COV benefician a las plantas, mediante el control de poblaciones de herbívoros, la interacción entre las plantas, los polinizadores y las plantas vecinas (Dicke y Baldwin, 2010; Halitschke *et al.*, 2008; Kessler y Baldwin, 2002). Los COV se producen principalmente en las flores, pero también se encuentran en frutos, tallos, hojas y raíz y son de bajo peso molecular. Son muy importantes en la estructura y función de las comunidades ecológicas (Dudareva *et al.*, 2006; Pichersky *et al.*, 2006; Vet y Dicke, 1992).

Los COV median la señalización entre los diferentes órganos de la planta del mismo individuo y se producen en bajas concentraciones, pero cuando hay un daño en la planta la emisión de volátiles se incrementa. Estos se relacionan como señales de alerta, para los carnívoros de que hay una posible presa y hospedero. Las respuestas no son emitidas solo en el lugar del daño, sino también en toda la planta, en lugares donde no ha ocurrido daño de manera sistémica (Rodríguez, 2012; Turlings y Tumlinson, 1992).

Dentro de los compuestos implicados en la defensa de las plantas, se encuentra la sistemina que funciona como mensajero químico. Induciendo una cascada de señales de oxilipinas, que involucra la producción de jasmonato, así como la inducción de inhibidores de proteasas, compuestos fenólicos y polifenoloxidasas (Vivanco *et al.*, 2005). En el caso del cultivo de fresa, se producen aproximadamente 360 compuestos volátiles, entre ellos se destaca el jasmonato de metilo que puede aumentar el nivel de compuestos fenólicos, como el ácido clorogénico (González, 2015). También, desarrollan una serie de características físicas que contribuyen a una mayor supervivencia en las plantas (Ottaviano *et al.*, 2013).

Los volátiles se manifiestan cuando se produce un daño en las plantas, como el que provoca el ácaro *T. urticae* al atacar las plantas de fresa, lo que resulta en una mayor actividad enzimática como polifenol oxidasa, peroxidasa y metabolitos secundarios como son los compuestos fenólicos que se encuentran en las hojas, a base de catecol que proporciona resistencia contra *T. urticae*. Dentro de los volátiles con mayor expresión se describen los de sabor y olor de la fresa como son: Z)-3-hexenal, 4-hidroxi-2,5-dimetil 3 (2H) furanona, (butanoato de metilo, butanoato de metilo, butanoato de etilo, metilo 2-metilpropanoato y 2,3-butanodiona (Amil *et al.*, 2011; Luczynski *et al.*, 1990).

Los volátiles de plantas inducidos por herbívoros (HIPVs) tienen un retraso temporal en cuanto a la defensa indirecta. Puesto que, deben participar como primera instancia en el reconocimiento del herbívoro que causa la lesión para posteriormente, sintetizar los volátiles adecuados. La emisión de volátiles se relaciona con el cebado para una mejor emisión, además de ser cebados por HIPVs emitidos de otras hojas de la misma planta y por volátiles de plantas vecinas (Conrath *et al.*, 2006; Dicke, 2015). Los COV que participan en la protección de la planta, son los siguientes: aldehídos, alcoholes, ésteres y terpenoides, entre otros (Dudareva *et al.*, 2006; Pichersky *et al.*, 2006; Vivanco *et al.*, 2005).

La producción de volátiles se lleva a cabo mediante tres rutas biosintéticas: la ruta de los ácidos grasos/lipoxigenasa, la ruta del mevalonato/no mevalonato y la ruta del ácido shikímico/triptófano (Paré y Tumlinson, 1996). En el cuadro 2 se presentan estas rutas biosintéticas para la producción de volátiles de defensa:

Cuadro 1: Rutas biosintéticas de la producción de compuestos volátiles de defensa en las plantas.

Ruta de los ácidos grasos/lipoxigenasa	Ruta del mevalonato/no mevalonato	Ruta del ácido shikímico/triptófano
-Volátiles de hojas verdes -Cetona (Z)-jasmona	Terpenos que necesitan isopentil pirofosfato (IPP)	Aromáticos como: -Salicilato de metilo -Indol -Bencenoides
-Ácidos grasos poli-insaturados -Ácido linoleico (ácido (Z,Z)-9,12-octadecadienóico) -Ácido linolénico (ácido (Z,Z,Z)-9,12,15-octadecatrienóico)	Origina: -Sesquiterpenos de (C15) en el citosol -Monoterpenos en los plastidios	Originados a partir de la fenilalanina (aminoácidos aromáticos)
La vía octadecanoide se divide en dos partes: 1. Ácido linolénico a ácido 12-oxo-phytodienoic (OPDA) 2. Peroxisomas, 12-oxo-fitodienoico que se reduce por OPDA reductasa (OPR3) para dar 3-oxo-2 (2 '[Z] pentenilo) ácido ciclopentano-1-octanoico (OPC8)	-(IPP) es transformado enzimáticamente en dimetil-alil-pirofosfato para condensarse a geranil pirofosfato y a farnesil pirofosfato	-Ácido cinámico por la enzima fenil-alanina-amino liasa -Salicilato de metilo producido vía síntesis del ácido salicílico
-6 carbonos (Z-3-hexenal) -12 carbonos (ácido 12-oxo-Z-9-dodecenóico)	-Monoterpenos: β -pineno, α -pineno, linalool, (E)- β -ocimeno, mirceno, entre otros -Sesquiterpenos: (E,E)- β -farneseno, (E,E)- α -farneseno, (E)- β -cariofileno, y α -humuleno	Indol mediador en la síntesis de triptófano

Fuente: (Li *et al.*, 2005; Paré y Tumlinson, 1996; Rodriguez-Saona, 2012; Wasternack y Hause, 2002).

En la Figura 2, se aprecian las diferentes rutas biosintéticas para la emisión de compuestos volátiles.

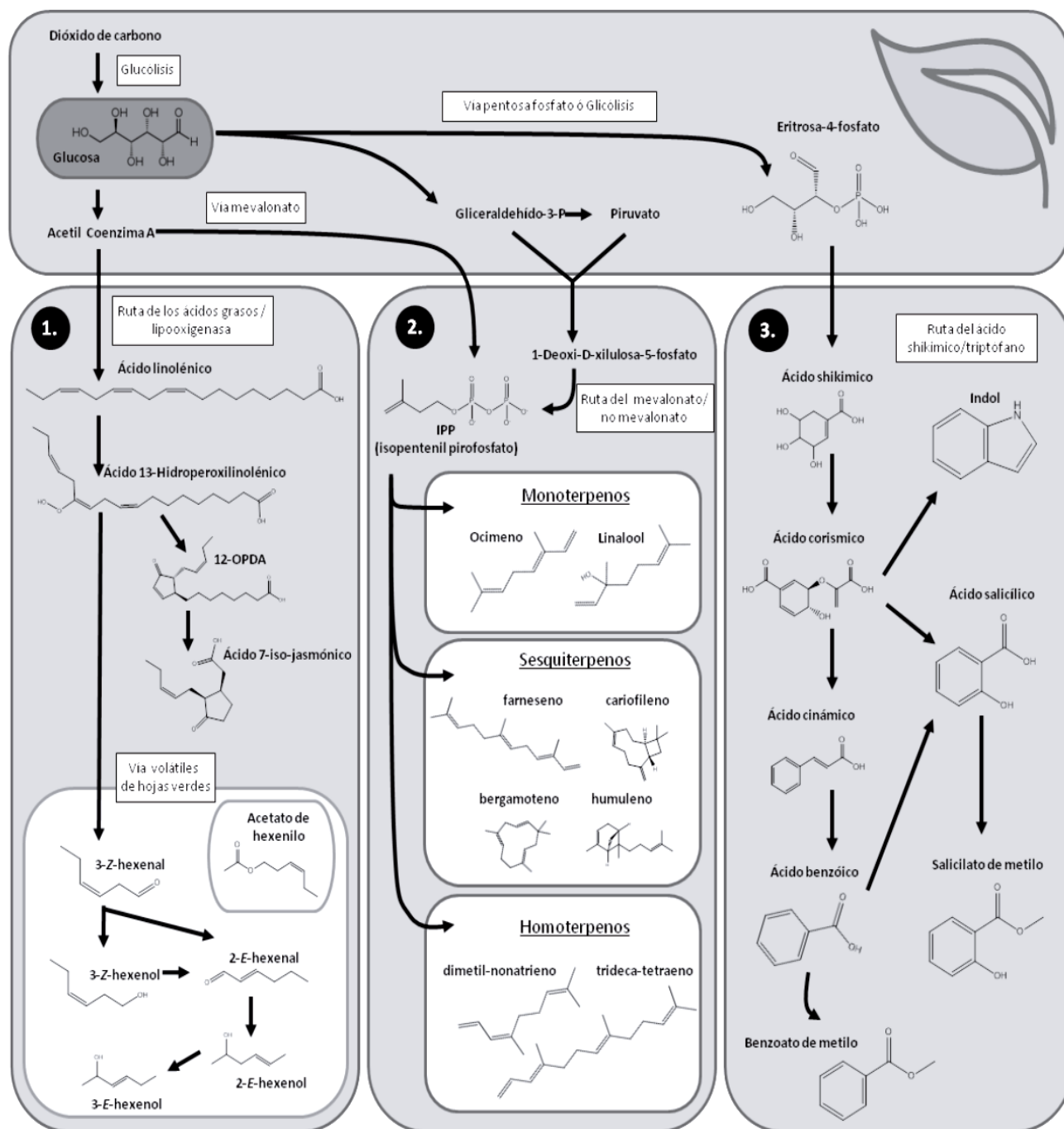


Figura 1: Rutas biosintéticas para la emisión de compuestos volátiles por las plantas Fuente: (Rodríguez, 2012).

3. JUSTIFICACIÓN

El ácaro *Tetranychus urticae* es una de las principales plagas que afecta a los cultivos de fresa con pérdidas de hasta el 80% de producción. Es un cultivo con alta demanda tanto a nivel nacional como internacional. Se tiene escaso conocimiento sobre el efecto de este tipo de preparaciones en el control del ácaro, es importante determinar si la aplicación de preparaciones homeopáticas puede resultar una opción alternativa de control de esta plaga.

4. HIPÓTESIS

La aplicación de preparaciones homeopáticas de *Tetranychus urticae* favorece el control del mismo ácaro en plantas de fresa.

5. OBJETIVO GENERAL

Conocer el efecto de preparaciones homeopáticas de *Tetranychus urticae* en el control del mismo en plantas de fresa.

5.1 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de preparaciones homeopáticas de *Tetranychus urticae* sobre la incidencia y severidad causadas por el mismo ácaro en plantas de fresa confrontadas con el mismo.
- Analizar e identificar compuestos volátiles asociados al control de *Tetranychus urticae* por aplicación de preparaciones homeopáticas a base del mismo ácaro.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Colecta de ácaros en invernadero

La colecta de ácaros presumiblemente de *Tetranychus* sp. Se realizó en plantas de fresa y chícharo en etapas de senescencia, crecidas en el invernadero del CIIDIR IPN Unidad Michoacán (CIIDIR-MICH), con la ayuda de una lupa manual de 10X. Las muestras vegetales se analizaron en el laboratorio de Entomología del CIIDIR-MICH mediante la utilización de un microscopio estereoscopio 10X (Zeiss, España).

6.2 Montaje de ácaros para su identificación

Algunos de los especímenes colectados se colocaron en una caja Petri con alcohol al 70°, con la ayuda de una microaguja. En el centro de un portaobjetos se colocaron dos gotas de la solución Hoyer, y en el centro se colocó un espécimen del ácaro. Bajo el microscopio estereoscópico y mediante una microaguja, los especímenes se ubicaron de manera que todos sus apéndices pudieran ser perfectamente observados.

Con la ayuda de una pinza se colocó un cubreobjetos sobre el ácaro, cuidando de no formar burbujas de aire. La muestra se colocó en una incubadora a 40°C durante tres días para el secado del líquido de Hoyer y la clarificación de los especímenes (Ochoa, 1991).

Después de tener las muestras listas se le colocó barniz de poliuretano, aplicado con un pincel fino alrededor del cubreobjetos para su posterior estudio e identificación mediante claves dicotómicas (Ochoa, 1991). Los especímenes se enviaron al Doctor Jesús Alberto Acuña Soto Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco Estado de México para la identificación de la especie.

6.3 Identificación de la especie del ácaro *T. urticae*

Para la identificación de la especie se consideraron las siguientes claves taxonómicas, las cuales determinan la especie de Tetranychidae (Estrada *et al.*, 2012):

- 1) Tipo de garras del tarso en forma de almohadilla o de garra.
- 2) Peritrema en forma de bulbo simple, gancho distal o anastomosado.
- 3) Distribución y tipo setas dorsales (simple o ampliamente I ensanchada y aserrada).
- 4) Tipo de estrías dorso-histerosomales en las hembras.
- 5) Número y posición de las setas de las patas.
- 6) Forma del edeago, en caso de los machos.
- 7) Presencia y tipos de lóbulos en las estrías de la hembra.

En la Figura 2, se muestran los montajes utilizados para la identificación de *T. urticae* adulto hembra y macho:

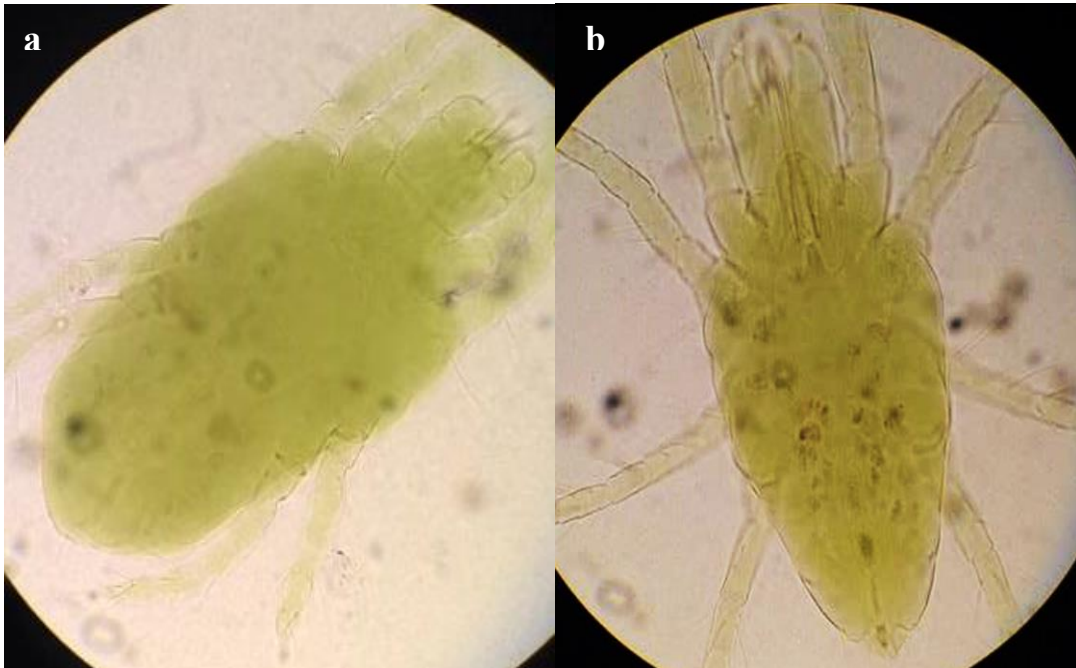


Figura 2: a) La hembra adulta de *Tetranychus urticae* tiene forma ovalada y su tamaño es de 400-500 μ m; b) en el caso del macho tiene histerosoma cónico y son de menor tamaño que la hembra.

6.4 Establecimiento de crías de *T. urticae*

Una vez realizada la identificación de la especie se llevó a cabo la cría de los ácaros previamente colectados, mediante su inoculación en plantas de fresa (*Fragaria x ananassa*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) en el invernadero del CIIDIR IPN Unidad Michoacán. Las plantas fueron colocadas en jaulas de 75x75 cm y de 1x1 m, forradas con tela de organza para evitar el escape de los ácaros; con ayuda de un higrotermógrafo se tomó la humedad relativa, la temperatura máxima y mínima de la cría. Lo anterior se realizó de acuerdo con la metodología empleada por Rodríguez *et al.* (2013), la cual facilita la cría de ácaros fitófagos.

