

UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS

Repelencia de tres extractos naturales en el combate de mosca blanca *Bemisia tabaci*
(Hemiptera: Aleyrodidae) en el cultivo del melón en la zona de Trinidad Vieja de
Salinas, Puntarenas, Costa Rica

POR
JORDAN ELIÉCER CORRALES CASTILLO

Heredia, Costa Rica, 2017

Trabajo final de graduación de tesis sometido a consideración del Tribunal
Examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias para optar al grado de Licenciatura
en Ingeniería Agronómica

Repelencia de tres extractos naturales en el combate de mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) en el cultivo del melón en la zona de Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas, Costa Rica

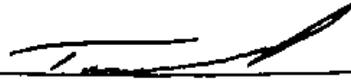
Estudiante

Jordan Eliécer Corrales Castillo

Trabajo final de graduación de tesis sometido a consideración del Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica

**Trabajo final de graduación presentado como requisito parcial para optar el
grado de Licenciado en Ingeniería Agronómica**

Tribunal examinador



**M.Sc Tomás Marino Herrera
Decano**



**Doc. Rafael Evelio Granados Carvajal
Representante Escuela de Ciencias Agrarias**



**M.Sc Jesús Alexander Rodríguez Arrieta
Director de Tesis**



**M.Sc Rosalía Rodríguez Porras
Asesora**



**Bach. Jordan Eliécer Corrales Castillo
Estudiantes**

Dedicatoria

*A Dios por darme la vida, la perseverancia
y la fortaleza para lograr esta meta y a mi
familia por su apoyo incondicional en
cada momento de mi vida*

Agradecimiento

Quiero dar agradecimiento a todas aquellas personas que de alguna u otra forma colaboraron para concluir este trabajo. Especial agradecimiento a Agrícola MAYAN S.A y al Lic. Mario Vargas Berrocal, por los recursos brindados para este proyecto. Al M.Sc Jesús Alexander Rodríguez Arrieta, por su ayuda en la elaboración de esta investigación desde su inicio y ser un pilar fundamental en su realización. M. Sc Rosalía Rodríguez Porras, por su apoyo en la elaboración de mi tesis. Muchas Gracias.

Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto de repelencia de tres extractos naturales de plantas de fácil acceso: tomillo, chile picante/ajo y canela/clavo de olor, para combatir la mosca blanca en el cultivo de melón, se evaluó la efectividad de estos productos orgánicos en relación a un control, que fue la aplicación con Plural 20 OD (Imidacloprid), un insecticida comúnmente utilizado en este cultivo. El estudio se realizó en una finca propiedad de la empresa agrícola MAYAN S.A de Orotina en Esparza, Puntarenas, Costa Rica. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, de tres tratamientos con tres repeticiones y el control, en donde se determinó el efecto de repelencia mediante un conteo de estos insectos antes y posterior a la aplicación. De ahí se estableció un porcentaje de eficiencia de los extractos.

En el análisis estadístico se realizó una prueba de Shapiro-Wilk en la que se determinó la distribución de los datos, además se implementó una prueba de rangos con signos de Wilcoxon con el fin de contrastar las distribuciones del Índice Medio de Infestación (IMI) precisamente antes y después de las aplicaciones y finalmente se implementó un Modelo Lineal Generalizado (MLG) para explicar la tendencia de los datos y el comportamiento de la variabilidad en los resultados. El tratamiento que mejor mostró su eficiencia de control de la plaga de mosca blanca fue precisamente el insecticida, sin embargo esta eficiencia fue disminuyendo con el paso de las semanas. Entre los extractos el que mostró una mayor disminución en el IMI resultó ser el de canela/clavo de olor; y su efecto sobre la disminución en la población persistió más en el tiempo. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los repelentes de extractos naturales, sólo de estos contra el control.

Palabras clave: Canela/clavo de olor; chile/ajo; tomillo; Control; extractos naturales; modelo completamente aleatorizado; mosca blanca; repelencia; melón.

Abstract

The aim of this thesis reached to analyse the effect of three natural repellents made from extracts of thyme, spicy/garlic and cinnamon/clove for decreasing whitefly's infest on melon crops in Costa Rica. The effectiveness of these organic products were examined in relation to a control treatment using Plural 20 OD (Imidacloprid), a commonly insecticide. The study was carried out on a farm owned by the agricultural company MAYAN de Orotina S.A in Esparza, Puntarenas, Costa Rica. We used a completely randomized experimental design of repeated measurements for three treatments with three replicates, where the effect of repellence was determined by counting white flies before and after applications have been done so fitting an index: Average Infestation Index (AII). Then, the percentage of efficiency of the extracts was established depending whether AII increases or decreases. The statistical analysis was performed initially using a Shapiro-Wilk test to determine the distribution of data, in addition a test of ranged Wilcoxon signs was implemented in order to contrast the AII distributions just before and afterward that applications were applied and finally a Generalized Linear Model (MLG) was implemented to detail data pattern and variability. The treatment that best showed efficiency controlling the white fly pest was precisely the insecticide, however this efficiency decreases over the time. The best treatment that decrease white fly population was obtained using the extract of cinnamon/clove. Also, this treatment persisted during long time decreasing white fly population on crop. No statistically significant differences were found between natural extracts repellents, there was only differences on treatments against control depending what week is part of the analysis.

Keywords: Cinnamon / clove; chili pepper / garlic; thyme; Control; Natural extracts; Completely randomized model; White fly; Repellency; cantaloupe.

Índice General

Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice General	v
Índice de figuras	viii
Índice de cuadros	viii
Índice de Anexos	ix
1. Introducción	1
2. Objetivos	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos específicos	4
3. Revisión bibliográfica	4
3.1 El cultivo del melón	4
3.1.1 Clasificación botánica del melón	4
3.1. 2 Generalidades del cultivo	4
3.1. 3 Fenología del cultivo de melón	5
3.1. 4 Condiciones para el desarrollo	6
3.2 Aspectos generales de mosca blanca	7
3.2.1 Distribución	7
3.2.2 Distribución espacial y condiciones para el desarrollo	7
3.2.3 Ciclo de vida general	8
3.2.4 Biotipos	9
3.2.5 Daño	10
3.2.6 Resistencia a insecticidas	11
3.2.7 Métodos de combate	12
3.2.7.1 Cultural	12
3.2.7.2 Biológico	12
3.2.7.3 Químico	13
3.3 Extractos vegetales	13

4.5.1	Estimación de la población de mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>) en el cultivo	31
4.5.2	Efecto repelente de los extractos naturales sobre adultos de mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	31
4.6	Registros de las condiciones de temperatura y humedad relativa en campo durante el crecimiento del cultivo	32
4.7	Análisis estadístico.....	32
4.8	Análisis económico	33
5.	Resultados y discusión	33
5.1	Índice Medio de Infestación (IMI) de mosca blanca.....	33
5.2	Condiciones climáticas.....	36
5.3	Repelencia de los extractos naturales.....	38
5.4	1. Extracto de Canela/Clavo de olor.....	39
5.3 2.	Extracto de tomillo	40
5.3 3.	Extracto de Chile/ajo	42
5.3 4.	Control.....	44
5.5	Análisis económico	46
5.5	Planteamiento de la propuesta de combate de mosca blanca	47
6.	Conclusiones	49
7.	Recomendaciones.....	51
8.	Bibliografía	52
9.	Anexos.....	68

Índice de figuras

Figura 1. Detalle de la ubicación del área de trabajo en la finca (área delimitada) (Tomado de Google Earth, 2016).	25
Figura 2. Aplicación de los repelentes en el campo.	26
Figura 3. Muestreo mediante el método de conteo directo en las hojas.	27
Figura 4 Ubicación espacial de los tratamientos en el lote experimental.	30
Figura 5. Promedio del Índice Medio de Infestación (IMI) de mosca blanca durante el crecimiento y desarrollo del cultivo del melón variedad Hy-Mar, en los meses de marzo a abril. Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.	35
Figura 6. A. Promedios de temperatura (°C) y humedad relativa (%); B. Promedio del Índice Medio Infestación (IMI) anterior y posterior a la aplicación durante el crecimiento y desarrollo del cultivo del melón variedad Hy-Mar, en los meses de marzo y abril. Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas.	37
Figura 7. Promedios del IMI para Canela/clavo de olor antes y después de la aplicación durante las semanas 1 a 5 en los meses de marzo y abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.	39
Figura 8. Promedios del IMI para tomillo antes y después a la aplicación durante las semanas 1 a 5 en los meses de marzo y abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.	41
Figura 9. Promedios del IMI para Chile/ajo antes y después de la aplicación durante las semanas 1 a 5 en los meses de marzo y abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.	42
Figura 10. Resultados del IMI para Control de olor antes y después a la aplicación durante las semanas 1 a 5 en los meses de marzo y abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.	45

Índice de cuadros

Cuadro 1. Eficiencia (%) en el efecto repelente antes y después a la aplicación de los repelentes y el control durante las semanas 1 a 5 en los meses de marzo y abril en Finca Agrícola MAYAN (datos corresponden al promedio del IMI para cada semana).	44
Cuadro 2. Costo total por aplicación de cada tratamiento en un área de 2000 m ² durante los meses de marzo y abril en Finca Agrícola MAYAN.	47

Índice de Anexos

Anexo 1. Siembra del melón realizada la primera semana de febrero en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.....	68
Anexo 2. Plantación de melón establecida en la tercera semana de marzo en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.....	68
Anexo 3. Resultados del tratamiento con tomillo (A y B) en la cosecha durante la tercera semana de abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.....	69
Anexo 4. Resultados del Tratamiento de chile/ajo (A y B) en la cosecha durante la tercera semana de abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.....	69
Anexo 5. Resultados del Tratamiento de canela/clavo de olor (A y B) en la cosecha durante la tercera semana de abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.....	70
Anexo 6. Resultados del Tratamiento control (Imidacloprid) (A y B) en la cosecha durante la tercera semana de abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.....	70
Anexo 7. Cosecha de melón realizada durante la tercera semana de abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.....	71
Anexo 8. Melones recolectados en los diferentes tratamientos: Tomillo (T), Canela/Clavo de olor (C/C), Chile/Ajo (C/A) y Control (C) durante la tercera semana de abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.....	71
Anexo 9. Distribución y curva de Gauss del IMI antes y después de aplicar los tratamientos, mediante la prueba de Shapiro-Wilk.....	72
Anexo 10. Prueba de rangos con signos Wilcoxon.....	72
Anexo 11. Análisis estadístico mediante el Modelo Lineal Generalizado (MLG).....	73
Anexo 12. Diagnóstico de residuales de los valores antes y después de aplicar.....	73

1. Introducción

El melón (*Cucumis melo* L.) es la planta más importante de la familia de las cucurbitáceas que se cultivan en Costa Rica y una de las frutas más producidas, exportadas y consumidas en el país durante la temporada seca, de noviembre a abril. Se siembran aproximadamente 7000 hectáreas anuales en el país (Elizondo 2010).

El 85% del melón producido en Costa Rica se dedica a la exportación y el 15% restante se vende en el mercado interno. En el año 2011, el melón fue el quinto producto agrícola de exportación (2,8% del total), luego del banano (33%), la piña (30%), el café oro (16%) y las plantas ornamentales (3,4%), generó divisas por un total de US\$66,9 millones (Monge 2014). Los principales destinos de exportación para Costa Rica son: Estados Unidos, Holanda, Reino Unido, Italia, Alemania, Bélgica (Monge 2014).

En Costa Rica existen tres áreas principales de producción de melón: la Región Chorotega (zonas de producción importantes como Nicoya, Nandayure, Carrillo), la Región Pacífico Central (zonas de producción como Barranca “Chomes”, Orotina y Jicaral) y el Valle del Tempisque (zonas de producción como Liberia, Filadelfia y Santa Cruz) (Sandi 2004). Para la temporada 2009-2010 de un total de 6591 ha sembradas el 59% del área correspondió a la zona de la cuenca del río Tempisque, en el sector norte de la provincia de Guanacaste (cantones de Carrillo y Liberia). La segunda área en importancia correspondió al sector de la Península de Nicoya, que concentra el 22% del área (cantones de Nicoya y Nandayure). Por último, el restante 19% del área se ubicó en la extensa zona del Pacífico Central, que va desde el cantón Central de Puntarenas hasta el cantón de Parrita, incluyendo los cantones de Esparza, Garabito y Turrubares (Monge 2014).

Una de las principales plagas en el cultivo del melón es la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Aleyrodidae), la cual es responsable de pérdidas severas en el sector melonero debido a la transmisión de virus que ocasiona el encrespamiento de los meristemas, achaparramiento de las plantas y moteados. Estas sintomatologías obstruyen el desarrollo vegetativo y como

consecuencia se obtienen frutos deformes con grietas que no cumplen los requerimientos de calidad (Chávez 2005). Los umbrales económicos de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de melón son dos adultos por hoja y dieciséis ninfas por pulgada. Con poblaciones mayores a este parámetro, constituyen o implican un daño económico en el cultivo (Alas 2000). En Costa Rica no se cuentan con registros de pérdidas económicas causadas por mosca blanca en el cultivo de melón; sin embargo, en otros países si existen registros, como por ejemplo Guatemala se reportó a principios de 2001 en Zacapa que 700 ha de melón fueron severamente afectadas por geminivirus transmitidos por *Bemisia tabaci*, de las cuales 246 ha debieron ser arrancadas y destruidas; en el resto del área sembrada los rendimientos disminuyeron de 1200 a 700 cajas/ha, a pesar de que el número de aplicaciones de insecticidas aumentó de 18 a 30.

La aplicación de insecticidas sintéticos ha sido hasta ahora la herramienta más utilizada para el combate del daño directo e indirecto de este insecto. Sin embargo, en Costa Rica Hilje (1993), señala que *B. tabaci* tiene la habilidad para desarrollar resistencia a los insecticidas debido principalmente a la brevedad de su ciclo de vida y la partenogénesis facultativa que posee. Hasta 1987 a nivel mundial, esta especie desarrolló resistencia a 16 insecticidas de diferente origen químico en las plantaciones de algodón (Espinel *et al.* 2008). Actualmente, *B. tabaci* es resistente a varios tipos de los insecticidas usados para su combate lo cual tiene serias implicaciones económicas y ambientales. Muchos agricultores, usan mayores dosis de plaguicidas, lo que eleva los costos de producción y genera mayor contaminación al ambiente (Espinel *et al.* 2008).

