



Universidad Politécnica de Cartagena  
Departamento de Producción Vegetal

Evaluación de la actividad insecticida de  
cuatro aceites esenciales contra mosca  
blanca -*Bemisia tabaci* (Genandius)-

TRABAJO FIN DE GRADO

Sonia Marín Martínez

Octubre 2017



Universidad Politécnica de Cartagena  
Departamento de Producción Vegetal

Evaluación de la actividad insecticida de  
cuatro aceites esenciales contra mosca  
blanca -*Bemisia tabaci* (Genandius)-

TRABAJO FIN DE GRADO

D<sup>a</sup>. Josefina Contreras Gallego

Sonia Marín Martínez

# ÍNDICE GENERAL

I.	RESUMEN.....	1
II.	ABSTRACT .....	2
III.	INTRODUCCIÓN .....	3
1.	<i>Bemisia tabaci</i> .....	6
2.1.1.	Clasificación taxonómica .....	6
2.1.2.	Biotipo o especie .....	6
2.1.3.	Morfología .....	8
2.1.4.	Biología .....	10
2.1.5.	Hospedantes .....	11
2.1.6.	Daños .....	11
2.	Métodos de control.....	14
2.1.	Control Integrado de Plagas (CIP) .....	14
2.2.	Control Integrado de <i>Bemisia tabaci</i> .....	16
3.	Aceites esenciales como control .....	20
IV.	OBJETIVOS .....	27
V.	MATERIAL Y MÉTODOS .....	28
2.1.	Cría y mantenimiento de poblaciones de <i>Bemisia tabaci</i> .....	28
2.1.1.	Materiales.....	28
2.1.2.	Método de cría de <i>Bemisia tabaci</i> .....	29
2.2.	Bioensayo por toxicidad volátil .....	29
2.2.1.	Materiales.....	29
2.2.2.	Método .....	30
2.2.1.	Ensayo para determinar el rango de concentración.....	31
2.2.3.	Ensayo de eficacia.....	32
VI.	RESULTADOS.....	34
6.1.	Determinación del rango de concentraciones .....	34
5.1.3.	Aceite de lavanda.....	36
5.1.4.	Aceite de romero .....	37
6.2.	Ensayos de eficacia .....	38
5.2.1.	Aceite de hinojo .....	38
5.2.2.	Aceite de tomillo.....	40
5.2.3.	Aceite de lavanda.....	42
5.2.4.	Aceite de romero .....	44
VII.	CONCLUSIONES .....	48
VIII.	BIBLIOGRAFÍA .....	49

## I. RESUMEN

La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) es una de las plagas con mayor impacto económico a nivel mundial, ya que es vector de un gran número de virosis, las cuales causan grandes pérdidas tanto en cultivos hortícolas como en ornamentales.

El control de esta plaga se ha realizado mayoritariamente a través de métodos químicos, llevando su uso excesivo a provocar problemas de resistencias, así como problemas ambientales. Los aceites esenciales presentan propiedades insecticidas, por lo que su uso se podría implementar en la Gestión Integrada de Plagas (GIP).

En este trabajo se ha evaluado en condiciones de laboratorio la toxicidad volátil en adultos de *B. tabaci*, de cuatro aceites esenciales de plantas aromáticas que se pueden encontrar en la Cuenca Mediterránea: hinojo, lavanda, tomillo y romero.

En los resultados obtenidos se puede observar que los cuatro aceites son efectivos contra los adultos de *B. tabaci*, siendo el de tomillo el que presenta una mayor mortalidad, el de hinojo y lavanda presentan una efectividad similar e intermedia y el de romero el menos efectivo. El uso de estos aceites, combinado con el resto de técnicas de GIP podría reducir la presión de selección de la resistencia.

## II. ABSTRACT

The whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889), is one of the pests with the greatest economic impact worldwide, because it is a vector of a large number of virus, which cause great losses in both horticultural and ornamental crops.

The control of this pest has been carried out mainly through chemical methods, causing its excessive use to resistance, as well as environmental problems. Essential oils have insecticidal properties, so their use could be implemented in Integrated Pest Management (IPM).

In this work it has been evaluated the volatile toxicity in adults of *B. tabaci* for four essential oils of aromatic plants that can be found in the Mediterranean Basin: fennel, lavender, thyme and rosemary.

In the results obtained, it can be observed that the four oils are effective against the adults of *B. tabaci*. The thyme oil shows the highest mortality, the fennel oil and the lavender oil present a similar and intermediate effectiveness and the rosemary oil is the least effective. The use of these oils combined with the rest of IPM techniques could reduce pressure selection of resistance.

### III. INTRODUCCIÓN

La agricultura actual basada en la producción de monocultivos a gran escala ha provocado problemas importantes, en cuanto a enfermedades y plagas resistentes y especializadas en las plantas cultivadas (Brechelt, 2004).

Las plagas y las enfermedades de las plantas tienen serias repercusiones en la producción de alimentos: todos los años la producción agrícola mundial se reduce del 20 al 40 por ciento a causa de éstas, según estimaciones de la Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) con sede en la FAO (FAO, 2012). Otra amenaza son las nuevas plagas, que preocupan tanto a los importadores como a la Administración por dos razones: primero, porque suponen un aumento en los costes de producción por los gastos que conllevan los tratamientos preventivos o para su eliminación, segundo, por las pérdidas que representan los frutos contaminados que acaban no pudiendo comercializarse y, sobre todo, por el riesgo de que una de esas plagas acabe afectando a las propias plantaciones, lo que supondría la ruina para el cultivo (Campos, 2014).

Un ejemplo de plaga importada que causa graves pérdidas económicas a los cultivos es la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius). La especie se encuentra ampliamente distribuida por la geografía mundial afectando a una gran cantidad de cultivos. Sus daños no sólo son directos, sino que además es capaz de transmitir una gran cantidad de virosis. Por sus características biológicas y de comportamiento se considera una plaga de difícil control.

Los problemas fitosanitarios se combaten desde hace mucho tiempo principalmente con insecticidas químicos. De acuerdo con la CIPF, las ventas mundiales de plaguicidas para combatir las plagas de las plantas ascienden en torno a los 45 mil millones de USD al año (FAO, 2012). Pero el uso indiscriminado de químicos en la protección de los cultivos ha causado graves problemas en la salud humana y en el medio ambiente. Tampoco ha podido eliminar o reducir las plagas y enfermedades que han atacado los cultivos. La situación ha empeorado por la aplicación permanente de sustancias químicas, que ha causado que los insectos y otros organismos se muestren resistentes a estas sustancias, esto quiere decir que ya no muestran ningún efecto, y requieran

una dosis cada vez mayor. Si en el año 1938 existían tan solo 7 especies de insectos resistentes a los 5 grupos de insecticidas más importantes (Organoclorados, Organofosforados, Carbamatos, Piretrinas y Biorracionales), hoy en día prácticamente no existen organismos dañinos de importancia económica que no hayan desarrollado resistencia, como mínimo contra una sustancia activa. Estos efectos han aumentado de una manera extraordinaria los costes de producción, con resultados muy negativos acerca de la competitividad en el mercado mundial, tanto en el precio como en la calidad del producto (Brechelt, 2004). *B. tabaci* no es una excepción y se ha descrito como resistente a más de 45 materias activas distintas, entre las que se encuentran imidacloprid, pimetozina, buprofezín, piriproxifén o alfa-cipermetrín entre otros (Elbert et al., 2000; Nauen et al., 2002; Cahill et al. 1996; Horowitz et al. 1994; Roditakis et al. 2010). La resistencia a los neonicotinoides en *B. tabaci* fue documentada por primera vez en una cepa del tipo Q proveniente de Almería en 1994 (Cahill, 1996). En estudios sobre las resistencias de *B. tabaci* en el sureste español (Fernández, et al. 2009), se encontraron diferencias con informes previos, ya que se comprobó que existía un elevado índice de eficacia de numerosas clases de insecticidas contra poblaciones de mosca blanca. Esta reducción posiblemente sea consecuencia del incremento de la utilización del Control Integrado de Plagas. Sin embargo, la continua presencia de genes de resistencia también sugiere que una vuelta a elevados niveles de exposición a insecticidas puede dar lugar a una rápida selección para la resistencia.

Los resultados negativos del uso exagerado de los plaguicidas han causado reacciones en todo el mundo. Se ha buscado una solución a los graves peligros que los químicos pueden causar al medio ambiente y la vida humana. Muchas instituciones están en la búsqueda de alternativas menos dañinas, aprovechando las defensas naturales de los organismos y reorganizando completamente las técnicas de cultivo.

Un compromiso, que han aceptado todas las partes implicadas en la agricultura, es el Manejo o Control Integrado de Plagas (CIP) (Brechelt, 2004). Desde 2014 en España, como país miembro de la Unión Europea y con el objetivo de conseguir un uso sostenible de plaguicidas, existe la obligación de que la Sanidad de los Cultivos se gestione bajo los principios de la Gestión Integrada de Plagas (GIP). Aunque cada vez

se le da más importancia a las medidas preventivas (métodos indirectos de control) y al control biológico, en el caso de algunas plagas, como es *B. tabaci*, el control se sigue haciendo fundamentalmente con métodos químicos. Como la especie se muestra resistente a muchos de los insecticidas permitidos para su control, es necesario buscar nuevas sustancias que sean eficaces contra la mosca blanca y a la vez sean menos contaminantes para el medio ambiente.

Los aceites esenciales podrían ser una alternativa natural para reducir el uso indiscriminado de productos químicos, menos tóxica que otros insecticidas químicos. Existen varios trabajos en los que se muestra el potencial insecticida de los aceites esenciales contra diferentes plagas agrícolas, pero muchos de los aceites que utilizan proceden de plantas que no son comunes en nuestra geografía. Por otra parte aún queda mucho que avanzar en lo que se refiere a modo de acción, posibles efectos fitotóxicos, efectos secundarios en la fauna útil, etc.

En este contexto, este trabajo, siguiendo la metodología puesta a punto por Hernández (2014), en un trabajo fin de grado anterior, pretende mostrar la eficacia de cuatro aceites esenciales procedente de plantas comunes en nuestra geografía como son el romero, tomillo, lavanda e hinojo contra *Bemisia tabaci*.



## 1. *Bemisia tabaci*

*Bemisia tabaci*, conocida como la mosca blanca del tabaco, es una de las especies de aleiródidos que representa un serio problema económico en la actualidad a nivel mundial, en cultivos hortícolas y ornamentales, debido a las severas pérdidas productivas que ocasiona. Al daño directo que ocasiona al alimentarse, hay que añadir la excrección de melaza, que favorece la aparición del hongo negrilla y la transmisión de numerosas virosis.

Se encuentra ampliamente distribuida por todo el mundo, pero su presencia es mayor en zonas de clima templado, incluida la Cuenca Mediterránea, en la que muestra una especial virulencia.

### 2.1.1. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la especie *Bemisia tabaci* (Gennadius) es la siguiente:

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Subclase: Pterygota

División: Exopterygota

Orden: Hemiptera

Suborden: Sternorrhyncha

Superfamilia: Aleyrodoidea

Familia: Aleyrodidae

Subfamilia: Aleyrodinae

Género: *Bemisia*

Especie: *tabaci*

### 2.1.2. Biotipo o especie

*Bemisia tabaci* tiene distintos biotipos. Lamentablemente los biotipos indígenas de *B. tabaci* han ido siendo desplazados por otros más prolíficos y eficaces en la transmisión

de virus como son los biotipos B y Q. Este último es aún más resistente a insecticidas (Velasco, 2015).

Los biotipos B y Q son nativos de la zona oriental de África y la región del Mediterráneo, incluyendo el norte de África, respectivamente (Brown, 2007).

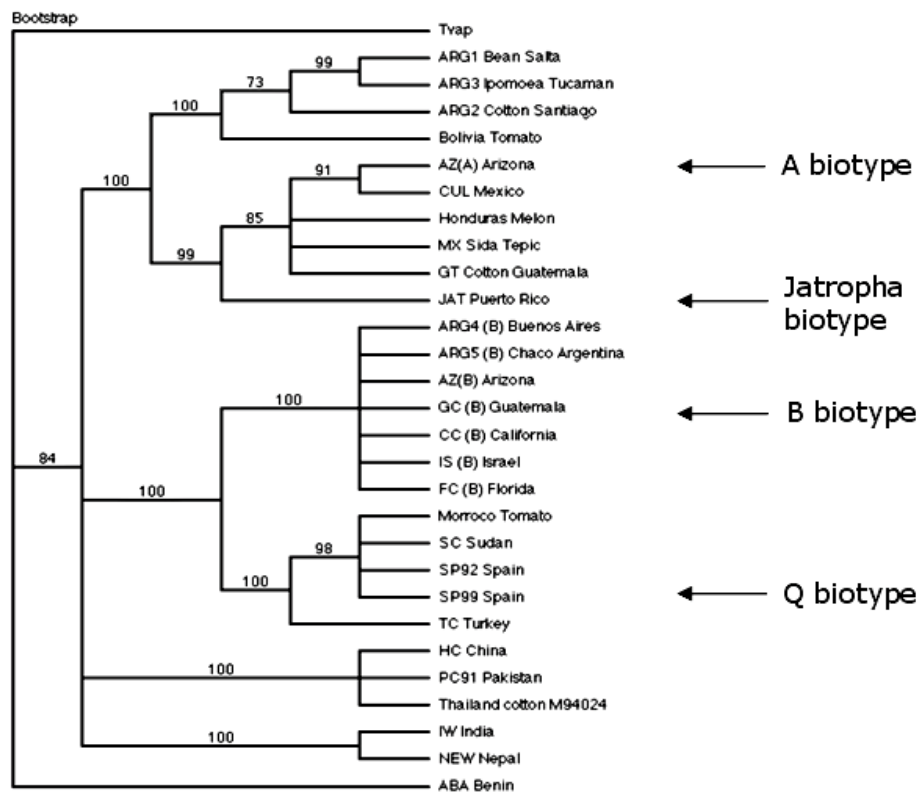


Figura 1. Distribución filogeográfica de cuatro de los biotipos principales de *B. tabaci* en base a la secuencia de la mitocondria citocromo oxidasa I.