La razón por la cual se usaron plantas de frijol en vez de solo fresa es porque en la técnica antes mencionada se reportó que las plantas que mayor éxito han tenido para la cría de los ácaros son las de hojas con mayor longevidad, como son: algunas variedades de frijol (*Phaseolus* spp.), higuera (*Ricinus communis* L.) y cítricos (*Citrus* spp.).

El frijol (*Phaseolus* spp.) se utilizó por recomendación del Doctor Jesús Acuña Soto experto acarólogo del Colegio de Postgraduados y según lo reportado por Villegas-Elizalde *et al.* (2010), quienes llevaron a cabo la cría de una población de ácaros, mediante la colocación de jaulas entomológicas con plantas de frijol, *P. vulgaris* (L) de 24± 4 días de edad. Previamente al establecimiento de la cría, se aplicó el insecticida Paration metílico que tiene como ingrediente activo 0,0-Dimetil-0,4-nitrofenil fosforotioato (equivalente a 20 g de IA/Kg), con una dosis de 0.5 g en medio litro de agua; cuatro días antes de inocularlas con los ácaros, esto con la finalidad de eliminar tanto otros insectos como enemigos naturales que pudieran dañar a las plantas y al ácaro e interferir con los resultados del estudio.

Las medidas anteriores fueron tomadas para garantizar la cría de una única especie de ácaros, que serían usados en los experimentos de control del ácaro con las preparaciones homeopáticas.

6.5 Evaluación preliminar de control de *T. urticae* en plantas de fresa con preparaciones homeopáticas

6.5.1 Preparaciones homeopáticas de *T. urticae*

Las preparaciones homeopáticas se realizaron mediante la maceración en seco de 1g de hojas de fresa infestadas con el ácaro *T. urticae* con 1.66g de sacarosa; se morterizó por 6 min y después se raspó el mortero por 4 min con una espátula de madera. Este procedimiento se repitió tres veces, agregando 1.66g de sacarosa en cada ocasión; después, se colocó el contenido de la maceración en papel encerado y así se obtuvo la maceración 1CH.

Para la preparación de la maceración 2CH se tomó 1g de la 1CH y se le agregó 1.66g de sacarosa. Se morterizó por 6 min y se raspó con una espátula de madera por 4 min. El procedimiento se repitió 3 veces. Para la preparación de la maceración 3CH se realizó el mismo procedimiento hasta obtener la mezcla deseada, la cual fue sólida.

A partir de la maceración 3CH se realizó la fase líquida, en la que se le agregó 1g de la maceración 3CH a un frasco color ámbar con 10 mL de alcohol 87° y 10 mL de agua destilada. Para obtener una mezcla homogénea se agitó por 3 min. Así se obtuvo la dilución 4CH y para obtener la dilución 5CH se agregaron 12.5 mL de agua destilada, 12.5 mL de alcohol 87°, 1 mL de la dilución 4CH y se agitó por 2 min. Este procedimiento se repitió hasta obtener la dilución 6 y 30CH.

6.5.2 Bioensayo preliminar para el control de *T. urticae* en plantas de fresa con preparaciones homeopáticas

Para el ensayo se utilizaron la dilución 6 y 30CH, de acuerdo con la metodología utilizada por Oliveira *et al.* (2014). La prueba se realizó en invernaderos del Centro de Investigaciones Agrarias (CIA) de la Universidad de Costa Rica, bajo la asesoría de la Ing. Agrónoma Flor de Marena Chavarría Vega especialista en la elaboración y aplicación de preparaciones homeopáticas.

Se evaluó la preparación homeopática a partir de hojas de fresa infestadas con el ácaro *T. urticae* y otras cuatro preparaciones tomadas del Manual de Agrohomeopatía de Kaviraj (2006); estas fueron: *Bovista*, *Árnica*, *Belladonna* y *Ferrum sulphuricum*, las cuales son específicas para el control del ácaro *T. urticae*.

La preparación del homeopático a partir de hojas infestadas de ácaro *Tetranychus urticae* se basó en la comunicación personal de Chavarría, 2016 y la metodología reportada por Giesel *et al.*, (2012).

Las preparaciones homeopáticas se aplicaron como preventivos a plantas de fresa variedad Camino Real obtenidas de Agroquímicos El Surco del Llano Grande, Cartago, Costa Rica.

Las plantas fueron trasplantadas a macetas con 2 kg de suelo inceptisol; se aplicó la dosis de fertilizante 10:30:10 (NPK). Antes de aplicar los tratamientos, se agregó a las plantas el insecticida-acaricida Bifentrina (TALSTAR ® 10E C), a una dosis de 0.5g para 500 mL de agua potable.

Una vez transcurrida una semana, se aplicaron 5 mL de las preparaciones por planta. Las aplicaciones se hicieron dos veces al día durante 30 d. Después, se inocularon 10 ácaros por planta. Los tratamientos homeopáticos fueron 6 con 3 repeticiones cada uno. El grado de daño ocasionado a las plantas se evaluó mediante incidencia, y una escala de severidad de acuerdo a la metodología empleada por Jiménez *et al.*, (2016); C. C. Nunes y Alves (2012).

Las mediciones fueron mensuales, mediante el conteo de hembras adultas y huevos del ácaro, así como lesiones en las hojas. Como tratamientos control se usaron plantas sin el ácaro asperjadas con agua, y plantas sin la preparación homeopática pero confrontado con el ácaro. Los resultados obtenidos de la prueba preliminar permitieron seleccionar los tratamientos para otro nuevo ensayo.

6.6 Control de *T. urticae* en plantas de fresa con preparaciones homeopáticas del ácaro *T. urticae*

Las plantas utilizadas fueron de la variedad Albión, la segunda más importante de la Universidad de California; esta fue introducida recientemente a México en el 2006. Produce fruta de excelente calidad (tamaño, sabor y firmeza). Aunque es resistente a condiciones abióticas y enfermedades como *Phytophthora*, *Verticillium* y *Antacnosis*, es muy susceptible a ácaros; sin embargo, es altamente aceptada por los agricultores (CONAFRE, 2008 y Zambrano, 2015).

Las plantas se adquirieron de un vivero de Tangancícuaro Mich. y se cultivaron en macetas con capacidad de 1 kg. Se utilizaron 42 plantas a las que se les aplicó el acaricida abamectina en la dosis sugerida en la ficha técnica para mantener las plantas libres de ácaros. Durante los experimentos, las plantas se regaron cada dos días con una solución Steiner que contenía:

12% de nitrógeno, 11% de fósforo y 8% de potasio. De acuerdo a lo recomendado por González *et al.* (2015).

Se elaboraron dos preparaciones homeopáticas a partir de: a) hojas de fresa infestadas con el ácaro *T. urticae*; y b) ejemplares del ácaro *T. urticae*. Adicionalmente, se evaluaron los componentes de las preparaciones homeopáticas por separado: a) sacarosa y alcohol 87°; b) abamectina (control químico comercial). Se incluyeron dos controles, a uno se le aplicó agua destilada, mediante aspersión confrontado con ácaros *T. urticae* y el otro control solo se confrontó con ácaros *T. urticae*. Con base en lo anterior se conformaron siete tratamientos con tres repeticiones cada uno. Los tratamientos se aplicaron a la dilución 6CH.

Para la preparación del homeopático a partir de ácaros *T. urticae* se empleó la metodología de Ruíz (2012) y Giesel *et al.* (2016). Se colocaron 20 ácaros en un frasco color ámbar de 30 mL, el cual se aforó con 25 ml de alcohol al 90°. Esto se dejó reposar durante dos semanas a la sombra, agitando 2 veces por día.

Todos los tratamientos se aplicaron como preventivos, con un rociador se agregaron 5 mL de la dilución correspondiente, sobre el follaje de la planta. Las aplicaciones se realizaron diariamente durante cinco días. Esta metodología se basó en la reportada por Giesel *et al.* (2012). Los tratamientos evaluados se indican en el Cuadro 3.

Cuadro 2: Tratamientos evaluados para el control del ácaro *Tetranychus urticae*.

Tratamiento

1.- Sin tratamiento
2.- Agua
3.- Abamectina
4.- Preparación homeopática de hojas infestadas con ácaros <i>T. urticae</i> 6CH
5.- Preparación homeopática de ácaros <i>T. urticae</i> 6CH
6.- Sacarosa

7.- Alcohol 87°

8.- Sin tratamiento + *T. urticae*

9.- Agua + *T. urticae*

10.- Abamectina + *T. urticae*

11.- Preparación homeopática de hojas infestadas con ácaros *T. urticae* 6CH + *T. urticae*

12.- Preparación homeopática de ácaros *T. urticae* 6CH + *T. urticae*

13.- Sacarosa + *T. urticae*

14.- Alcohol 87° + *T. urticae*

Los distintos tratamientos se confrontaron con el ácaro inoculando 10 hembras adultas por planta. La evaluación del efecto controlador se determinó mediante la medición de la incidencia del ácaro en plantas de fresa, la cual se calculó con la siguiente fórmula empleada por Jiménez *et al.* (2016):

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Hojas con ácaro (} T. urticae \text{)}}{\text{Número de hojas muestreadas}} (100)$$

De igual manera, se midió la severidad de la enfermedad usando la siguiente escala reportada por C. C. Nunes y Alves (2012), cada 15 días durante un mes.

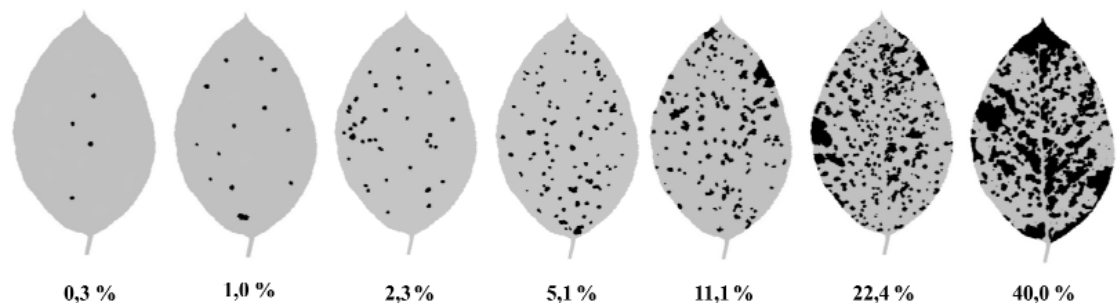


Figura 3. Escala diagramática para cuantificación de la severidad. Fuente: (C. C. Nunes y Alves, 2012).

$$\text{Severidad (\%)} = \frac{\sum i}{N (V_{\max})} (100)$$

Dónde:

S: Porcentaje de severidad

\sum : Sumatoria de datos en plantas muestreadas

N: Número de plantas muestreadas

V_{max}: Valor máximo de la escala

Los mejores tratamientos se consideraron para las siguientes evaluaciones.

6.7 Evaluación de compuestos volátiles involucrados en el control de *T. urticae*

Para la evaluación de compuestos volátiles involucrados en el control de *T. urticae* se utilizó la preparación homeopática preparada a partir de hojas de fresa infestadas de ácaros *T. urticae* y a partir de ácaros *T. urticae*. Las plantas de fresa variedad Albión fueron tratadas bajo las condiciones mencionadas anteriormente. Después de colocar las 10 hembras en las plantas, se pegó con silicón en el borde de cada maceta un recipiente de plástico de 13 cm de diámetro y 15 cm altura, previamente perforado en la parte superior (0.5 cm de diámetro), y se pegó sobre la parte superior de la maceta.

Posteriormente, este sistema se envolvió con 7 capas de plástico adherente para evitar el escape de los compuestos volátiles. El orificio superior del recipiente, se selló con papel encerado watman y cinta adhesiva transparente. Después de una semana, se realizó el análisis de los compuestos volátiles mediante microextracción en fase sólida (SPME por sus siglas en inglés) y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS por sus siglas en inglés).

La microfibrilla de la SPME se introdujo al sistema a través del orificio superior y se dejó expuesta por 10 min dentro del mismo sin tocar el follaje de las plantas. Al cabo de este tiempo, se retrajo la microfibrilla y después se introdujo al GC-MS. La microfibrilla fue de Divinylbenzene/ Carboxen/ Polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS) 50/30 µm (Supelco, Bellefonte, PA), para grupos de analitos de compuestos volátiles y semivolátiles, C3-20 (MW 40-275) para uso con aplicador manual.

Los tratamientos analizados para la identificación de compuestos volátiles por GC-MS se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 3: Tratamientos utilizados en la evaluación de compuestos volátiles producidos al controlar *Tetranychus urticae* en plantas de fresa.

Tratamientos

1.- Agua + ácaros <i>T. urticae</i>
2.- Abamectina
3.- Preparación homeopática de hojas infestadas con ácaros <i>T. urticae</i> 6CH
4.- Preparación homeopática de ácaros <i>T. urticae</i> 6CH
5.- Abamectina + <i>T. urticae</i>
6.- Preparación homeopática de ácaros <i>T. urticae</i> 6CH + <i>T. urticae</i>

El cromatógrafo de gases usado fue Clarus 680 (Perkin-Elmer Inc., Wellesley, MA), acoplado a un espectrómetro de masas Clarus SQ8T (Perkin-Elmer Inc., Wellesley, MA). Para el análisis de los compuestos volátiles liberados por la fibra se utilizó una columna capilar Elite-5 MS (fase de referencia: 5% difenil 95% dimetilpolisiloxano) de 30 m de longitud, 0.32 mm de diámetro interno, 0.25 µm de espesor de película, límites de temperatura entre -60 a 320/350 °C (Perkin-Elmer Inc., Wellesley, MA). Las condiciones del GC-MS son descritas en el cuadro 5.

Cuadro 4: Programación del cromatógrafo de gases acoplado a masas para la determinación de compuestos volátiles.

Cromatógrafo de gases		Espectrómetro de masas	
Columna analítica:	Elite-5MS (30 m x .25 mm x 0.25 μ m)	Temperatura de la línea de entrada del GC:	250°C
Tipo de puerto de inyección:	SPME MANUAL	Temperatura de la fuente de ionización:	250°C
Temperatura de inyector:	230°C	Tipo de función:	Full Scan
Tipo de inyección:	NO APLICA	Rango de análisis de escaneo:	<i>m/z</i> 30-400
Volumen de jeringa:	Fibra SPME	Tiempo de Full Escaneo:	0.3 seg
Volumen de inyección:	NO APLICA	Retardo de escaneo:	0.05 seg
Velocidad de inyección:	NO APLICA	Retardo para solvente:	0.5 min
Solvente de Lavado:	Acondicionamiento de la fibra 230°C/15 min de exposición		Tiempo de exposición de la fibra ante la muestra: 5 min Temperatura ambiente: 25°C
Gas acarreador:	Helio		
Programa de gas acarreador:	Flujo	Tiempo de espera	
	1 mL/min	0.5 min	
	1 mL/min	Mantenerse	
Programa de horno:	Temperatura	Rampeo de temperatura	
	30 °C 0 min	9 °C/min	
	140 °C 5 min		
Instrucciones de eventos en el tiempo:	Split flow 50 mL/min @ 0.5 min		
	Split flow 0 mL/min @ 5 min		

Para el análisis de los cromatogramas e identificación de los volátiles se realizó una búsqueda en la biblioteca The NIST Mass Spectral Search Program for the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library versión 22.build 2014, Software: S.Stein. Y.Mirokhin. D.Tchekhovskoi, and W.Mallard.

El análisis cualitativo se realizó mediante el método de reporte libsearch text V.5.2 “text report of library search results” del programa TurboMass, version 6.1.0.1963, Copyright 2001-2012 PerkinElmer, Inc.All rights.

7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de incidencia y severidad fueron evaluados mediante un Análisis de Varianza de una vía y la comparación de medias se efectuó aplicando la prueba de Tukey con una $p \leq 0.05$. El análisis estadístico se realizó, empleando el programa SAS versión 9.0. 8. RESULTADOS

8. RESULTADOS

8.1 Identificación del ácaro *T. urticae*

De acuerdo, a las claves taxonómicas empleadas por el Dr. Acuña se determinó que se trataba de la especie requerida: *T. urticae*.