En los últimos años, el uso de extractos naturales ha sido una alternativa en el combate insecto-plaga. Estos extractos han tomado importancia debido a la búsqueda de un equilibrio entre el ambiente, la producción y el hombre considerándose aspectos como: la acción específica sobre el objetivo, impacto bajo o nulo en organismos circundantes y el ambiente, así como su impacto bajo o nulo en el cultivo (Molina 2001).

El aceite de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) fenólico volátil (timol) ha sido reportado entre los 10 mejores aceites esenciales que muestra un efecto antibacteriano, antimicótico,

insecticida, antifúngico e inclusive en la conservación de alimentos naturales (Naghdi *et al.* 2004). Adicionalmente la canela (*Cinnamomun* spp.) tiene efectos biológicos como: antiséptico e insecticida (Alvarado 2009). El clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L.) por su parte, se encuentra entre sus amplios usos como condimento y a nivel agrícola con propiedades antifúngicas, de insecticida y repelencia (Alvarado 2009; Arévalo 2006). Así mismo, el chile (*Capsicum annuum*) se ha utilizado como repelente e insecticida (Waizel y Camacho 2011). Por último, el ajo (*Allium sativum* L.) es bien conocido para tratar problemas renales, respiratorios, urinarias, como antibiótico, antifúngico y bactericida (Vallejo *et al.* 2008). Basado en la información anterior de las propiedades de estas plantas, es claro que estas pueden representar una opción en el manejo integrado del cultivo de melón en nuestro país.

Este trabajo de investigación buscó evaluar el grado de repelencia que poseen los extractos naturales de tomillo, canela/clavo de olor y chile/ajo contra poblaciones de mosca blanca en el cultivo del melón en la zona de Trinidad Vieja de Salinas en Esparza de Puntarenas. Basándose en la hipótesis investigativa que bajo la implementación de extractos naturales las poblaciones de mosca blanca en melón se van a reducir, de igual manera se contó con una hipótesis nula estadística en la cual no hay diferencias en las medias de los tratamientos evaluados. De esta manera, se espera ofrecer una herramienta más a los productores de melón de esta zona para ser incorporada al manejo integrado de plagas de dicho cultivo.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

- Evaluar la repelencia de tres extractos naturales de tomillo, canela/clavo de olor y chile picante/ajo contra mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) en el cultivo del melón en la zona de Trinidad Vieja de Salinas Puntarenas, Costa Rica, durante la época seca de finales de febrero a abril del 2015.

2.2 Objetivos específicos

- Estimar la tendencia poblacional de *Bemisia tabaci* durante el crecimiento del cultivo según los factores ambientales de temperatura y humedad relativa.
- Determinar el efecto repelente de los extractos naturales de tomillo, canela/ clavo de olor y chile/ajo para el combate de mosca blanca en el cultivo del melón.
- Generar propuestas de combate contra mosca blanca en melón bajo condiciones de manejo convencional del cultivo y uso de repelentes naturales que disminuyan los costos económicos en la producción.

3. Revisión bibliográfica

3.1 El cultivo del melón

3.1.1 Clasificación botánica del melón

La planta de melón pertenece a la Clase Magnoliopsida y a la Familia Cucurbitaceae, y comprende plantas de alta importancia económica en nuestro país. Pertenecen también a esta Familia el pepino (*Cucumis sativus* L.), el ayote (*Cucurbita moschata* L.), el zapallo (*Cucurbita máxima* Dutch), el chayote (*Sechium edule*) ((Jacq.) Swartz) y la sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. y Nakai) (Baudracco y Pitrat 1996).

3.1.2 Generalidades del cultivo

Las variedades de melón que se cultivan para exportación se clasifican según Baudracco y Pitrat (1996) en varios grupos, entre ellos los melones amarillos y verdes españoles, Cantaloupe, Honey dew, Galia y melones de larga conservación, entre otros.

Las variedades cultivadas en Costa Rica son numerosas; sin embargo la demanda y la facilidad de manufactura de melón amarillo (*Cucumis melo*), han hecho de esta una de las variedades más utilizadas por los pequeños y medianos productores. Por su parte, las compañías productoras y distribuidoras de semilla cada año presentan nuevas variedades con

novedades como un ciclo de cultivo más corto, de mayor duración en almacenamiento o postcosecha, nueva forma geométrica, mayor tamaño, entre otras. Una de las características que se ha modificado en esta variedad de melón amarillo es la producción de flores hermafroditas (Elizondo 2010).

Las variedades de melón más cultivadas en nuestro país son:

1. El Cantaloupe, variedad que se cultiva mayormente en el Valle del Tempisque. Las principales exportaciones de esta variedad se realizan a Estados Unidos.

2. El Honey dew, es una variedad que se cultiva en la Península de Nicoya, así como en la Región Pacífico Central y el Valle del Tempisque. El mayor volumen de exportaciones de esta variedad se realiza hacia el mercado europeo.

3. El Dorado, se cultiva con mayor magnitud en la Península de Nicoya y la Región Pacífico Central, tanto Europa como Estados Unidos representan un mercado importante para esta variedad.

4. Las variedades que menos se cultivan en nuestro país son Galia, piel de sapo, Orange Flesh, y Charantais. (Sandi 2004).

3.1. 3 Fenología del cultivo de melón

Depende de la época, tiene un promedio de 55 — 60 días; consta de cuatro fases fenológicas:

- a) **Siembra:** El proceso de siembra puede darse de dos formas: a) indirecta, donde la planta es criada en semilleros o almácigos que las empresas meloneras acondicionan, para el posterior traslado al campo o b) directa, la semilla se siembra directamente en el campo, bajo condiciones de cuidado sumamente altas (Díaz y Sandi 2006).
- b) **Floración y cuajado de frutos:** Esta etapa cubre desde los 21 hasta los 35 días después del trasplante, aproximadamente; en esta fase es donde ya se empieza a encontrar daños de ninfas de mosca blanca. En el día 18 después del trasplante, se colocan colmenas en el campo, dando así un tiempo aproximado de tres días para que las mismas se ambienten y comiencen el trabajo de polinización en el día 21. Si bien

es cierto que aún después del día 35 ocurre cuajado de algunos frutos, éstos son abortados naturalmente y ya no son parte de la cosecha (Alas 2000).

c) Llenado de frutos: El llenado de frutos se da principalmente desde los 36 hasta los 45 días después del trasplante. Es en esta etapa cuando los frutos comienzan a aumentar su volumen significativamente, por lo mismo es necesario proporcionar a las plantas suficiente agua (Alas 2000).

d) Maduración: Esta ocurre de los 46 a los 56 días después del trasplante (Alas 2000).

3.1. 4 Condiciones para el desarrollo

El melón es un producto que requiere de condiciones climáticas particulares para su producción agrícola, ya que ocupa una temperatura regulada, calor durante el día y frío en la noche, cantidad regulada de agua, de ahí el sistema de riego por goteo utilizado extensamente (Díaz y Sandi 2006).

La temperatura mínima, óptima y máxima para la germinación de las semillas son 15, 32 y 38 °C, respectivamente. Los frutos que maduran a temperaturas menores a 21 °C durante el día son de baja calidad. Temperaturas muy elevadas (43 a 46 °C), pueden causar marchitamiento temporal de las guías, quemaduras por alta radiación solar en la parte externa de los frutos y pérdida de la consistencia en la pulpa al momento de la cosecha (Chávez 2005).

Se han desarrollado innovaciones tecnológicas en la producción de melón, entre éstas mejoramiento de las semillas para siembra, combate de plagas, implementación de nuevas formas de riego del cultivo y la implementación de nuevas formas de transporte marítimo especializado (Díaz y Sandi 2006).

El caso del melón implica labores agrícolas y de empaque; donde el producto sale listo para la exportación. El proceso de siembra puede darse de dos formas: a) siembra indirecta, la planta es criada en semilleros o almácigos que las empresas meloneras acondicionan, para luego ser trasladada al campo; b) siembra directa, la semilla es sembrada directamente en el campo bajo condiciones de cuidado sumamente altas. Los procesos de siembra en Costa Rica se realizan entre los meses de octubre, noviembre, enero o febrero dependiendo de la zona

de producción. La recolección del fruto se empieza a dar aproximadamente durante los meses de marzo, abril y mayo (Díaz y Sandi 2006).

3.2 Aspectos generales de mosca blanca

Existen aproximadamente 1200 especies de moscas blancas a nivel mundial, no obstante, menos de una docena son consideradas plagas de importancia económica, causando daños hasta un 100% en los cultivos. De estas especies, *Bemisia tabaci* (Gennadius) y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) son las más perjudiciales y generalizadas en América Latina y el mundo, por la severidad de sus daños en cultivos con pérdidas económicas de gran magnitud. En ambos casos se han reportado más de 200 especies de plantas hospedantes incluidas en más de 65 familias. Su habilidad para dispersarse es favorecida por el movimiento extensivo a través del comercio de plantas y otras partes vegetativas (Macías *et al.* 2013).

3.2.1 Distribución

La mosca blanca *B. tabaci* se localizó por primera vez en la India, luego fue reportada en las Islas de Micronesia, para luego ser detectada en Taiwán, Indonesia, Filipinas, Madagascar, Nigeria, Zaire, Costa de Marfil, Sudán, Egipto, Libia, Marruecos, Sur de Italia, Norte de América, Japón, Malasia, Etiopía, Kenia, Argentina, Uganda, Sudamérica y Centroamérica (Casasola 1995). Se desconoce el origen y el momento de la introducción de las primeras poblaciones de *B. tabaci* a América Latina, aunque esta plaga probablemente se introdujo desde África o Asia, mediante el comercio durante la época colonial (Macías *et al.* 2013).

3.2.2 Distribución espacial y condiciones para el desarrollo

La distribución de cada estadio de la mosca blanca puede variar mucho entre los estratos y hojas de la misma planta, plantas vecinas y sectores del campo (dependiendo de la ubicación de la planta en la parcela, de los vientos predominantes, de los cultivos y malezas adyacentes, entre otros factores) (Hilje 1996). La distribución puede seguir un patrón agregado dentro de un campo de cultivo (Hilje 1993).

En todos los cultivos, los adultos y ninfas permanecen en el envés de las hojas. En ciertos cultivos, cada estadio tiende a congregarse en un estrato particular de la planta. Los adultos, huevos y ninfas más jóvenes son más abundantes en el follaje nuevo (en el estrato superior, generalmente), las ninfas de varios instares en el estrato intermedio y las ninfas del último instar en el inferior, donde es común hallar muchas cubiertas ninfales vacías. Este patrón se debe a que las ninfas se desarrollan conforme la planta crece, por lo que se acumulan progresivamente en las hojas inferiores (Hilje 1996).

Las migraciones masivas de adultos (hembras y machos) se concentran en las primeras horas de la mañana de 6:00 a 10:00 horas, y se vuelve a repetir en horas de la tarde pero en menor cantidad de 15:00 a 16:30 horas (Chávez 2005). El comportamiento más activo de las moscas blancas a estas horas se debe a que los adultos están en busca de alimento y sitios de oviposición. La tendencia es de campos viejos hacia campos nuevos en los monocultivos. Durante el día los adultos se ocultan en el envés de las hojas y para el caso de las hembras, aprovechan la oportunidad para ovipositar, teniendo cierta preferencia por los tejidos más jóvenes (Chávez 2005).

En Costa Rica, las poblaciones de *B. tabaci* fluctúan según factores como son la temperatura, precipitación, viento, hospederos, entre otros. Las mayores poblaciones se localizan en la estación seca. Durante la estación lluviosa, las poblaciones son bajas y la declinación abrupta de adultos se atribuye posiblemente a un efecto mecánico de desalojo de los mismos ya que quizás mueran sobre el vuelo (Hilje 1993).

3.2.3 Ciclo de vida general

El número de generaciones anuales es de 4 a 6, completándose su ciclo biológico entre 30-120 días, según la época del año (Alpizar, 1993; Navas 2004; Macías *et al.* 2013).

Huevo: Depositados en forma individual o en grupo, en el envés de las hojas, mediante un pedicelo insertado en la epidermis (Saunders *et al.* 1998).

Ninfa: Traslúcida, amarillo a amarilla- verdosa, con cuatro estadios, el primero es móvil y los últimos sésiles tipo escamas; chupan la savia desde el envés; durante su último etapa, el estadio final (pupal) no se alimenta (Saunders *et al.* 1998).

Adulto: Es de 1 a 2 mm de largo, el cuerpo es amarillo, cubierto por un polvo ceroso de color blanco, son de forma aplanada, con dos pares de alas, vuela bien cuando se le molesta o se voltea la hoja (Alpizar, 1993; Saunders *et al.* 1998).

3.2.4 Biotipos

El término biotipo es usado para designar poblaciones que carecen de diferencias morfológicas, pero que poseen otras características que sirven para separarlas de otras. Al respecto, se han usado diversas técnicas principalmente electroforesis de esterazas no específicas, técnicas moleculares como RAPD-PCR y análisis de genes específicos (18S rARN, 16S rADN), para estudiar 41 poblaciones de *B. tabaci*, de las cuales 24 han recibido la designación de biotipos. Sin embargo, en estos estudios han empleado diversas herramientas de análisis moleculares e interpretación de los resultados, lo cual ocasionan problemas al comparar y dar conclusiones (Cuéllar y Morales 2006). *B. tabaci* presenta muchos biotipos mundialmente reconocidos, de los cuales siete (A, B, C, D, E, G y N) están en América y el Caribe según Brown (1990).

En Costa Rica, hasta hace pocos años, el patrón electroforético de isoenzimas reveló la presencia exclusiva para el país del biotipo C, así como la ausencia del biotipo B, en las principales zonas productoras de tomate. Además, se confirmó la presencia del biotipo B, pero restringido a zonas muy delimitadas en las provincias de Guanacaste y Puntarenas, en campos de cucurbitáceas, como el melón (*C. melo*), sandía (*C. lanatus*) y pepino (*C. sativus*) y de chile jalapeño (*Capsicum frutescens*). De igual manera Anderson y Morales (2005) reportan al biotipo B en Costa Rica para el cultivo del melón. En cuanto a otros biotipos, se detectó en tomate, chile dulce y chile jalapeño, en ocasiones junto con el biotipo A, pero no se tiene certeza de si alguno de los biotipos desconocidos corresponde al que previamente se había denominado como biotipo C. Se observó que el biotipo A casi no se reproduce en el tomate, pero lo hace profusamente en el chile dulce (*C. annuum*) (Hilje 2001).