El Q es, actualmente, el biotipo mayoritario en climas mediterráneos. El desplazamiento parcial del biotipo B por un pariente Q se cree que es debido a la diferencia de resistencia a los insecticidas en las dos poblaciones, dado que los brotes posteriores de este pariente Q coincidieron con el uso de insecticidas neonicotinoides para controlar el biotipo B. Debido a que el biotipo Q también tiene una amplia gama de huéspedes que incluye las especies cultivadas y no cultivadas, y ha mostrado resistencia a los insecticidas que controlan el biotipo B en España e Israel, representa una amenaza renovada. Por lo tanto, claramente los biotipos B y Q muestran capacidades diferenciales para la desintoxicación de insecticidas químicos comúnmente utilizados para el control de mosca blanca. Se cree que la gestión del

biotipo B, usando ciertos tipos de compuestos ha conducido al desarrollo de resistencia en el biotipo Q a las últimas composiciones químicas. En consecuencia, la resistencia a los insecticidas es un determinante importante de la aptitud en la actual problemática de *B. tabaci* y probablemente será para otros biotipos que aparezcan en el futuro (Brown, 2007).

### 2.1.3. Morfología

El huevo es de textura lisa y de forma ovalada, con la parte superior terminada en punta y la parte inferior redondeada. La hembra adhiere el huevo al envés de las hojas por medio de un pedicelo. En promedio, el huevo mide 0,19 mm de longitud y 0,1 mm de anchura (Morales et al., 2006).

Inicialmente es blanco. A medida que madura se torna naranja claro y cuando está próximo a eclosión es naranja oscuro. *B. tabaci* puede poner sus huevos en forma aislada, en grupos irregulares o en semicírculo. El huevo tarda en eclosionar de 6 a 7 días (Morales et al., 2006).

Las ninfas recién emergidas de los huevos se mueven unos pocos centímetros para localizar su sitio de alimentación. El primer estado temprano es el único estado inmaduro que es móvil y se conoce como crawler. El primer estado tiene forma oval, con la parte distal ligeramente más angosta, y es translúcido con algunas manchas amarillas. La ninfa de primer estado de *B. tabaci* es muy pequeña (0,26 mm de longitud y 0,16 mm de anchura) y dura en promedio tres días (Morales et al., 2006).

El segundo estado tiene forma acorazonada, es de color blanco verdoso con bordes ondulados. Mide 0,36 mm de longitud y 0,24 mm de anchura. Dura tres días (Morales et al., 2006).

La morfología del tercer estado larvario es semejante a la del segundo estado. Tiene forma acorazonada, con su parte caudal terminada en punta. Es de color blanco verdoso. Mide 0,53 mm de longitud y 0,36 mm de anchura, más o menos el doble que la ninfa de primer instar. Dura cinco días en promedio (Morales et al., 2006).

Al comenzar el cuarto estado, la ninfa es plana y transparente. A medida que avanza su desarrollo se torna abultada y opaca y está provista de ojos rojos visibles. En este punto se le denomina pupa. Tiene forma acorazonada con la parte cefálica redondeada y la parte caudal terminada en punta. Mide 0,84 mm de longitud y 0,59 mm de anchura. Dura seis días (Morales et al., 2006).



Figura 2. Ninfa de cuarto estadio de *Bemisia tabaci*. Fuente: [www.interempresas.net](http://www.interempresas.net).

El adulto mide 1,1 mm de longitud y es de color amarillo pálido, pero en 3 - 5 horas toma el color blanco característico debido al polvo ceroso que cubre sus alas. Las alas son transparentes, angostas en la parte anterior, ensanchadas hacia atrás. Los ojos son de color rojo oscuro. La hembra vive entre 5 y 27 días y se diferencia del macho por su mayor tamaño. Se alimenta y oviposita en el envés de hojas jóvenes. Los adultos copulan apenas emergen, pero puede haber un período de pre-oviposición de uno a dos días. Una hembra pone entre 50 y 430 huevos (Morales et al., 2006).



Figura 3. Adulto de *Bemisia tabaci*. Fuente: Queensland Government (Z. Ludgate).

#### 2.1.4. Biología

Todas las especies de Aleiródidos, o moscas blancas, son fitófagas, con mucha frecuencia de plantas cultivadas (Gómez-Menor, 1944). Esta familia presenta, dentro del grupo de los insectos heterometábolos, la metamorfosis más compleja y más próxima a los insectos holometábolo, llamada metamorfosis allometábola (Adán et al., 1989). En su ciclo de vida presentan los estados de huevo, ninfa y adulto. A su vez, durante el estado de ninfa pasa por 4 estados ninfales.

La forma de reproducción de *B. tabaci*, como la mayoría de especies de mosca blanca, es por partenogénesis arrenotóquica (Horowitz y Gerling, 1992). Esta forma de reproducción implica la existencia de machos y hembras, los machos son haploides y las hembras diploides. De forma que la hembra puede ovipositar huevos fertilizados, con el esperma almacenado en la espermateca, que darán lugar a hembras; o no ser fertilizados con lo que se originarán individuos haploides, que serán machos (Lenteren y Noldus, 1990).

El tiempo de desarrollo de esta especie de mosca blanca depende principalmente de la temperatura, la humedad y de la planta huésped. En algodón el ciclo suele ser de dos a tres semanas en verano. En general tarda entre 30 y 40 días en desarrollarse desde huevo a adulto, dependiendo de la temperatura y demás factores ambientales. El tiempo necesario para el desarrollo es menor según aumenta la temperatura. El desarrollo del insecto es óptimo a temperaturas altas (30–33 °C). Por encima de 33 °C el ritmo de desarrollo decrece rápidamente de nuevo. Además de la planta huésped, la calidad nutricional del cultivo también es importante. Situaciones de estrés tales como una baja densidad luminosa, altas temperaturas y extrema humedad, pueden influir sobre el desarrollo directa o indirectamente (Infoagro).

Los adultos de *B. tabaci* tienen una longevidad, que puede situarse entre 15,4 días a 28 °C a 30,1 días a 16 °C, para el caso de las hembras, con la existencia de período de preoviposición corto, de 2 a casi 4 días.

### 2.1.5. Hospedantes

*B. tabaci* ha sido registrada alimentándose de más de 600 especies de plantas (Secker *et al.*, 1998). Estas especies se ubican en 74 familias, incluyendo hortalizas, plantas ornamentales, cultivos industriales y numerosas especies silvestres. Entre los hospedantes atacados por este insecto se encuentran comúnmente plantas que pertenecen a las familias Cruciferae, Cucurbitaceae, Solanaceae, Leguminosae, entre otras (Brown, 1993). Dentro de las plantas hospedantes en las que la mosca blanca causa importantes daños económicos en España destacan:

- Brasicáceas: brócoli, coliflor, col.
- Cucurbitáceas: pepino, melón, calabacín, sandía, calabaza.
- Fabáceas: judías.
- Malváceas: algodón.
- Solanáceas: tomate, pimiento, berenjena.
- Umbelíferas: zanahoria.

### 2.1.6. Daños

La mosca blanca causa dos tipos de daños en los cultivos hortícolas: los directos y los indirectos.

Los daños directos son producidos por larvas y adultos por la alimentación, al absorber la savia de las hojas, ocasionando síntomas de amarilleamiento y debilitamiento de las plantas (Aparicio *et al.*, 1995).



Figura 4. Manchas amarillas en hojas debido a la alimentación de ninfas de mosca blanca. Fuente: J. O'Sullivan.

Los daños indirectos son los ocasionados por la excreción, sobre las hojas, de melaza, la cual sirve de sustrato para hongos de micelio negro (fumagina) pertenecientes a varios géneros, incluyendo especies de *Cladosporium* y *Capnodium*. La fumagina interfiere con el proceso de fotosíntesis, reduciendo el rendimiento. Estos hongos también puede afectar los frutos (Aparicio et al., 1995).



Figura 5. Planta de tomate con hojas cubiertas de fumagina. Fuente: Greenhouseipm.

Pero la gran importancia económica que tiene esta mosca es su cualidad de ser vector de numerosas virosis, siendo capaz de transmitir más de 60 virosis diferentes. En la actualidad el más extendido y de difícil control es TYLCV (virus del rizado amarillo del tomate o virus de la cuchara). Tiene una fuerte incidencia en los cultivos de tomate. La adquisición se realiza a través de las larvas y adultos de la mosca blanca *B. tabaci*, al alimentarse de las plantas infectadas del virus. Son los adultos los que lo transmiten. El virus no se transmite por contacto, ni durante la manipulación de las plantas (Diputación Foral de Bizkaia, 2005).

Los síntomas de la infección pueden aparecer a los 15 o 20 días después de ser inoculado el virus por el vector. Lo más característico es la parada del crecimiento, raquitismo, brotes con hojas enrolladas hacia el haz, tomando forma de cuchara y amarilleamientos (Diputación Foral de Bizkaia, 2005).

En septiembre de 2012, los síntomas causados por un nuevo virus se observaron por primera vez en calabacín (*Cucurbita pepo* var. *Giromontiina*) en Murcia. En mayo de 2013, síntomas similares se observaron en la provincia de Almería, y en el otoño de 2013, la enfermedad se había extendido en ambas regiones españolas. El geminivirus



Figura 6. TYLCV transmitido por mosca blanca. Fuente: Syngenta España.

responsable de estos síntomas se identificó como una cepa de Tomato leaf curl New Delhi Virus (ToLCNDV), el cual se encuentra estrechamente relacionado con el virus de la cuchara (EPPV). Se ha detectado en muestras de distintas especies de hortalizas, como pepino, calabaza, melón y pimiento, además de calabacín. Desde su primera detección, la incidencia del virus se ha incrementado de forma aparentemente exponencial, llegando a afectar durante el mes de noviembre de 2013 a todos los términos municipales del poniente Almeriense y del Campo de Cartagena de Murcia. La incidencia fue del 100 % en las plantaciones de calabacín en las que estaban iniciando el cultivo y la recolección, y algo menos en las plantaciones que están en plena recolección (Juarez et al., 2013).



Figura 7. Planta de calabacín infectada por ToLCNDV presentando parada del crecimiento y con hojas jóvenes rizadas, enrolladas hacia el envés a lo largo del nervio principal con clorosis y deformaciones.

Fuente: Janssen et al., 2014.



## 2. Métodos de control

Para poder compatibilizar el control de las plagas y enfermedades con la sostenibilidad, basada en el respeto del medio ambiente y la salud de los agricultores y consumidores, en los últimos 30 años se ha producido un cambio en la estrategia de manejo hacia el Control Integrado de Plagas.

Desde el 1 de enero de 2014, la Unión Europea obliga a que los estados miembros gestionen la agricultura bajo los principios de la Gestión Integrada de Plagas. Esta obligación surgió a partir de la Directiva 128/CE de 2009, donde además se establece el marco de actuación comunitaria para conseguir el uso sostenible de los plaguicidas. En este punto se van a definir los principios del Control Integrado de Plagas, en primer lugar y después las medidas concretas del control integrado de la mosca blanca.

### 2.1. Control Integrado de Plagas (CIP)

Según la FAO, el Control Integrado de Plagas es una metodología que emplea todos los procedimientos aceptables desde el punto de vista económico, ecológico y toxicológico para mantener las poblaciones de organismos nocivos por debajo del umbral económico (niveles poblacionales a partir de los cuales los daños son superiores al coste de las medidas de control), aprovechando, en la mayor medida posible, los factores naturales que limitan la propagación de dichos organismos. Hay dos elementos clave en esta definición que enfatizar: un principio esencial del CIP es que debe realizarse de forma armoniosa con las leyes de la naturaleza siendo la base primordial la biodiversidad local. Aunque la adopción del CIP no elimina la posibilidad de emplear insecticidas en algunas circunstancias, sin embargo, hay que reducir o eliminar el uso de los productos extremada y altamente tóxicos, optimizando el control biológico natural. Un segundo principio básico del CIP es el conocimiento de los recursos y procesos naturales existentes.

El CIP busca unir los conocimientos de los productores con la ciencia para que estos sean capaces de observar, experimentar, anticipar y tomar decisiones adecuadas respecto al manejo de las plagas. El enfoque moderno del Control Integrado, que se ha

convertido en un elemento imprescindible actualmente y en claro desarrollo en un futuro inmediato en la producción agrícola de calidad, recalca el establecimiento de una jerarquía de prioridades en el uso de los métodos de control:

1º. Las medidas preventivas que deben ser consideradas como protección indirecta de las plantas;

2º. El establecimiento de sistemas de monitoreo y pronóstico que determinen una decisión de acción;

3º. La protección directa consistente en las medidas de control (Boller, 1999).

Entre estas medidas de protección el agricultor cuenta con los siguientes métodos (Tormos, 2014):

**Métodos legislativos.** Son los que se dirigen principalmente a la estrategia de exclusión. Para su consecución utilizan las leyes, normas, disposiciones... de aplicación en un área determinada para evitar la introducción y diseminación de agentes productores de plagas en las zonas que se encuentra bajo dicha regulación. En situaciones excepcionales promueven u obligan a la aplicación de otros métodos para la erradicación de la plaga en un área determinada.

**Métodos culturales y físicos.** Se utilizan recursos muy diversos pero todos ellos tienen en común que se dirigen al manejo o modificación del agrosistema y, de esta forma, crear ambientes desfavorables para el desarrollo de los agentes productores de plagas o bien destruirlos directamente generando condiciones inadecuadas para el desarrollo de los mismos. Como ejemplo estarían la utilización de maquinaria y otros elementos o procedimientos de manejo del cultivo, de mallas y elementos estructurales, para generar barreras, temperatura, inundación del suelo, biosolarización, etc.