La principal característica del macho es el edeago, que se encuentra distalmente curvado en ángulo recto hacia el dorso, con el margen dorsal arqueado y ligeramente contraído (Figura 5a) (Ochoa, 1991). Por otra parte, los ácaros hembras se distinguieron por diversas estrías estrechas y onduladas alrededor de la abertura genital (Figura 5b) (NAPPO, 2014).

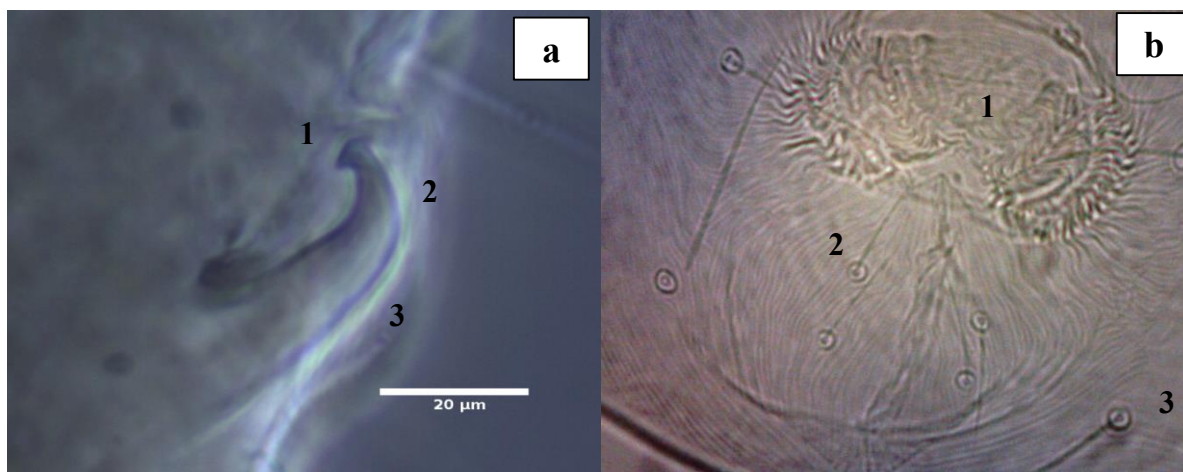


Figura 4. Características del ácaro *Tetranychus urticae*: a) aedeago en machos se caracteriza por: 1) perilla, 2) gancho y 3) mango; b) area genito-anal de hembras: 1) abertura genital, 2) setas anales dos pares de setas y 3) setas paranales un par de setas.

Una vez determinada la especie de los ácaros, *T. urticae*, se fotografiaron algunos especímenes con un microscopio electrónico de barrido, con el apoyo del Ing. Francisco Javier Reynoso Marín de la trayectoria de Ingeniería en Nanotecnología de la Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo.

Dentro de las características del ácaro *T. urticae* se destaca el gnatosoma (Figura 6b), donde se encuentran los peritremas distalmente encorvados que se distinguen por sus quelíceros modificados en estiletos largos, recurvados y en forma de J (Ochoa, 1991). Además se distinguen los palpos que se curvan hacia adentro y tiene setas robustas en forma de uña en la tibia del palpo y una estructura en forma de dedo pulgar (Figura 6c) (NAPPO, 2014). En la Figura 6d, se puede observar el empodio en las patas I a IV, destacando los tres pares de pelos proximales que se distinguen por su terminación en T (Ochoa, 1991).

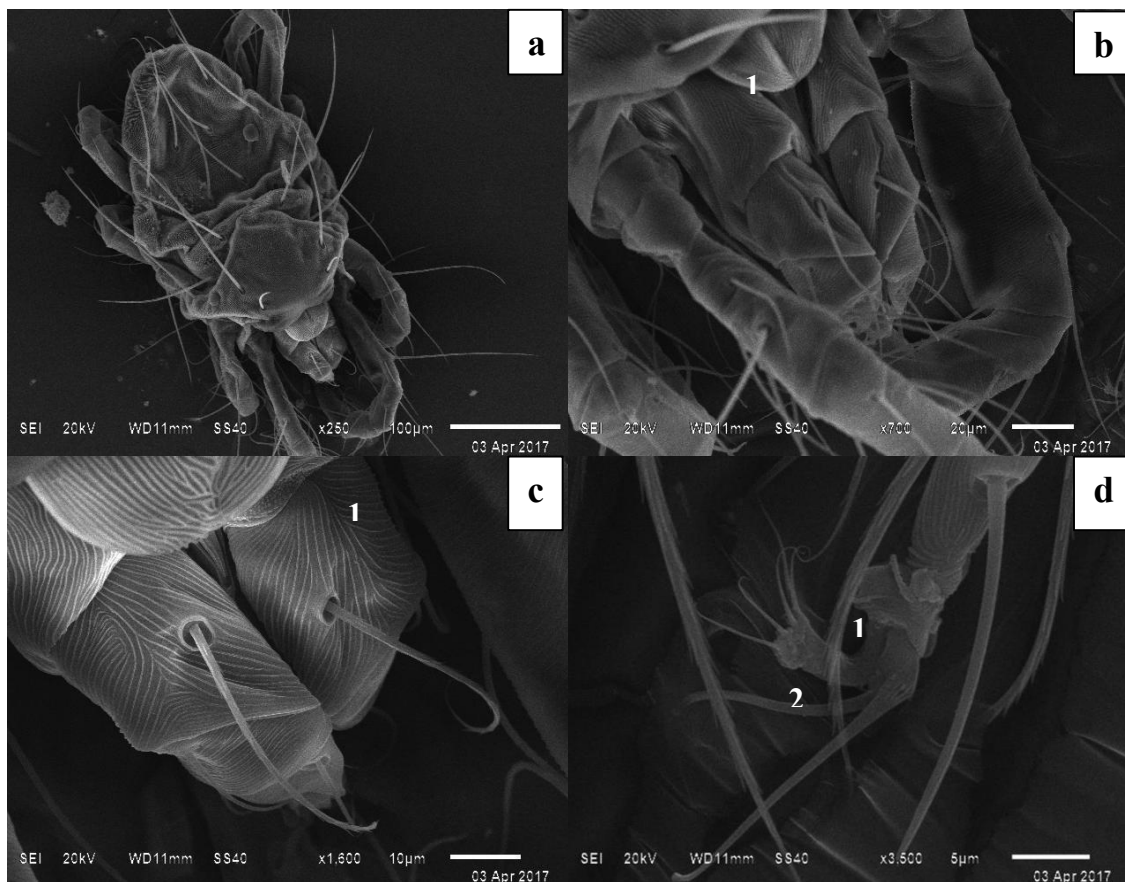


Figura 5. Características del ácaro *Tetranychus urticae* tomadas con el microscopio electrónico de barrido: a) Hembra *Tetranychus urticae*; b) Área gnatosomal: 1) peritremos distalmente encorvados; c) Palpos: 1) estructura en forma de dedo pulgar; d) Patas: 1) empodio y 2) pelos proximales.

8.2 Bioensayos preliminares de control del ácaro *T. urticae* con preparaciones homeopáticas

Las plantas de fresa tratadas con la preparación homeopática de hojas infestadas con ácaros y el tratamiento *Bovista* 6CH, presentaron 5% menor infestación de ácaros comparadas con las plantas control. Las plantas tratadas con *Árnica* y *Belladonna* 6CH presentaron 7.66% menor, infestación de ácaros en comparación al control. A excepción, del tratamiento *Ferrum sulphuricum* 6CH, que tuvo 4.06% mayor infestación que el control.

En el caso de las plantas tratadas con la preparación homeopática de hojas infestadas con ácaros *T. urticae* 30CH, tuvo 12.37% menor infestación de ácaros en comparación a plantas control. Las plantas tratadas con *Ferrum sulphuricum* 30CH tuvieron 5.36% menor infestación comparadas con el control. Los tratamientos que tuvieron mayor infestación de ácaros del 2.58%, comparado con el control fueron *Bovista*, *Árnica* 30CH y *Ferrum sulphuricum* 6CH (Figura 7).

Por lo tanto, los tratamientos que presentaron diferencias significativas en incidencia en comparación al control, fueron la preparación homeopática de hojas infestadas con ácaros *T. urticae*, *Árnica*, *Bovista* y *Belladonna* 6CH y los tratamientos de *Belladonna* y *Ferrum sulphuricum* 30CH.

Al igual, que los tratamientos con el homeopático de hojas infestadas con ácaros 30CH, *Árnica* y *Belladonna* 6CH, mostraron incidencias significativamente diferentes al control. Sin embargo, en el caso de *Ferrum sulphuricum* 6CH, *Bovista*, *Árnica* y *Belladonna* 30CH no presentaron incidencias significativamente diferencias al control.

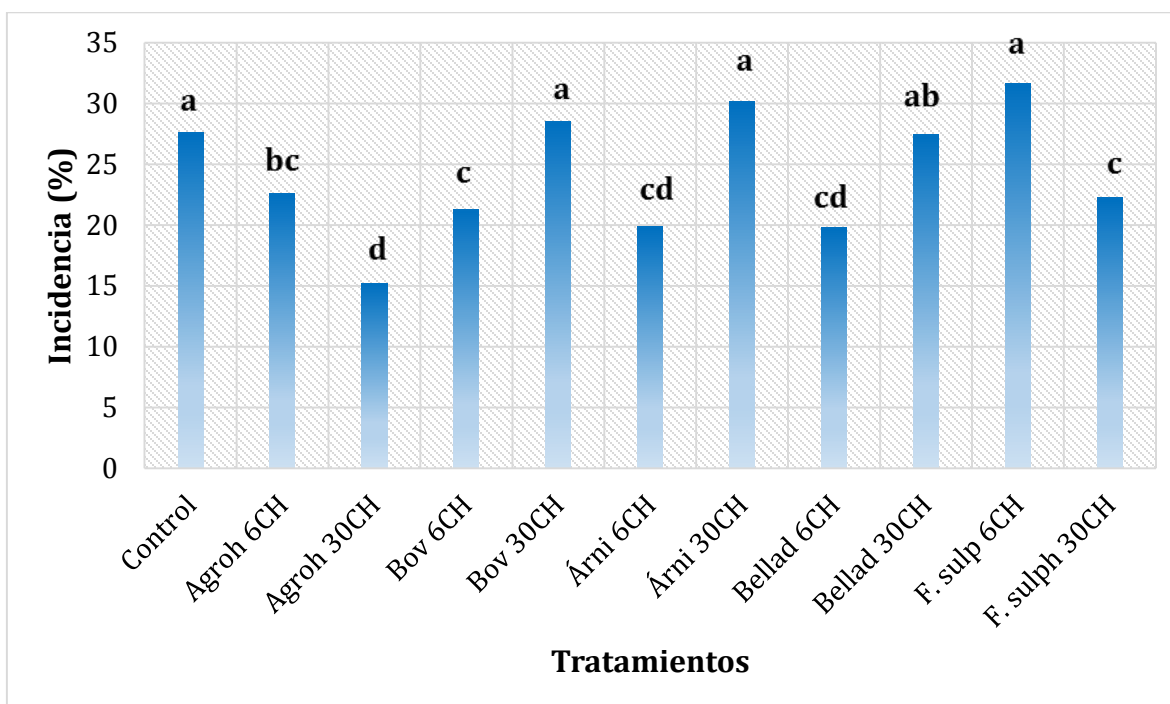


Figura 6. Incidencia de *Tetranychus urticae* en plantas de fresa tratadas con distintas preparaciones homeopáticas a la segunda semana de muestreo. Medias, indicadas por las barras con la misma letra, no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) ($n=3$).

Las plantas de fresa tratadas con el preparado homeopático de hojas de fresa infestadas con ácaros *T. urticae*, *Belladonna* 6CH y *Ferrum sulphuricum* 30CH presentaron un daño significativamente menor de 0.63%, en comparación de los demás tratamientos incluyendo el control. En comparación, los tratamientos del preparado homeopático de hojas infestadas de ácaros *T. urticae*, *Belladonna*, *Bovista* 30CH, *Bovista* y *Árnica* 6CH presentaron una tendencia a reducir la severidad 0.45% en comparación a las plantas control, no obstante no se encontraron diferencias significativas con el mismo.

A excepción, del tratamiento de *Árnica* 30CH que tuvo un daño menor en plantas de 0.2%, la cual fue significativamente menor a la de las plantas control, *Ferrum sulphuricum* 6CH presentó un daño mayor 2.62% que las plantas control (Figura. 8).

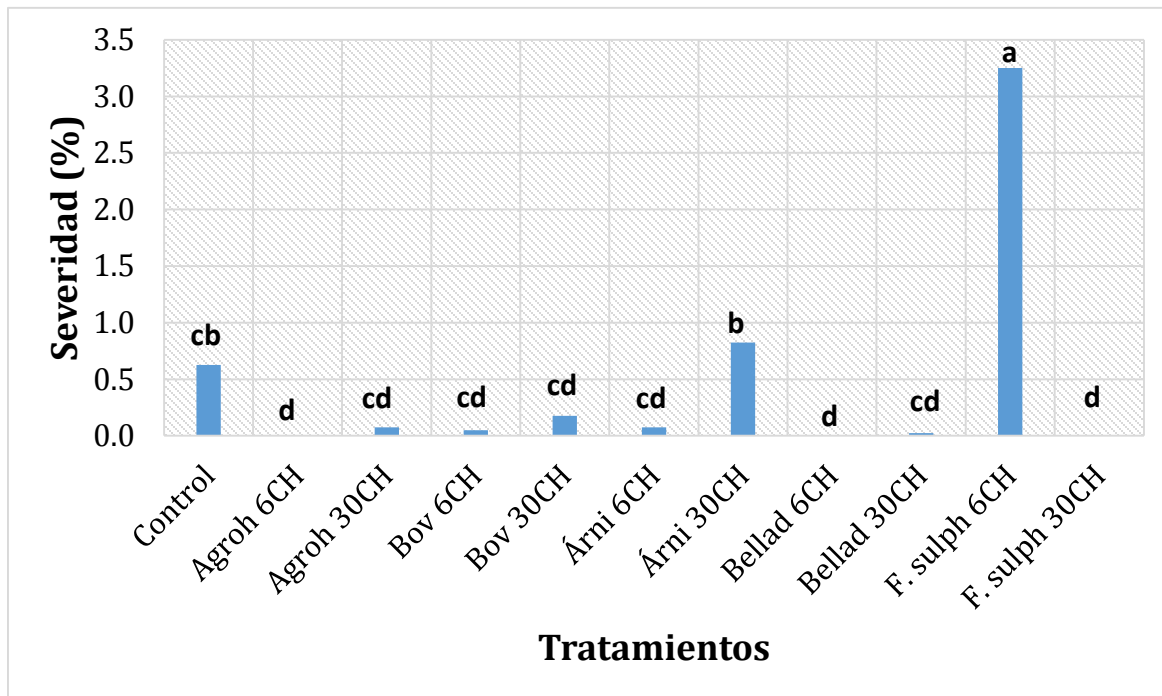


Figura 7. Severidad de *Tetranychus urticae* en plantas de fresa tratadas con distintas preparaciones homeopáticas a la segunda semana de muestreo. Medias, indicadas por las barras con la misma letra, no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) ($n=3$).

8.3 Bioensayos definitivos con preparaciones homeopáticas del ácaro *T. urticae*

Para este ensayo se evaluó la preparación homeopática de hojas infestadas de ácaros *T. urticae*, dado que presentó un efecto significativamente menor que el control en el ensayo preliminar. Debido a esto se evaluaron los componentes de la preparación y se prosiguió con el análisis para determinar si los componentes de la preparación homeopática de ácaros *T. urticae*, estimula la respuesta de defensa para el control del mismo en planta de fresa. Las plantas tratadas con la preparación homeopática, a partir de hojas infestadas con ácaros *T. urticae*, tuvo 13.39% y el preparado de *T. urticae* tuvo 28.57% menor infestación de ácaros ambas menores comparadas con las plantas control.