3.2.5 Daño

En América, *B. tabaci* afecta al menos 23 cultivos, desde el sur de los Estados Unidos hasta Argentina y en todos los países del Caribe. En zonas neotropicales, estos incluyen frutales, hortalizas y ornamentales de gran importancia nutricional y económica tales como melón (*C. melo*), sandía (*C. lanatus*), uva (*Vitis vinifera*), tomate (*Solanum lycopersicum*), pepino (*C. sativus*), habichuela (*Phaseolus vulgaris* var. *vulgaris*), fríjol (*Phaseolus vulgaris*), papa (*Solanum tuberosum*), maní (*Arachis hypogaea*), algodón (*Gossypium herbaceum*), soya (*Glycine max*), crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) y poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) (Espinell *et al.* 2006).

El daño se origina debido a la alimentación directa del insecto del floema y de modo indirecto, a la excreción de melaza que favorece el crecimiento de hongos (*Capnodium* spp.) y transmisión de virus (Jones 2003). La alimentación de pocas ninfas por planta induce fitotoxicidad o desórdenes fisiológicos (Costa *et al.* 1993), los síntomas varían de acuerdo con la especie del hospedero y los diferentes cultivares (Brown *et al.* 1995).

Uno de los daños indirectos y quizá el mayor problema es la transmisión de virus. La mosca blanca transmite virus pertenecientes a siete grupos que incluyen Begomovirus, Carlavirus, Ipomovirus y Crinivirus. Los virus más importantes son los Begomovirus y los Crinivirus (Closteroviridae: Crinivirus) (Jones 2003).

La mosca blanca afecta de forma significativa el cultivo del melón, tanto por acción directa de la alimentación de ninfas y adultos, como por la transmisión de virus como el Lettuce Infectious Yellow Virus (LIYV), closterovirus de importancia económica. Por la acción directa se demostró que 2.6 ninfas por 10 cm^2 de hoja o seis adultos por hoja disminuyen en aproximadamente 30% de la producción (Ortega 2006). La sintomatología de la enfermedad causada por los virus es muy diversa. Esos varían desde el encrespamiento o acolochamiento de las hojas de los meristemos de las guías, clorosis, moteados de color amarillo o engrosamiento de las hojas de las guías, estriamiento en los márgenes de las hojas, achaparramiento de las plantas y poco desarrollo del follaje provocando el aborto de flores masculinas y femeninas en la planta (Salguero 1993).

Aunque es difícil cuantificar adecuadamente el impacto por las moscas blancas sobre la producción, se ha demostrado que *B. tabaci* ha causado pérdidas anuales por más de US \$ 500 millones en la producción agrícola de USA (Gerling 2003). No obstante, a las pérdidas económicas se le debe sumar el aumento en los costos de producción, debido al uso de insecticidas. Por ejemplo, en Colombia se registró que los productores hacen 12 o más aplicaciones de insecticidas, con 32 diferentes ingredientes activos (40% de organofosforados, 11% de carbamatos, 12% de piretroides y 29% de insecticidas de nueva generación). Así mismo, el 46% de los agricultores encuestados abandonó su cultivo alguna vez, por las pérdidas, y cerca del 40% tuvo pérdidas de 50-100%. Actualmente, *B. tabaci* ha demostrado en algunas zonas ser resistente a varios de los insecticidas usados para su control lo cual tiene serias implicaciones económicas y ambientales, ya que los agricultores usan mayores dosis de estos productos, que elevan los costos de producción y generan mayor contaminación al ambiente (Espinel *et al.* 2006). Para el caso del cultivo del melón no se ha cuantificado el impacto causado por la mosca blanca en Costa Rica, debido a que no se han presentado infestaciones tan serias como las observadas en frijol y tomate por transmisión de geminivirus (Hilje 1996).

3.2.6 Resistencia a insecticidas

El término resistencia se define como la habilidad de una población de insectos para soportar cantidades de tóxico que son letales para la mayoría de los individuos de una población normal de la misma especie. En estudios de laboratorio mediante bioensayos, los niveles de resistencia pueden variar de una población a otra, mismos que dependen entre otros factores, de la sensibilidad del método empleado, de la posible exposición a la que la población en estudio ha estado en contacto con el compuesto químico evaluado, de la naturaleza del mismo compuesto. Cualquier nivel de resistencia en laboratorio, debe ser corroborado en campo para poder definir que dicha población es resistente al compuesto evaluado. El fracaso en campo de las aplicaciones de insecticidas no necesariamente está relacionado con resistencia, ya que puede haber fallas en la técnica de aplicación de los productos empleados (Macías *et al.* 2013).

La resistencia de las moscas blancas a insecticidas es el problema más grave para sostener la producción agrícola a largo plazo. Utilizar un insecticida por otro cuando el que se está usando no funciona no representa una solución efectiva. Debido a lo anterior, es que el manejo integrado involucra en la medida de lo posible algún uso de insecticidas. Existen nuevas posibilidades que muestran un gran potencial de aplicación práctica para solucionar el problema de la resistencia y cuya implementación coadyuva de manera importante a mantener con frecuencia genes de resistencia en un nivel tolerable en la población de mosca blanca (Ortega 2006).

Los factores que proporcionan la resistencia de la mosca blanca a insecticidas se debe a factores genéticos, debido al desarrollo de genes hereditarios los cuales son transmitidos de una generación a otra. Conforme una población se expone a un insecticida, la frecuencia de genes de resistencia se incrementa (Ortega 2006).

3.2.7 Métodos de combate

3.2.7.1 Cultural

Existen varias prácticas culturales que son comúnmente recomendadas y utilizadas para el manejo de la mosca blanca, como lo es el manejo de la época de siembra donde se busca evitar la siembra de especies vegetales susceptibles. La rotación de cultivos, además de evitar las siembras escalonadas que provean a las poblaciones de este insecto de una fuente continua de alimento. Existen otras medidas de control integrado que son recomendadas para impedir o disminuir el acceso de mosca blanca en el cultivo, tales como protección física de semilleros, manejo de malezas, destrucción de residuos de cosechas, siembra de barreras vivas y uso de trampas pegajosas de color amarillo (Morales *et al.* 2006; Saunders *et al.* 1998).

3.2.7.2 Biológico

De los seis géneros reportados como parasitoides de las moscas blancas, *Encarsia* spp. (Aphelinidae), *Eretmocerus* spp. (Aphelinidae) y *Amitus* spp. (Platygastridae), son considerados como los más promisorios en los programas de control biológico de *T.*

vaporariorum y *B. tabaci*. Siendo los más estudiados en sus aspectos biológicos e interacciones planta-plaga-parasitoide, siendo por mucho *Encarsia formosa* Gahan, la especie mejor conocida y más estudiada (Vázquez 2002; López 2001).

Algunos de los depredadores de *Bemisia tabaci* son escarabajos (Coccinellidae), chinches (Miridae, Anthocoridae), neurópteros (Chrysopidae, Coniopterygidae), ácaros (Phytoseiidae) y arañas (Araneae) (Gerling *et al* 2001), sin embargo estos estudios no han sido estudiados con detalle a nivel de campo. En control biológico se ha reconocido a pocas especies, como por ejemplo, *Catalinae*, *Delphastus* y *Serangium parcesetosum* (Coleoptera: Coccinellidae), *Macrolophus caliginosus* (Hemiptera: Miridae), *Chrysoperla carnea* y *C. rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) (Gerling *et al* 2001), dentro de los ácaros se encontró los géneros *Amblyseius* sp. y *Typhlodromus* alimentándose de *Bemisia tabaci* (Gerling 2003).

3.2.7.3 Químico

La mayoría de los agricultores utilizan insecticidas de contacto de bajo costo y alta toxicidad aplicados de manera preventiva, por calendario, o cuando se nota la presencia del insecto, sin tener en cuenta que estos insecticidas, reducen las poblaciones de adultos de mosca blanca pero no afectan los huevos o estados inmaduros; esto hace que las poblaciones de adultos se recupere en pocos días, creando las condiciones necesarias para la aparición de poblaciones de mosca blanca resistentes a insecticidas (Morales *et al.* 2006). Varios productos funcionan contra ninfas y adultos, algunos de los cuales son reguladores de crecimiento (buprofezina, derivados del nim), detergentes, aceites minerales y vegetales o micoinsecticidas. Un producto eficaz con un modo de acción novedoso es el imidacloprid (Gaucho o Confidor) (Saunders *et al.* 1998).

3.3 Extractos vegetales

Los extractos vegetales son sustancias que se obtienen de hojas, tallos, flores o semillas, según sea la parte que contiene el ingrediente activo que actúa contra las plagas. Para obtenerla en algunos casos se macera (muelo o machaca) la parte seleccionada de la planta,

pero lo más común es la cocción o la infusión, al que se agrega generalmente alcohol como agente extractor y preservante (Chávez 2008).

Los extractos y aceites vegetales contienen grupos químicos e ingredientes activos de acción probada sobre la resistencia, repelencia y control de plagas, tales como terpenos, fenoles alcaloides, ácidos orgánicos (Catecuico, y Protocatecuico), péptidos, ácidos grasos polinsaturados y del grupo Omega 3 (linoleico y linolenico, Eicosapentanoico y Dodecahexanoico) Alicina, Alina, Quassina, Piperina, Capsicina, Cinnamyl aldehído, D - Limonene, diátomos, cafeína y nicotina. Estos compuestos actúan sobre la resistencia al estrés biótico y abiótico y promoción del desarrollo de la planta: aminoácidos, azúcares, péptidos, proteínas y enzimas, complejos energéticos, hormonas, vitaminas y nutrientes vegetales (Preciado 2009).

Dentro de los extractos vegetales se pueden presentar dos efectos en el insecto que son de repelencia o insecticida los cuales se detallan a continuación:

3.3.1 Uso de repelentes naturales contra insectos en la producción agrícola

Los repelentes botánicos son sustancias naturales que se extraen de plantas. Las plantas generan sustancias para defenderse de los ataques de los insectos. Estos principios activos generalmente se encuentran en los aceites esenciales de las plantas y pertenecen a la familia de los terpenos (Daza y Florez 2006).

La toxicidad de los repelentes botánicos en los humanos y otros mamíferos es casi cero, generalmente son menos tóxicos que los repelentes químicos (Daza y Florez 2006).

En cuanto a los insectos normalmente, estos cuentan con receptores de olores. Los receptores de olores (de sustancias repelentes) están en las antenas, mientras que los de sabores (de sustancias disuasivas) aparecen en el aparato bucal. En el caso de *B. tabaci*, en la punta del labio posee pelos o setas sensoriales diminutas, que posiblemente actúan como receptores químicos (quimiorreceptores). Esto indica que pueden responder a sabores u olores, por lo que podrían ser repelidos o disuadidos por algunas sustancias (Hilje 2005).

El uso de repelentes naturales en el control de insectos ha sido utilizado en diferentes órdenes Ortuño (2011), reportó como repelente la mezcla de cocciones acuosas de Saúco (*Sambucus nigra* L.) y zorrillo (*Tagetes zipaquirensis* H.) al 20%- 80% de concentración contra la hormiga negra (*Lasius niger* L.; Formicidae) presentándose un 79.11% de mortalidad y 86% de repelencia. También Valencia *et al.* (2004) reportan al extracto acuoso de Nim (*Azadirachta indica*) al 3 y 5%, y aceite de Nim (Neemix) al 4,5% sobre la oviposición de la mosca de la fruta *Anastrepha ludens* (Loew) en naranja valencia.

En el caso de mosca blanca la repelencia puede darse en cuatro fases; a nivel de ecosistema (repelente), en la planta hospedante (estimulante locomotor), durante la prueba (supresor), al alimentarse o bien al ovipositar. Se espera que una repelencia se dé desde el ecosistema y que la mosca blanca no encuentre al cultivo, o bien, puede aceptarse hasta el segundo nivel, que llegue a la planta hospedante y se pose, pero que no pruebe, porque en el caso de la alimentación ésta permitirá la inoculación de virus por moscas blancas infectadas. La repelencia de oviposición se obtendrá al disuadir completamente a la hembra a ovipositar (Ortega 2006).

Según Hilje (1996), los adultos de *B. tabaci* responden aparentemente a olores a corta distancia. Antes de insertar su estilete en la planta los adultos de varios Aleyrodidae, incluyendo a *B. tabaci* la palpan o frotan con la punta del labio donde tienen setas sensoriales diminutas, que posiblemente actúan como receptores químicos (quimiorreceptores) o químicos y mecánicos a la vez (mecánico-quimiorreceptores) (Hilje 1996). Mendoza (2010), reportó efectivo la repelencia de extractos acuosos y etanólicos de artemisa (*Ambrosia artemisiifolia*), titatíl (*Comocladia engleriana*), hierba santa (*Piper auritum*), rabanillo silvestre (*Raphanus Raphanistrum*) y diente de león (*Taraxacum officinale*) sobre la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* en tomate en condiciones de invernadero. Ricci *et al.* (2006) reportan como repelente al aceite esencial de lemongrass (*Cymbopogon citratus*) sobre el pulgón ruso (*Diuraphis noxia*) en trigo (*Triticum aestivum*) en condiciones de laboratorio. Castillo *et al.* (2012), reportan efectivo como repelente el uso del extracto de

chile habanero (*Capsicum chinense*) sobre adultos de *Bemisia tabaci* en concentraciones >30 % de extracto.

3.3.2 Uso de insecticidas naturales contra insectos en la producción agrícola

Algunas plantas contienen compuestos que son tóxicos para los insectos, cuando se aplican extractos de estas plantas en cultivos infestados se está realizando el llamado control botánico o control con insecticidas vegetales (Navarrete 2006).

A pesar de la enorme potencialidad que tienen estos compuestos en la lucha contra las plagas y de su antigua utilización en la agricultura, su uso fue relegado por la aparición de los plaguicidas de síntesis química. Hoy en día debido a la crisis ambiental originada por el uso exagerado de estos insecticidas muchas investigaciones se llevan a cabo para descubrir principios activos en las plantas. En los últimos años a nivel mundial se reportó más de 2000 especies de plantas pertenecientes a 170 familias que contienen principios tóxicos contra muchas especies de insectos (Navarrete 2006).

Los principios activos presentes en los insecticidas vegetales son compuestos resultantes del metabolismo especial de las plantas, biosintetizados a partir del metabolismo primario, por lo que se les denomina metabolitos secundarios. Hasta la fecha se han identificado 10000 metabolitos secundarios, principalmente alcaloides, terpenoides, flavonoides, cumarinas, quinonas, fenoles, entre otros (Cañarte 2002). Según Silva (2002), las principales ventajas que presentan los insecticidas vegetales son su rápida degradación, efecto antialimentario, cierta selectividad para los enemigos naturales y menos posibilidad de desarrollo de resistencia en los insectos; entre las desventajas señala su rápida fotodegradación, poca disponibilidad, falta de información acerca de su toxicidad y la no existencia de registros oficiales que regulan su uso.