**Métodos genéticos:** utilizan la variabilidad genética de las plantas, eligiendo variedades resistentes o tolerantes a las distintas plagas y/o enfermedades conseguidas por mejora genética.

**Métodos biotecnológicos:** aprovechan las reacciones naturales de las plagas a estímulos físicos y químicos para su control lográndose combatir la plaga a través de esa manipulación. Se incluyen en este grupo la utilización de feromonas para confusión sexual o para captura masiva.

**Métodos biológicos.** Se basan en la utilización de los enemigos naturales de las plagas para controlarlas. Puede hacerse control biológico con la suelta de insectos parasitoides o depredadores de las plagas. También la aplicación de productos fitosanitarios de origen microbiológico (*Bacillus thuringiensis...*), y favorecer el establecimiento de enemigos naturales dentro del cultivo, mediante prácticas de cultivo adecuadas.

**Métodos químicos.** Se basan en la aplicación de sustancias químicas naturales o de síntesis para destruir los agentes productores de plagas que se encuentra en el cultivo o en su entorno pero también se han de incluir aquellas que previenen el ataque de dichos agentes así como aquellas que actúan fortaleciendo a la planta para hacerla más resistente a su ataque.

## 2.2. Control Integrado de *Bemisia tabaci*

En control integrado de plagas son muy importantes las medidas preventivas. Antes de la plantación son importantes toda una serie de medidas culturales que se describen a continuación.

### Métodos culturales

En los invernaderos, una serie de prácticas culturales pueden contribuir a paliar la incidencia de *B. tabaci* (Infoagro):

- Antes de plantar se deben eliminar las malas hierbas portadoras y los restos de cosechas anteriores en el interior y alrededores del invernadero.
- Se debe procurar el empleo de plantas sanas que no vengan contaminadas del semillero.
- Colocación de doble malla en las bandas y cubreras de los invernaderos y colocación de doble puerta o malla en la entrada de los mismos. Esto permite paliar de forma eficaz los efectos de la plaga y sobre todo del virus que transmite (TYLCV). Mallas de 20 x 10 hilos/cm<sup>2</sup> impiden el paso de los individuos más pequeños de *B. tabaci*, siendo muy restrictivas las mallas de 15

x 15 hilos/cm<sup>2</sup> y 12 x 12 hilos/cm<sup>2</sup>, con resultados satisfactorios en condiciones de campo.

- En el caso de tener que prevenir la virosis, es preciso aplicar otros medios de control complementarios (químicos o biológicos), pues, las condiciones que crean las mallas en los invernaderos, hacen que las poblaciones penetradas se multipliquen mejor y puedan extender la enfermedad en el interior del invernadero. Esta medida tiene mayor interés aún en las instalaciones destinadas a la producción de plantas, para evitar la infección precoz y la dispersión de la enfermedad en el material vegetal de plantación. Se aconseja arrancar y eliminar inmediatamente las plantas afectadas por virus durante el cultivo y la eliminación de malas hierbas, posibles reservorios del vector y/o virus.
- El empleo de trampas cromáticas amarillas (placas pegajosas) está indicado para la detección de las primeras infestaciones por la plaga, el seguimiento de las evoluciones de las poblaciones y para facilitar la toma de decisiones a la hora de realizar las intervenciones.

Ya durante el cultivo, para el control de la mosca blanca, primero se debe muestrear para saber en qué momento actuar y llevar a cabo medidas de control, siempre teniendo en cuenta un orden de prioridades, estableciendo primero las indirectas - físicas, culturales, biológicas-, y en último lugar químicas.

### Técnicas de muestreo

Las técnicas de muestreo para esta especie de mosca blanca se pueden dividir en dos grupos: aquellas destinadas al seguimiento de estados inmaduros, y las que tienen como objetivo los adultos (Infoagro).

Para detectar los primeros adultos, las técnicas de muestreo mediante trampas cromáticas adhesivas han sido ampliamente utilizadas, con buenos resultados. Para el muestreo directo en planta, de estados inmaduros han sido desarrollados métodos tanto en cultivos en invernadero como al aire libre, con estima de la población relativa o para ausencia/presencia (muestreo binomial). En cultivos en invernaderos del sur de

España dicha técnica está totalmente desarrollada mediante muestreo binomial (Infoagro).

### Control biológico

Cuando se vaya a realizar el control biológico de mosca blanca en cultivos hortícolas y ornamentales se debe tener en cuenta el clima, los ciclos de cultivo y las especies vegetales cultivadas, ya que la aplicación de este tipo de control está fuertemente influenciada por estos factores. Existe una gran variedad de parasitoides, depredadores y hongos entomopatógenos que son capaces de reproducirse y/o alimentarse en las distintas especies de moscas blancas. La fauna auxiliar asociada a cultivos hortícolas y a los cítricos es muy rica y abundante en la Cuenca Mediterránea. Estos enemigos naturales hibernan al aire libre junto con el hospedador o presa, pudiendo colonizar los cultivos conjuntamente con la plaga. La mayor parte de los enemigos naturales de moscas blancas que en la actualidad se comercializan e inoculan en invernaderos se han identificado en la Cuenca Mediterránea (Castañé et al. 2008).

Los parasitoides más comunes de las moscas blancas son himenópteros de la familia de los afelínidos y más concretamente de los géneros *Encarsia*, *Eretmocerus* y *Cales*. Las especies más importantes para *Bemisia tabaci* son: *Encarsia formosa*, *E. pergandiella*, *E. tricolor*, *E. lutea*, *E. hispida*, *E. meritoria*, *E. sophia*, *E. inaron*, *E. noahi*, *E. guadelupae*, *Eretmocerus mundus*, *Er. eremicus*, *Cales noacki*, *Amitus spiniferus*. (Gerling 1990; Gerling et al., 2001; Hernández-Suárez et al., 2003).

Las especies depredadoras de moscas blancas más importantes son (Soto y Garcia-Marí, 2000; Gerling et al., 2001; Avilla et al., 2004; Hoddle, 2004):

Ácaros: *Amblyseius (Typhlodromips) swirskii*.

Coccinélidos: *Clistotethus arcualus*, *Delphastus catalinae*, *Cryptolaemus montrouzieri*, *Coccinella undecimpunctata* L.

Dípteros: *Coenosia attenuata*, *Acletoxenus formosus* Loew Antocóridos: *Orius albidipennis*, *O. laevigatus*, *O. majusculus*.

Míridos: *Macrolophus caliginosus*, *Nesidiocoris tenuis*, *Dicyphus tamaninii*, *D. errans*

Neurópteros: *Chrysoperla carnea*, *Conwentzia psociformis*.



Figura 8. *Eretmocerus mundus*, parasitoide autóctono de *Bemisia tabaci* en la costa mediterránea

.Fuente: [www.horticom.com](http://www.horticom.com).

Como hongos destacan *Lecanicillium lecani*, *Paecilomyces fumosoroseus* y *Beauveria bassiana* y como nematodos entomopatógenos se han hecho ensayos que muestran eficacia relativamente elevada con *Steinernema feltiae* (Cuthbertson et al., 2007).

En la actualidad, en el sur de España el control biológico de la mosca blanca en el cultivo de pimiento se basa en la inoculación del parasitoide *E. mundus* y del fitoseido *A. swirski*. Los enemigos naturales más utilizados en invernaderos de tomate son *E. mundus* y los depredadores *N. tenuis* y, en menor medida, *M. caliginosus* (Van der Blom et al., 2008). La instalación de ambos depredadores en el cultivo, sobre todo cuando las temperaturas van descendiendo, es muy lenta y en algunos casos se inoculan conjuntamente con *E. mundus* (Van der Blom, 2007, Nannini et al., 2006). *Nesidiocoris tenuis* es más abundante que *M. caliginosus* en estas zonas más cálidas, sin embargo debe tenerse en cuenta que este depredador es también fitófago y puede producir daños al cultivo sobre todo cuando no hay presas disponibles y las poblaciones son elevadas (Arnó et al. 2006; Calvo et al., 2008; Sánchez, 2008).

#### Control químico

Está basado en la aplicación de tratamientos con productos insecticidas. Es conveniente no emplear en lo posible productos polivalentes ya que a menudo se asocian a las explosiones de ésta plaga (MAPAMA, 2016).

Los insecticidas usados son preferentemente adulticidas de contacto –como el piridaben y los jabones potásicos y fosfóricos-, pero también resultan útiles

insecticidas sistémicos que permitan la aplicación por riego sin necesidad de retirar las mantas térmicas protectoras en los cultivos que las empleen –como son los bloqueadores de la alimentación y determinados neonicotinoides-. En cualquier caso ha de prescindirse de los piretroides deltametrín y alfa-cipermetrín, tóxicos para *A. swirskii* y muy persistentes, pues se impediría el buen establecimiento posterior de los ácaros (Salvador, 2015).

Como se comentó anteriormente, existen limitados medios químicos para hacer frente a esta plaga debido a que presenta resistencia a más de 45 materias activas distintas, por lo que el uso de aceites esenciales como insecticida ampliaría las opciones para luchar contra la mosca.

### 3. Aceites esenciales como control

Los aceites esenciales fueron los primeros productos derivados de plantas que se usaron como componentes biológicamente activos. De forma comercial, los aceites esenciales se han usado de cuatro formas principalmente: en farmacia, aromatizantes en alimentación, en cosmética y como insecticidas (Cheng et al., 2003).

Se producen en 17.500 especies de plantas aromáticas superiores que pertenecen en su mayoría a unas pocas familias, incluida la Myrtaceae, Lauraceae, Lamiaceae, y Asteraceae. La síntesis y acumulación de aceites esenciales se asocia con la presencia de estructuras secretoras en complejos tales como tricomas glandulares (Lamiaceae), cavidades secretoras (Myrtaceae, Rutaceae), y conductos de resina (Asteraceae, Apiaceae). Dependiendo de las especies consideradas, los aceites esenciales se almacenan en varios órganos de la planta, por ejemplo, flores de naranja (bergamota, *Citrus bergamia*), hojas (hierba de limón, *Citronela spp.*; eucalipto, *Eucalyptus spp.*), madera (madera de sándalo, *Santalum spp.*), raíces (pasto vetiver, *Chrysopogon zizanioides*), rizomas (jengibre, *Zingiber officinale*, la cúrcuma, *Curcuma longa*), frutas (anís, *Pimpinella anisum*) y semillas (nuez moscada, *Myristica fragrans*) (Regnault-Roger et al., 2012).

Los elementos que forman parte de los aceites esenciales se agrupan en cuatro clases principales (Avalos y Pérez-Urria, 2011):

- **Terpenos:** Los terpenos, o terpenoides, constituyen el grupo más numeroso de metabolitos secundarios (más de 40.000 moléculas diferentes). Muchos terpenoides son comercialmente interesantes por su uso como aromas y fragancias en alimentación y cosmética, o por su importancia en la calidad de productos agrícolas. Un limonoide de los más poderosos repelentes de insectos es la azadiractina que se usa en la industria alimentaria y en agronomía para el control de plagas.
- **Compuestos fenólicos:** Ejemplos de estos derivados son la vanillina y el ácido salicílico (actúa como regulador del crecimiento vegetal, implicado en la resistencia de la planta frente a patógenos).
- **Glucósidos:** Los glucósidos son metabolitos vegetales de gran importancia. Los glucosinolatos, también llamados glucósidos del aceite de mostaza, se degradan y desprenden sustancias volátiles responsables del aroma, el olor y el gusto de condimentos como la mostaza y de vegetales como el repollo, brócoli o coliflor (*Brassicaceae*).
- **Alcaloides:** Los alcaloides son una gran familia de más de 15.000 metabolitos secundarios. Un ejemplo de alcaloide es la nicotina que es usada como insecticida en la agricultura.

Los aceites esenciales contienen metabolitos secundarios que se obtienen por destilación de las plantas. Juegan un papel importante en la interacción con los insectos, tanto de atracción como de repulsión, irritabilidad y de toxicidad directa, presentando más de un mecanismo de acción. Pueden ser tóxicos para insectos, inhibir el crecimiento, la reproducción y la oviposición, actuar como antialimentarios y/o repelentes (Akhtar e Isman, 2004; Choi et al., 2004; Baldin et al., 2014; Fanela et al., 2016; Yang et al. 2010; Wagan et al., 2016). Los aceites esenciales actúan de forma rápida sobre algunas especies de insectos plaga, esto indica que presentan acción neurotóxica. Algunos trabajos han demostrado que los monoterpenoides, como el linalol, matan insectos mediante la inhibición de la enzima acetil colinoestrasa (Sertkaya et al. 2010; Houghton et al. 2006). Por otra parte De Oliveira et al. (1997) menciona que algunos monoterpenoides pueden inhibir el citocromo P-450 dependiente de enzimas monooxigenasas. Existe evidencia de que interfieren con el neuromodulador



octopamina del sistema olfativo de los insectos (Kostyukovsky et al. 2002; Bischof y Enan 2004). Abramson et al. (2007), demostraron que el olor de la canela retardó el desarrollo de *Rhodnius prolixus* y que las ninfas del quinto estadio no lograron pasar al estadio adulto, mientras que el olor de la ruda y del citral no mostraron tal efecto.

Dada su volatilidad y simplicidad de sus moléculas, tienen poca persistencia en el ambiente y en su mayoría no son tóxicos para mamíferos, aves y peces (Stroh et al. 1998), lo cual los hace buenos candidatos para catalogarlos como insecticidas respetuosos con el ambiente (Koul et al. 2008).

Actualmente la demanda de productos con seguridad alimentaria y respeto por el ambiente ha generado cambios sustanciales en lo que tiene que ver con el uso de productos de síntesis química para el control de las plagas agrícolas. Por tal razón es una necesidad generar alternativas que redunden en una mayor seguridad para el sistema productivo de los cultivos, con bajo impacto ambiental.