En los demás componentes de la preparación homeopática preparado, de hojas infestadas de ácaros *T. urticae*, como sacarosa se obtuvo 26.79%, en el caso de agua 37.01% y alcohol 87° 80.36% todos con menor infestación de ácaros en comparación con las plantas control. En el caso, de las plantas tratadas con el control químico de abamectina se obtuvo 52.27% menor infestación de ácaros comparando con el control (Figura 9).

Sin embargo, los tratamientos evaluados mostraron medias diferentes respecto al control. En el caso del homeopático de hojas infestadas de ácaros *T. urticae*, tuvo una media igual a las plantas tratadas con alcohol 87° y en el homeopático de *T. urticae* mostró una media igual a las plantas tratadas con sacarosa, alcohol 87° y agua.

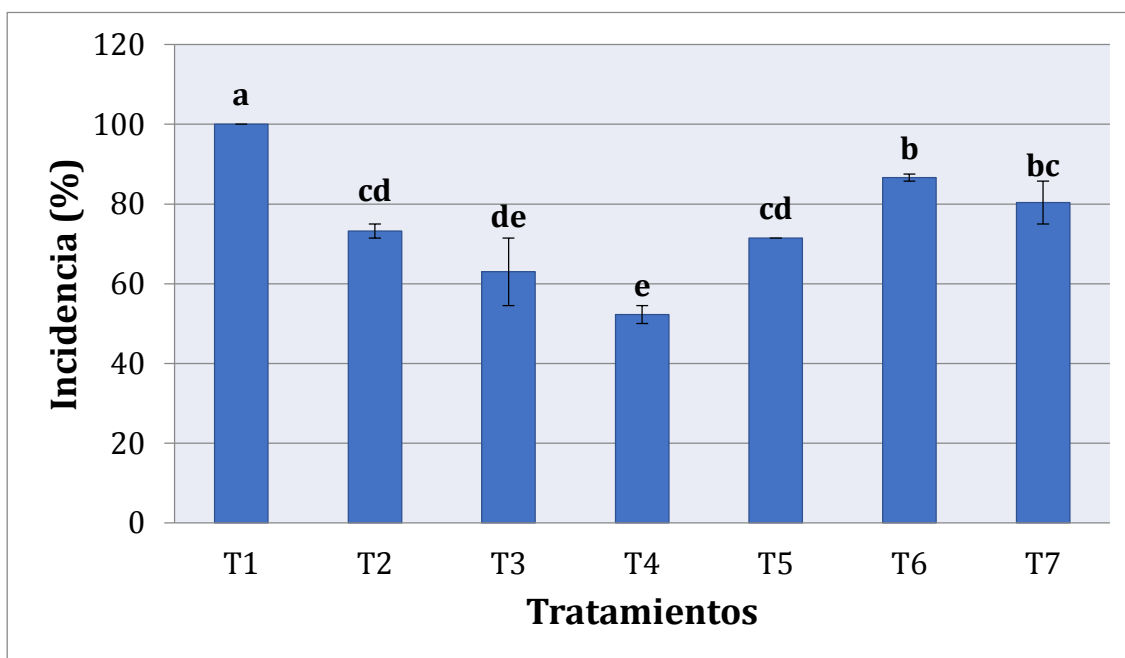


Figura 8. Incidencia del ácaro *Tetranychus urticae* en plantas de fresa tratadas con las preparaciones homeopáticas y sus componentes a la cuarta semana de muestreo. Medias, indicadas por las barreras con la misma letra, no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) ($n=3$). T1: Sin tratamiento; T2: Sacarosa; T3: Agua; T4: Abamectina; T5: Preparación homeopática de ácaros *T. urticae*; T6: Preparación homeopática de hojas infestadas con ácaros *T. urticae*; T7: Alcohol 87°.

La preparación homeopática, de hojas infestadas con ácaros *T. urticae* presentó 70.98% menor daño con respecto, al control y el preparado de ácaros *T. urticae* presentó 56.94% menor daño respecto al mismo tratamiento.

Las plantas del tratamiento con sacarosa presentó 61.22%, con agua 67.68% y con alcohol 87° 70.3%, todos ellos presentaron menor daño que las plantas tratadas con el tratamiento control. Las plantas tratadas con el control químico abamectina obtuvo 68.96% menor daño en comparación de las plantas control. Por otro lado, el efecto positivo en la disminución de la severidad observada con la preparación homeopática a base de *T. urticae* pudiera ser atribuible a un aumento de compuestos volátiles aromáticos, lo que se relaciona con la atracción de ácaros *T. urticae*.

Al igual que en la incidencia, en la severidad los tratamientos evaluados presentaron medias diferentes en comparación al control. En el caso del preparado homeopático de hojas infestadas de ácaros *T. urticae*, se tuvo una media igual a las plantas tratadas con sacarosa, agua, abamectina y alcohol 87° y en el homeopático de ácaros *T. urticae* se observó una media igual a las plantas tratadas con sacarosa y agua (Figura 10).

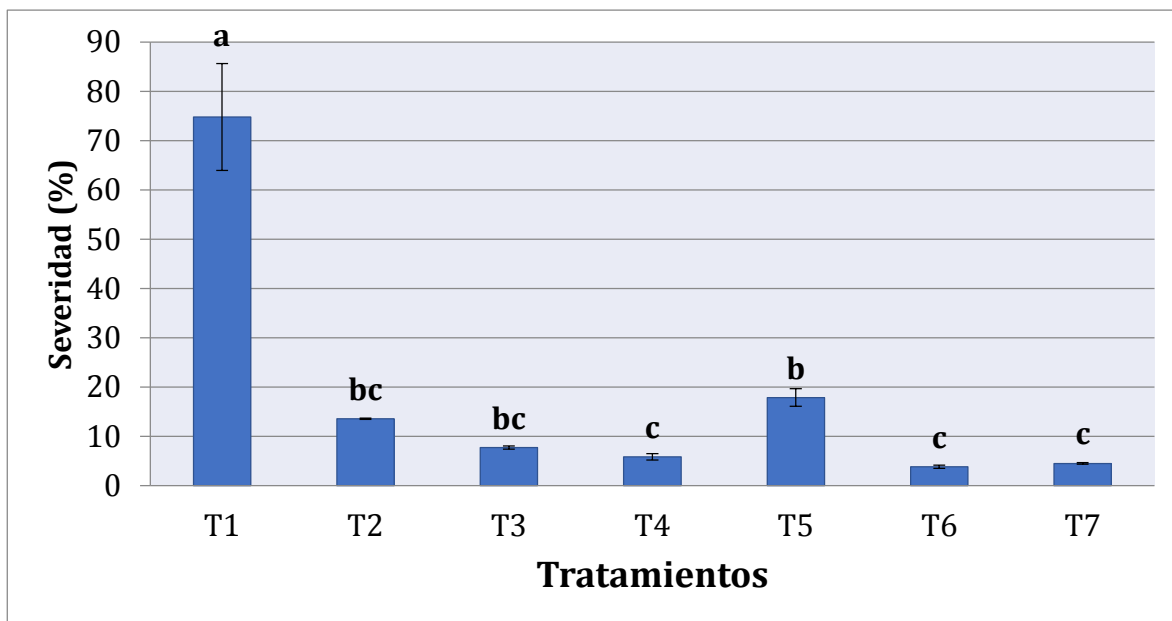


Figura 9. Severidad del ácaro *T. urticae* en plantas de fresa tratadas con preparaciones homeopáticas de *T. urticae* y sus componentes a la cuarta semana de muestreo. Medias, indicadas por las barras con la misma letra, no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) ($n=3$). T1: Sin tratamiento; T2: Sacarosa; T3: Agua; T4: Abamectina; T5: Preparación homeopática de ácaros *T. urticae*; T6: Preparación homeopática de hojas infestadas con ácaros *T. urticae*; T7: Alcohol 87°.

A continuación, se muestran imágenes de plantas de fresa con los tratamientos utilizados:

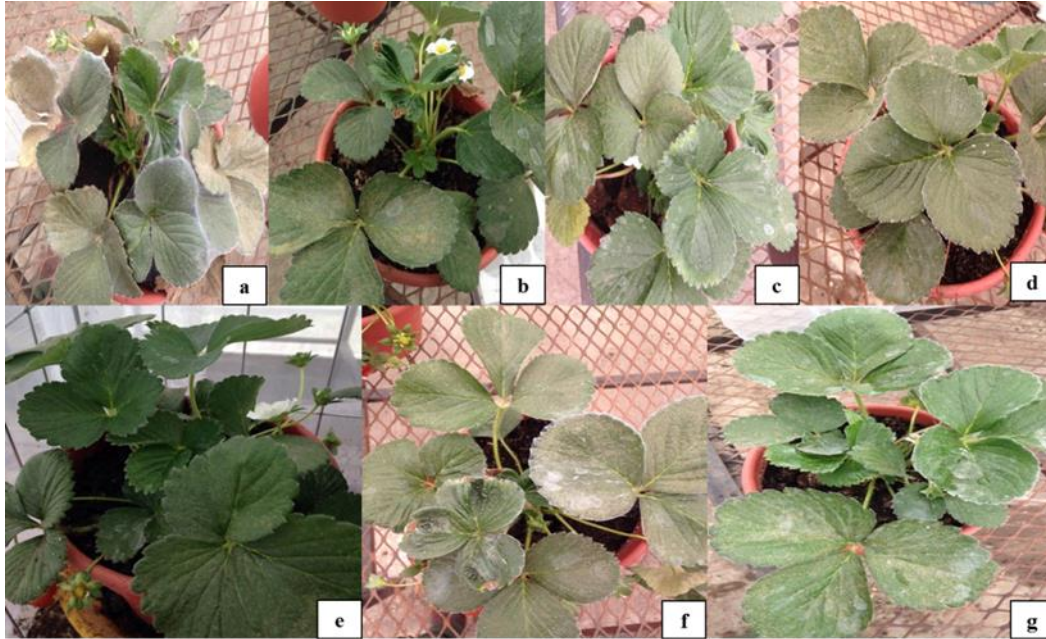


Figura 10. Tratamientos utilizados para el control de *Tetranychus urticae*: a) plantas control; b) plantas con sacarosa; c) plantas tratadas con agua; d) plantas tratadas con abamectina; e) plantas tratadas con preparación homeopática con ácaros *Tetranychus urticae*; f) plantas tratadas con preparación homeopática de hojas infestadas con ácaros *T. urticae*; g) plantas tratadas con alcohol 87°.

8.4 Identificación de compuestos volátiles en plantas de fresa

Se obtuvieron 58 compuestos volátiles en todos los tratamientos con un mach mínimo de 806 los cuales se muestran en las siguientes tablas.

Cuadro 5: Compuestos volátiles identificados en plantas de fresas con agua, confrontadas con ácaros *Tetranychus urticae*.

TR	Nombre	Área	Área%	Norm%	Mach	Cas
13.01	Ácido pentanoico, 2,2,4-trimetil-3-hidroxi-, isobutil ester	8588199	0.889	5.22	822	244074-78-0
10.536	Decano, 3,6-dimetil-	13644558	1.761	9.49	860	17312-53-7
9.795	Decano, 2,6,6-trimetil-	18701242	3.338	10.86	808	62108-24-1
9.807	Decano, 2,6,8-trimetil-	19307012	3.652	17.66	860	62108-26-3
10.524	Decano, 2,3,5,8-tetrametil-	2688859.2	0.758	2.47	805	192823-15-7
10.367	Decano, 3,3,4-trimetil-	17296050	1.791	10.51	816	49622-18-6
9.614	Dodecano, 2,6,10-trimetil-	65555248	2.433	14.07	859	3891-98-3
9.614	Dodecano, 2,7,10-trimetil-	29300768	8.263	26.9	864	74645-98-0
1.865	Etano, 1,1-dimetoxi-	3768426	1.063	3.46	826	534-15-6
1.993	Furano, 2-metil-	4712527.5	0.488	2.86	868	534-22-5
9.853	Heptano, 5-ethyl-2,2,3-trimetil-	14368187	2.174	8.85	885	62199-06-8
10.052	Heptano, 2,4,6-trimetil-	2964891.2	0.561	2.71	836	2613-61-8
9.952	Octano, 5-ethyl-2-metil-	8384797.5	0.773	4.47	820	62016-18-6
10.764	Octano, 3,6-dimetil-	2945380.8	0.576	2.31	825	15869-94-0
10.244	Octano, 2,3,6,7-tetrametil-	32775212	4.749	19.07	818	52670-34-5
10.18	Octano, 3,4,5,6-tetrametil-	7383169	1.117	4.55	822	62185-21-1
10.373	Pentano, 2,3,3-trimetil-	13460191	2.546	12.31	868	560-21-4
3.948	Tolueno	7244090.5	0.75	4.4	911	108-88-3
2.524	Triclorometano	1066941.1	0.301	0.98	921	67-66-3
10.11	2,3-Dimetildecano	11966509	1.811	7.37	842	17312-44-6
10.192	2,6-Dimetildecano	7954813	1.153	4.63	819	13150-81-7
9.731	1H-Indeno, octahidro-5-metil-	4858781	0.503	2.95	807	19744-64-0
10.017	4,7-Metano-1H-indeno, octahidro-	57915072	5.996	35.2	918	6004-38-2
9.527	2,2,4,4-Tetrametiloctano	57783084	10.928	52.85	932	62183-79-3
8.99	2,2,7,7-Tetrametiloctano	95327152	22.475	100	890	1071-31-4

En las plantas sin tratamiento inoculadas con ácaros (control), se obtuvo la producción de compuestos de defensa como triclorometano, que restringe el crecimiento, la reproducción y difusión de la plaga (Malolepsza, 2005). También se produjo etano, 1,1-dimetoxi- que posee propiedades fungicidas (Meiser *et al.*, 1979).

Dodecano, 2,6,10-trimetil- involucrado en la formación de tricomas, para reducir la alimentación del ácaro en condiciones naturales (Core *et al.*, 1994; Ong *et al.*, 1998; Romanucci *et al.*, 2017). Además, se detectó Furano, 2-metil- que proporciona el sabor, fragancia y/o mezclas atrayentes de enemigos naturales (Connick *et al.*, 1989). De igual manera, se obtuvieron compuestos volátiles como Dodecano, 2,7,10-trimetil- encargados de la interacción con las rizobacterias que promueven el crecimiento de las plantas (Zou *et al.*, 2010).

La liberación de los compuestos antes mencionados, indican que a pesar de que la planta no pudo defenderse debido a una sobrepoblación de ácaros, sus mecanismos de defensa al ataque están activados. Una posible explicación del por qué no logró la protección, pudo ser a que los compuestos producidos no estuviesen en cantidades suficientes para provocar una defensa mayor o que, debido a la gran cantidad de ácaros presentes en la planta esta defensa fuera insuficiente. Sin embargo, hace falta realizar más estudios para comprobar estas hipótesis.

Cuadro 6: Compuestos volátiles identificados en plantas de fresa con abamectina.