En el uso de insecticidas naturales en el control de insectos Mendoza (2010), reporta como insecticida los extractos etanolicos de rabanillo silvestre (*Raphanus raphanistrum*) a concentración de 200 mg mL⁻¹ con un 56% de mortalidad y hierba santa (*Piper auritum*) con un 66% de mortalidad, utilizado el método de cilindro acrílico a adultos tratados con cada

extracto en condiciones de invernadero. Navaz *et al.* (2010), reportan efectivo los extractos de jarrilla (*Baccharis glutinosa*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y cinamomo (*Melia azedarach*) para el control del gorgojo pardo del frijol (*Acanthoscelides obtectus* Say., Orden: Coleoptera, Familia: Bruchidae) obteniéndose porcentajes mayores al 30% de mortalidad. Cerna *et al.* (2010) reporta efectivo el uso de extracto crudo de Neem (*Azadirachta indica*) a dosis de 1000, 2000, 5000, 10000 ppm, obteniéndose mortalidades de 78,75 y 91,25% a las 192 horas, mientras reporta poco efecto el uso del extracto acuoso de Lila (*Melia azedarach*) el cual presento bajas mortalidades.

3.4 Tomillo (*Thymus vulgaris* L.)

3.4.1 Descripción botánica del tomillo

El tomillo (*Thymus vulgaris* L.) es una planta de la familia Lamiaceae con un total de 150 géneros y con cerca de 2800 especies distribuidas en todo el mundo. El tomillo es una planta originaria del Mediterráneo (España, Italia, Grecia). El aceite esencial del tomillo tiene actividad antimicrobiana, que se le atribuyen a los compuestos timol y carvacrol precisamente compuestos fenólicos del aceite. Muchas de las especies introducidas en Latinoamérica son utilizadas como plantas medicinales y se utilizan también como condimento o como flores ornamentales (Aspurz 2011). Dentro de estos géneros cultivados se podrían destacar: salvia (*Salvia officinalis*), albahaca (*Ocimum basilicum*), orégano (*Origanum vulgare* L.), manjerona (*Origanum majorana* L.) entre otras (Aspurz 2011).

Las plantas de tomillo alcanzan una altura de 15 a 30 cm, muestra hojas opuestas, lanceo-ladas, con los bordes enrollados y densamente pilosos. Las flores del tomillo son diminutas, agrupadas en racimos terminales muy densas, rosadas o blanquecinas. Cáliz de color rojizo vinoso. El labio superior muestra tres dientecitos cortos, y el inferior dos largas con estrechas lacinias. La corola mide entre 7 y 8 mm y aparece dividida en dos labios: el superior escotado y el inferior subdividido en tres lóbulos divergentes. Toda la planta desprende un fuerte aroma debido a la presencia de glándulas esenciales (Estrada 2010).

El cultivo de tomillo no demanda muchas exigencias, prefiriendo regiones secas, áridas, expuestas al sol y en suelos arenosos y calcáreos. Es una planta de suelos pobres, rústica, evitando humedades y tierras compactadas (Aspurz 2011).

3.4.2 Composición química

Los principales componentes presentes en el tomillo son: monoterpenos, monoterpenoles, esteres terpénicos; fonoles: Timol, carvaclool, trans-tuanol-terpeneol, ácidos fenólicos, ácido cafeico, ácido rusmanico; alcoholes: geraniol, terpineol, linalol; Flavonoides derivados de luteol; taninos y saponósidos; principios amargos: serpilina, Vitamina B1, Vitamina A, Vitamina C, manganeso (Gimeno 2001).

Los componentes que le confieren distintas propiedades según la zona de recolección son: altitud, composición del suelo, pluviosidad y según la época de recolección (Gimeno 2001). El rendimiento porcentual de aceite esencial del tomillo varía de acuerdo al método a utilizar para su extracción ya sea por destilación con agua, destilación con vapor de agua o la combinación de ambas (Estrada 2010).

3.4.3 Usos del tomillo

El tomillo tiene diferentes usos entre ellos actividad antifúngica de tal manera, Vaillant *et al.* (2009), reportan al timol como efectivo en el control de *Rhizoctonia solani* en tomate obteniéndose resultados de un 100 % de inhibición al 0,1 y el 0,5% de concentración en su uso. Posee capacidad insecticida, Pavela (2009) reportó efectivo el uso de timol en el control de larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus*, en condiciones de laboratorio. Además Koul *et al.* (2013), reportan al timol como tóxico cuando se utilizó en la alimentación en larvas de *Helicoverpa armígera* (Noctuidae), *Spodoptera litura* (Noctuidae) y *Chilo partellus* (Pyralidae) en condiciones de laboratorio. Santiago *et al.* (2009), reportan efectivo el uso de tomillo (*Thymus vulgaris* Lin.) en la repelencia de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* West.) en concentraciones del 1%, obteniéndose una repelencia del 93%.

3.5 Chile (*Capsicum annuum* L.)

3.5.1 Descripción del chile

El género *Capsicum* pertenece a la familia Solanaceae, este género incluye a los chiles en 33 especies, de ellas, 28 son silvestres y cinco (*C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens*) domesticados y cultivados a nivel mundial (Pérez 2010). Vavilov (1951), considera como centro de origen al género *Capsicum* a México y Centroamérica, mientras que otros autores refieren a Centroamérica y Sudamérica como su centro de origen. Por ejemplo, refieren que el “pimiento silvestre” es el ancestro de todas las variedades de chile actualmente cultivadas y que tuvo su origen en la cuenca del río Amazona, en lugares comunes a las fronteras entre Colombia y Brasil o de este último con Bolivia.

Diversos estudios ha definido como el principal centro de origen del género *Capsicum* una gran área ubicada entre el Sur de Brasil y el Este de Bolivia, Oeste de Paraguay y Norte de Argentina, región donde existe la mayor distribución de especies silvestres del mundo. Posteriormente fue distribuida por toda América desde el Sur de los Estados Unidos hasta Argentina. Las cinco especies más cultivadas son derivadas de diferentes ancestros localizados en tres distintos centros de origen. México es el principal centro de origen para *C. annuum* junto con Guatemala; *C. frutescens* y *C. chinense* se encuentran en la Amazonía y el Perú; y *C. baccatum* y *C. pubescens* son originarios de Bolivia. No obstante, la especie de mayor distribución geográfica es *C. frutescens*, la cual se encuentra en México, Centroamérica y el Caribe. Desde el punto de vista económico *C. annuum* es la especie más cultivada en América Latina y en todo el mundo, seguida de *C. chinense*. Esto se debe a que *C. annuum* es fácilmente adaptable a altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2,500 msnm (Cetz 2005).

El chile *C. annuum* a la que pertenecen el chile común, el “serrano” y el “jalapeño”, incluye plantas herbáceas anuales o perennes tipo arbusto con crecimiento determinado con altura de 0.39 a 1 m, según la variedad y con hojas pubescentes y lanceoladas; flores blancas y frágiles, fruto que varía en longitud y color dependiendo de las variedades y las condiciones

climáticas. La raíz es pivotante con raíces adventicias numerosas. Las semillas son aplastadas, lisas y ricas en aceite (Pérez 2010).

3.5.2 Composición química

Entre la composición del chile se encuentra: aceites volátiles (limoneno, linalol, lupeol), ácidos orgánicos (ascórbico, caféico, cítrico, clorogénico, oléico, linoléico y ácido pcumárico), alcaloides (solanina, solanidina, sitosterol, capsaicina, cariofileno, dihidrocapsaicina, eugenol, escopoletina), carotenoides (capsantina, capsorubina, capsantinona, etc.). Heterósidos diterpénicos (capsianósidos), heterósidos diterpénicos (capsianósidos) y un heterósido del furostanol (capsicósido). Luteína, tocoferol, trigonelina, y zelaxantina (Waizel y Camacho 2011).

La capsantina, es el compuesto responsable de que los chiles adquieran el color rojo, es un pigmento con propiedades antioxidantes. La capsaicina es un metabolito secundario, se trata de un compuesto orgánico de nitrógeno de naturaleza lipídica, es un vaniloide natural (químicamente es: 8-metil- N-vanilil-6-nonamida). Otros componentes son los tocoferoles (α -tocoferol), que son precursores de la vitamina E. Además están presentes vitaminas como: la niacina, el retinol (vitamina A) y un alto contenido de ácido ascórbico o vitamina C y otros constituyentes presentes como grasas vegetales, hidratos de carbono, calcio, hierro y fósforo (Waizel y Camacho 2011).

3.5.3 Usos del chile

En cuanto al control de insectos con chile, Vergottini (2011), reportó efectivo en contra de larvas y adultos de la vaquita del olmo, *Xanthogaleruca luteola* Müller (Coleoptera: Chrysomelidae), con un producto a base capsaicina y capsaicinoides distribuido con el nombre Bugitol en condiciones de laboratorio. Por su parte, Tarqui (2007) reportó efectivo el control del pulgón (*Aphis* sp.) en el cultivo de lechuga.

3.6 Ajo (*Allium sativum* L.)

3.6.1 Descripción del Ajo (*Allium sativum* L.)

El ajo común (*Allium sativum* L.), pertenece a la familia Liliáceae. Es originario del antiguo Turkestán, límite con China, Afganistán e Irán (hoy Turkmenistán, Kirguizistán, Kazajstán, Tayikistán y Uzbekistán), desde donde se distribuyó hacia China e India (tipos Asiáticos) y hacia el Mar Mediterráneo (tipos mediterráneos), dando lugar así a las numerosas cultivares que hoy se conocen. El ajo se introdujo en América por los españoles, incorporándose como cultivo en México, Estados Unidos, Perú y posteriormente en Chile (Burba 2003; Kehr 2002).

El ajo es una especie perenne cultivada como anual a través de propagación agámica, ya que los clones cultivados no producen semilla verdadera. Las raíces son finas, superficiales, con escasas ramificaciones secundarias y sin pelos, formadas a partir del tallo del bulbillo o diente semilla. El tallo es subterráneo, corto, comprimido y cubierto por la base de las hojas, formadas desde la yema apical. Las hojas son opuestas, enfundadas o tubulares en la base, con un poro que permite la emergencia de las láminas de las hojas siguientes. El conjunto de partes enfundadas de las hojas dan origen al bulbo y a lo que se conoce como falso tallo del ajo. Los bulbos corresponden al órgano de consumo (Kehr 2002).

3.6.2 Composición química

Posee un alto contenido de compuestos azufrados que le dan el olor y sabor característicos de la familia. Estos compuestos, como por ejemplo el sulfóxido de aliil cisteína que domina el ajo, son precursores de volátiles como la alicina, formada por acción de la enzima alinasa al romperse las células, dando parte del olor y sabor típico, además está formada de carbohidratos, proteínas, lípidos, calcio, fósforo, hierro, potasio, sodio, Vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina y ácidos ascórbico (Kehr 2002).

3.6.3 Usos del ajo

En cuanto a la repelencia de insectos con ajo, Laili *et al.* (2012) reportan como repelente del acaro *Leptotrombidium deliense* (Acari: Trombiculidae) a los extractos crudos de ajo en condiciones de laboratorio. Igualmente Sritabutra *et al.* (2011), reportó la repelencia de los adultos de mosquitos *Aedes aegypti* L. y *Anopheles dirus* (Diptera: Culicidae) con aceites esenciales de ajo en condiciones de laboratorio. Además Claire y Callaghan (1999) reportan efectos insecticidas para larvas de mosquito *Culex pipiens*. Cerda y Jiménez (2012) reportan poco efectivo en el control de la mosca blanca el uso de mezclas de chile + ajo + jabón en el cultivo de tomate.

3.7 Canela (*Cinnamomun spp.*)

3.7.1 Descripción botánica de la canela

La canela es de la familia Lauraceae, del género *Cinnamomum* comprende 250 especies. Es nativo de India e Indochina, las tres especies más importantes de donde se obtienen aceites esenciales de interés son *C. zeynalicum*, *C. cassia* Blume y *C. camphora* L. (Alvarado 2009).

La canela es un árbol perenne de hasta 15 m de altura, aunque las formas cultivadas no suelen superar los 10 m. Ramas muy aromáticos con doble corteza. Hojas ovadas de hasta 18 cm de longitud, con tres nervios bien marcados, coriáceas, acuminadas con el borde liso y muy fragante. Haz rojizo cuando son jóvenes, pasando a verde brillante y con envés verde pálido en la madurez. Flores de olor desagradable en panículas de color blanco a rojo, frutos negros o pardos azulados (González 2010).

3.7.2 Composición química

Entre algunos de los componentes destacan ácidos (ascórbico, palmítico p-cumérico), terpenos (alfa-pineno, alfa-terpineno, alfa-ylangeno, beta-pineno, canfeno, cariofileno, limoneno, linalol), cumarinas, furfural, alcanfor, fibra, taninos (planta), mucílagos (corteza)), sacarosa, vainilla, minerales (Boro, calcio, zinc, cloro, cobre, cobalto, cromo, estroncio, fosforo, hierro, manganeso, níquel, plomo, potasio, sodio, yodo y vitaminas (C, niacina y

tiamina) (González 2010). Dentro de los principales constituyentes del aceite de canela se tiene el cinnamaldehído, linalol, eugenol y en menor cantidad terpenos hidrocarbonados, varios aldehídos aromáticos y ésteres (Alvarado 2009).

3.7.3 Usos de la canela

Liu *et al* (2006), reportan efectivo como repelente la mezcla de *Artemisia princeps* y *Cinnamomum camphora* en el control de *Sitophilus oryzae* L. y *Bruchus rugimanus* Bohem en concentraciones de 250 a 1.000 $\mu\text{g g}^{-1}$ en condiciones de almacenamiento. Además Viteri *et al.* (2014), muestran que los extractos de canela y clavo de olor tienen efectos de repelencia en contra del gorgojo del frijol (*Acanthoscelides obtectus* Say). Santiago *et al.* (2009), reportan efectivo el uso de (*Cinnamomum zeylanicum* Breyn) en la repelencia de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* West.) en concentraciones del 1%, después de la aplicación en condiciones de invernadero obtuvieron una repelencia del 91%.