Existe un gran número de aceites esenciales obtenidos de plantas aromáticas usados como insecticidas. A veces se usa el aceite y otras sus componentes principales. En los años 90 el interés en los aceites esenciales fue renovado gracias a la demostración de su uso como fumigantes e insecticidas de contacto para un amplio rango de plagas (Koul et al., 2008). Actualmente, se están haciendo esfuerzos para reducir la incidencia de los principales vectores de la malaria y dengue, con la aplicación de insecticidas a los estadios larvarios (Matasyoh et al. 2010). En ese sentido, hay muchas plantas que sintetizan metabolitos secundarios con propiedades tóxicas para estos insectos, por lo que es oportuno explorar estas alternativas biológicas para aplicarlas en control de vectores. Algunos de los estudios que se han llevado a cabo con *A. aegypti*, mosquito que puede ser portador de dengue y la fiebre amarilla, han demostrado que los aceites esenciales extraídos de *Zanthoxylum piperitum*, *Anethum graveolens* y *Kaempferia galanga* presentan propiedad repelente contra adultos de dicho mosquito (Choochote et al. 2007).

Desde hace años se han llevado a cabo diversos estudios sobre el efecto insecticida de los aceites esenciales en algunas importantes plagas agrícolas. Por ejemplo en el control de *Tetranychus urticae* Koch y mosca blanca se ha estudiado el efecto del aceite de lamiáceas (Aslan, 2004; Çalmaşur, 2006; Miresmailli, 2006), o en el control de

*Planococcus citri* y *Frankliniella occidentalis* se ha estudiado el efecto de diversos aceites comerciales de origen vegetal (Cloyd et al., 2009)

Según la bibliografía consultada, en algunos casos es la atracción o repelencia que algunas plantas ejercen sobre algunos insectos lo que ha llevado a probar su uso como insecticida. Un ejemplo es *Myzus persicae* que es incapaz de asentarse o reproducirse sobre plantas del género *Allium* (Hori, 1996), sobre tomillo o romero. La observación de este hecho, y que estas especies podrían ejercer un efecto repelente, llevó a comprobar la aptitud insecticida de los aceites procedentes de estas plantas contra *Myzus persicae* (Hori, 1999), con resultados positivos como repelente.

Otros autores han probado la actividad insecticida de aceites y/o sus componentes, procedentes de plantas que están ampliamente disponibles en las zonas en la actúa la plaga contra la que se quiere actuar. Es el caso de Cheng et al. (2003) que usaron canela, taiwainia y cunningania contra *Aedes aegypti*, de Yang y Tang (1988), que revisaron la actividad insecticida de 167 plantas comunes en China. También se han probado plantas que se usan en la medicina tradicional, como por ejemplo *Chenopodium ambrosioides* (pazote) en América y África (Tapondjou et al., 2002) y otras muchas mas. Cruz-Estrada et al., (2013) probaron el efecto insecticida del extracto acuoso y etanólico de varias plantas de la península del Yucatan, resultando eficaz contra los huevos y las ninfas de *B. tabaci*, el extracto etanólico de *Petiveria alliacea* y *Trichillia arborea*.

En la zona del Mediterráneo se dispone también de muchas plantas de las que se pueden extraer aceites esenciales que sean útiles para el control de plagas. Así se han estudiado plantas que han sido usadas durante mucho tiempo como medicinales. Es el caso de la albahaca, pimienta, eucalipto, lavanda, lemongrass, artemisa, enebro, tomillo y orégano, entre otros, usadas contra distintas plagas.

Con respecto a los ensayos que prueban la eficacia de aceites esenciales y sus componentes como insecticida para plagas en el ámbito agrícola, hay trabajos donde se prueba su efecto repelente, irritante o tóxico. Los más abundantes son aquellos en los que se evalúa su toxicidad volátil o fumigante. También se han encontrado estudios basados en la aplicación tópica de los aceites (Pérez y Pascual Villalobos, 1999; Sampson et al., 2005, Fogné et al, 2017), y en los que se evalúa la actividad

insecticida por alimentación (Tapodjou et al,2002; Hori, 1996; Pérez y Pascual Villalobos 1999, Yan et al, 2010). Sin embargo Hernández (2015) en su trabajo demostró que la aplicación de los aceites o sus componentes a las hojas de las plantas puede resultar fitotóxica, dependiendo de la concentración y el disolvente utilizado.

Muchos de los trabajos que evalúan la toxicidad volátil de los aceites esenciales se aplican contra plagas de almacén (Kim y Ahn, 2001; Tapondjou et al. 2001, Negahban et al., 2006; Liu y Ho 1999; Pérez y Pascual-Villalobos, 1999).

En la bibliografía cada vez son más numerosos los trabajos en los que se estudia la eficacia insecticida de aceites esenciales procedentes de diversas plantas contra la mosca blanca *Bemisia tabaci*. En la mayoría se estudia el efecto de los vapores de los aceites usando algunas variaciones de la metodología, sobre todo en lo que se refiere al disolvente usado con el aceite, o que se ponga sustrato de alimentación para el insecto o no. Aunque también se encuentran trabajos en los que se estudia el efecto de los aceite o sus componentes por contacto y sus efectos irritantes o repelentes (Baldin et al., 2014; Deletre et al., 2015; Hussein et al., 2017) .

Hernández (2014) realizó bioensayos de toxicidad con aceites de menta (*Mentha piperita*) y de árbol del té (*Melaleuca alternifolia*) sobre adultos de *Bemisia tabaci*. En los ensayos realizados de toxicidad por alimentación de Hernández (2014), en los que adultos de *B. tabaci* se alimentan de la hoja impregnada con el insecticida, la metodología empleada presentaba problemas en la realización del bioensayo, el sustrato de alimentación se deterioraba completamente a dosis altas del aceite, por lo que la mortalidad de los adultos de mosca blanca no se podía achacar al efecto insecticida del aceite sino más bien a la fitotoxicidad del mismo, por lo que se consideró que esa metodología no es la adecuada. El mismo problema ocurría en los bioensayos por aplicación tópica. Sin embargo, los ensayos que realizó por toxicidad volátil, realizados en frascos de vidrio en los que se insertaban trozos de papel de celulosa impregnados con el insecticida, dieron resultados coherentes y repetibles, por lo que se dedujo que ésta era la mejor metodología y que ambos aceites tienen efecto insecticida y pueden ser útiles como fumigantes.

En algunos estudios, se ha probado el uso como insecticida sobre el estado adulto de *Bemisia tabaci*. Ringuelet et al. (2012), comprobaron el efecto insecticida del

lemongrass (*Cymbopogon citratus* Stapf), el laurel (*Laurus nobilis* L) y la mezcla a partes iguales de ambos aceites en adultos de mosca blanca sobre hoja de lechuga, siendo más efectivo el aceite del laurel al usarse individualmente. La mezcla de ambos aceites esenciales evidenció un mejor comportamiento y permite disminuir los costes de formulación. *Lippia multiflora* y *Melaleuca leucadendron* también fueron eficaces contra adultos de mosca blanca aplicados mediante fumigación (Tia et al, 2013). Kim et al. (2011) compararon la toxicidad como fumigante y por contacto de 92 aceites esenciales con 18 formulaciones de insecticidas comerciales y llegaron a la conclusión que los procedentes de ajo y orégano fueron los más eficientes, seguidos por albahaca de gatos (*Nepeta catania*), y el comino, y que merecen ser considerados para estudios futuros. Baldin et al. (2014) investigan la bioactividad del aceite esencial de *Pelargonium graveolens* L'Her y algunos monoterpenos contra adultos de *B. tabaci* en tomate, reduciendo significativamente el número de individuos. Deletre et al. (2015) evaluaron la repelencia, el efecto irritante y los efectos tóxicos de 20 extractos de plantas diferentes en adultos de *Bemisia tabaci* aplicados en mallas

Otros autores han estudiado el efecto de los aceites esenciales sobre los diferentes estados de la mosca blanca. Çalmaşur et al. (2005) probaron el uso como insecticida y acaricida sobre *Tetranychus urticae* Koch y *Bemisia tabaci* de aceites esenciales provenientes de tres lamiáceas (*Micromeria furticosa* L., *Nepeta racemosa* L. y *Origanum vulgare* L.). En este caso, se realizaron ensayos de toxicidad volátil contra las ninfas y/o adultos de ambas especies. En general, se observó una mayor mortalidad a medida que aumentaban las dosis de aceites esenciales y el período de exposición. *T. urticae* fue más tolerante que *B. tabaci* en todas las dosis de aceites esenciales en todos los tiempos. Los datos pueden sugerir que los aceites esenciales de las tres plantas tienen potencial para ser utilizados para el manejo de plagas de *T. urticae* y *B. tabaci* en condiciones de invernadero.

Cruz-Estrada et al. (2013) probaron que resulta eficaz contra los huevos y las ninfas de *B. tabaci*, el extracto etanólico de *Petiveria alliacea* y *Trichillia arborea*.

En el estudio de Aslan et al. (2004), se evaluó la toxicidad de los vapores de aceites esenciales de *Satureja hortensis* L., *Ocimum basilicum* L. y *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae) contra las ninfas y adultos de *Tetranychus urticae* Koch (Acari:

Tetranychidae) y adultos de *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae). Aunque todos mostraron cierto efecto se encontró que *S. hortensis* era la más eficaz.

En otros estudios sobre *B. tabaci*, también se ha observado toxicidad en otros estados de la mosca (Yang et al., 2010). Se emplearon aceites esenciales derivados del tomillo de jardín, *Thymus vulgaris* L., patchouli, *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth., y *Corymbia citriodora* (Hook.) para probar la mortalidad de huevos, ninfas de primer estadio y pupas, y en la oviposición de adultos de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotipo B en condiciones de laboratorio. El mayor efecto se encontró con el aceite esencial extraído de *T. vulgaris* y *P. cablin*, que redujo la tasa de supervivencia de ninfas de *B. tabaci*.

Los prometedores resultados obtenidos en los estudios que se han realizado con estos productos y la necesidad de desarrollar otras herramientas de control integrado que disminuyan la resistencia a insecticidas, hacen que estos trabajos sean cada vez más numerosos.

Algunos de los trabajos actuales profundizan en el estudio del efecto de los distintos componentes de los aceites esenciales y de sus mezclas (Deletre et al., 2016), ya que su efecto insecticida varía mucho según la concentración y usando mezclas de sus componente, pues pueden mostrar un efecto sinérgico; otros sugieren su uso como semioquímicos (Baldin et al., 2015), o el cultivo de las plantas que los contengan entre los cultivos agrícolas, también aplicarlos en mallas para añadan un efecto repelente y/o irritante a las mismas (Deletre et al, 2015).

Todos los trabajos consultados coinciden en que los aceites esenciales se muestran como unos buenos candidatos para ser usados en el control de *Bemisia tabaci* y que pueden ser una herramienta con protagonismo en el control integrado de plagas.

#### IV. OBJETIVOS

La mosca blanca *Bemisia tabaci* se ha convertido en una de las plagas más importantes a nivel mundial. Además del daño directo que causan adultos y ninfas al alimentarse, se conocen más de 110 virus vegetales que son transmitidos por este insecto. Existen numerosas dificultades para el desarrollo de sistemas de control de *B. tabaci* que sean económicamente eficientes y a la vez tengan un impacto mínimo en el medio ambiente. Un sistema de control que puede cumplir con estos dos requisitos es el uso de aceites esenciales como insecticida.

El objetivo de este trabajo es comprobar la toxicidad fumigante de los aceites esenciales de romero (*Rosmarinus officinalis*), tomillo (*Thymus vulgaris*), lavanda (*Lavandula angustifolia*) e hinojo (*Foeniculum vulgare*) como insecticidas sobre adultos de mosca blanca *B. tabaci*, estimando su mortalidad en condiciones de laboratorio.

## V. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Cría y mantenimiento de poblaciones de *Bemisia tabaci*

#### 2.1.1. Materiales

Los materiales empleados para la cría y mantenimiento de las poblaciones de mosca blanca son:

-Jaulas de cría. Estas jaulas están formadas por una bandeja negra de propileno, a la que se le une una malla plástica para formar la estructura. El conjunto de la jaula se cubre con una funda de malla Nynetel de 150 mesh. La funda consta de una apertura frontal con cremallera, la cual permite el manejo del material vegetal y de la población que se encuentra dentro de la jaula. Una vez que se ha montado la jaula con la funda, se pone otra bandeja negra de propileno, para sujetar la malla y evitar que exista fuga de individuos.



Figura 9. Jaula con plantas para cría de moscas. Fuente propia.

-Material vegetal. El material vegetal empleado han sido plantas de algodón, judía y pimiento. Estas plantas se obtienen de la Finca Experimental Tomás Ferro.

-Insectos. La mosca blanca que se ha empleado son adultos, la cual tiene dos orígenes: las diferentes poblaciones que se pueden encontrar en el laboratorio de Protección de Cultivos de la ETSIA, así como la mosca blanca que se encuentra en las plantas sin

tratar de uno de los invernaderos de la Finca Tomás Ferro, el cual pertenece también al departamento de Protección de cultivos.

#### 2.1.2. Método de cría de *Bemisia tabaci*

Las poblaciones de *Bemisia tabaci* se mantienen en el laboratorio con unas condiciones reguladas de temperatura (24 °C) y humedad.

Una vez a la semana, se realiza el riego de las plantas que se encuentran dentro de la jaula y se eliminan las hojas en mal estado. Las plantas secas o demasiado sucias para que la mosca realice en ellas puestas son sustituidas por plantas frescas. Se debe mantener un número óptimo de plantas en el interior de la jaula, porque si el número de plantas es elevado se incrementará la humedad relativa, lo que provoca unas condiciones idóneas para la proliferación de hongos.