TR	Nombre	Área	Área%	Norm%	Mach	Cas
1.264	Ácido Carbámico, sal monoamonio	1365495.2	0.433	1.2	854	1111-78-0
11.388	Ciclooctano, 3-(1-metiletenil)-	2185993.5	0.693	1.93	831	61233-78-1
9.054	Decano, 2,2-dimetil-	21848648	4.017	21.29	877	17302-37-3
9.637	Decano, 2,5,9-trimetil-	43431980	10.455	42.01	857	62108-22-9
9.795	Decano, 2,6,6-trimetil-	18701242	3.338	10.86	808	62108-24-1
9.807	Decano, 2,6,8-trimetil-	19307012	3.652	17.66	860	62108-26-3
9.614	Dodecano, 2,6,10-trimetil-	65555248	2.433	14.07	859	3891-98-3
1.865	Ethano, 1,1-dimetoxi-	3768426	1.063	3.46	826	534-15-6
9.853	Heptano, 5-etil-2,2,3-trimetil-	14368187	2.174	8.85	885	62199-06-8
8.99	Heptano, 2,2,4,6,6-pentametil-	95327152	22.475	100	878	13475-82-6
10.378	Hexano, 2,4,4-trimetil-	10.378	2.071	8.31	808	16747-30-1
9.952	Octano, 5-etil-2-metil-	8384797.5	0.773	4.47	820	62016-18-6
10.764	Octano, 3,6-dimetil-	2945380.8	0.576	2.31	825	15869-94-0
10.367	Octano, 4,5-dimetil-	13560144	2.052	8.35	814	15869-96-2
10.244	Octano, 2,3,6,7-tetrametil-	32775212	4.749	19.07	818	52670-34-5

10.18	Octano, 3,4,5,6-tetrametil-	7383169	1.117	4.55	822	62185-21-1
9.801	Pentano, 2,2,3,3-tetrametil-	21964880	3.439	16.77	849	7154-79-2
10.023	Triciclo[4.4.0.0(2,8)]decano	2587279.2	0.994	2.82	805	49700-59-6
10.128	Tridecano, 6-metil-	7318900.5	1.762	7.08	811	13287-21-3
10.11	2,3-Dimetildecano	11966509	1.811	7.37	842	17312-44-6
10.192	2,6-Dimetildecano	7954813	1.153	4.63	819	13150-81-7
10.238	1-Undeceno, 4-metil-	7124140	2.257	6.28	800	74630-39-0
9.527	2,2,4,4-Tetrametiloctano	57783084	10.928	52.85	932	62183-79-3
8.99	2,2,7,7-Tetrametiloctano	95327152	22.475	100	890	1071-31-4

En el caso de plantas tratadas con abamectina, produjeron compuestos volátiles relacionados con resistencia a hongos como: Undecano, 3,6-dimetil-, Ácido carbámico, sal monomamonio, Etano, 1,1-dimetoxi- (Jeun y Hwang, 1991; Meiser *et al.*, 1979). De la misma manera que el tratamiento anterior, se obtuvieron compuestos volátiles relacionados con sabores y fragancias que son atractivos, ya que tienen similitud con feromonas de insectos como: Dodecano, 2,6,10-trimetil-, Heptano, 2,2,4,6,6-pentametil-, Hexano, 2,4,4-trimetil- (Core *et al.*, 1994; Chowdhury *et al.*, 2008).

Cuadro 7: Compuestos volátiles identificados en plantas de fresa con abamectina, confrontadas con ácaros *Tetranychus urticae*.

TR	Nombre	Área	Área%	Norm%	Mach	Cas
13.133	Ácido propanoico,2-metil-,3-hidroxi-2,2,4-trimetilpentil ester	12032499	1.109	6.41	869	77-68-9
10.536	Decano, 3,6-dimetil-	13644558	1.761	9.49	860	17312-53-7
9.795	Decano, 2,6,6-trimetil-	18701242	3.338	10.86	808	62108-24-1
10.53	Decano, 2,6,7-trimetil-	24243366	3.669	14.93	809	62108-25-2
10.373	Decano, 3,3,5-trimetil-	18683174	2.707	10.87	859	62338-13-0
9.614	Dodecano, 2,6,10-trimetil-	65555248	2.433	14.07	859	3891-98-3
9.853	Heptano, 5-etil-2,2,3-trimetil-	14368187	2.174	8.85	885	62199-06-8
10.378	Hexano, 2,4,4-trimetil-	10584397	2.071	8.31	808	16747-30-1
17.159	Morfolina, 4-octadecil-	18757600	1.729	10	840	16528-77-1

10.104	Nonano, 3,7-dimetil-	11078465	1.021	5.91	800	17302-32-8
7.152	o-Cymeno	7956957	0.734	4.24	922	527-84-4
9.952	Octano, 5-etil-2-metil-	8384797.5	0.773	4.47	820	62016-18-6
10.367	Octano, 4,5-dimetil-	13560144	2.052	8.35	814	15869-96-2
10.53	Octano, 2,3,3-trimetil-	9216756	0.85	4.91	846	62016-30-2
10.244	Octano, 2,3,6,7-tetrametil-	32775212	4.749	19.07	818	52670-34-5
10.18	Octano, 3,4,5,6-tetrametil-	7383169	1.117	4.55	822	62185-21-1
10.758	Undecano, 3,6-dimetil-	3658288.2	0.673	3.57	850	17301-28-9
10.11	2,3-Dimetildecano	11966509	1.811	7.37	842	17312-44-6
10.192	2,6-Dimetildecano	7954813	1.153	4.63	819	13150-81-7
9.527	2,2,4,4-Tetrametiloctano	57783084	10.928	52.85	932	62183-79-3
8.99	2,2,7,7-Tetrametiloctano	95327152	22.475	100	890	1071-31-4

Las plantas tratadas con abamectina confrontada con el ácaro, liberaron compuestos volátiles relacionados con la atracción de depredadores y polinizadores como son: Nonano, 3,7-dimetil-, Morfolino, 4-octadecil- (Cai *et al.*, 2015; C. E. Nunes *et al.*, 2016). Aunque, al igual que en el tratamiento control, también se produjeron compuestos volátiles con actividad antimicrobiana y antioxidantes, así como la producción de compuestos volátiles relacionados con tricomas como son: Hexano, 2,4,4-trimetil-, Dodecano, 2,6,10-trimetil- (Core *et al.*, 1994; Ong *et al.*, 1998; Romanucci *et al.*, 2017). Lo anterior nuevamente muestra que los mecanismos de defensa intrínsecos de la planta fueron activados, aunque en esta ocasión éstos fueron más eficientes, ya que se logró observar una disminución de la severidad por los ácaros.

Cuadro 8: Compuestos volátiles identificados en plantas de fresa con preparación homeopática de *Tetranychus urticae*.

TR	Nombre	Área	Área%	Norm%	Mach	Cas
10.011	Biciclopentilideno	4743898	0.743	3.62	818	16189-35-8
10.18	Decano	5790273	0.907	4.42	846	124-15-5
9.054	Decano, 2,2-dimetil-	21848648	4.017	21.29	877	17302-37-3
9.795	Decano, 2,6,6-trimetil-	18701242	3.338	10.86	808	62108-24-1

1.865	Ethane, 1,1-dimethoxy-	3768426	1.063	3.46	826	534-15-6
1.334	Etino, fluoro-	4712527.5	0.488	2.86	868	534-22-5
9.853	Heptano, 5-etil-2,2,3-trimetil-	14368187	2.174	8.85	885	62199-06-8
8.815	Heptano, 2,2,3,5-tetrametil-	3713426.8	0.683	3.62	852	61868-42-6
8.99	Heptano, 2,2,4,6,6-pentametil-	95327152	22.475	100	878	13475-82-6
9.952	Octano, 5-etil-2-metil-	8384797.5	0.773	4.47	820	62016-18-6
10.373	Octano, 2,5-dimetil-	12158035	1.904	9.28	847	15869-89-3
10.244	Octano, 2,3,6,7-tetrametil-	32775212	4.749	19.07	818	52670-34-5
9.801	Pentano, 2,2,3,3-tetrametil-	21964880	3.439	16.77	849	7154-79-2
10.052	Undecano, 2,7-dimetil-	4502188.5	0.67	4.41	816	17301-24-5
10.431	1-Ciclopentilciclopentano	15640075	2.449	11.94	812	4884-21-3
10.192	2,6-Dimetildecano	7954813	1.153	4.63	819	13150-81-7
9.527	2,2,4,4-Tetrametiloctano	57783084	10.928	52.85	932	62183-79-3
8.99	2,2,7,7-Tetrametiloctano	95327152	22.475	100	890	1071-31-4

Las plantas tratadas con la preparación homeopática de *T. urticae* produjeron compuestos volátiles como: Decano relacionado con la atracción de depredadores, la maduración de la fruta y con propiedades fungicidas (Flath *et al.*, 1990; Rembold *et al.*, 1989; Sun *et al.*, 2014). También se obtuvieron compuestos como -1-Ciclopentilciclopenteno relacionado con secreciones orales de insectos, tal es el trabajo de Gaquerel *et al.*, (2009), quienes encontraron aproximadamente 400 analitos en hojas de *Nicotiana attenuata* con secreciones orales de *Manduca sexta*, estos se evaluaron cuando hubo daño por mordida, los analitos participaron como inductores de defensas antiherbívoros. Como pudo verse, la sola aplicación de la preparación homeopática de ácaros *T. urticae* permitió la liberación de compuestos volátiles que pudieran otorgar de primera instancia la defensa de la planta por la liberación de compuestos atrayentes de depredadores, pero al confrontarse con el ácaro, los compuestos liberados fueron de naturaleza más específica y enfocada a la inducción de defensa antiherbívoros. No obstante lo anterior, se mantuvieron aquellos relacionados con la atracción de enemigos naturales y el fortalecimiento de las defensas estructurales a partir de la producción de tricomas.

Cuadro 9: Compuestos volátiles identificados en plantas de fresa con preparación homeopática de ácaros *Tetranychus urticae*, confrontadas con ácaros *T. urticae*.

TR	Nombre	Área	Área%	Norm%	Mach	Cas
9.054	Decano, 2,2-dimetil-	21848648	4.017	21.29	877	17302-37-3
9.795	Decano, 2,6,6-trimethyl-	18701242	3.338	10.86	808	62108-24-1
9.614	Dodecane, 2,6,10-trimetil-	65555248	2.433	14.07	859	3891-98-3
1.865	Etano, 1,1-dimetoxi-	3768426	1.063	3.46	826	534-15-6
1.334	Etino, fluoro-	6127182.5	1.145	5.14	833	2713099
8.815	Heptano, 2,2,3,5-tetrametil-	3713426.8	0.683	3.62	852	61868-42-6
8.99	Heptano, 2,2,4,6,6-pentametil-	95327152	22.475	100	878	13475-82-6
9.031	Heptano, 4-etil-2,2,6,6-tetrametil-	27598294	5.155	23.15	844	62108-31-0
9.853	Heptano, 5-etil-2,2,3-trimetil-	14368187	2.174	8.85	885	62199-06-8
9.952	Octano, 5-etil-2-metil-	8384797.5	0.773	4.47	820	62016-18-6
10.367	Octano, 4,5-dimetil-	13560144	2.052	8.35	814	15869-96-2
10.53	Octano, 2,3,3-trimetil-	9216756	0.85	4.91	846	62016-30-2
10.244	Octano, 2,3,6,7-tetrametil-	32775212	4.749	19.07	818	52670-34-5
10.18	Octano, 3,4,5,6-tetrametil-	7383169	1.117	4.55	822	62185-21-1
10.373	Pentano, 2,3,3-trimetil-	13460191	2.546	12.31	868	560-21-4
10.332	Undecano, 2,6-dimetil-	4465853.5	0.821	4.35	807	17301-23-4
10.052	Undecano, 2,7-dimetil-	4502188.5	0.67	4.41	816	17301-24-5
10.758	Undecano, 3,6-dimetil-	3658288.2	0.673	3.57	850	17301-28-9
10.11	2,3-Dimetildecano	11966509	1.811	7.37	842	17312-44-6
10.192	2,6-Dimetildecano	7954813	1.153	4.63	819	13150-81-7
9.527	2,2,4,4-Tetrametiloctano	57783084	10.928	52.85	932	62183-79-3
8.99	2,2,7,7-Tetrametiloctano	95327152	22.475	100	890	1071-31-4

Las plantas tratadas con el preparado homeopático de ácaros *T. urticae* confrontada con ácaros, produjeron compuestos volátiles relacionados con la señalización entre plantas, la atracción de carnívoros y la formación de tricomas, además de poseer compuestos volátiles relacionados con propiedades fungicidas y medicinales, de los que se derivan: Undecano, 2,6-dimetil-, Heptano, 2,2,4,6,6-pentametil-, Undecano, 3,6-dimetil- (Chen *et al.*, 2015; Gong *et al.*, 2014; Krist *et al.*, 2006).

Cuadro 10: Compuestos volátiles identificados en plantas de fresa, con preparado homeopático de hojas infestadas con ácaros *Tetranychus urticae*, confrontadas con ácaros *Tetranychus urticae*.

TR	Nombre	Área	Area%	Norm%	Mach	Cas
14.352	α -muuroleno	1946164.8	0.381	1.53	868	31983-22-9
10.536	Decano, 3,6-dimetil-	13644558	1.761	9.49	860	17312-53-7
10.373	Decano, 2,3,4-trimetil-	15417233	1.99	10.72	830	62238-15-7
9.807	Decano, 2,6,8-trimetil-	19307012	3.652	17.66	860	62108-26-3
9.614	Dodecano, 2,6,10-trimetil-	65555248	2.433	14.07	859	3891-98-3
9.97	Dodecano,2,6,11-trimetil-	8468880	1.268	5.55	824	31295-56-4
9.853	Heptano, 5-etil-2,2,3-trimetil-	14368187	2.174	8.85	885	62199-06-8
9.632	Heptano, 2,3,6-trimetil-	40943920	8.011	32.15	851	4032-93-3
8.815	Heptano, 2,2,3,5-tetrametil-	3713426.8	0.683	3.62	852	61868-42-6
8.99	Heptano, 2,2,4,6,6-pentametil-	95327152	22.475	100	878	13475-82-6
10.378	Hexano, 2,4,4-trimetil-	10584397	2.071	8.31	808	16747-30-1
9.281	Nonano, 2,2,3-trimetil-	16690587	2.154	11.61	887	55499-04-2
9.97	Octano, 3-etil-2,7-dimetil-	7243037.5	1.417	5.69	820	62183-55-5
10.764	Octano, 3,6-dimetil-	2945380.8	0.576	2.31	825	15869-94-0
10.18	Octano, 3,4,5,6-tetrametil-	7383169	1.117	4.55	822	62185-21-1
10.373	Pentano, 2,3,3-trimetil-	13460191	2.546	12.31	868	560-21-4
2.524	Triclorometano	1066941.1	0.301	0.98	921	67-66-3
10.244	Undecano, 4-metil-	16431866	3.215	12.9	807	2980-69-0
10.052	Undecano, 2,7-dimetil-	4502188.5	0.67	4.41	816	17301-24-5
1.287	(2-Aziridinilet)amino	18697828	2.414	13.01	806	4025-37-0
10.11	2,3-Dimetildecano	11966509	1.811	7.37	842	17312-44-6
10.192	2,6-Dimetildecano	7954813	1.153	4.63	819	13150-81-7
9.527	2,2,4,4-Tetrametiloctano	57783084	10.928	52.85	932	62183-79-3
8.99	2,2,7,7-Tetrametiloctano	95327152	22.475	100	890	1071-31-4

En el caso de la preparación homeopática a partir de hojas infestadas de ácaros *T. urticae*, se obtuvieron compuestos volátiles relacionados con la defensa en la planta que funcionan como repelentes de oviposición (Cui *et al.* 2009; Kant *et al.* 2004), contribuyen con la polinización como decanos y α -muuroleno y actúan como antimicrobianos, también se relacionan con la producción de tricomas (Qi *et al.* 2014; Romanucci *et al.* 2017; Wang *et al.* 2014; Milet-Pinheiro, 2013); Así mismo, se relacionan con compuestos aromáticos: Hexano, 2,4,4-trimetil

Dodecano, 2,6,11-trimetil-, que tiene similitud con feromonas de insectos: Dodecano, 2,6,10-trimetil- (Core *et al.*, 1994).

Se identificaron terpenos que se derivan de dos rutas, la del mevalonato y la del no mevalonato, en el caso de los monoterpenos se derivan de la ruta del no mevalonato, como el caso de Heptano, 2,3,6-trimetil-/ α -pineno que se encuentra en las hojas de la planta y participa en la atracción de oviposidores y la localización de fuentes de alimentos (Gerofotis *et al.*, 2013). Otro de los compuestos volátiles fueron los sesquiterpenos, los cuales se derivan de la ruta del mevalonato, como α -muuroleno.

También se detectaron compuestos derivados de éster como 2 (-Aziridiniletil)amina, que conducen a la formación de alcoholes en las plantas (Kim *et al.* 2014), que contribuyen a las características afrutadas y aromáticas de las plantas. Otros de los compuestos aromáticos encontrados fueron -Octano, 3,6-dimetil- y -Dodecano, 2,6,11-trimetil- y alcanos como Decano, 2,3,4-trimetil.