Noguera (2009), reportó poco eficiente el control de adultos de broca de café (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Curculionidae) en concentraciones mayores a 1,50% m/m., comparados con el insecticida endosulfán.

3.8 Clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L.)

3.8.1 Descripción del clavo de olor

El clavo (*Syzygium aromaticum* L.) es un árbol tropical, originario de las islas Molucca, las islas Zanzíbat y en las islas vecinas de Bemba, pertenece a la familia Myrtaceae y se cultiva en muchas ciudades con clima tropical. Además es una especie herbolaria muy conocida, por su amplio uso como condimento (Alvarado 2009).

El clavo de olor es un árbol perenne que alcanza los 20 m de altura con forma piramidal, el diámetro del tronco es de 40 cm, las hojas miden de 9 a 12 cm de largo con formas desde elípticas hasta lanceoladas, el fruto posee pedículos pequeños y miden de 2 a 2.5 cm de largo y posee una semilla (Hall *et al.* 2002).

3.8.2 Composición química

El clavo comprende de un 14 a 21% de aceite esencial, el cual es más denso que el agua y fácilmente se oscurece al contacto con el aire, además tiene un olor fuerte, aromático y picante. El aceite de clavo de olor comprende principalmente fenoles (78 a 98%), como el eugenol, el acetileugenol, también contiene sesquiterpenos, algunos ésteres, cetonas y alcoholes (Alvarado 2009).

3.8.3 Usos del clavo de olor

En el uso del clavo de olor en la repelencia de insectos, Arévalo (2006) reportó como efectivo en el control de trips de la flor (*Frankliniella parvula*), gusano basurero (*Pyroderes rileyi*), la cochinilla harinosa (*Pseudococcus elisae*) y la abeja conga (*Trigona* sp.) conjunto con chile y ajo. Santiago *et al.* (2009), reportan poco eficiente el uso de clavo (*Eugenia caryophyllata* Thumb.) en la repelencia de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* West. (Aleyrodidae)) en concentraciones del 1%, en hojas de frijol tratado a los tres, cuatro, cinco, seis y veinticuatro horas después de la aplicación en condiciones de invernadero.

4. Materiales y Métodos

4.1 Selección de la zona de estudio, cultivo y condiciones climáticas

El trabajo de investigación se llevó cabo en el poblado de Trinidad Vieja de Salinas San Juan Grande, distrito número dos del Cantón de Esparza de la Provincia de Puntarenas, Costa Rica. El sitio de trabajo se ubicó entre las coordenadas geográficas 99°30'19" latitud Norte y -84°69'19" longitud Oeste. El distrito de San Juan Grande se encuentra a una altura aproximada de 224 m.s.n.m. Con una temperatura promedio mensual de 24.7 °C durante el día. La humedad relativa en esta zona oscila entre un 76 a 91% durante el año (Alvarado 2002; IMN 2014.). El trabajo se realizó durante los meses de finales de febrero a abril del 2015.

Para la selección del sitio de estudio se llevó a cabo una evaluación preliminar en la que se consideró aspectos como: ubicación (finca en uso para la siembra de melón, además

con antecedentes de mostrar una problemática extensa de mosca blanca), acceso (fácil transporte de los equipos y herramientas) (Fig. 1). La finca es propiedad de la empresa Agrícola MAYAN de Orotina S.A, con una extensión de 56 has, manejado bajo un sistema de monocultivo dedicado a la siembra de melón durante la época de seca y arroz en la época lluviosa. Se evaluó un ciclo completo del cultivo de melón cantaloupe Hy-Mark que comprendió de finales de febrero a finales de abril del 2015. Esta variedad se caracteriza por ser un fruto esférico, ligeramente aplastado, de costilla poco marcada, piel fina y pulpa de color naranja. Entre los beneficios nutricionales es muy bajo en calorías y muy rico en nutrientes esenciales como las vitaminas A, C y los folatos B9. En nuestro país se cultiva en mayor grado en la Península de Nicoya y la Región Pacífico Central (Sandi 2004) y ocupó un 36% de las exportaciones agrícolas totales entre el 2010 y el 2011 (Monge 2014).



Figura 1. Detalle de la ubicación del área de trabajo en la finca (área delimitada) (Tomado de Google Earth, 2015).

4.2 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la aplicación de 3 extractos naturales con conocida actividad repelente y un control, de tal forma, el tratamiento 1 consistió en un extracto de tomillo, el tratamiento 2 en un extracto de chile picante/ajo y el tratamiento 3 en un extracto de canela/clavo de olor. El tratamiento control consistió en la aplicación del insecticida con nombre comercial Plural 20 OD (Imidacloprid), mismo que se utiliza en el manejo convencional del cultivo en dicha empresa.

La aplicación de los repelentes se llevó a cabo de 6 am a 9 am y se utilizó una bomba de espalda a motor marca Husqvarna de 18 L durante los meses de marzo y abril (Figura 2). Se realizó la aplicación en campo según la escala proporcional del número de ninfas o adultos de mosca blanca por hoja (NoA), la cual se implementó de la siguiente manera: 1 a 25 NoA: aplicación cada 15 días; 26 a 75 NoA: aplicación cada 7 días; 76 o > 100 NoA aplicación dos veces por semana (adaptado de Hilje 1996).



Figura 2. Aplicación de los repelentes en el campo.

Los muestreos se realizaron un día antes y un día después de las aplicaciones de los repelentes. Los muestreos se iniciaron a los 21 días después de la siembra (dds) de la plantación, debido a que para esta fecha las plantas ya tendrían las primeras hojas verdaderas. Esta fecha se tomó como punto de referencia ya que según trabajos realizados por Morales y Cermeli (2001) a los 20 días después de establecida una plantación de melón empiezan aparecer las primeras moscas blancas. Por su parte Bernal *et al.* (2008) estableció un plan de muestreo directo de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), en cultivo de tomate en donde contempla que el primer monitoreo aleatorio debe iniciarse entre la 5 y 7 semana después de la siembra.

Se tomó en cuenta 80 plantas por cada tratamiento, las cuales se monitorearon dos veces por semana. El conteo de los individuos se realizó con el método de recuento directo en las hojas, el cual consistió en el uso de un espejo que se colocó en el envés de una hoja y se contabilizó las ninfas y adultos presentes (Figura 3).



Figura 3. Muestreo mediante el método de conteo directo en las hojas.

4.3 Repelentes a base de extractos naturales

Los extractos que se utilizaron se detallan a continuación:

4.3.1 Extracto de tomillo: Se utilizaron cristales de timol al 99.4 % en suspensión con agua. El compuesto final tuvo una concentración de 0.5%. Por cada 100 ml del compuesto se utilizó glicerina al 5.3% para asegurar que el timol se mantuviera en la solución en las condiciones ambientales en campo y no se volatilizara rápidamente, además para mejorar su adherencia en la superficie foliar. La solución fue doblemente filtrada por gravedad con papel filtro No. 1. Se utilizó extracto de tomillo debido al control efectivo que se ha registrado en otras plagas de insectos (Vaillant *et al.* 2009; Pavela 2009; Koul *et al.* 2013; Santiago *et al.* 2009), sin ser expuesto aún a las condiciones ambientales de la zona de estudio. La elaboración de la solución se llevó a cabo en el Laboratorio de Entomología de la Escuela de Ciencias Agrarias.

4.3.2 Extractos de chile y ajo: Es un compuesto orgánico formulado a partir de chile picante y ajo. Este producto se comercializa en Costa Rica con diversos nombres, sin embargo se utilizará Kombat-E debido a su bajo costo. Su composición, según el fabricante es a base de chile y ajo en porcentajes tales que un 65% de la mezcla equivale a los agentes activos, el 35% restantes a ingredientes inertes. En el caso específico de este producto comercial, solo las empresas que lo distribuyen manejan la información del porcentaje individual en cada uno de los componentes de la mezcla.

4.3.3 Extractos de canela y clavo de olor: se empleó un repelente orgánico a base de canela y clavo de olor con el nombre comercial de Aramite. La composición de este producto es de 40 % aceite de canela, 10% aceite de clavo de olor y 50 % ingredientes (agua, jabón, glicerina, C8-18 mono y diésteres de 1, 2, 3 propanotriol, etilo, lactato y estereato de butilo).

4.3.5 Control: Se aplicó Imidacloprid (Neonicotinoide), producto químico insecticida normalmente empleado en la finca para el control de mosca blanca, mismo que es distribuido en Costa Rica con el nombre comercial de Plural 20 OD.

Cabe detallar que cada extracto se aplicó en conjunto con un coadyuvante natural comercialmente distribuido con el nombre de Bemix, a una dosis de aplicación de 1 cc/ L de agua.

Los productos que se utilizaron en los tratamientos se seleccionaron con base en recomendaciones de profesionales en el manejo del cultivo y a literatura consultada. El criterio utilizado para definir las dosis se basó en una revisión de literatura; de tal forma: en el tomillo se empleó 2 g/L, Santiago *et al.* (2009), este autor recomienda el uso de dosis bajas de 0.40-0.82 mg/ml al 1% para controlar la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* en frijol en condiciones de laboratorio. En chile/ajo 3g/L, según Vergottini (2011), este autor utilizó concentraciones de chile y ajo entre un 2 y 4 % a una dosis de 0.5 ml como repelente sobre el crisomélido *Xanthogaleruca luteola* en condiciones de laboratorio. Finalmente, para canela se empleó 3 ml/L, Santiago *et al.* (2009) reportó efectivo el uso de 5.11 a 19.7 mg. ml al 1 % y 0.61 a 3.04 mg/ml al 1% respectivamente, para controlar la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* en frijol en condiciones de laboratorio. En el caso del control (Imidacloprid) se utilizó la dosis empleada por los productores en la finca que será de 3ml/L.

4.4 Diseño experimental

El lote en el cual se realizó el ensayo tuvo un área total de 2336 m², con un área efectiva para la investigación de 2000 m², tomando en cuenta solo el espacio utilizado por los surcos donde se sembró el melón. El diseño experimental que se utilizó fue completamente aleatorizado (Fig. 4) de tres tratamientos con tres repeticiones y un control. La siembra de lote fue de la siguiente manera: el terreno fue arado totalmente con el uso de tractor, posterior se colocó la manguera para el riego y la fertilización por goteo, después fue colocado el plástico para establecer surcos de 53 m de largo con ancho de 1,8 m entre surco y 0,30 cm entre cada planta sembrada, se sembró un total de 1950 plantas. Se realizó un riego durante 10 horas un día antes de la siembra respectiva.

Cada tratamiento abarcó 15 m de surco y estuvo constituido por dos surcos anexos, con 100 plantas en total (50 plantas cada surco) (Fig. 1). Además, para contrarrestar el efecto de borde se dejó una medida de 3,6 m entre cada una de las repeticiones de los tratamientos.

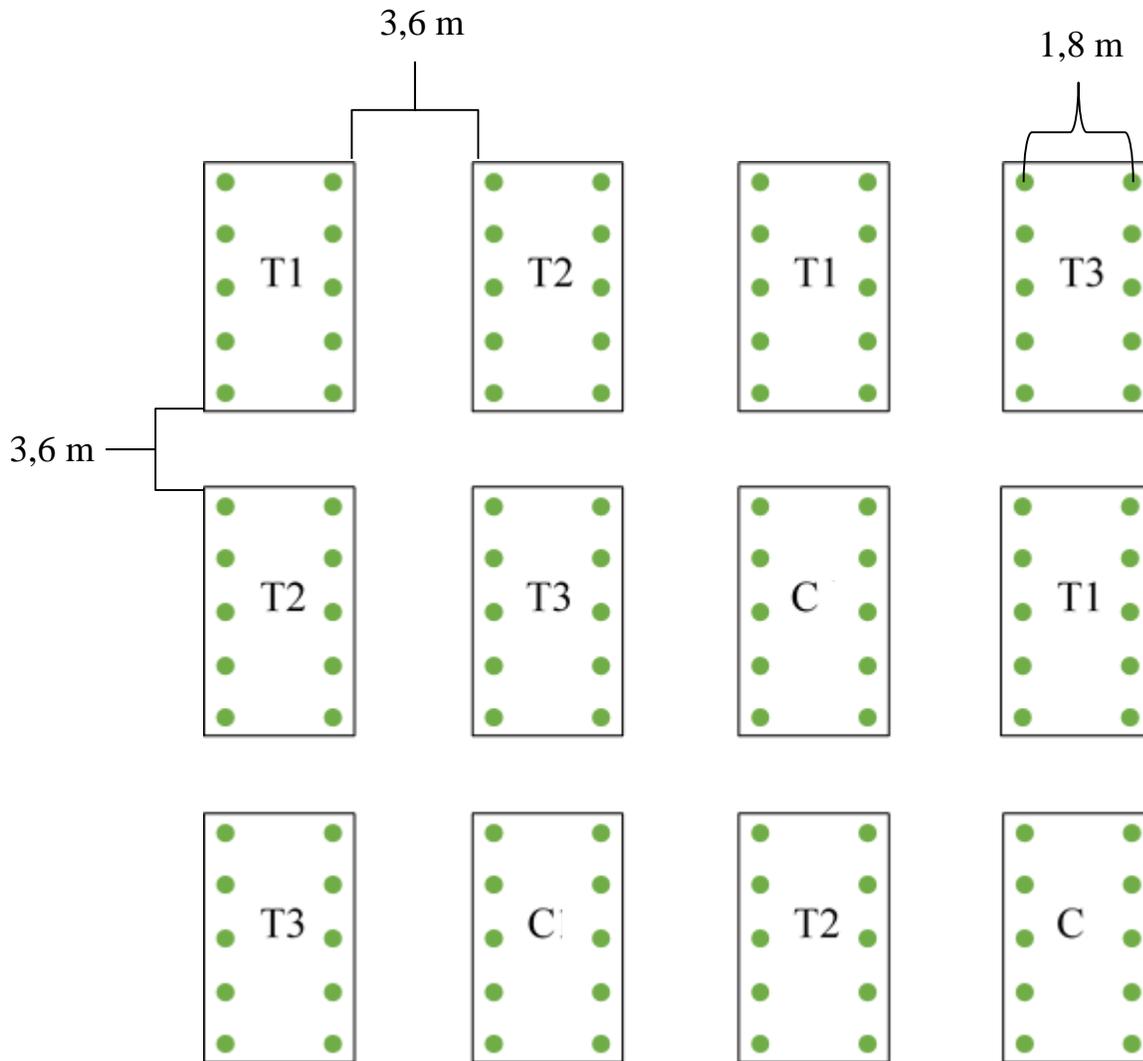


Figura 4 Ubicación espacial de los tratamientos en el lote experimental.