### 2.2. Bioensayo por toxicidad volátil

#### 2.2.1. Materiales

El material empleado en estos ensayos es:

- Material vegetal. Trozos de hoja de judía, pimiento y algodón
- Viales de cristal de 60 mL de capacidad.
- Muselina.
- Micropipetas.
- Aspirador.
- Lupa binocular.
- Viales de plástico.
- Papel de celulosa
- Aceites esenciales: aceites puros de romero (*Rosmarinus officinalis*), tomillo (*Thymus vulgaris*) y lavanda (*Lavandula angustifolia*) de la marca El Recó y aceite de hinojo (*Foeniculum vulgare*) de la marca Plantis que se presentan en frascos de 15 mL.





Figura 10. Aceites esenciales empleados en el trabajo. Fuente propia.

### 2.2.2. Método

El método empleado para realizar los bioensayos por toxicidad volátil está basado en el que se empleó en un trabajo realizado anteriormente: Bioensayos de toxicidad de aceites esenciales en *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hernández, 2014).

En primer lugar, se cortan trozos de hojas del material vegetal de aproximadamente 2 x 3 centímetros, de forma que sean lo suficientemente grandes para que se conserven en buenas condiciones hasta la lectura de los resultados. A continuación, se introducen en los viales de cristal. En los ensayos para determinar el rango de concentración se empleó como sustrato de alimentación hojas de pimiento en la primera prueba de tanteo, hojas de algodón en la segunda, mientras que en los ensayos de eficacia se usaron hojas de judía.

Con ayuda de un aspirador entomológico se recogen los adultos de *B. tabaci*, de las jaulas mencionadas anteriormente. Se introducen entre 15 y 20 adultos en cada vial. En un principio, los adultos se dormían, con frío, poniéndolos sobre una placa de hielo, pero en algunos casos se produjo una alta mortalidad, por lo que finalmente a la hora de realizar los bioensayos se prescindió de este paso.

Los viales así preparados se tapan con un rectángulo de muselina de unas dimensiones de 3 x 4 cm. Sobre la muselina se pone el vial de plástico con un pequeño trozo de papel de celulosa en su interior, el cual va previamente tratado con las distintas dosis insecticidas.

Para aplicar las dosis de aceite insecticida calculada para cada prueba, se depositan 10  $\mu\text{L}$  en los trozos de papel de celulosa con ayuda de una micropipeta.

El disolvente utilizado fue la acetona. Para la elaboración de las dosis de los ensayos de eficacia de los aceites de romero, lavanda y tomillo se añadieron 80  $\mu\text{L}$  del aceite correspondiente en 2 ml de acetona. El resto de las concentraciones se consiguieron haciendo diluciones seriadas a la mitad. Las dosis empleadas para el aceite de hinojo fueron de 60  $\mu\text{L}$  de aceite en 2 ml de acetona. Los controles se hacen sólo con acetona.

Los viales así preparados (Figura 11), se dejan en el laboratorio a una temperatura de 25 °C. Una vez transcurridas 24 horas se procede a la lectura de los ensayos, para ello se cuenta los individuos vivos y muertos, con ayuda de una lupa binocular.



Figura 11. Viales con trozo de hoja. Fuente propia.

#### 2.2.1. Ensayo para determinar el rango de concentración

Para establecer el rango de dosis adecuado de manera que la mortalidad varíe entre un 15 y 100 % en cada insecticida, se llevaron a cabo unos ensayos iniciales con el método explicado anteriormente, realizando una repetición por dosis para cada ensayo.

Las dosis empleadas para cada aceite en los diferentes ensayos son:

Primer ensayo:

Se probaron las mismas dosis con los cuatro insecticidas. Las concentraciones analizadas fueron las cuatro que se encuentran a continuación:

- ➔  $10 \cdot 10^{-4} \mu\text{L}/\text{mL}$ .
- ➔  $5 \cdot 10^{-4} \mu\text{L}/\text{mL}$ .

- $2,5 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ .
- $1,25 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ .

Segundo ensayo:

Se elaboraron cinco concentraciones de los insecticidas de lavanda e hinojo que fueron:

- $15 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$
- $7,5 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$
- $3,75 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$
- $1,875 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$
- $0,9375 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$

Para el aceite de tomillo se probaron:

- $20 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ .
- $10 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ .
- $5 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ .
- $2,5 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ .
- $1,25 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ .

Y para el de romero se repitieron las mismas dosis que en el primer ensayo.

### 2.2.3. Ensayo de eficacia

En los ensayos de eficacia se añadió una sexta concentración para todos los insecticidas. Las concentraciones empleadas en los bioensayos de eficacia son las siguientes:

- Hinojo:  $30 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $15 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $7,5 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $3,75 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $1,875 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$  y  $0,9375$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ .
- Tomillo:  $40 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $20 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $10 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $5 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $2,5 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$  y  $1,25 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ .
- Romero:  $40 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $20 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $10 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $5 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $2,5 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$  y  $1,25 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ .
- Lavanda:  $40 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $20 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $10 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $5 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ ,  $2,5 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$  y  $1,25 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ .

De cada bioensayo se realizan 3 repeticiones por dosis, siguiendo la metodología descrita y empleando como sustrato de alimentación, como se menciona anteriormente, hojas de judía.

#### Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron con el programa POLO PLUS<sup>®</sup>, mediante un análisis Probit. Para dicho análisis Probit se emplearon los porcentajes de mortalidad

corregidos con la mortalidad natural. Se calcularon las dosis letales ( $DL_{50}$ ,  $DL_{90}$ ) y los límites fiduciales (LF). Solamente existieron diferencias significativas, cuando los límites fiduciales se solaparon.

## VI. RESULTADOS

En este apartado, primero se exponen los resultados de los ensayos para determinar el rango de concentraciones a evaluar como insecticida (Apartado 5.1) y después se muestran y analizan los porcentajes de mortalidad medias y la desviación típica obtenidas para cada una de las dosis utilizadas en los bioensayos de eficacia (Apartado 5.2). También  $DL_{50}$  (Dosis Letal 50) y  $DL_{90}$  que corresponde a cada aceite calculada a través de análisis probit.

### 6.1. Determinación del rango de concentraciones

#### 5.1.1. Aceite de hinojo

- Resultados del primer bioensayo

El sustrato de alimentación usado para todos los aceites en el primer bioensayo de determinación del rango de concentraciones es hoja de pimienta y se adormecieron los insectos con frío.

Es necesario que la mortalidad en el control sea baja (inferior a un 20 %), para que los datos se puedan ajustar a un modelo Probit. Como se puede observar en la Tabla 1, el porcentaje de mortalidad en el control es muy elevado, lo que indica que algo falla en la metodología. Por ello se descartó este bioensayo y se cambió la metodología para el siguiente tanteo, eliminando el aturdimiento de los insectos con hielo y usando como sustrato alimentario algodón en vez de pimienta. Además los porcentajes de mortalidad resultaron aleatorios no produciéndose un aumento de la mortalidad con la concentración.

Tabla 1. Porcentaje de mortalidad a distintas dosis ensayadas ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ ) para aceite de hinojo.

Concentración ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ )	% Mortalidad
Control	25,00
1,25	60,00
2,5	31,25
5	80,00
10	90,91

- Resultados del segundo bioensayo

El sustrato de alimentación empleado en el segundo bioensayo en todos los aceites es algodón y se eliminó el aturdimiento de insectos con frío.

Tal y como se muestra en la la Tabla 2, en este ensayo se aumentó la concentración a  $15 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ , y de esta forma se consiguió ampliar el rango de mortalidad.

Tabla 2. Porcentaje de mortalidad a distintas dosis ensayadas ( $\mu\text{L}/\text{mL} \cdot 10^{-4}$ ) para aceite de hinojo.

Concentración ( $\mu\text{L}/\text{mL} \cdot 10^{-4}$ )	% Mortalidad
Control	16,21
0,9375	40,00
1,875	58,73
3,75	66,66
7,5	89,11
15	92,36

En este tanteo la mortalidad del control descendió, pero a la dosis más baja del insecticida, la mortalidad resultó elevada - 40%- por lo que se decidió realizar una sexta dilución más en los ensayos de eficacia, para que los resultados se ajustasen a un modelo estadístico probit.

#### 5.1.2. Aceite de tomillo

- Resultados del primer bioensayo

En la Tabla 3 se observa que el porcentaje de mortalidad es superior al 20 % en el control, por lo que como en el caso del aceite de hinojo, para el segundo bioensayo se realizaron los mismos cambios en la metodología, evitar el contacto con hielo de las moscas, utilizar como sustrato pimienta y añadir una concentración más.

Tabla 3. Porcentaje de mortalidad a distintas dosis ensayadas ( $\mu\text{L}/\text{mL} \cdot 10^{-4}$ ) para aceite de tomillo.

Concentración ( $\mu\text{L}/\text{mL} \cdot 10^{-4}$ )	% Mortalidad
Control	25,00
1,25	33,00
2,5	47,00
5	35,00
10	73,00

- Resultados del segundo bioensayo

En la Tabla 4 se muestran las medias de mortalidad para cada concentración. Como se puede ver la mortalidad en el control resultó elevada. Probablemente la elevada condensación que se produjo en el interior de los viales, fue la causa.

Tabla 4. Porcentaje de mortalidad a distintas dosis ensayadas ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ ) para aceite de tomillo.

Concentración ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ )	% Mortalidad
Control	42,59
1,25	25,62
2,5	52,64
5	60,56
10	57,07
20	76,41

### 5.1.3. Aceite de lavanda

- Resultados del primer bioensayo

La mortalidad del control fue mayor de 20 %, por lo que al igual que con los anteriores aceites, se realizaron los cambios en la metodología que se explicaron anteriormente.

Tabla 5. Porcentaje de mortalidad a distintas dosis ensayadas ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ ) para aceite de lavanda.

Concentración ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ )	% Mortalidad
Control	30,00
1,25	41,60
2,5	58,80
5	89,47
10	100,00

- Resultados del segundo bioensayo

Los resultados obtenidos en este segundo tanteo (Tabla 6) muestran una mortalidad que aún es algo elevada. Pudimos observar que la hoja de algodón que se usaba como sustrato de alimentación estaba muy deteriorada, por lo que para el siguiente ensayo se cambiará a judía como sustrato de alimentación.

Tabla 6. Porcentaje de mortalidad a distintas dosis ensayadas ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ ) para aceite de lavanda.

Concentración ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ )	% Mortalidad
Control	24,01
0,9375	21,76
1,875	32,50
3,75	70,47
7,5	75,92
15	91,40

#### 5.1.4. Aceite de romero

- Resultados del primer bioensayo

Tabla 7. Porcentaje de mortalidad a distintas dosis ensayadas ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ ) para aceite de romero.

Concentración ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ )	% Mortalidad
Control	36,00
1,25	25,00
2,5	66,00
5	81,00
10	93,00

En la Tabla 7, se ve que la mortalidad en el testigo es elevada, debido a la presencia de humedad en el interior del vial de vidrio, por lo que para el siguiente bioensayo se cambiará el suplemento alimentario empleado (pimiento por algodón) y no se aturdirán con hielo las moscas, al igual que en los casos anteriores.

- Resultados del segundo bioensayo

Tabla 8. Porcentaje de mortalidad a distintas dosis ensayadas ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ ) para aceite de romero.

Concentración ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ )	% Mortalidad
Control	14,34
0,625	9,90
1,25	20,94
2,5	42,61
5	58,23
10	62,67

En la Tabla 8 se puede observar que en este caso, el control se encuentra dentro de unos niveles tolerables de mortalidad, por lo que para el próximo ensayo se realizará



una dosis más y se aumentará la concentración de estas, para que los resultados se ajustaran al análisis probit.

## 6.2. Ensayos de eficacia

### 5.2.1. Aceite de hinojo

En la Tabla 9 se pueden ver los porcentajes de mortalidad de las distintas dosis ensayadas para cada repetición y para cada dosis, así como la desviación típica.

Tabla 9. Porcentaje de mortalidad a distintas dosis ensayadas ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ ) para aceite de hinojo y mortalidad media para cada dosis.

Concentración ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ )	Repetición	% Mortalidad	Mortalidad % (Media $\pm$ Desviación)
Control	1	7	13 $\pm$ 11
	2	25	
	3	6	
0,9375	1	25	28 $\pm$ 5
	2	33	
	3	25	
1,875	1	50	47 $\pm$ 3
	2	44	
	3	47	
3,75	1	67	56 $\pm$ 10
	2	50	
	3	50	
7,5	1	73	67 $\pm$ 6
	2	61	
	3	67	
15	1	80	81 $\pm$ 1
	2	82	
	3	80	
30	1	100	94 $\pm$ 6
	2	94	
	3	88	

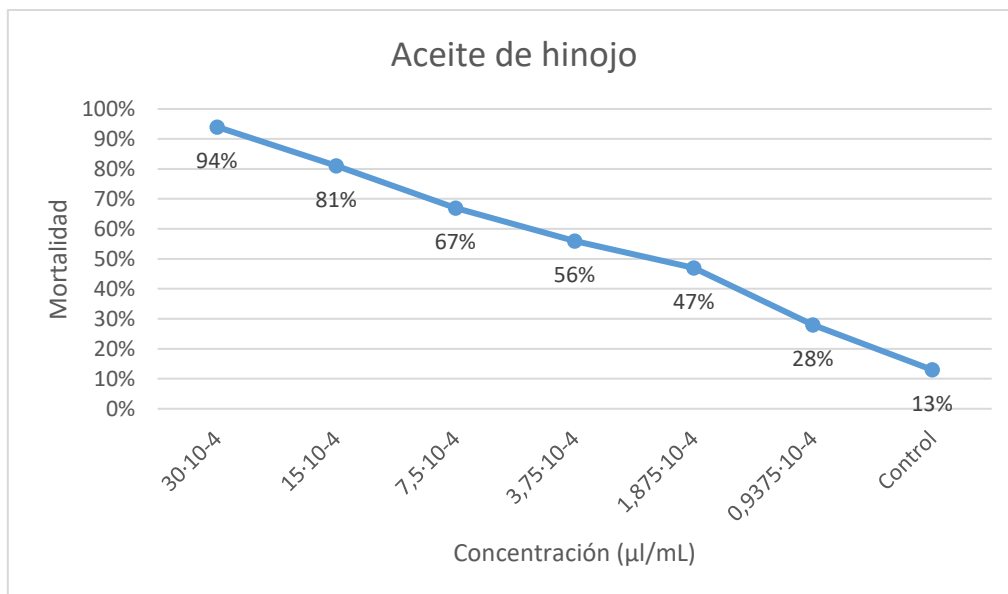


Gráfico 1. Porcentaje de mortalidad media de cada dosis empleada en aceite de hinojo.