9. DISCUSIÓN

En la evaluación preliminar de las preparaciones homeopáticas utilizadas (de hojas infestadas con ácaros *T. urticae*, *Bovista*, *Árnica* y *Belladonna*), se observa que la mayoría controló a *T. urticae* a la dilución 6CH; esto con cuerda con el trabajo realizado por (Rissato *et al.* 2016), quienes utilizaron *Calcarea carbónica* y fósforo en las diluciones 6, 12, 24, 36 y 48CH en plantas de frijol para el control del moho blanco causado por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum*. Los autores obtuvieron una reducción en la intensidad de la enfermedad con *C. carbónica* a la 6CH. Giesel *et al.* (2016), utilizaron una preparación homeopática a partir de hormigas cortadoras *Atta sexdens piriiventris* a la 6CH para controlar la misma plaga, el preparado homeopático redujo significativamente la actividad forrajera de los insectos 11,54%. Wyss *et al.* (2010), aplicaron en manzana rosada (*Dysaphis plantaginea* Pass.), un preparado homeopático a partir de áfido de manzana a la dilución 6CH teniendo como resultado una reducción en el número de descendientes del 14%.

En cuanto a los resultados de severidad obtenidos con las preparaciones homeopáticas, en este trabajo cabe destacar que la severidad del daño ocasionado, fue menor con la preparación homeopática elaborada a partir de hojas infestadas con ácaros *T. urticae*. Una posible explicación del control observado pudo deberse a un incremento en el grosor de las hojas, lo cual reprime la inserción del estilete. Aunque no se midió este efecto, suponemos que la preparación homeopática pudo haber influido en el grosor de la hoja, ya que Swarowsky *et al.* (2014), utilizó preparaciones Cina (*Artemisia cina*), para el control de nematodo *Meloidogyne incognita*; los autores reportaron un aumento en el volumen de la raíz 13.98% como resultado de la aplicación del preparado homeopático, lo cual pudo contribuir a la resistencia de la planta contra los nematodos, que conduce a la síntesis de sustancias antagonistas. Asimismo, se concluyó que el tratamiento es más eficaz como preventivo.

Aunque en este trabajo la disminución en el nivel de incidencia fue poco con respecto al control, la severidad sí presentó diferencias altamente significativas con respecto al mismo. Este comportamiento también fue observado en el trabajo de (Gama *et al.*, 2015), quienes utilizaron plantas de sisal (*Agave sisalana* Perrine ex. Engelm), tratadas con el homeopático, *Ferrum metallicum* 9CH para controlar *Aspergillus niger*. Los autores no observaron reducción en el nivel de incidencia, sin embargo, en la severidad se obtuvo una reducción del 45.8% en comparación a las plantas control.

El comportamiento anterior, podría relacionarse con la inducción de compuestos fenólicos que se encuentran presentes en el olor y aromas derivados de flores y frutas observados en plantas de fresa tratadas con la preparación homeopática de hojas infestadas con ácaros *T. urticae*. Estos compuestos limitan la entrada de patógenos mediante el bloqueo físico o el aumento de la dureza de la hoja que reduce la alimentación de los herbívoros, y también disminuye el contenido nutricional de la hoja (Dudareva *et al.*, 2006; War *et al.*, 2012).

Estos resultados muestran el control que ejerce la preparación homeopática, al ser confrontado con el ácaro *T. urticae*. Este control se puede atribuir a la inducción de compuestos volátiles, presentes cuando se confrontó con el ácaro. La preparación homeopática participa como una señal de amenaza biológica en la planta, lo que provoca la inducción de mecanismos de defensa.

Lo anterior se fundamentó en lo reportado en estudios previos en que se ha señalado aumento en la producción de mecanismos de defensa con la aplicación de homeopáticos, por ejemplo en el trabajo de Oliveira *et al.* (2014), se llevó a cabo la aplicación de los tratamientos siguientes: *Corymbia citriodora*, *Calcarea carbonica*, *Silicea* y *Sulphur* en plantas de frijol en concentraciones de 12, 24, 30 y 60CH, evaluando la inducción de fitoalexinas como: peroxidases (POX), catalasas (CAT), quitinasas (CHI) y β -1,3-glucanasas (GLU), dando como resultado un aumento considerable en los tratamientos de *C. citriodora* y *C. carbonica*.

A partir de este trabajo Oliveira *et al.*, (2017), utilizó diferentes soluciones homeopáticas en soya, para controlar la germinación de conidios *Alternaria solani* y *Corynespora cassiicola*, con los tratamientos *Eucalyptus citriodora* (EC) y *Cymbopogon citratus* (CC) a concentraciones de 6, 12, 30, 60, 100 y 200CH, obteniendo una reducción del 59% para *A. solani* y 42% para *C. cassiicola* el tratamiento CC 30CH, los tratamientos mostraron potencial en el control de patógenos.

Como resultado de la evaluación del mecanismo de defensa asociado a los preparados homeopáticos, se observó la producción de sesquiterpenos, que se encuentran asociados a la ruta de los terpenoides, que contribuyen con la defensa en la planta. Estos metabolitos secundarios juegan un papel muy importante, en la atracción de los polinizadores, la defensa y la comunicación plantas (Mahmoud y Croteau, 2002; War *et al.* 2011). En trabajos posteriores se ha demostrado la sobreexpresión de nerolidol sintasa en fresa, este produce serolidol un alcohol sesquiterpénico que atrae al ácaro depredador *P. persimilis* (Kappers *et al.*, 2005).

En el trabajo de Gerofotis *et al.* (2013), se destacó el α -pineno como uno de los principales componentes del fruto de olivo, que atrae la feromona sexual femenina. También participa como atractivo de algunos depredadores a la feromona de su correspondiente presa. Hanks *et al.* (2012), evaluó α -pineno para la atracción de escarabajos *Cerambycid*, esta feromona se ha utilizado en cebo para trampas de escarabajos. Sin embargo, en el trabajo realizado por Tahmasebi *et al.* (2014), se demostró atracción del ácaro depredador *Phytoseiulus persimilis*, en cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) cuando este cultivo fue confrontado con el ácaro *T. urticae* el α -pineno fue uno de los componentes volátiles que participó en la atracción de depredadores, mediante selección olfativa.

En este caso cabe resaltar la diferencia de compuestos y mecanismos diferenciales de defensa desencadenados por la aplicación de la preparación homeopática a base de hojas infestadas con ácaros *T. urticae* que, a diferencia de los activados en el control con ácaro, el de abamectina, y la preparación homeopática con ácaros *T. urticae*, activó la producción de compuestos volátiles más enfocados a la repulsión de la oviposición más que a la defensa sistémica. No obstante, mantuvo aquellos relacionados con la atracción de enemigos naturales y el fortalecimiento de las defensas estructurales a partir de la producción de tricomas. También se mostró una inducción del sesquiterpeno α -muuroleno, en el trabajo de Kant *et al.* (2004), demostraron su inducción en plantas de tomate cuando se desafiaban con ácaros *T. urticae*. Además α -muuroleno es componente de aceites esenciales de diversas plantas. La planta *Calendula officinalis* contiene con actividades terapéuticas y antimicrobianas de manera *in vitro* (Okoh *et al.*, 2008).

También α -muuroleno se ha identificado como uno de los principales componentes en el aceite de *Eryngium billardieri* F. Delaroche, a partir del cual se obtuvo un 42.0% de control (Sefidkon, Dabiri y Alamshahi, 2004). Laborda *et al.* (2013), encontraron que α -muuroleno participó como complemento en aceites esenciales de romero (*Rosmarinus officinal*) y salvia (*Salvia officinalis*) y tuvo efecto acaricida contra *T. urticae* el cual redujo su crecimiento poblacional.

Los compuestos derivados de éster como 2(-Aziridinilettil)amina, pueden contribuir con la atracción de ácaros depredadores. Con el trabajo realizado por Soto (2013), se demostró la atracción de *Phytoseiulus macropilis* en plantas de fresa infestadas con *T. urticae* del 85% *P. macropilis* prefirieron plantas infestadas de *T. urticae* en comparación con las plantas no infestadas. En la evaluación de la producción de compuestos volátiles por cromatografía acoplada a masas, se observaron compuestos relacionados con alcoholes, de acuerdo al trabajo realizado por Wei y Kang (2011) los C6-alcoholes, participan en la defensa de las plantas de manera indirecta en interacciones tritróficas. Esto contribuye con la atracción de enemigos naturales.

De igual manera en los cuatro tratamientos analizados se observaron compuestos fenólicos, estos compuestos pudieran estar asociados al desencadenamiento de mecanismos de defensa en la planta, tal como se reportan en el trabajo realizado por Luczynski *et al.* (1990), quienes mencionan que estos compuestos se asocian con la resistencia contra el ácaro *T. urticae* al interaccionar con los fenólicos foliares totales.

Por lo anterior y dado que en este trabajo se detectó la producción de compuestos de defensa, se puede inferir que uno de los posibles mecanismos involucrados en el control de *T. urticae* por aplicación de las preparaciones homeopáticas, pudiera ser la inducción de defensas en la planta, no obstante, hace falta hacer más pruebas para comprobar esta hipótesis. De igual manera, se necesita evaluar la eficacia de las preparaciones homeopáticas para ser utilizadas como complemento en programas de biocontrol de plagas.

10. CONCLUSIONES

- La utilización de preparaciones homeopáticas permitió el control de *T. urticae*, lo que se vio reflejado en una menor severidad de daño por el ácaro. El preparado a partir de hojas infestadas con ácaro mostró un mayor efecto que el homeopático de ácaros.
- La aplicación de las preparaciones homeopáticas, como preventivos tuvo un efecto de control efectivo hasta por cuatro semanas.
- El uso de las preparaciones homeopáticas evidenció la producción diferencial de compuestos volátiles involucrados en distintos mecanismos de control del ácaro como la inducción de defensa primordialmente.

11. REFERENCIAS

- Afify, A. E.-M. M., Ali, F. S., y Turkey, A. (2012). Control of *Tetranychus urticae* Koch by extracts of three essential oils of *chamomile*, *marjoram* and *Eucalyptus*. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 2(1), 24-30.
- Aguilar, H., y Murillo, P. (2012). Nuevos hospederos y registros de ácaros fitófagos para Costa Rica: período 2008-2012. *Agronomía Costarricense*, 36(2), 12.
- Aharoni, A., Jongsma, M. A., y Bouwmeester, H. J. (2005). Volatile science? Metabolic engineering of terpenoids in plants. *Trends in plant science*, 10(12), 594-602.
- Almeida, Â., Galvão, J. C., Casali, V. W., Lima, E., y Miranda, G. (2010). Tratamientos homeopáticos e densidade populacional de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797)(Lepidóptera: Noctuidae) em plantas de milho no campo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. 2(2), 1-8.
- Amil-Ruiz, F., Blanco-Portales, R., Muñoz-Blanco, J., y Caballero, J. L. (2011). The strawberry plant defense mechanism: a molecular review. *Plant and Cell Physiology*, 52(11), 1873-1903.
- Argolo, S. (2012). Gestión integrada de la araña roja *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): optimización de su control biológico en clementinos. Tesis doctoral. *Departamento de Producción Vegetal, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia*.
- Argüelles, A., Plazas, N., Bustos, A., Cantor, F., Rodriguez, D., y Hilarion, A. (2013). Interaction Between Two Predator Mites of *Tetranychus urticae* Koch (Acariformes: Tetranychidae) in Laboratory. *Acta Biológica Colombiana*, 18(1), 137-148.
- Arimura, G.-I., Ozawa, R., y Maffei, M. E. (2011). Recent advances in plant early signaling in response to herbivory. *International journal of molecular sciences*, 12(6), 3723-3739.
- Attia, S., Grissa, K. L., Lognay, G., Bitume, E., Hance, T., y Mailleux, A. C. (2013). A review of the major biological approaches to control the worldwide pest

- Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. *Journal of pest science*, 86(3), 361-386.
- Ávila-Arce, A., y González-Milán, D. d. J. (2012). La competitividad de las fresas (*Fragaria* spp.) mexicanas en el mercado nacional, regional y de Estados Unidos. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 9(1), 17-27.
- Avitia-García, E., Pineda-Pineda, J., Castillo-González, A., Trejo-Téllez, L., Corona-Torres, T., y Cervantes-Urbán, E. (2014). Extracción nutrimental en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(5), 519-524.
- Ay, R., e Yorulmaz, S. (2010). Inheritance and detoxification enzyme levels in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) strain selected with chlorpyrifos. *Journal of pest science*, 83(2), 85-93.
- Badii, M., Landeros, J., y Cerda, E. (2015). Manejo Sustentable de Plagas o Manejo Integral de Plagas: Un apoyo al desarrollo sustentable. *CULCyT*, 4(23), 13-27.
- Badii, M., Landeros, J., y Cerna, E. (2010). Regulación Poblacional de Ácaros Plaga de Impacto Agrícola (Population Regulation of Pest Mites of Agricultural Significance). *Daena: International Journal of Good Conscience*, 5(1), 270-302.
- Bell, I., Muralidharan, S., y Schwartz, G. (2015). Nanoparticle characterization of traditional homeopathically-manufactured Gelsemium sempervirens medicines and placebo controls. *Journal of Nanomedicine & Biotherapeutic Discovery*, 5(3), 1.
- Bell, I. R., y Koithan, M. (2012). A model for homeopathic remedy effects: low dose nanoparticles, allostatic cross-adaptation, and time-dependent sensitization in a complex adaptive system. *BMC complementary and alternative medicine*, 12(1), 191.
- Blande, J. D., Holopainen, J. K., y Niinemets, Ü. (2014). Plant volatiles in polluted atmospheres: stress responses and signal degradation. *Plant, cell & environment*, 37(8), 1892-1904.
- Bonaventure, G. (2012). Perception of insect feeding by plants. *Plant Biology*, 14(6), 872-880.

- Broekgaarden, C., Caarls, L., Vos, I. A., Pieterse, C. M., y Van Wees, S. C. (2015). Ethylene: traffic controller on hormonal crossroads to defense. *Plant physiology*, 169(4), 2371-2379.
- Cai, L., Koziel, J. A., y O'Neal, M. E. (2015). Studying plant–insect interactions with solid phase microextraction: screening for airborne volatile emissions response of soybeans to the soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura (Hemiptera: Aphididae). *Chromatography*, 2(2), 265-276.
- Camarena Gutiérrez, G. (2009). Señales en la interacción planta insecto. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 15(1), 81-85.
- Cano, M. A. (2014). Estrategias biológicas para el manejo de enfermedades en el cultivo de fresa (*Fragaria* spp.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(2), 263-276.
- Casali, V., Castro, D., y Andrade, F. d. (2002). Pesquisa sobre homeopatia nas plantas. *Seminário Brasileiro Sobre Homeopatia na Agropecuária Orgânica*, 3, 16-25.
- Castro, F., y Dávalos, P. (1990). Etiología de la secadera o pudrición de la raíz y corona de la fresa en Irapuato, Gto. *Rev. Mex. Fitopatol*, 8, 80-86.
- Cazaux, M., Navarro, M., Bruinsma, K. A., Zhurov, V., Negrave, T., Van Leeuwen, T., . . . Grbic, M. (2014). Application of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* for plant-pest interaction studies. *Journal of visualized experiments: JoVE*(89), 1-2.
- Cluever, J. D., Smith, H. A., Nagle, C. A., Funderburk, J. E., y Frantz, G. (2016). Effect of insecticide rotations on density and species composition of thrips (Thysanoptera) in Florida strawberry (Rosales: Rosaceae). *Florida Entomologist*, 99(2), 203-209.
- Consejo Nacional de la Fresa (CONAFRE). (2008). Variedades de fresa utilizadas en México, <http://www.conafre.com/>.
- Connick Jr, W. J., Bradow, J. M., y Legendre, M. G. (1989). Identification and bioactivity of volatile allelochemicals from amaranth residues. *Journal of agricultural and food chemistry*, 37(3), 792-796.
- Conrath, U., Beckers, G. J., Flors, V., García-Agustín, P., Jakab, G., Mauch, F., . . . Pozo, M. J. (2006). Priming: getting ready for battle. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 19(10), 1062-1071.