* T1, T2, T3 corresponden a cada uno de los tratamientos y C corresponde al control.

*Puntos ilustra ubicación de las plantas.

El tamaño de la muestra se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2} = \frac{100 \times 0,5^2 \times 1,96^2}{(100-1)0,5^2 + 0,5^2 \times 1,96^2} = 80$$

Donde:

n = el tamaño de la muestra.

N = el tamaño de la población.

σ = Desviación estándar de la población (valor constante de 0,5).

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Valor constante al 95% de confianza equivale a 1,96.

e = Límite aceptable de error muestral, este valor puede variar entre el 1% (0,01) y 9% (0,09).

4.5 Variables a evaluar

4.5.1 Estimación de la población de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo

La estimación de la tendencia poblacional se realizó mediante el registro de estados ninfales y adultos. El conteo de los individuos se realizó con el método de recuento directo en las hojas, el cual consistió en el uso de un espejo para contabilizar las ninfas y adultos en el envés de las hojas. Para agilizar la toma de datos se utilizó una escala proporcional del número de ninfas por hoja con valores únicos, implementándose de la siguiente manera: ningún adulto (0), 1 a 12 (0.5), 13 a 25 (1), 26 a 50 (2), 51 a 75 (3), 76 a 100 (4) y > mayor a 100 adultos (5). Con los resultados del muestreo se elaboró un Índice Medio de Infestación (IMI), este lo conformó el registro de infestación (f1) multiplicado por la cifra que tipifica a cada intervalo y la sumatoria se dividió por el número total de muestras (n), se resume a continuación la fórmula según Hilje (1996)

$$IMI= f 0,5(0,5) + f1 (1) \times f2 (2) + f3 (3) + f4 (4) + f5 / n$$

4.5.2 Efecto repelente de los extractos naturales sobre adultos de mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

Se determinó la eficiencia (%) en el efecto repelente antes y después a la aplicación para los extractos naturales durante las semanas 1 a 5 en los meses de marzo y abril en la finca Agrícola MAYAN S.A (datos corresponden al promedio del IMI para cada semana). Para la determinación del porcentaje de eficiencia de los extractos se utilizó la siguiente fórmula (modificado de Casasola, 1995).

$$\% \text{ de eficiencia} = \frac{L1-L2}{L1} * 100$$

En donde:

L1= Antes de aplicar

L2= Después de aplicar

4.6 Registros de las condiciones de temperatura y humedad relativa en campo durante el crecimiento del cultivo

Para el registro de la temperatura y humedad relativa se utilizó un datalogger marca HOBOWare Pro (Versión 3.3), este tomó los datos tanto de día como de la noche y se programó para adquirir datos cada media hora durante los dos meses del trabajo de campo. El datalogger se revisó cada semana para adquirir la información y relacionarlo con los datos obtenidos de la estimación de las poblaciones (IMI) y del efecto repelente de cada tratamiento.

4.7 Análisis estadístico

Se realizó una prueba de Shapiro-Wilk en la que se determinó si la frecuencia de los datos mantenía una distribución normal (hipótesis nula), además se implementó una prueba de rangos con signos de Wilcoxon con el fin de contrastar las distribuciones de los IMI antes y después de las aplicaciones. Posterior a este análisis, se implementó un modelo lineal generalizado (MLG). Este determinó las diferencias entre los tratamientos tomando en cuenta el AP y DP. Se utilizó el software XLSTAT versión 2012 y JMP versión 2007.

Modelo Lineal Generalizado

El modelo estadístico será:

$$Y_{ij} = \mu + Ex_i + D_j + Ex * D_{ij} + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = **Variable de respuesta** para el i -ésima repetición, bajo el j -ésimo tratamiento.

μ = Media general del experimento

Ex_i = Tratamientos

D_j = Semana

$Ex * D_{ij}$ = Interacción de los tratamientos con la semana

e_{ij} = Error experimental

4.8 Análisis económico

A partir de la efectividad repelente de los extractos botánicos se llevó a cabo una propuesta de manejo integrado de la mosca blanca. Para ello se tomó en cuenta los costos de su control en la finca y los costos de los repelentes utilizados en los experimentos. Con este análisis se realizó una proyección de cuanto pueden disminuir estos costos de control de mosca blanca en el proceso productivo.

5. Resultados y discusión

5.1 Índice Medio de Infestación (IMI) de mosca blanca

La mosca blanca (*Bemisia tabaci*) es una plaga de importancia mundial, en las regiones tropicales y subtropicales (Hilje, 2001). Para Costa Rica, Morales *et al.* (2005) mencionan que en Guanacaste (Pacífico seco costarricense) las condiciones de precipitación y temperatura son poco favorables para el desarrollo de *B. tabaci*. Sin embargo, establece que un prolongado período seco desde diciembre hasta abril, repercute en el aumento de sus poblaciones. Históricamente en Costa Rica, las poblaciones de *B. tabaci* fueron muy bajas, aunque en años recientes han aumentado principalmente en la estación seca (Saborío *et al.* 1994). En otras latitudes, se ha documentado que los climas cálidos y secos junto con la disponibilidad de múltiples huéspedes durante el año causan que la población de mosca blanca se incremente (Palumbo *et al.* 1999; citado por Mohd Rasd 2012). En la finca Agrícola MAYAN S.A. ubicada en Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas, se presentó un notorio aumento de las poblaciones de mosca blanca durante los meses de marzo y abril del año 2015, precisamente este período corresponde a la estación seca en Costa Rica. Contrastando esta información pero en otras zonas geográficas Nava y Cano (2000), así como Urías *et al.* (2005), registraron que el umbral económico para mosca blanca supone 2.4 adultos por hoja para alcanzar el mayor rendimiento en el cultivo del melón en el norte de México. Además en el mismo cultivo en Guatemala Alas (2000) puntualizó umbrales económicos de dos adultos por hoja y dieciséis ninfas por pulgada cuadrada foliar. En el caso de Costa Rica esta clase de información es escasa para la mayoría de cultivos (incluido el melón), sin embargo los registros existentes en el cultivo de tomate indican que el umbral económico supone 10

individuos de este insecto por cada 30 plantas (Calvo *et al.* 1991). En todos estos casos mencionados puede asociarse el incremento en las densidades de mosca blanca con un control tardío de la plaga y con un bajo número de aplicaciones de productos para su control (Nava y Cano 2000).

Con el fin de que los datos puedan ser comparativos, en Costa Rica se propuso en los años 90 metodologías que estandarizaran de manera detallada el análisis de los umbrales económicos en mosca blanca, principalmente en tomate y frijol (Hilje 1996). De tal forma, el uso del índice medio de infestación (IMI) obtenido en forma periódica puede representarse gráficamente a través del tiempo, además es útil para hacer comparaciones entre parcelas, cultivos y épocas. Si bien, el uso de un IMI no es correspondiente a la contabilidad de las frecuencias relativas de la población, la tendencia al crecimiento o decrecimiento de ésta sí puede verse reflejado en un aumento o disminución del índice de IMI. Precisamente los resultados del IMI obtenidos en los experimentos en Puntarenas, Costa Rica concuerdan con la tendencia de los datos registrados por Nava y Cano (2000) para México, observándose que el incremento de la población de mosca blanca en el cultivo se presentó una vez iniciado el desarrollo de las hojas verdaderas (21 dds).

Al iniciar el conteo de individuos para obtener el IMI, se observó un aumento de la población únicamente de la semana uno a la dos. Posterior a esta semana, el IMI desciende continuamente. De tal forma, en la primera semana se obtuvo un IMI promedio de 331, mientras que en la segunda semana se obtuvo un IMI promedio de 572. Durante las semanas 3, 4 y 5 el IMI promedio de *B. tabaci* se mantuvo en 441, 387 y 268, respectivamente (Fig. 5). Debe de tomarse en cuenta de que en la primera semana se inició con las aplicaciones de repelentes y controles por lo que los datos de los promedios del IMI posteriores (semana 2, 3, 4 y 5) podrían presentar de alguna manera un efecto residual de los productos empleados en cada uno de los tratamientos, este posible efecto se confirmó al realizar las pruebas de bondad de ajuste Shapiro-Wilk de la normalidad en los datos (Anexo 9), obteniéndose por resultado la no normalidad de los datos ($W= 0.90$, $P < 0.0001$). Notoriamente, los IMI anteriores y posteriores a las aplicaciones muestran una desviación estándar alta (Media:

98.3, Desv. Std: 43.3) (Anexo 10), lo que indica que hay una alta variabilidad en los datos, permitiendo así observar que pudieran existir diferencias entre los extractos evaluados.

En la semana cinco se observó una disminución del promedio del IMI que puede ser atribuida a que el cultivo se encontraba próximo a la cosecha y a nivel foliar la planta pierde vigor, observándose que los adultos de mosca blanca emigraban hacia otros hospederos. Esta tendencia en la población de mosca blanca fue demostrada por Hirano *et al.* (1995), quienes informaron que uno de los principales factores responsables de la dinámica poblacional parecía ser variaciones temporales en la cantidad de plantas huésped en el área, probablemente debido a la senescencia de las plantas y no a la edad de las mismas. Otros autores indican que la infestación en el cultivo conlleva, al mismo tiempo, bajos índices de emigración, lo cual sugiere que *Bemisia tabaci* no emigra en masa y que una nueva infestación en el cultivo puede ocurrir como un resultado del proceso secuencial de inmigración moderada y explosión de la plaga, es decir, que inicialmente unos pocos adultos llegan al cultivo y tras su reproducción alcanzan altas poblaciones en corto tiempo (Cook 1986).

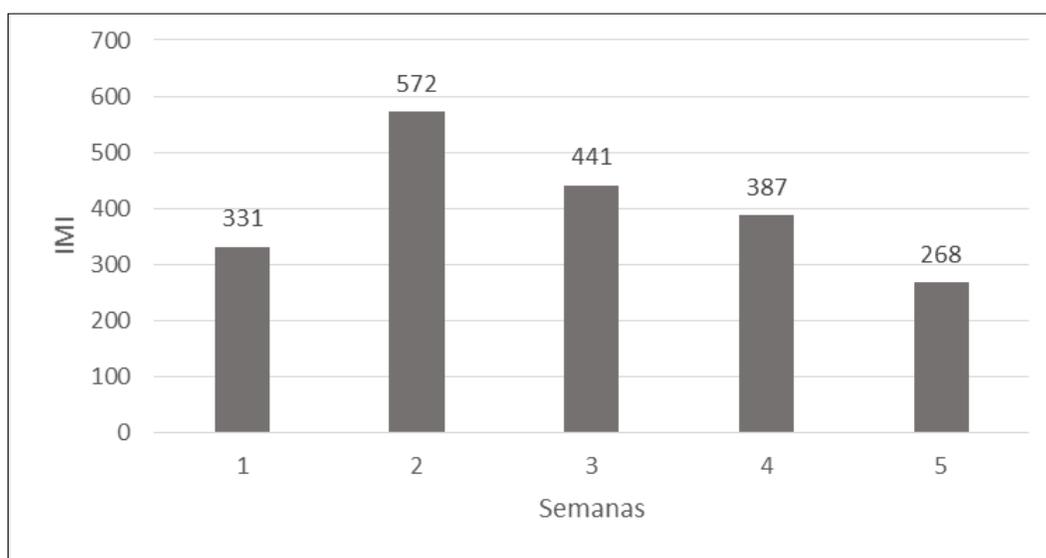


Figura 5. Promedio del Índice Medio de Infestación (IMI) de mosca blanca durante el crecimiento y desarrollo del cultivo del melón variedad Hy-Mar, en los meses de marzo a abril de 2015. Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.

5.2 Condiciones climáticas

Las regiones tropicales, como Costa Rica, ofrecen un ambiente agroecológico único para que *B. tabaci* exprese plenamente su potencial reproductivo. La temperatura, las precipitaciones y la humedad relativa son mucho más altas que en las zonas templadas y el fotoperiodo varía sólo ligeramente a lo largo del año. Debido a que la temperatura es bastante constante, *B. tabaci* puede reproducirse continuamente, dando lugar a densidades muy altas y generaciones superpuestas (Hilje y Morales 2008). Es bien conocido que la temperatura y la precipitación influyen en la dinámica poblacional de la mosca blanca (Horowitz *et al.* 1984; Horowitz 1986), por ejemplo su ciclo de vida puede llevar entre 14 y hasta 60 días en condiciones climáticas constantes, pero a temperaturas mayores a 27 °C puede llegar a completarse en 20 días (Zitter *et al.* 1996).

En la parcela de experimentación, durante la semana 1 y 2, la temperatura osciló entre 35 y 38 °C y la humedad entre 28 y 44% (Fig. 6A). Estos ámbitos de temperatura se ubican puntualmente dentro de los límites del ciclo de vida de la mosca blanca según información reportada por Lenteren y Noldus (1990) en el caso de Europa, así mismo en América Latina las temperaturas óptimas para el desarrollo de *B. tabaci* oscilan entre 30 y 33 °C (Hilje y Morales 2008). En ambientes tropicales, tal es el caso de Venezuela y Brasil, en condiciones controladas (25 °C y 65% de humedad relativa), la fecundidad promedio (número de huevos/hembra) fue de 194; el tiempo de generación (intervalo que transcurre entre dos generaciones sucesivas) fue de 42 días y la longevidad del adulto osciló entre 11 y 20 días. Cuando estos datos se traslapan con los reportados cuando la humedad relativa se aumenta a 80%, la fecundidad promedio aumenta a 186 huevos/hembra, el tiempo de generación fue de 23 días y la longevidad del adulto llegó cercana a 24 días (Hilje y Morales 2008). Algo similar se reportó en tomate y pimiento en Uruguay (Lorenzo 2013). Respecto a la humedad relativa se conoce que la oviposición de la mosca blanca es afectada negativamente por la lluvia, la baja humedad (menor a 60%), y los extremos de temperatura (Avidov 1956, Gerling *et al.* 1986). En los resultados obtenidos en campo en estas dos primeras semanas, la humedad osciló entre 28 y 44%, factor que pudo influenciar negativamente a la oviposición.