Los niveles de mortalidad que se obtienen en este bioensayo aparecen de forma escalonada, variando entre el 13 y el 94 %. Además la mortalidad obtenida en el Control resultó menor del 20 %. Con estas dos condiciones los resultados se ajustan a un análisis Probit.

Tabla 10. DL<sub>50</sub>, DL<sub>90</sub> y límites fiduciales obtenidos con hinojo expresados en μL/mL·10<sup>-4</sup>.

	Dosis (μL/mL·10 <sup>-4</sup> )	Límites fiduciales	90 %	95 %	99 %
DL <sub>50</sub>	3,84	Inferior	2,56	2,33	1,87
		Superior	5,28	5,58	6,24
DL <sub>90</sub>	30	Inferior	20,10	18,84	16,73
		Superior	54,37	63,42	91,12

Los resultados del análisis Probit mostrados en la Tabla 10, muestra que la DL<sub>50</sub> correspondiente al aceite de hinojo es 3,8·10<sup>-4</sup> μL/mL y la DL<sub>90</sub> es 30·10<sup>-4</sup> μL/mL.

Kim et al. (2011) probaron la eficacia insecticida de 92 aceites esenciales y en los que se obtenía una mortalidad superior al 60 % se calculaba la DL<sub>50</sub>. En el caso del aceite de hinojo no se calculó dicho valor al no superar el 60 % de la mortalidad aplicando una dosis de 2,4 mL/cm<sup>3</sup> a las 24 horas de exposición.

### 5.2.2. Aceite de tomillo

Los porcentajes de mortalidad obtenidos con el bioensayo de aceite de tomillo descienden progresivamente a medida que descienden las concentraciones del insecticida empleado. La mortalidad obtenida en el Control es menor de 20 %.

Tabla 11. Porcentaje de mortalidad a distintas dosis ensayadas ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ ) para aceite de tomillo y mortalidad media para cada dosis.

Concentración ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ )	Repetición	% Mortalidad	Mortalidad % (Media $\pm$ Desviación)
Control	1	6	11 $\pm$ 4
	2	13	
	3	13	
1,25	1	40	53 $\pm$ 13
	2	67	
	3	53	
2,5	1	56	61 $\pm$ 5
	2	63	
	3	65	
5	1	72	73 $\pm$ 2
	2	71	
	3	75	
10	1	69	73 $\pm$ 9
	2	67	
	3	82	
20	1	89	81 $\pm$ 7
	2	75	
	3	79	
40	1	94	94 $\pm$ 7
	2	100	
	3	87	

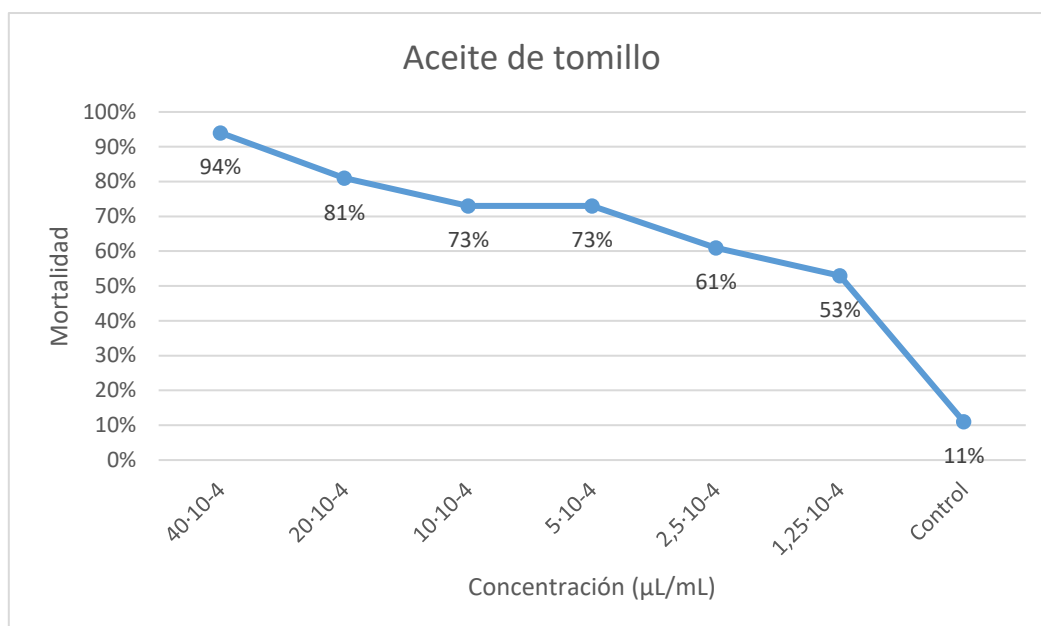


Gráfico 2. Porcentaje de mortalidad media de cada dosis empleada en aceite de tomillo.

A través de análisis probit, se ha obtenido que el aceite de tomillo tiene una  $DL_{50}$  de  $1,55 \cdot 10^{-4} \mu\text{L/mL}$  y una  $DL_{90}$  de  $52,70 \cdot 10^{-4} \mu\text{L/mL}$  (Tabla 12).

Tabla 12.  $DL_{50}$ ,  $DL_{90}$  y límites fiduciales obtenidos con tomillo expresados en  $\mu\text{L/mL} \cdot 10^{-4}$ .

	Dosis ( $\mu\text{L/mL} \cdot 10^{-4}$ )	Límites fiduciales	90 %	95 %	99 %
$DL_{50}$	1,55	Inferior	0,60	0,45	0,20
		Superior	2,66	2,90	3,38
$DL_{90}$	52,71	Inferior	26,87	24,35	20,45
		Superior	188,91	283,52	876,85

Aslan et al. (2004) obtiene una  $DL_{50}$  similar a la de este trabajo empleando un método parecido de toxicidad volátil sobre adultos de *B. tabaci*. Para *Thymus vulgaris* L., usando concentraciones de 0,390, 0,782, 1,563 y 3,125  $\mu\text{L/L}$  de aire, obteniendo una mortalidad de 11,88 %, 27,82 %, 53,03 % y 66,92 %, respectivamente. Luego la  $DL_{50}$  sería aproximadamente  $1,5 \cdot 10^{-3} \mu\text{L/mL}$ , superior a los resultados obtenidos en este ensayo.

Kim et al. (2011), obtuvieron una  $DL_{50}$  de  $4,5 \cdot 10^{-3}$  y  $4,6 \cdot 10^{-3}$  para el tomillo rojo (*Thymus vulgaris*) y el tomillo blanco (*Thymus vulgaris*), respectivamente.

Por otra parte, Yang et al. (2010) encontraron buenos resultados insecticidas cuando trataron ninfas, larvas y huevos de mosca blanca con extracto de tomillo por contacto

y también efecto repelente en adultos, con concentraciones de 0,125 %, 0,25 % y 0,5 % (v/v).

### 5.2.3. Aceite de lavanda

Tabla 13. Porcentaje de mortalidad a distintas dosis ensayadas para aceite de lavanda y mortalidad media para cada dosis.

Concentración ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ )	Repetición	% Mortalidad	Mortalidad % (Media $\pm$ Desviación)
Control	1	13	11 $\pm$ 4
	2	13	
	3	7	
1,25	1	21	32 $\pm$ 9
	2	33	
	3	40	
2,5	1	47	49 $\pm$ 4
	2	53	
	3	46	
5	1	67	64 $\pm$ 3
	2	60	
	3	64	
10	1	80	79 $\pm$ 5
	2	73	
	3	82	
20	1	93	87 $\pm$ 6
	2	80	
	3	87	
40	1	100	98 $\pm$ 4
	2	93	
	3	100	

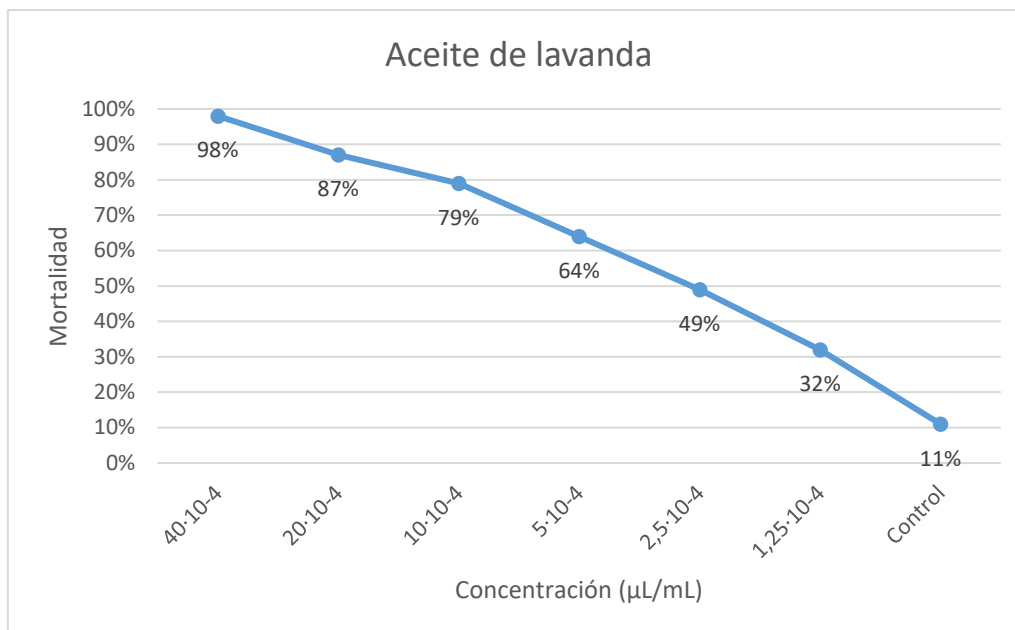


Gráfico 3. Porcentaje de mortalidad media de cada dosis empleada en aceite de lavanda.

En este caso, la mortalidad también desciende de forma escalonada y el porcentaje de mortalidad media que se da en el Control es menor del 20 %.

La DL<sub>50</sub> de este ensayo es  $3,53 \cdot 10^{-4}$  μL/mL y la DL<sub>90</sub> es  $22,89 \cdot 10^{-4}$  μL/mL.

Tabla 14. DL<sub>50</sub>, DL<sub>90</sub> y límites fiduciales obtenidos con lavanda expresados en μL/mL·10<sup>-4</sup>.

	Dosis (μL/mL·10 <sup>-4</sup> )	Límites fiduciales	90 %	95 %	99 %
DL <sub>50</sub>	3,53	Inferior	2,43	2,22	1,82
		Superior	4,73	4,98	5,49
DL <sub>90</sub>	22,89	Inferior	16,31	15,42	13,91
		Superior	37,01	41,74	55,09

En el ensayo de Kim et al. (2011) para el aceite de lavanda como fumigante, se obtiene una DL<sub>50</sub> de  $0,85 \cdot 10^{-3}$  μL/mL. En nuestro estudio se obtiene una DL<sub>50</sub> menor, esto puede deberse a que los métodos empleados son diferentes. La metodología empleada por Kim en los ensayos en fase de vapor es parecida a la usada en este trabajo, pero en nuestro caso no secábamos los papeles de filtro tratado en una campana de humos.

### 5.2.4. Aceite de romero

Tabla 15. Porcentaje de mortalidad a distintas dosis ensayadas ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ ) para aceite de romero y mortalidad media para cada dosis.

Concentración ( $\mu\text{L}/\text{mL}\cdot 10^{-4}$ )	Repetición	% Mortalidad	Mortalidad % (Media $\pm$ Desviación)
Control	1	13	7 $\pm$ 7
	2	7	
	3	0	
1,25	1	20	20 $\pm$ 7
	2	13	
	3	27	
2,5	1	33	36 $\pm$ 10
	2	47	
	3	27	
5	1	53	51 $\pm$ 10
	2	60	
	3	40	
10	1	73	67 $\pm$ 7
	2	67	
	3	60	
20	1	80	76 $\pm$ 8
	2	80	
	3	67	
40	1	100	93 $\pm$ 7
	2	93	
	3	87	

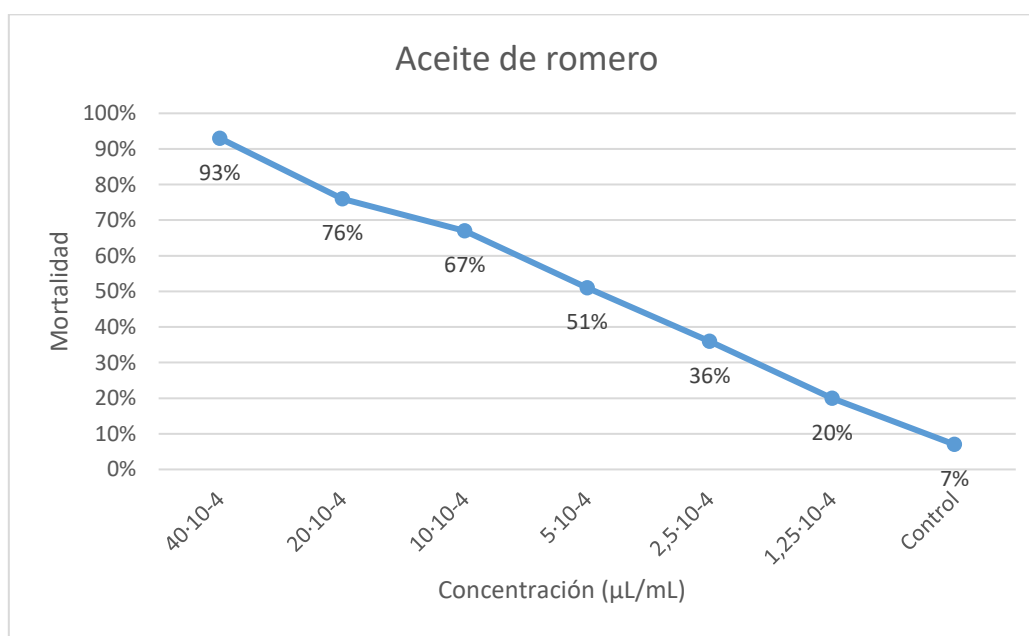


Gráfico 4. Porcentaje de mortalidad media de cada dosis empleada en aceite de romero.