- Core, R. J., Henning, J. A., y Gardea-Torresdey, J. (1994). Volatile compounds from *Medicago* spp. as potential signals for alfalfa weevil response. *Journal of agricultural and food chemistry*, 42(12), 2932-2936.
- Cui, S., Tan, S., Ouyang, G., Jiang, S., y Pawliszyn, J. (2009). Headspace solid-phase microextraction gas chromatography–mass spectrometry analysis of *Eupatorium odoratum* extract as an oviposition repellent. *Journal of Chromatography B*, 877(20), 1901-1906.
- Chávez Suárez, L., Álvarez Fonseca, A., y Ramírez Fernández, R. (2012). Apuntes sobre algunos reguladores del crecimiento vegetal que participan en la respuesta de las plantas frente al estrés abiótico. *Cultivos Tropicales*, 33(3), 47-56.
- Chen, G., Ma, X.-K., Jürgens, A., Lu, J., Liu, E.-X., Sun, W.-B., y Cai, X.-H. (2015). Mimicking livor mortis: a well-known but unsubstantiated color profile in sapromyiophily. *Journal of chemical ecology*, 41(9), 808-815.
- Chikramane, P. S., Suresh, A. K., Bellare, J. R., y Kane, S. G. (2010). Extreme homeopathic dilutions retain starting materials: A nanoparticulate perspective. *Homeopathy*, 99(4), 231-242.
- Chisholm, S. T., Coaker, G., Day, B., y Staskawicz, B. J. (2006). Host-microbe interactions: shaping the evolution of the plant immune response. *Cell*, 124(4), 803-814.
- Chowdhury, J. U., Bhuiyan, M. N. I., e Yusuf, M. (2008). Chemical composition of the leaf essential oils of *Murraya koenigii* (L.) Spreng and *Murraya paniculata* (L.) Jack. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 3(2), 59-63.
- Das, R., Biswas, S., y Banerjee, E. (2016). Nutraceutical-prophylactic and therapeutic role of functional food in health. *J Nutr Food Sci*, 6(4), 6.
- DE LA NAPPO, P. D. D. (2014). PD 03: Identificación morfológica de las arañas rojas (Tetranychidae) que afectan a las frutas importadas, www.nappo.org/index.php/download_file/view/351/224/, pp: 7-12.
- Días, J., Filho, J., Carmo, E., Simões, J., y Pádua, J. (2010). *Population fluctuation of spider mite Tetranychus urticae in different production systems of strawberry*. Paper

- presented at the XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 926, 625-630.
- Diaz-Puentes, L.-N. (2012). Resistencia sistémica adquirida mediada por el ácido salicílico. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 10(2), 257-267.
- Dicke, M. (2015). Herbivore-induced plant volatiles as a rich source of information for arthropod predators: fundamental and applied aspects. *Journal of the Indian Institute of Science*, 95(1), 35-42.
- Dicke, M., y Baldwin, I. T. (2010). The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles: beyond the 'cry for help'. *Trends in plant science*, 15(3), 167-175.
- Doares, S. H., Syrovets, T., Weiler, E. W., y Ryan, C. A. (1995). Oligogalacturonides and chitosan activate plant defensive genes through the octadecanoid pathway. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92(10), 4095-4098.
- Dudareva, N., Negre, F., Nagegowda, D. A., y Orlova, I. (2006). Plant volatiles: recent advances and future perspectives. *Critical reviews in plant sciences*, 25(5), 417-440.
- Duffey, S. S., y Stout, M. J. (1996). Antinutritive and toxic components of plant defense against insects. *Archives of insect biochemistry and physiology*, 32(1), 3-37.
- Fernández, O., Sandoval, M. F., Sanabria, M. E., y Vásquez, C. (2016). Efectividad in vitro del extracto etanólico de *Cymbopogon citratus* (DL) Stapf y hexythiazox sobre *Raoiella indica* Hirst. *Idesia (Arica)*, 34(2), 77-84.
- Flath, R. A., Light, D. M., Jang, E. B., Mon, T. R., y John, J. O. (1990). Headspace examination of volatile emissions from ripening papaya (*Carica papaya* L., Solo Variety). *Journal of agricultural and food chemistry*, 38(4), 1060-1063.
- Fürstenberg-Hägg, J., Zagrobelny, M., y Bak, S. (2013). Plant defense against insect herbivores. *International journal of molecular sciences*, 14(5), 10242-10297.
- Gama, E. V., Silva, F., Santos, I., Malheiro, R., Soares, A. C. F., Pereira, J. A., y Armond, C. (2015). Homeopathic drugs to control red rot disease in sisal plants. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 649-656.
- Gaquerel, E., Weinhold, A., y Baldwin, I. T. (2009). Molecular interactions between the specialist herbivore *Manduca sexta* (Lepidoptera, Sphingidae) and its natural host *Nicotiana attenuata*. VIII. An unbiased GCxGC-ToFMS analysis of the plant's elicited volatile emissions. *Plant physiology*, 149(3), 1408-1423.

- Gerofotis, C. D., Ioannou, C. S., y Papadopoulos, N. T. (2013). Aromatized to find mates: α -pinene aroma boosts the mating success of adult olive fruit flies. *PLoS ONE*, 8(11), e81336.
- Ghaderi, S., Minaei, K., Rowshan, V., y Ghamadyari, M. (2013). Toxicity and ovicidal activity of different plant extracts on two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Archives of phytopathology and plant protection*, 46(1), 120-126.
- Giesel, A., Boff, M. I. C., y Boff, P. (2012). The effect of homeopathic preparations on the activity level of *Acromyrmex* leaf-cutting ants. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 34(4), 445-451.
- Giesel, A., Boff, P., y Boff, M. I. C. (2016). Manejo ecológico de formigas cortadeiras *Atta sexdens piriventris* Emery (Hymenoptera: Formicidae) através do uso de diferentes metodologias e potências homeopáticas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 11(3), 322-328.
- Gomes, S. M. d. T. P., Romano, E. D. B., Pignoni, E., Teixeira, M. Z., y da Costa Vasconcelos, M. E. (2010). Effect of biotherapeutic of *Alternaria solani* on the early blight of tomato-plant and the *in vitro* development of the fungus. *International Journal of High Dilution Research*, 9(33), 147-155.
- Gong, W.-c., Chen, G., Liu, C.-q., Dunn, B. L., y Sun, W.-b. (2014). Comparison of floral scent between and within *Buddleja fallowiana* and *Buddleja officinalis* (Scrophulariaceae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 55, 322-328.
- González-Domínguez, S., Santillán-Galicia, M., González-Hernández, V., Suárez Espinosa, J., y González-Hernández, H. (2015). Variability in Damage Caused by the Mite *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae) Koch on Three Varieties of Strawberry. *Journal of economic entomology*, 108(3), 1371-1380.
- González Domínguez, S. G. (2015). Tolerancia de tres variedades mexicanas de fresa (*Fragaria x ananassa*) al ataque de *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae).
- Halitschke, R., Stenberg, J. A., Kessler, D., Kessler, A., y Baldwin, I. T. (2008). Shared signals—‘alarm calls’ from plants increase apparency to herbivores and their enemies in nature. *Ecology letters*, 11(1), 24-34.

- Hammerschmidt, R. (1999). Induced disease resistance: how do induced plants stop pathogens? : Elsevier. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 55, 77-84.
- Hanif, A., y Dawar, S. (2015). Fungicidal effects of homeopathic drugs in the control of root rot fungi and growth of leguminous and non leguminous crops. *Int. J. Biol. Biotech*, 12(1), 97-105.
- Hanks, L. M., Millar, J. G., Mongold-Diers, J. A., Wong, J. C., Meier, L. R., Reigel, P. F., y Mitchell, R. F. (2012). Using blends of cerambycid beetle pheromones and host plant volatiles to simultaneously attract a diversity of cerambycid species. *Canadian Journal of Forest Research*, 42(6), 1050-1059.
- Hanley, M. E., Lamont, B. B., Fairbanks, M. M., y Rafferty, C. M. (2007). Plant structural traits and their role in anti-herbivore defence. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 8(4), 157-178.
- Howe, G. A., y Jander, G. (2008). Plant immunity to insect herbivores. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 41-66.
- Islam, T., Biswas, M. J. H., Howlader, M. T. H., y Ullah, M. S. (2017). Laboratory evaluation of *Beauveria bassiana*, some plant oils and insect growth regulators against two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Persian Journal of Acarology*, 6(3).
- Jeun, Y. C., y Hwang, B. K. (1991). Carbohydrate, Amino acid, Phenolic and Mineral Nutrient Contents of Pepper Plants in Relation to Age-Related Resistance to *Phytophthora capsici*. *Journal of Phytopathology*, 131(1), 40-52.
- Jiménez-Hernández, S. Y., Hernández-Moreno, J. I., Núñez-Palenius, H. G., Alejandra, L., Arriola-Mosqueda, Y. J.-L. C., Angel-Sahagún, A., y de Irapuato, T. S. (2014). Evaluación de la efectividad de cepas nativas del estado de Guanajuato de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) sorokin sobre la araña roja (*Tetranychus urticae*, KOCH) en condiciones de laboratorio. *Entomología Mexicana*, 1, 310-314.
- Jiménez-Martínez, E., Mena-García, A., y Rayo-Cruz, I. (2016). Productos botánicos para el manejo del ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*, Banks.) (Acarina; Tarsonemidae), en chiltoma (*Capsicum annuum* L.), en Masaya, Nicaragua. *La Calera*, 15(24), 13-20.

- Kahl, J., Siemens, D. H., Aerts, R. J., Gäbler, R., Kühnemann, F., Preston, C. A., y Baldwin, I. T. (2000). Herbivore-induced ethylene suppresses a direct defense but not a putative indirect defense against an adapted herbivore. *Planta*, 210(2), 336-342.
- Kant, M. R., Ament, K., Sabelis, M. W., Haring, M. A., y Schuurink, R. C. (2004). Differential timing of spider mite-induced direct and indirect defenses in tomato plants. *Plant physiology*, 135(1), 483-495.
- Kappers, I. F., Aharoni, A., Van Herpen, T. W., Luckerhoff, L. L., Dicke, M., y Bouwmeester, H. J. (2005). Genetic engineering of terpenoid metabolism attracts bodyguards to Arabidopsis. *Science*, 309(5743), 2070-2072.
- Kaviraj, V. (2006). Homoeopathy for Farm and Garden. Germany: Mark Moodie. Narayana Verlag, pp: 52-89.
- Kennedy, G. G. (2003). Tomato, pests, parasitoids, and predators: tritrophic interactions involving the genus *Lycopersicon*. *Annual review of entomology*, 48(1), 51-72.
- Kessel Domini, A. (2012). Mejora genética de la fresa (*Fragaria ananassa* Duch.), a través de métodos biotecnológicos. *Cultivos Tropicales*, 33(3), 34-41.
- Kessler, A., y Baldwin, I. T. (2002). Plant responses to insect herbivory: the emerging molecular analysis. *Annual review of plant biology*, 53(1), 299-328.
- Kim, S.-j., Rahman, M. M., Lee, M.-k., Seo, J. M., Arasu, M. V., Suzuki, T., . . . Shim, J.-h. (2014). Identification and quantification of volatile and phenolic compounds composition in Buckwheat Sprouts by GC/MS and HPLC. *Asian Journal of Chemistry*, 26(3), 777.
- Kohler, A., Schwindling, S., y Conrath, U. (2002). Benzothiadiazole-induced priming for potentiated responses to pathogen infection, wounding, and infiltration of water into leaves requires the NPR1/NIM1 gene in Arabidopsis. *Plant physiology*, 128(3), 1046-1056.
- Krist, S., Bail, S., Unterweger, H., Ngassoum, M. B., Mohagir, A. M., y Buchbauer, G. (2006). Volatile compounds of original African black and white shea butter from Tchad and Cameroon. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108(7), 583-588.

- Kumari, S., Chauhan, U., Kumari, A., y Nadda, G. (2017). Comparative toxicities of novel and conventional acaricides against different stages of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(2), 191-196.
- Laborda, R., Manzano, I., Gamón, M., Gavidia, I., Pérez-Bermúdez, P., y Boluda, R. (2013). Effects of *Rosmarinus officinalis* and *Salvia officinalis* essential oils on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Industrial Crops and Products*, 48, 106-110.
- Lawton, K., Weymann, K., Friedrich, L., Vernooij, B., Uknes, S., y Ryals, J. (1995). Systemic acquired resistance in Arabidopsis requires salicylic acid but not ethylene. *MPMI-Molecular Plant Microbe Interactions*, 8(6), 863-870.
- León López, L., Guzmán-Ortíz, D. L. A., García Berumen, J. A., Chávez Marmolejo, C. G., y Peña-Cabriales, J. J. (2014). Consideraciones para mejorar la competitividad de la región " El Bajío" en la producción nacional de fresa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(4), 673-686.
- Li, C., Schillmiller, A. L., Liu, G., Lee, G. I., Jayanty, S., Sageman, C., . . . Kobayashi, Y. (2005). Role of β -oxidation in jasmonate biosynthesis and systemic wound signaling in tomato. *The plant cell*, 17(3), 971-986.
- Liburd, O. E., White, J. C., Rhodes, E. M., y Browdy, A. A. (2007). The residual and direct effects of reduced-risk and conventional miticides on twospotted spider mites, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and predatory mites (Acari: Phytoseiidae). *Florida Entomologist*, 90(1), 249-257.
- Luczynski, A., Isman, M., y Raworth, D. (1990). Strawberry foliar phenolics and their relationship to development of the twospotted spider mite. *Journal of economic entomology*, 83(2), 557-563.
- Madriz Ordeñaña, K. (2002). Mecanismos de defensa en las interacciones planta-patógeno.

- Mahmoud, S. S., y Croteau, R. B. (2002). Strategies for transgenic manipulation of monoterpene biosynthesis in plants. *Trends in plant science*, 7(8), 366-373.
- Małolepsza, U. (2005). Spatial and temporal variation of reactive oxygen species and antioxidant enzymes in o-hydroxyethylrutin-treated tomato leaves inoculated with *Botrytis cinerea*. *Plant pathology*, 54(3), 317-324.
- Martinez, E. C. N., Toro, H. A., Guevara, J. A. L., y Bacca, T. (2014). Evaluación de soluciones homeopáticas para controlar *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidóptera: Crambidae) en cultivo de lulo. *Ingresar a la revista*, 12(1).
- Mattiacci, L., Dicke, M., y Posthumus, M. A. (1995). beta-Glucosidase: an elicitor of herbivore-induced plant odor that attracts host-searching parasitic wasps. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92(6), 2036-2040.
- McMurtry, J., y Croft, B. (1997). Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annual review of entomology*, 42(1), 291-321.
- Meiser, W., Buchel, K. H., Kramer, W., y Grewe, F. (1979). 1-Substituted-1, 2, 4-triazole fungicidal compositions and methods for combatting fungi that infect or attack plants: Google Patents. 550(4), 47-49.
- Mendoza Rodriguez, E. (1998). Aspectos generales de la fresa (*Fragaria* spp). Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Tesis de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Buenavista, Saltillo. 43-52.
- Milet-Pinheiro, P., Ayasse, M., Dobson, H. E., Schindwein, C., Francke, W., y Dötterl, S. (2013). The chemical basis of host-plant recognition in a specialized bee pollinator. *Journal of chemical ecology*, 39(11-12), 1347-1360.
- Mo, T.-L., y Liu, T.-X. (2006). Biology, life table and predation of *Feltiella acarisuga* (Diptera: Cecidomyiidae) feeding on *Tetranychus cinnabarinus* eggs (Acari: Tetranychidae). *Biological Control*, 39(3), 418-426.
- Modolon, T. A., Boff, P., Boff, M. I. C., y Miquelluti, D. J. (2012). Homeopathic and high dilution preparations for pest management to tomato crop under organic production system. *Horticultura Brasileira*, 30(1), 51-57.
- Murray, M., y Alston, D. (2013). Plagas Frutales: Manzana. Universidad Estatal de Utah y el Laboratorio de Diagnóstico de Plagas de Utah. UTAH PESTS Fact Sheet, 7.