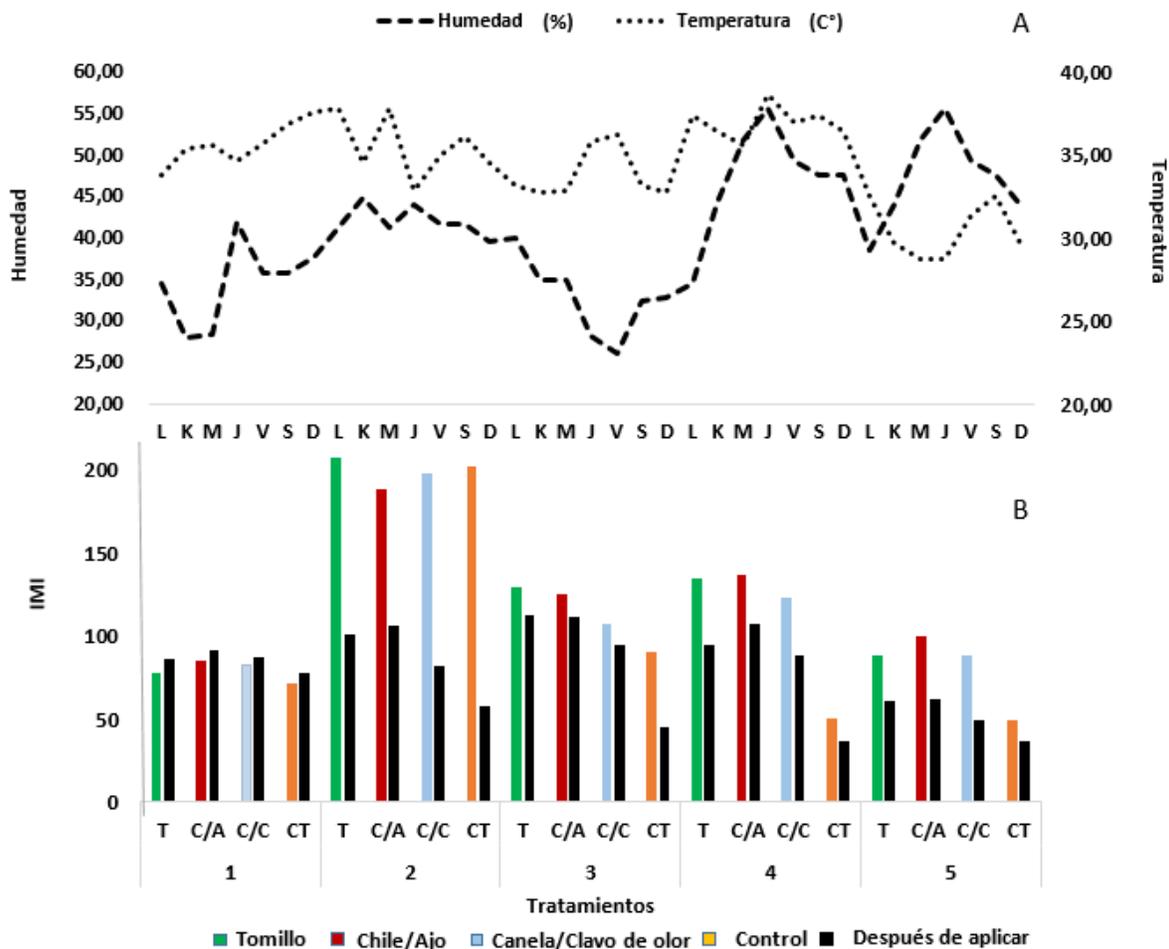


Figura 6. A. Promedios de temperatura (°C) y humedad relativa (%); B. Promedio del Índice Medio Infestación (IMI) anterior y posterior a la aplicación durante el crecimiento y desarrollo del cultivo del melón variedad Hy-Mar, en los meses de marzo y abril de 2015. Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas.

* Entiéndase 1, 2, 3, 4, 5, como las semanas, T= Tomillo, C/A= Chile/Ajo, C/C = Canela /Calvo de olor, CT= Control. L= Lunes, K= Martes, M= Miércoles, J= Jueves, V= Viernes, S= Sábado, D= Domingo.

En la semana 3 (correspondiente al mes de abril) la temperatura osciló entre los 34 °C y los 36 °C y la humedad relativa entre 25 y 35%. Estos ámbitos de temperatura presentan un patrón similar que en el mes de marzo y durante esta semana 3, la humedad disminuyó considerablemente, lo cual puede obedecer a que existieron problemas técnicos con el riego

por goteo, mismos que fueron solucionados en la misma semana. Para la semana 4 la temperatura osciló entre los 34 °C y 37 °C, con una humedad entre 45-50%. En la última semana la temperatura osciló entre 30-33 °C, con una humedad entre 40-55% (Fig. 6A). La temperatura medida en las semanas 4 y 5 se mantuvo similar a las registradas en el mes de marzo (semanas 1 y 2), además en los dos meses de toma de datos se evidencia que la temperatura fue un factor importante que pudo favorecer el desarrollo de mosca blanca en la parcela. No obstante, es hasta en las semanas 4 y 5 que la humedad relativa pudo ser favorable en la reproducción *in situ* de mosca blanca.

En cultivos que son altamente demandantes de agua se ha reportado que manteniendo un riego donde se alcance un 50% de humedad relativa en el ambiente (con una temperatura medioambiental de 37 ± 7 °C) se ve aumentado significativamente la cantidad de huevos con la disminución en el tiempo de desarrollo de ninfas de *B. tabaci* (Lara *et al.* 2011). Una situación similar se presentó en los ensayos en campo, pues el cultivo se mantuvo con riego desde la siembra hasta una semana antes de cosecha (semana 5), por lo que el riego constante sumado al registro de la humedad relativa en las últimas semanas pudo haber favorecido una mayor oviposición, disminuyendo a la vez el tiempo de desarrollo de las ninfas de mosca blanca.

5.3 Repelencia de los extractos naturales

Analizando el IMI de *B. tabaci* en el cultivo de melón Cantaloupe Hy-Mark en Trinidad Vieja de Puntarenas bajo un sistema de riego por goteo, se observó que la disminución de la población de mosca blanca se presentó a partir de la semana 2 y hasta la semana 5 cuando culminó la toma de datos. Además, una vez aplicado el Modelo Lineal Generalizado (MLG) se detalló la tendencia existente en el efecto del IMI cuando se utilizan como predictores la interacción de los tratamientos con las semanas ($X^2=57.1$, $P < 0.05$) (Anexo 10); no así los efectos discretos de los tratamientos ($X^2=0.19$ $P > 0.05$) únicamente. No obstante, los resultados indican diferencias significativas entre las semanas ($X^2=166.5$, $P < 0.05$). Si bien el diagnóstico de residuales contra los valores ajustados para el factor Tratamientos descarta alguna tendencia de la varianza que indique una inadecuada especificación del modelo, el gráfico de residuales (Anexo 11) indica que un conjunto importante de estos provienen de

una distribución normal donde no persisten valores residuales altos (por fuera del rango [-1,1]); esto no sugiere precisamente la necesidad de otros predictores.

5.4 1. Extracto de Canela/Clavo de olor

El extracto de canela/clavo de olor fue el extracto más efectivo con una repelencia al término de las cinco semanas de un 27%, además fue el que mantuvo menos variación durante las cinco semanas (Figura 7 y cuadro 1). Esta tendencia puede deberse a que el eugenol del clavo de olor y cinamaldehído de la canela son asociados con un efecto fago y/o disuasivo o bien de repelencia sobre los adultos de mosca blanca, lo cual fue corroborado por Hilje (2001), empleando dosis de 0,1% (v/v) en condiciones de invernadero. Además, Hilje (2002) evaluó estas dos sustancias puras en condiciones de laboratorio observando que el eugenol provoca un efecto disuasivo a las dosis de 1,5 % v/v, mientras para el clavo de olor causó disuasión a dosis de 0.1 % v/v, todos afectando congruentemente el patrón de oviposición. Asimismo, Santiago *et al.* (2009) determinó que el aceite esencial de canela al 1% causó un 90% de repelencia a las tres y seis horas después de la aplicación.

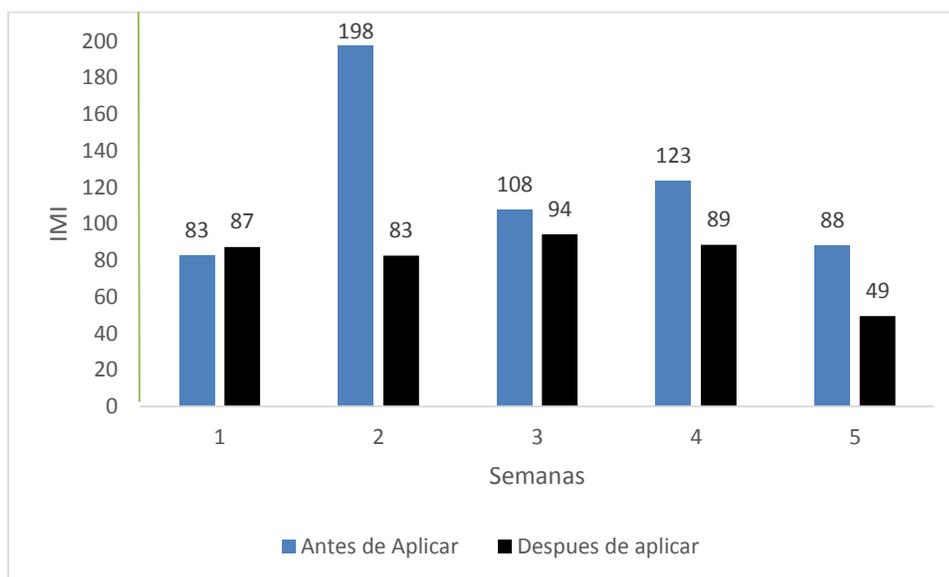


Figura 7. Promedios del IMI para Canela/clavo de olor antes y después de la aplicación durante las semanas 1 a 5 en los meses de marzo y abril del 2015 en la Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.

Igualmente, en Costa Rica, Acuña (2008), observó en condiciones de invernadero que el aceite esencial de hojas de canela y clavo de olor provocaron un efecto tóxico como de derribo (“knock down”) sobre adultos de *B. tabaci*; sin embargo, considera que este efecto no solo se debe a los aceites esenciales sino a una sinergia de estos con las altas temperaturas que se presentaron durante los ensayos (cerca de los 40°C).

5.3 2. Extracto de tomillo

Para el caso del tomillo, su uso tuvo una repelencia al término de las cinco semanas de un 23%, (Figura 8 y cuadro 1). En este caso es de esperar que entre más alta sea su concentración, exista un efecto más prolongado ya que tarda más tiempo en degradarse en el medio ambiente (Santiago *et al.* 2009). En un trabajo realizado en Guatemala por Chavarría (2014) con moscas hematófagas en vacas lecheras se obtuvo que una infusión de tomillo con concentración al 5% repelió en un 61% la población de mosca, empleando una concentración de 7% repelió un 75% y finalmente al usar una concentración de 10% se obtuvo una repelencia de 82% en la población de estas moscas. Este mismo autor observó que al utilizar una concentración del 5% la actividad repelente decrece a partir del quinto día, mientras que con una concentración del 10% la repelencia decrece al octavo día posterior a su aplicación.

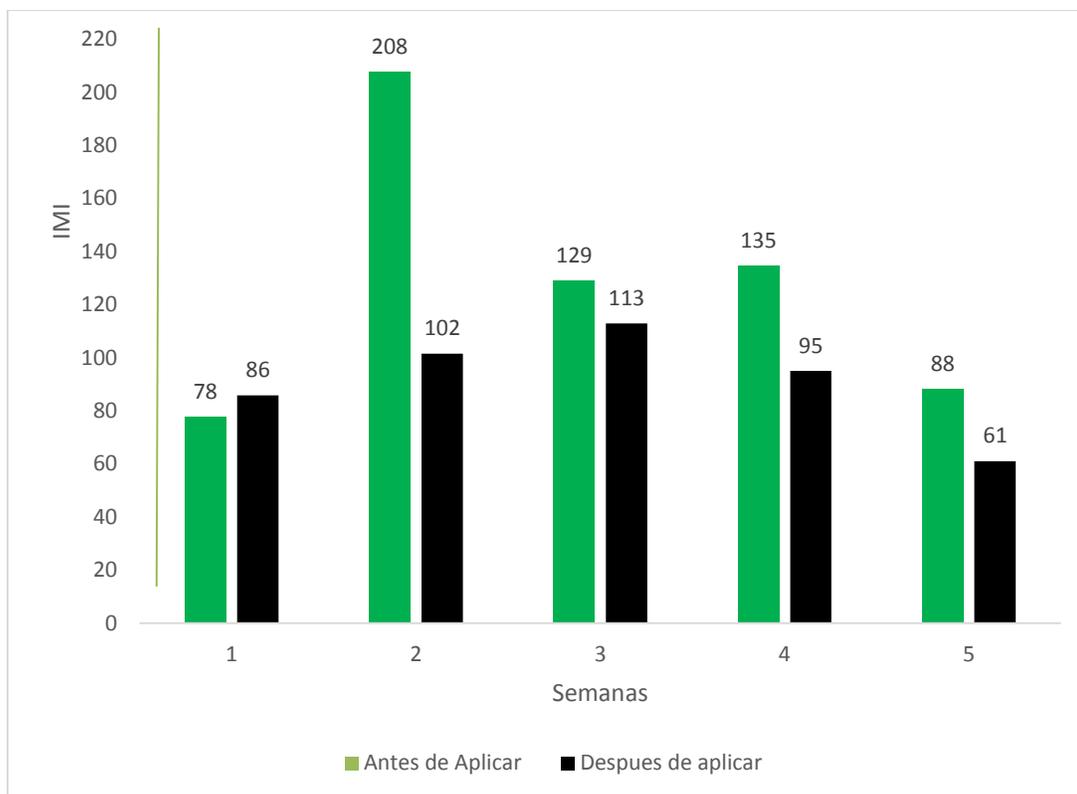


Figura 8. Promedios del IMI para tomillo antes y después a la aplicación durante las semanas 1 a 5 en los meses de marzo y abril de 2015 en la Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.