La mortalidad que se da en el Control es menor del 20 % y las mortalidades medias para cada concentración de aceite de romero desciende progresivamente.

La DL<sub>50</sub> correspondiente al aceite de romero es  $5,78 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$  y la DL<sub>90</sub> es  $40,58 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{L}/\text{mL}$ .

Tabla 16. DL<sub>50</sub>, DL<sub>90</sub> y límites fiduciales obtenidos con romero expresadas en  $\mu\text{L}/\text{mL} \cdot 10^{-4}$ .

	Dosis ( $\mu\text{L}/\text{mL} \cdot 10^{-4}$ )	Límites fiduciales	90 %	95 %	99 %
DL <sub>50</sub>	5,78	Inferior	4,23	3,95	3,39
		Superior	7,56	7,94	8,76
DL <sub>90</sub>	40,56	Inferior	27,85	26,22	23,47
		Superior	69,98	80,29	110,16

En el ensayo de Kim et al. (2011), el aceite de *Rosmarinus officinalis* se encontraba entre los 92 aceites estudiados para ver su eficacia insecticida, pero al no superar el 60 % de la mortalidad a las 24 horas de exposición no se determinó su DL<sub>50</sub>.

Las dosis utilizadas están en el rango de las usadas en la bibliografía y comparando con el trabajo de Hernández (2014), un poco mayores.

#### COMPARACIÓN DEL EFECTO INSECTICIDA DE LOS ACEITES

Los resultados de los ensayos de eficacia se ajustaron a un modelo Probit. En la Tabla 17 se presenta la pendiente de la recta, los valores de la Dosis Letal 50 y 90 y los límites fiduciales al 95 % para cada insecticida estudiado.

Tabla 17. Pendiente, DL<sub>50</sub> y DL<sub>90</sub> expresado en  $\mu\text{L}/\text{mL} \cdot 10^{-4}$  para cada aceite. LF: límites fiduciales.

Insecticida	b $\pm$ ET	DL <sub>50</sub> ( $\mu\text{L}/\text{mL} \cdot 10^{-4}$ ) (95 % LF)	DL <sub>90</sub> ( $\mu\text{L}/\text{mL} \cdot 10^{-4}$ ) (95 % LF)
Hinojo	1,435 $\pm$ 0,220	3,84 (5,58 - 2,33)	30 (63,42 - 18,84)
Tomillo	0,837 $\pm$ 0,180	1,55 (2,89 - 0,45)	52,7 (283,52 - 24,35)
Lavanda	1,579 $\pm$ 0,229	3,53 (4,98 - 2,22)	22,89 (41,74 - 15,42)
Romero	1,515 $\pm$ 0,210	5,78 (7,94 - 3,95)	40,58 (80,29 - 26,22)



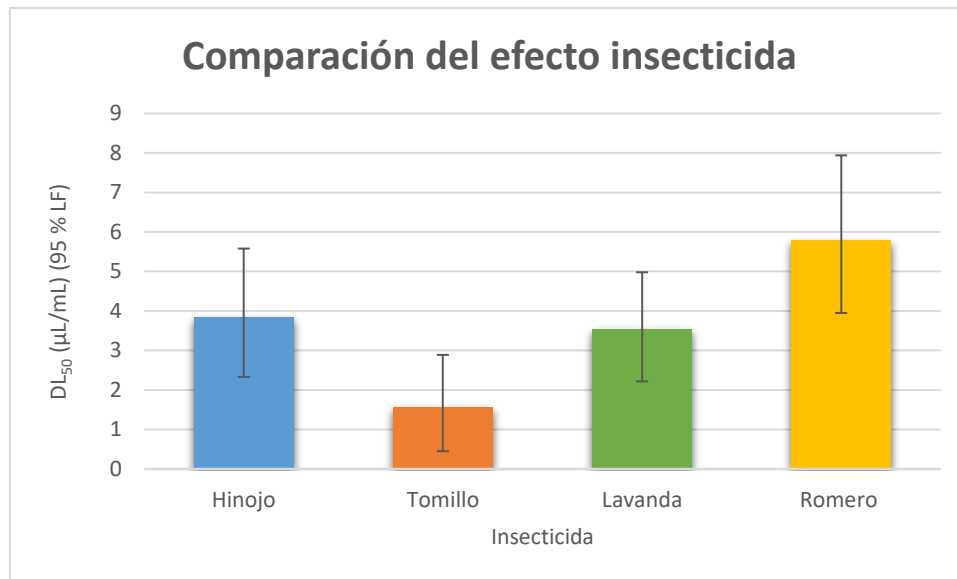


Gráfico 5. Dosis Letal 50 de los aceites y sus límites fiduciales.

En la Tabla 17 se observa que la DL<sub>50</sub> es de  $5,78 \cdot 10^{-4}$  µL/mL para el aceite de romero, de  $3,84 \cdot 10^{-4}$  µL/mL para el aceite de hinojo, de  $3,53 \cdot 10^{-4}$  µL/mL para el aceite de lavanda y de  $1,55 \cdot 10^{-4}$  µL/mL para el aceite de tomillo. El aceite de tomillo es el que presenta una mayor mortalidad frente a los demás aceites, encontrándose diferencias significativas con el aceite de romero, que resultó el menos efectivo. Los rangos de dosis de los aceites de hinojo y lavanda se solapan, lo que indica que tienen un efecto similar sobre *B. tabaci*. En el trabajo de Hernández (2014), en el que se emplea la misma metodología, la DL<sub>50</sub> obtenida para los aceites de menta y árbol del té es similar a la obtenida para el aceite de romero. La DL<sub>50</sub> de hinojo, lavanda y tomillo es menor que las obtenidas en la evaluación de Hernández, por lo que estos aceites presentan más efectividad que los de menta y árbol del té.

De nuestros resultados, el aceite esencial más eficaz para ser usado como insecticida por toxicidad volátil, ha sido el de tomillo. El resto de los aceites aunque muestran una menor eficacia a la misma dosis, también podrían ser unos prometedores candidatos para ser usados en el control de la mosca blanca.

En este trabajo sólo se ha evaluado la toxicidad volátil de los mismos, sin embargo hay muchos trabajos en los que se demuestra además del efecto tóxico, el irritante y repelente en adultos de la mosca blanca (C,almas ,ur et al. 2006, Cloyd et al. 2009, Yang et al. 2010, Tia et al. 2013, Yarahmadi et al. 2013, Chae et al. 2014, Emilie et al.

2015, Deletre et al. 2016, Baldin et al. 2017, Hussein et al. 2017). Ambos efectos, irritante y repelente, pueden complementar el efecto tóxico.

Además los aceites esenciales suelen tener varios de sus componentes con compuestos activos de efectos sinérgicos o aditivos, por lo que la combinación de dos o más aceites esenciales puede reducir la presión de selección de la resistencia con respecto a un modo de acción. Usar compuestos con diferentes efectos y diferentes mecanismo de acción podría ayudar a eliminar o retrasar la resistencia.

Aunque hay muchos estudios sobre la eficacia de estos productos, aún no son muy utilizados. Los principales inconvenientes para ello son su precio, la dificultad de su registro y su volatilidad. Aún así, su uso va aumentando, sobretodo porque se consideran menos perjudiciales para los humanos y el medio ambiente que los insecticidas químicos sintéticos.

Su gran volatilidad hace que pierdan su eficacia rápidamente, para evitarlo se está trabajando en nuevas formulaciones. También se aconseja plantar las plantas que contienen los principios activos entre los cultivos para que funciones como difusores naturales de los mismos. Y por último puede ser interesante combinar mallas con aceites esenciales de manera que a la barrera física que son las mallas, se le sume el efecto repelente y tóxico de los aceites (Deletre et al. 2015).

Serian necesarios más estudios específicos que probaran la eficacia de los componentes más importantes de los aceites esenciales, y de sus mezclas así como determinar los modos de acción de cada uno de ellos. También comprobar su efecto en los organismos beneficiosos y su posible fitotoxicidad en los cultivos.

## VII. CONCLUSIONES

Tras evaluar los efectos como insecticidas de los aceites de hinojo, tomillo, lavanda y romero se deduce que presentan actividad como fumigante contra adultos de *Bemisia tabaci*.

La metodología empleada en los bioensayos, con envases de vidrio y hoja de judía como sustrato de alimentación resulta cómoda y da resultados fiables.

Según los resultados obtenidos, el aceite de tomillo es el que presenta una mayor mortalidad a menor dosis ( $DL_{50} = 1,55 \cdot 10^{-4} \mu\text{L}/\text{mL}$ ).

Los aceites de hinojo y lavanda presenta una eficacia similar ( $DL_{50} = 3,84 \cdot 10^{-4} \mu\text{L}/\text{mL}$  y  $DL_{50} = 3,53 \cdot 10^{-4} \mu\text{L}/\text{mL}$ , respectivamente).

El aceite de romero con una  $DL_{50} = 1,55 \cdot 10^{-4} \mu\text{L}/\text{mL}$  se muestra menos eficaz.

Aunque habría que realizar más estudios, que profundicen en sus efectos y formulación, estos resultados nos indican que dichos aceites podrían incluirse como una herramienta más en las técnicas llevadas a cabo en el CIP, para el control de mosca blanca, intentando reducir la presión de selección de las resistencias a productos químicos.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

Abramson, C., Aldana, E. and Sulbaran, E. 2007. Exposure to Citral, Cinnamon and Ruda Disrupts the Life Cycle of a Vector of Chagas Disease. *American Journal of Environmental Sciences*, 3(1), pp.7-8.

Adán, A., Budía, F., Jacas J.A. 1989. La mosca blanca de los invernaderos. *El campo*, 113, pp.47-49.

Akhtar, Y., Isman, M. B. 2004. Comparative growth inhibitory and antifeedant effects of plant extracts and pure allelochemicals on four phytophagous insect species. *Journal of Applied Entomology*, 128(1), 32-38.

Aparicio, V., Rodríguez, M., Gómez, V., Sáez, E., Belda, J., Casado, E., Lastres, J. 1995. Plagas y Enfermedades de los Principales Cultivos Hortícolas de la Provincia de Almería: Control Racional. Sevilla: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, p.22.

Arnó, J., Castané, C., Riudavets, J., Roig, J., Gabarra, R. 2006. Characterization of damage to tomato plants produced by the zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis*. *OILB/WPRS Bull.*, 29 (4), pp.249-254.

Aslan, İ., Özbek, H., Çalmaşur, Ö., Şahin, F. 2004. Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Industrial Crops and Products*, 19(2), pp.167-173.

Avalos García, A. y Pérez-Urria Carril, E. 2011. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*, 2(3).

Avilla, J., Albajes, R., Alomar, O., Castane, C. y Gabarra, R. 2004. Biológicoal control of whiteflies in protected vegetable crops, pp. 171-184. En: R.G. Van Oriesche, K.M. Heinz y M.P. Parrella (editores) *Biocontrol in protected culture*. Ball Publishing, Batavia, Illinois, EE UU.

Baldin, E., Aguiar, G., Fanela, T., Soares, M., Groppo, M., Crotti, A. 2014. Bioactivity of *Pelargonium graveolens* essential oil and related monoterpenoids against sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* biotype B. *Journal of Pest Science*, 88(1), pp.191-199.

- Bischof, L. y Enan, E. 2004. Cloning, expression and functional analysis of an octopamine receptor from *Periplaneta americana*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 34(6), pp.511-521.
- Blom, J. Van Der. 2007. Control de plagas en hortícolas protegidas: Almería, el año de la transición. *Horticultura*, 200, pp.36-43.
- Blom, J. Van Der; Robledo, A.; Torres, S., Sánchez J.A. 2008. Control biológico de plagas en Almería: revolución verde después de dos décadas. *Phytoma-España*, 198, pp.42-48.
- Boller, E. F. 1999. El concepto de la OILB de Protección y Producción Integrada. Junta de Andalucía, ed.: 6º Symposium de Sanidad Vegetal. Sevilla; pp. 15-25
- Brechelt, A. 2004. El Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades. República Dominicana: Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL).
- Brown, J. 2007. The *Bemisia tabaci* Complex: Genetic and Phenotypic Variability Drives Begomovirus Spread and Virus Diversification. *APSnet Feature Articles*.
- Calvo, J.; Bolckmans, K.; Stansly, P. y Urbaneja, A. 2008. Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and Injury to Tomato. *BíoControl*. En prensa. (DOI 10.1007/s10526-008-9164-y).
- Cahill, M., Jarvis, W., Gorman, K., Denholm, I., 1996. Resolution of baseline responses and documentation of resistance to buprofezin in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Bull. Entomol. Res.* 86, pp.117-122.
- Campos, I. 2014. Guerra a las plagas agrícolas. [online] Mundo-ganadero.chil.org. Available at: <http://www.mundo-ganadero.chil.org/post/guerra-a-las-plagas-agricolas-71418>.
- Castañé, C., Arnó, J., Beitia, F., Gabarra, R. 2008 Control biológico de moscas blancas, pp. 239-253. En J.A. Jacas & A. Urbaneja (eds.) Control biológico de plagas agrícolas, M.V. *Phytoma España*, S.L., Valencia, España.