- Nabity, P. D., Zavala, J. A., y DeLucia, E. H. (2013). Herbivore induction of jasmonic acid and chemical defences reduce photosynthesis in *Nicotiana attenuata*. *Journal of experimental botany*, 64(2), 685-694.
- Numa, S., Rodríguez, L., Rodríguez, D., y Coy-Barrera, E. (2015). Susceptibility of *Tetranychus urticae* Koch to an ethanol extract of *Cnidioscolus aconitifolius* leaves under laboratory conditions. *SpringerPlus*, 4(1), 338.
- Nunes, C. C., y Alves, S. A. M. (2012). Elaboração e validação de escala diagramática para quantificação da severidade de entomosporiose em folhas de pereira. *Embrapa Uva e Vinho-Artigo em periódico indexado (ALICE)*. 9(33), 240.
- Nunes, C. E., Peñaflores, M. F. G., Bento, J. M. S., Salvador, M. J., y Sazima, M. (2016). The dilemma of being a fragrant flower: the major floral volatile attracts pollinators and florivores in the euglossine-pollinated orchid *Dichaea pendula*. *Oecologia*, 182(4), 933-946.
- Nürnberger, T., Brunner, F., Kemmerling, B., y Piater, L. (2004). Innate immunity in plants and animals: striking similarities and obvious differences. *Immunological reviews*, 198(1), 249-266.
- Nyoike, T. W., y Liburd, O. E. (2013). Effect of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on marketable yields of field-grown strawberries in North–Central Florida. *Journal of economic entomology*, 106(4), 1757-1766.
- Ochoa, R. (1991). *Acaros fitófagos de América Central: guía ilustrada*: Catie. Turrialba, Costa Rica. 171.
- Okoh, O., Sadimenko, A., Asekun, O., y Afolayan, A. (2008). The effects of drying on the chemical components of essential oils of *Calendula officinalis* L. *African Journal of Biotechnology*, 7(10).
- Oldroyd, G. E. (2013). Speak, friend, and enter: signalling systems that promote beneficial symbiotic associations in plants. *Nature reviews. Microbiology*, 11(4), 252.
- Oliveira, J. S., Schwan-Estrada, K. R., y Bonato, C. M. (2017). Homeopatas de óleos essenciais sobre a germinação de esporos e indução de fitoalexinas. *Revista Ciência Agronômica*, 48(1), 208.

- Oliveira, J. S. B., Maia, A. J., Schwan-Estrada, K., Freitas, a. R., Bonato, C. M., Carneiro, S. M. T. P. G., y Picoli, M. H. S. (2014). Activation of biochemical defense mechanisms in bean plants for homeopathic preparations. *African Journal of Agricultural Research*, 9(11), 971-981.
- Olmos-Oropeza, G., Martínez-Montoya, J., Gómez-González, A., Aquino-Pérez, A., Palacio-Núñez, J., Bravo-Vinaja, A., y Ruiz-Vera, V. (2015). Potencial productivo y rentabilidad del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* (Weston) Duchesne) en Salinas, San Luis Potosí, México. *Agroproductividad*, 8(4), 69.
- Ong, P. K., Acree, T. E., y Lavin, E. H. (1998). Characterization of volatiles in rambutan fruit (*Nephelium lappaceum* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 46(2), 611-615.
- Ottaviano, M. F. G., Sánchez, N. E., Roggiro, M. F., y Greco, N. M. (2013). Performance of *Tetranychus urticae* and *Neoseiulus californicus* on strawberry cultivars and assessment of the effect of glandular trichomes. *Arthropod-Plant Interactions*, 7(5), 547-554.
- Paré, P. W., y Tumlinson, J. H. (1996). Plant volatile signals in response to herbivore feeding. *Florida Entomologist*, 79, 93-103.
- Paschold, A., Halitschke, R., y Baldwin, I. T. (2006). Using 'mute' plants to translate volatile signals. *The Plant Journal*, 45(2), 275-291.
- Paulus, A. O. (1990). Fungal diseases of strawberry. *HortScience*, 25(8), 885-889.
- Pichersky, E., Noel, J. P., y Dudareva, N. (2006). Biosynthesis of plant volatiles: nature's diversity and ingenuity. *Science*, 311(5762), 808-811.
- Pieterse, C. M., y van Loon, L. C. (1999). Salicylic acid-independent plant defence pathways. *Trends in plant science*, 4(2), 52-58.
- Pino, O., Sánchez, Y., Rojas, M. M., Rodríguez, H., Abreu, Y., Duarte, Y., . . . Martínez, D. (2011). Composición química y actividad plaguicida del aceite esencial de *Melaleuca quinquenervia* (Cav) ST Blake. *Revista de Protección Vegetal*, 26(3), 177-186.
- Poelman, E. H., Zheng, S.-J., Zhang, Z., Heemskerk, N. M., Cortesero, A.-M., y Dicke, M. (2011). Parasitoid-specific induction of plant responses to parasitized herbivores

- affects colonization by subsequent herbivores. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(49), 19647-19652.
- Pozo, M. J., Van Loon, L., y Pieterse, C. M. (2004). Jasmonates-signals in plant-microbe interactions. *Journal of Plant Growth Regulation*, 23(3), 211-222.
- Qi, X.-L., Li, T.-T., Wei, Z.-F., Guo, N., Luo, M., Wang, W., . . . Peng, X. (2014). Solvent-free microwave extraction of essential oil from pigeon pea leaves [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] and evaluation of its antimicrobial activity. *Industrial Crops and Products*, 58, 322-328.
- Ramírez Gómez, M., y Rodríguez, A. (2012). Mecanismos de defensa y respuestas de las plantas en la interacción micorrícica: una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(1), 271-284.
- Rembold, H., Wallner, P., Nitz, S., Kollmannsberger, H., y Drawert, F. (1989). Volatile components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed. *Journal of agricultural and food chemistry*, 37(3), 659-662.
- Rissato, B. B., Stangarlin, J., Renato, e., Coltro-Roncato, S., Dildey, O. D. F., Gonçalves, E. D. V., . . . Figueira, E. P. P. (2016). Control of white mold in bean plants by homeopathic medicines. *African Journal of Agricultural Research*, 11(24), 2174-2178.
- Rodríguez-Saona, C. (2012). La ecología química de interacciones tri-tróficas. *Temas selectos en Ecología química de insectos. El colegio de la Frontera Sur, Tapachula*, 315-341.
- Rodríguez, H., Montoya, A., Pérez-Madruga, Y., y Ramos, M. (2013). Reproducción masiva de ácaros depredadores Phytoseiidae: retos y perspectivas para Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 28(1), 12-22.
- Rojas, Y. A. S., Sosa, F., y de Camacaro, M. P. (2015). Registros de noctuidos (Lepidoptera: Noctuidae) asociados al cultivo de fresa en el occidente de Venezuela. *Entomotropica*, 30, 193-200.
- Romanucci, V., Di Fabio, G., D'Alonzo, D., Guaragna, A., Scapagnini, G., y Zarrelli, A. (2017). Traditional uses, chemical composition and biological activities of *Sideritis raeseri* Boiss. & Heldr. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(2), 373-383.

- Rondon, S. I., Price, J. F., Liburd, O. E., Francis, R., y Cantliffe, D. J. (2005). *Neoseiulus californicus* McGregor: A predatory mite species for controlling two-spotted spider mites in strawberries. *Univ. of Fla., IFAS, Coop. Ext. Serv. Gainesville, FL. EDIS HS245*. 13.
- Rosales Madinaveitia, A. (2015). Efecto del medicamento homeopatico *Carbo vegetabilis* en el crecimiento del nogal pecanero (*Carya illinoensis*) en la region de Nazas, Durango. Tesis Ingeniero en Procesos Ambientales. Universidad Autónoma Agraria, 10-14.
- Rott, A., y Ponsonby, D. (2000). Improving the control of *Tetranychus urticae* on edible glasshouse crops using a specialist coccinellid (*Stethorus punctillum* Weise) and a generalist mite (*Amblyseius californicus* McGregor) as biocontrol agents. *Biocontrol Science and Technology*, 10(4), 487-498.
- Ruiz Lopez, M., y Madinaveitia Rios, D. H. (2012). Agricultura inocua II. Agrohomeopatía empleada para un mejor adaptacion del nogal pecanero (*Carya illionensis*) en la region de Nazas, Dgo. Universidad Autónoma Agraria, 8-9.
- Ryals, J. A., Neuenschwander, U. H., Willits, M. G., Molina, A., Steiner, H.-Y., y Hunt, M. D. (1996). Systemic acquired resistance. *The plant cell*, 8(10), 1809.
- SAGARPA (Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación) 2014. <http://www.gob.mx/sagarpa>, consultado en el 2017.
- SAGARPA (Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación) 2016. <http://www.gob.mx/sagarpa>, consultado en el 2017.
- SAGARPA (Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación) 2017. <http://www.gob.mx/sagarpa>, consultado en el 2017.
- Sánchez-Saavedra, M. G., Cortez-Madrigal, H., y Cristobal-Acevedo, D. (2012). Infectividad de *Heterorhabditis indica* (Rhabditida: Heterorhabditidae) en adultos y larvas de gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 18(3), 383-394.
- Schuster, R., y Pritchard, A. (1963). Phytoseiid mites of California. *Hilgardia*, 34(7), 191-285.

- Sefidkon, F., Dabiri, M., y Alamshahi, A. (2004). Chemical composition of the essential oil of *Eryngium billardieri* F. Delaroche from Iran. *Journal of essential oil research*, 16(1), 42-43.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2016. <http://www.gob.mx/siap>, consultado en el 2017.
- Silva, H. A. d., Parizotto, A. V., Moreira, F. C., Marques, R. M., Reis, B., y Bonato, C. M. (2012). The effect of high dilutions of *Pulsatilla nigricans* on the vigour of soybean seeds subjected to accelerated aging. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 34(2), 201-206.
- Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., y Sochor, J. (2015). Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *International journal of molecular sciences*, 16(10), 24673-24706.
- Soto, A. (2013). Manejo alternativo de ácaros plaga. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 30(2), 34-44.
- Soto, A., Oliveira, H. G., y Pallini, A. (2011). Integración de control biológico y de productos alternativos contra *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 14(1), 23-29.
- Spoel, S. H., y Dong, X. (2012). How do plants achieve immunity? Defence without specialized immune cells. *Nature reviews. Immunology*, 12(2), 89.
- Strand, L. L. (2008). *Integrated pest management for strawberries* (Vol. 3351): UCANR Publications. 142.
- Sun, L., Xiao, H.-J., Gu, S.-H., Guo, Y.-Y., Liu, Z.-W., y Zhang, Y.-J. (2014). Perception of potential sex pheromones and host-associated volatiles in the cotton plant bug, *Adelphocoris fasciaticollis* (Hemiptera: Miridae): morphology and electrophysiology. *Applied entomology and zoology*, 49(1), 43-57.
- Swarowsky, R. A., Stangarlin, J. R., Kunh, O. J., Estevez, R. L., Mioranza, T. M., y Muller, M. A. (2014). Influence of High Dilutions of *Cina* for the Control of *Meloidogyne incognita* in Tomato Plants. *American Journal of Plant Sciences*, 5(25), 3695.
- Tahmasebi, Z., Mohammadi, H., Arimura, G.-i., Muroi, A., y Kant, M. R. (2014). Herbivore-induced indirect defense across bean cultivars is independent of their degree of direct resistance. *Experimental and Applied Acarology*, 63(2), 217-239.

- Tamai, M., Alves, S., de Almeida, J., y Faion, M. (2002). Avaliação de fungos entomopatogênicos para o controle de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 69(3), 77-84.
- Toledo, M., Stangarlin, J., y Bonato, C. (2004). Homeopathy for the control of plant pathogens. *physiology*, 19(20), 21.
- Topolska, K., Filipiak-Florkiewicz, A., Florkiewicz, A., y Cieslik, E. (2017). Fructan stability in strawberry sorbets in dependence on their source and the period of storage. *European Food Research and Technology*, 243(4), 701-709.
- Turlings, T., y Tumlinson, J. H. (1992). Systemic release of chemical signals by herbivore-injured corn. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89(17), 8399-8402.
- Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A., Dermauw, W., y Tirry, L. (2010). Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. *Insect biochemistry and molecular biology*, 40(8), 563-572.
- Vet, L. E., y Dicke, M. (1992). Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annual review of entomology*, 37(1), 141-172.
- Vicentini, V. B., Pratisoli, D., Queiroz, V. T. d., Costa, A. V., Pinheiro, P. F., Zinger, F. D., y Rondelli, V. M. (2015). Ethanol extract of *Cymbopogon winterianus* on mortality and number of eggs of *Tetranychus urticae*. *Ciência Rural*, 45(7), 1154-1159.
- Villabona, D. A., Barrera, A., García, A. H., Rodríguez, A. B., y Rincón, F. C. (2017). Evaluación de la Efectividad de Dos Hongos Entomopatogenos y Un Extracto Vegetal, para el Control de *Tetranychus urticae*, en Condiciones de Laboratorio. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 4(1-2), 62-69.
- Villegas-Elizalde, S. E., Rodríguez-Maciel, J. C., Anaya-Rosales, S., Sánchez-Arroyo, H., Hernández-Morales, J., y Bujanos-Muñiz, R. (2010). Resistencia a Acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch) asociada al cultivo de fresa en Zamora, Michoacán, México. *Agrociencia*, 44(1), 75-81.
- Vivanco, J. M., Cosio, E., Loyola-Vargas, V. M., y Flores, H. E. (2005). Mecanismos químicos de defensa en las plantas. *Investigación y ciencia*, 341(2), 68-75.

- Vlot, A. C., Klessig, D. F., y Park, S.-W. (2008). Systemic acquired resistance: the elusive signal (s). *Current opinion in plant biology*, 11(4), 436-442.
- Wang, R., Zong, S.-X., Yu, L.-F., Lu, P.-F., y Luo, Y.-Q. (2014). Rhythms of volatile release from female and male sea buckthorn plants and electrophysiological response of sea buckthorn carpenter moths. *Journal of plant interactions*, 9(1), 763-774.
- War, A. R., Paulraj, M. G., Ahmad, T., Buhroo, A. A., Hussain, B., Ignacimuthu, S., y Sharma, H. C. (2012). Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant signaling & behavior*, 7(10), 1306-1320.
- War, A. R., Sharma, H. C., Paulraj, M. G., War, M. Y., y Ignacimuthu, S. (2011). Herbivore induced plant volatiles: their role in plant defense for pest management. *Plant signaling & behavior*, 6(12), 1973-1978.
- Wasternack, C., y Hause, B. (2002). Jasmonates and octadecanoids: signals in plant stress responses and development. *Progress in nucleic acid research and molecular biology*, 72, 165-221.
- Wei, J., y Kang, L. (2011). Roles of (Z)-3-hexenol in plant-insect interactions. *Plant signaling & behavior*, 6(3), 369-371.
- Wyss, E., Tamm, L., Siebenwirth, J., y Baumgartner, S. (2010). Homeopathic preparations to control the rosy apple aphid (*Dysaphis plantaginea* Pass.). *The Scientific World Journal*, 10, 38-48.
- Zambrano, A. (2015). Revista_ElAgro. Obtenido de <http://www.revistaelagro.com/2013/12/18/agricultores-le-apuestan-al-cultivo-de-fresas/> [consultado 13 de Junio del 2017].
- Zavala, J. A. (2010). Respuestas inmunológicas de las plantas frente al ataque de insectos. *Ciencia hoy: Asociación Ciencia Hoy*, 20(117), 52-59.
- Zhang, Z.-Q. (2003). *Mites of greenhouses: identification, biology and control*: Cabi. Publishing, CAB International, Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK. 54-61.
- Zou, C., Li, Z., e Yu, D. (2010). *Bacillus megaterium* strain XTBG34 promotes plant growth by producing 2-pentylfuran. *The Journal of Microbiology*, 48(4), 460-466.