- Çalmaşur, Ö., Aslan, İ. and Şahin, F. 2006. Insecticidal and acaricidal effect of three Lamiaceae plant essential oils against *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Industrial Crops and Products*, 23(2), pp.140-146.
- Cheng, S. S., Chang, H. T., Chang, S. T., Tsai, K. H., Chen, W. J. 2003. Bioactivity of selected plant essential oils against the yellow fever mosquito *Aedes aegypti* larvae. *Bioresource Technology*, 89(1), pp.99-102.
- Choi, W. I., Lee, S. G., Park, H. M., & Ahn, Y. J. 2004. Toxicity of plant essential oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of economic entomology*, 97(2), pp.553-558.
- Choochote, W., Chaithong, U., Kamsuk, K., Jitpakdi, A., Tippawangkosol, P., Tuetun, B., Champakaew, D. and Pitasawat, B. 2007. Repellent activity of selected essential oils against *Aedes aegypti*. *Fitoterapia*, 78(5), pp.359-364.
- Cloyd, R., Galle, C., Keith, S., Kalscheur, N. and Kemp, K. 2009. Effect of Commercially Available Plant-Derived Essential Oil Products on Arthropod Pests. *Journal of Economic Entomology*, 102(4), pp.1567-1579.
- Cruz-Estrada, A., Ruiz-Sanchez, E., Gamboa-Angulo, M., Gamboa-Angulo, M. and Bórges-Argáez, R. 2013. Insecticidal effects of plant extracts on immature whitefly *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyroideae). *Electronic Journal of Biotechnology*, 16(1).
- Cuthbertson, A. G., Walters, K.F., Northing, P. y Luo, W. 2007. Efficacy of the entomopathogenic nematode, *Steinernema feltiae*, against sweetpotato whitefly *B. tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) under laboratory and glasshouse conditions. *Bull. Entomol. Res.* 97(1), pp. 9-14.
- Deletre, E., Chandre, F., Barkman, B., Menut, C. and Martin, T. 2015. Naturally occurring bioactive compounds from four repellent essential oils against *Bemisia tabaci* whiteflies. *Pest Management Science*, 72(1), pp.179-189.
- De Oliveira A.C., Ribeiro-Pinto L.F., Paumgarten J.R. 1997. In vitro inhibition of CYP2B1 monooxygenase by myrcene and other monoterpenoid compounds. *Toxicol Lett*, 92, pp.39-46.

Diputación Foral de Bizkaia. Departamente de Agricultura. 2005. Tríptico informativo Bemisia tabaci (Euli Zuria), la mosca blanca.

Elbert A., Nauen R. 2000. Resistance of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides in southern Spain with special reference to neonicotinoids. *Pest Manage. Sci.* 56, pp.60-64.

European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). Data Sheets on Quarantine Pests, *Bemisia tabaci*.

Fanela, T., Baldin, E., Pannuti, L., Cruz, P., Crotti, A., Takeara, R. and Kato, M. 2015. Lethal and Inhibitory Activities of Plant-Derived Essential Oils Against *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) Biotype B in Tomato. *Neotropical Entomology*, 45(2), pp.201-210.

FAO (2012). El pacto mundial contra las plagas de las plantas conmemora sus 60 años de actividades. [online] Disponible en: <http://www.fao.org/news/story/es/item/131978/icode/>.

Fernández, E., Grávalos C., Haro P.J., Cifuentes D., Bielza, P. 2009. Insecticide resistance status of *Bemisia tabaci* Q-biotype in south-eastern Spain. Universidad Politécnica de Cartagena.

Fogné, D., Olivier, G., Bassolé, I., Nébié, R. and Laurence, M. 2017. Susceptibility of MED-Q1 and MED-Q3 Biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) Populations to Essential and Seed Oils. *Journal of Economic Entomology*, 110(3), pp.1031-1038.

Gerling, D. 1990. Natural enemies of whiteflies: predators and parasitoids, pp. 147-185. En: D. Gerling (editor) *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Intercept, Andover, Hants, Reino Unido.

Gerling, D.; Alomar, O. y Arnó, J. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. *Crop Prot.* 20: 779- 799.

Gómez-Menor, J. 1994. Aleyródidos de interés agrícola. *Bol. Pat. Veg. Entom. Agric.* 13: 161-198. Horowitz, A.R.; Gerling, D. 1992. Seasonal variation of sex ratio in *Bemisia tabaci* on cotton in Israel. *Environ Entomol*, 21: 556-559.

Hernández, M., Contreras, J. 2014. Bioensayos de toxicidad de aceites esenciales en *Bemisia tabaci* (Gennadius). Universidad Politécnica de Cartagena.

Hernandez-Suárez, E., Carnero, A., Aguiar, A., Prinsloo, G.; Lasalle, J. y Polaszek, A. 2003. Parasitoids of whiteflies (Hymenoptera: *Aphelinidae*, *Eulophidae*, *Platygastridae*; Hemiptera: *Aleyrodidae*) from the Macaronesian archipelagos of Canary Islands, Madeira and the Azores. *Syst. Biodivers.* 1: 55-108.

Hoddle, M.S. 2004. Biological control of whiteflies on ornamental crops, pp. 149-170. En: R.G. Van Driesche, K.M. Heinz y M.P. Parrella (editores) *Biocontrol in protected culture*. Ball Publishing, Batavia, Illinois, EE UU.

Hori, M. 1996. Settling inhibition and insecticidal activity of garlic and onion oils against *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Journal Applied Entomology and Zoology*, 31 (4): 605-612.

Horowitz, A.R., Ishaaya, I., 1994. Managing resistance to insect growth regulators in the sweetpotato whitefly (Homoptera: aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 87: 866-871.

Hussein, H., Salem, M. and Soliman, A. (2017). Repellent, attractive, and insecticidal effects of essential oils from *Schinus terebinthifolius* fruits and *Corymbia citriodora* leaves on two whitefly species, *Bemisia tabaci*, and *Trialeurodes ricini*. *Scientia Horticulturae*, 216, pp.111-119.

Houghton, P., Ren, Y. and Howes, M. 2006. Acetylcholinesterase inhibitors from plants and fungi. *Natural Product Reports*, 23(2), p.181.

Infoagro, [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com).

Juarez, M., Gosalvez, B., Hernando, Y., Aranda, M. A. 2013. Virus del rizado de la hoja del tomate de Nueva Delhi (*Tomato leaf curl new Delhi virus*, ToLCNDV): Un nuevo virus que afecta gravemente cucurbitáceas en Almería y Murcia.

Kim, S. I., Chae, S. H., Youn, H. S., Yeon, S. H., Ahn, Y. J. 2011. Contact and fumigant toxicity of plant essential oils and efficacy of spray formulations containing the oils against B-and Q-biotypes of *Bemisia tabaci*. *Pest management science*, 67(9), pp.1093-1099.



Kim, D., Ahn, Y. 2001. Contact and fumigant activities of constituents of *Foeniculum vulgare* fruit against three coleopteran stored-product insects. *Pest Management Science*, 57(3), pp.301-306.

Kostyukovsky, M., Rafaeli, A., Gileadi, C., Demchenko, N. and Shaaya, E. 2002. Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. *Pest Management Science*, 58(11), pp.1101-1106.

Koul, O., Walia, S., Dhaliwal, G. S. 2008. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopestic Int*, 4(1), 63-84.

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA). 2016.

Lenteren, J.C. van; Noldus, L.P.J.J. 1990. Whitefly-plant relationships: behavioural and ecological aspects. En: Gerling, D. (Ed.). *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Intercept Ltd. Newcastle: 47-89.

Liu, Z. L., Ho, S. H. 1999. Bioactivity of the essential oil extracted from *Evodia rutaecarpa* Hook f. et Thomas against the grain storage insects, *Sitophilus zeamais* Motsch. and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research*, 35(4), pp.317-328.

Matasyoh, J., Dittrich, B., Schueffler, A. and Laatsch, H. 2010. Larvicidal activity of metabolites from the endophytic *Podospora* sp. against the malaria vector *Anopheles gambiae*. *Parasitology Research*, 108(3), pp.561-566.

Miresmailli, S., Bradbury, R., Isman, M.B., 2006. Comparative toxicity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil and blends of its major constituents against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on two different host plants. *Pest. Manag. Sci.* 62, pp.366-371.

Morales, F., Cardona, C., Bueno, J. and Rodríguez, I. 2006. *Manejo integrado de enfermedades de plantas por virus transmitidos por moscas blancas*. [ebook] Cali: Francisco J. Morales, pp.3-8. Disponible en: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos\\_ciat/books/Manejo\\_integrado\\_de\\_enfermedades\\_de\\_plan.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/books/Manejo_integrado_de_enfermedades_de_plan.pdf).

- Nannini, M.; Foddi, F.; Murgia, G.; Pisci R.; Sanna, F. y Spanedda, S. 2006. Alternative whitefly biocontrol options for greenhouse tomatoes. *IOBC/WPRS Bull.* 29 (4):65-70.
- Nauen, R.; Stump, N. and Elbert, A. 2002. Toxicological and mechanistic studies on neonicotinoid cross resistance in Q-type *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science.* 58, pp.868-875.
- Negahban M, Moharramipour S, Sefidkon F. Chemical Composition and Insecticidal Activity of *Artemisia scoparia* Essential Oil against Three Coleopteran Stored-Product Insects. *Journal of AsiaPacific Entomology.* 2006;9(4), pp.1–8.
- Pérez, M. P., Pascual-Villalobos, M. J. 1999. Efectos del aceite esencial de inflorescencias de *Chrysanthemum coronarium* L. en mosca blanca y plagas de almacén. *Investigación agraria. Producción y protección vegetales*, 14(1), pp.249-258.
- Regnault-Roger, C., Vincent, C. and Arnason, J. 2012. Essential Oils in Insect Control: Low-Risk Products in a High-Stakes World. *Annual Review of Entomology*, 57(1), pp.405-424.
- Ringuelet, J., Urrutia, M. I., Yordaz, R. M., Henning, C. P. 2012. Actividad insecticida y repelente de aceites esenciales de laurel y lemongrass sobre *Bemisia tabaci*. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 38(2), pp.353-360.
- Roditakis, E., Roditakis, N.E., Tsagkarakou, A. 2005. Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) populations from Crete. *Pest Management Science.* 61, pp.577-582.
- Salvador, F. 2015. *Gestión integrada de plagas en pepino bajo invernadero*. [ebook] Cajamar Caja Rural, p.8. Disponible en: <http://www.publicacionescajamar.es/>.
- Sampson, B. J., Tabanca, N., Kirimer, N. E., Demirci, B., Baser, K., Khan, I. A., Wedge, D. E. 2005. Insecticidal activity of 23 essential oils and their major compounds against adult *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) (Aphididae: Homoptera). *Pest Management Science*, 61(11), pp.1122-1128.
- Sánchez, J.A. 2008. Zoophytophagy in the plant bug *Nesidiocoris tenuis*. *Forest Entomol.* 10: 75-80.

Secker, A.E., Bedford, I.A., Markham, P.G., William M.E. 1998. Squash, a reliable field indicator for the presence of B biotype of tobacco whitefly, *Bemisia tabaci*. In: Brighton Crop Protection Conference: Pests and Diseases. British Crop Protection Council, Farnham, UK. pp. 837-842.

Sertkaya, E., Kaya, K. and Soyulu, S. 2010. Acaricidal activities of the essential oils from several medicinal plants against the carmine spider mite (*Tetranychus cinnabarinus* Boisd.) (Acarina: *Tetranychidae*). *Industrial Crops and Products*, 31(1), pp.107-112.

Soto, A. y F. Garcia-Marí. 2000. *Las moscas blancas de cítricos*. <http://www.seea.es/conlupa/mbeitricos/mbCitricos.htm> (22/01/2008).

Stroh, J., Wan, M.T., Isman, M.B. and Moul, D.J. 1998. Evaluation of the acute toxicity to juvenile Pacific coho salmon and rainbow trout of some plant essential oils, a formulated product, and the carrier. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 60, pp.923– 930.

Tapondjou, L., Adler, C., Bouda, H. and Fontem, D. 2002. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 38(4), pp.395-402.

Tia, E., Lozano, P., Menut, C., Lozano, Y., Martin, T., Niamké, S. and Adima, A. 2013. Potentialité des huiles essentielles dans la lutte biologique contre la mouche blanche *Bemisia tabaci* Genn. *Phytothérapie*, 11(1), pp.31-38.

Velasco, L. 2015. *Los virus en los cultivos hortícolas protegidos del sureste español desde una perspectiva histórica*. [online] Interempresas. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/133293-virus-en-cultivos-hortícolas-protegidos-del-sureste-espanol-desde-perspectiva-historica.html>.

Wagan, T., Chakira, H., He, Y., Zhao, J., Long, M. and Hua, H. 2016. Repellency of Two Essential Oils to *Monomorium pharaonis* (Hymenoptera: *Formicidae*). *Florida Entomologist*, 99(4), pp.608-615.

Yang, N. W., Li, A. L., Wan, F. H., Liu, W. X., Johnson, D. 2010. Effects of plant essential oils on immature and adult sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* biotype B. *Crop protection*, 29(10), pp.1200-1207.

Yang, R. Z., Tang, C. S. 1988. Plants used for pest control in China: a literature review. *Economic botany*, 42(3), pp.376-406.