Según la disolución de tomillo formulada en este trabajo, cuya concentración llegó a ser del 0.5%, se observó que los promedios del IMI en las semanas 3, 4, y 5 posterior a la aplicación fueron menores a los esperados. Inicialmente, se esperaba una eficiencia mayor, ya que otros autores empleando aceite esencial de tomillo al 1% sobre adultos de *Trialeurodes vaporariorum* obtuvieron un 93% de repelencia (en condiciones de invernadero), (Santiago *et al.* 2009). Igualmente, Pavela (2009) evaluó la repelencia del aceite de dos especies de tomillo (*Thymus vulgaris* y *Thymus satureioides*); encontrando que *T. vulgaris* mostró ser más eficaz con una repelencia del 99,8%, mientras que *T. satureioides* un 62,3% ambos a una concentración del 0,02%; y de igual manera Openden *et al.* (2013) reportaron al timol (metabolito secundario del tomillo) como una sustancia ovicida y disuasiva de oviposición en *Helicoverpa armigera* (H.), *Spodoptera litura* (F.) y *Chilo partellus* (S.). La baja obtención de repelencia pudo estar influida entonces por condiciones tanto de concentración de la disolución utilizada como del tiempo que la disolución tardó en

volatilizarse sobre el cultivo con temperaturas de 34 y hasta 37 grados Celsius durante largos períodos de tiempo.

5.3 3. Extracto de Chile/ajo

En el caso del extracto de chile/ajo fue el que generó una menor repelencia al término de las cinco semanas con un 21% de efectividad (Figura 9 y cuadro 1). En trabajos realizados en Chapingo, México por Castillo *et al.* (2012), sobre la repelencia de mosca blanca en condiciones de invernadero, se obtuvo una disminución de la población en un 50% empleando una disolución de *Capsicum chinense* a partir de concentraciones del 40 y 50%, resultados similares fueron obtenidos por Procopio *et al.* (2003) en Brasil quienes evaluaron *Capsicum frutescens* y *Capsicum annuum* sobre *Sitophilus zeamais* (Motschulsky), con una repelencia igualmente del 50% en adultos. En esta misma región, Casasola 1995, obtuvo un repelencia del 44% en mosca blanca al usar un producto a base de chile, ajo y cebolla como repelente en mosca blanca en frijol en condiciones de campo.

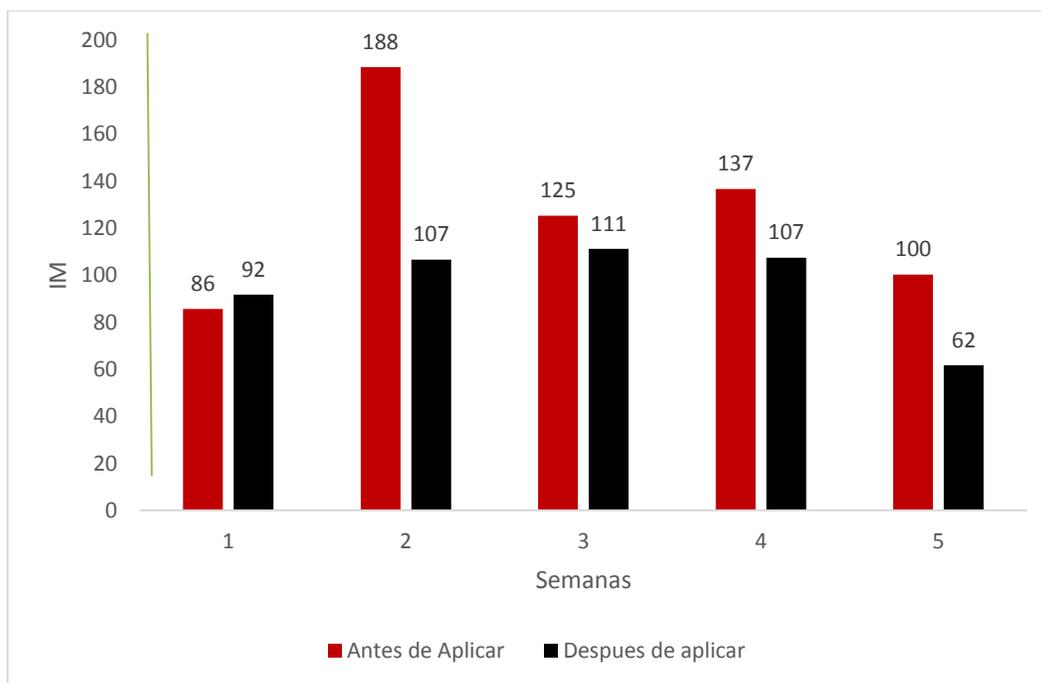


Figura 9. Promedios del IMI para Chile/ajo antes y después de la aplicación durante las semanas 1 a 5 en los meses de marzo y abril de 2015 en la Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.

En trabajos con extractos de ajo en pulgones y thrips en Ecuador, Neira (2010), obtuvo un promedio de mortalidad del 56, 95% en campo, asociándolo a una acción sistémica del ajo ya que este es absorbido por la planta y su sistema radicular, entonces el olor de ajo cambia el olor natural que produce cada planta, engañando así a los insectos. El extracto de ajo perturba el establecimiento del pulgón sobre su planta hospedante e impide la alimentación del insecto que puede inclusive llegar a morir, puesto que el ajo presenta efectos tóxicos hacia estos insectos (Regnault *et al.* 2004). Asimismo, Fuertes (2014), en Ecuador evaluó un bio-extracto de ajo y chile (en dosis de 1.25 cc/litro) realizando tres aplicaciones a los 35, 50 y 65 días después de la siembra, resultando en un 61,5%, 67,5% y 51% de mortalidad de *Empoasca kraemeri* (Cicadelidae), respectivamente. Estos resultados fueron menores a los resultados obtenidos en el mismo experimento pero empleando tratamientos químicos. Preciado (2010), en el trópico ecuatoriano realiza un trabajo con extracto de chile (*Capsicum frutescens*) obteniendo una mortalidad superior al 70% en pupas y adultos de *Prodi plosis* (Diptera: Cecidomyiidae), el autor resume que esta mortalidad está relacionada directamente al efecto picante que como repelente presenta el chile, por lo cual es ampliamente utilizado para controlar áfidos e insectos en viveros de especies maderables y hortalizas. Más cerca de nuestro país, en Nicaragua, Cerda y Jiménez (2012) inicialmente con altos porcentajes de severidad en plantas de tomate debido a la virosis de mosca blanca en campo y posterior al aplicar en las plantas un extracto de chile + ajo + jabón, el principal resultado de estos investigadores fue que pudieron reducir hasta en un 14.4% la severidad a los 65 días después del trasplante (ddt), con un promedio de 0.58 mosca/planta.

Para Costa Rica se requiere más investigación de los efectos fisiológicos que tiene este tipo de extractos sobre plagas de insectos en la mosca blanca. Al comparar los resultados obtenidos en Puntarenas, Costa Rica con resultados obtenidos en otras regiones tropicales, se puede caracterizar de forma muy leve el efecto repelente que mantiene el chile y el ajo en poblaciones de mosca blanca, sin embargo existe la necesidad de analizar más detalladamente la concentración de metabolitos secundarios tales como alcaloides, flavonoides, fenoles y taninos en el producto final aplicado. Es conocido hoy en día que estos metabolitos presentan una fuerte actividad insecticida y de repelencia contra pulgón, ácaros, mosca blanca y broca del café (Ramírez 2004).

5.3 4. Control

El control (Imidacloprid), fue el tratamiento más efectivo al término de las cinco semanas con un 33%; sin embargo, en la primera semana el control resultó ser negativo debido a que para esta semana se inició con las aplicaciones de repelentes por lo que los datos de los promedios del IMI posteriores (semana 2, 3, 4 y 5) podrían presentar de alguna manera un efecto residuos de los repelentes en el tiempo. Además, se nota una eficiencia de la semana 2 a la 3 pasando de 45% a un 18%, pero esta disminuye a partir de la semana 4 y 5 presentando porcentajes de 22 y 29%. Este comportamiento puede atribuirse a que a partir de la semana 4, las plantaciones vecinas ya habían finalizado su cosecha encontrándose únicamente la parcela del ensayo, por lo que la mosca blanca tuvo la oportunidad de emigrar hacia hospederos en la misma finca. El control superó a todos los tratamientos posterior a la semana 1, pero conforme avanzan las semanas las diferencias se reducen hasta que desaparecen en la cuarta semana, es decir, que conforme pasa el tiempo el insecticida tiene el mismo efecto de eficiencia que los demás extractos utilizados (Figura 10 y cuadro 1).

Cuadro 1. Eficiencia (%) del efecto repelente antes y después a la aplicación de los repelentes y el control durante las semanas 1 a 5 en los meses de marzo y abril del 2015 en la Finca Agrícola MAYAN (datos corresponden al promedio del IMI para cada semana).

Extractos	Semanas					Promedio
	1	2	3	4	5	
Canela/Clavo de olor	-6	58	13	28	44	27
Tomillo	-10	51	12	29	31	23
Chile/Ajo	-7	43	11	21	38	21
Control	-9	71	51	28	25	33
Promedio	-6	45	18	22	29	-

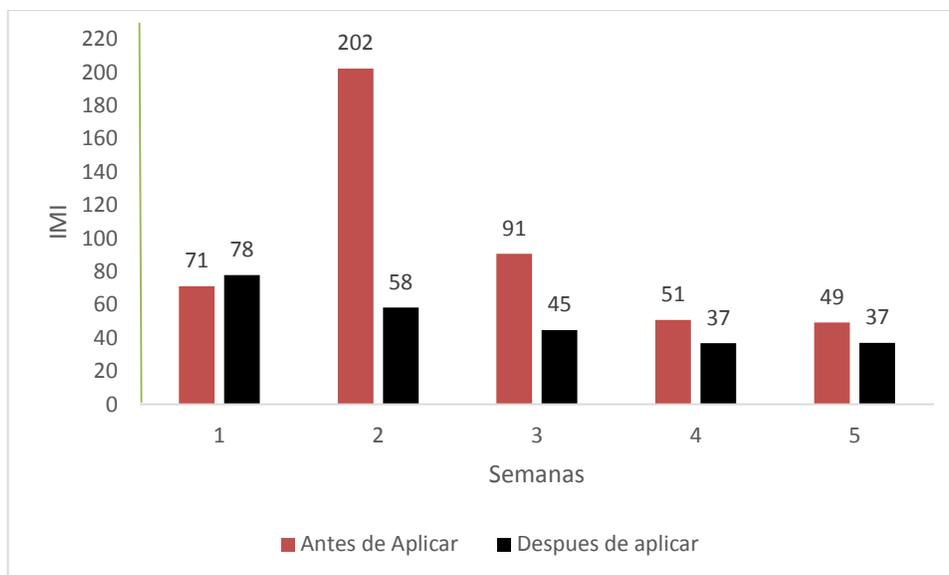


Figura 10. Resultados del IMI para Control de olor antes y después a la aplicación durante las semanas 1 a 5 en los meses de marzo y abril de 2015 en la Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.

Existen amplias referencias de este insecticida imidacloprid en la producción agrícola, razón por la cual el manejo común de la producción de melón en la Finca Agrícola MAYAN S.A. emplea el uso del mismo con el fin de reducir la población de mosca. Este uso se ve reforzado por resultados tales como los de Pitti (2011), quién obtuvo hasta un 90% de mortalidad en el control de *Bemisia tabaci* en condiciones de laboratorio; por su parte, Casasola (1995) reporta efectivo el control de *B. tabaci* con imidacloprid en el cultivo de frijol. Además, El imidacloprid ha proporcionado el control exitoso de la mosca blanca en hortalizas en general en el sur de los Estados Unidos desde 1993 y ha sido utilizado en una alta proporción de estos cultivos desde su introducción (Palumbo *et al.* 2001; 2003).

Este insecticida pertenece al grupo cloronicotinil y su modo de acción es sistémico en la planta, lo que pudo causar la mortalidad directa de los insectos y no necesariamente una repelencia. Aparte de esto, es conocido que *B. tabaci* es capaz de desarrollar resistencia a imidacloprid bajo condiciones de exposición de laboratorio y de campo. En Australia, Brasil, Alemania, Israel, Italia, México y Marruecos se han reportado igualmente mosca blanca con una susceptibilidad reducida al imidacloprid (Dennehy *et al.* 2005). Además, los insecticidas pueden reducir las poblaciones grandes de mosca blanca adulta, pero generalmente no afectan

a los estadios inmaduros. El largo período de incubación de huevos permite que las ninfas surjan mucho después de que los insecticidas hayan actuado en las poblaciones adultas. Los estadios inmóviles de larvas y pupas tienen un revestimiento ceroso, que generalmente los protege de los insecticidas. Los materiales que afectan a los inmaduros de la mosca blanca no pueden ser aplicados eficazmente por aire debido a lo difícil de la aplicación de insecticidas a las superficies inferiores de las hojas (Johnson *et al.* 1982).

Con los resultados obtenidos se evidencia también el efecto residual que se presenta en cada tratamiento al avanzar las semanas, es decir, los repelentes no tienen el mismo efecto en la primera semana que la última. Podemos ver que el tratamiento que más disminuye su eficiencia a través de las semanas es el de extracto de tomillo, pues para cada aumento, en una semana, la eficiencia en el control de moscas disminuye en promedio 4.6%. Mientras que el tratamiento que mantiene una eficiencia más constante, aunque en menor grado, es el de extracto de chile/ajo. Es decir que entre los extractos orgánicos utilizados hay uno que desde el inicio es más efectivo de repelencia de la mosca blanca sobre la planta de melón. Este tratamiento consta del repelente orgánico hecho a partir de extracto de canela-clavo de olor.

De esta manera podemos concluir que si se busca una disminución rápida de la mosca blanca en el cultivo de melón, el insecticida es la mejor respuesta, mientras que si se busca esta disminución con el paso del tiempo no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos y puede emplearse cualquiera de ellos.

5.5 Análisis económico

Durante el trabajo de campo realizado en la finca Agrícola MAYAN S.A, se registraron las cantidades de producto aplicado de cada tratamiento durante las cinco semanas de evaluación (Cuadro 5). En donde se determinó que el tratamiento control presenta el costo más elevado, estableciéndose porcentualmente un aumento del 35,7% en comparación con el tratamiento de Canela/clavo de olor que fue el extracto botánico con mayor repelencia. Estos resultados se obtuvieron en un área de 2000 m^2 , si estos costos se comparan con la producción de la empresa en la cual se hacen siembras escalonadas en lotes de 6 hectáreas

con dos aplicaciones semanales del insecticida, se obtendría una reducción de un 13% en los costos, lo que equivale a ₡1.432.000 por aplicación y a ₡2.864.000 por semana por cada lote de 6 hectáreas.

Cuadro 2. Costo total por aplicación de cada tratamiento en un área de 2000 m² durante los meses de marzo y abril de 2015 en la Finca Agrícola MAYAN.

Tratamiento	Costo/Tratamiento (Colones)
Tomillo	32 160
Chile/Ajo	10 074
Canela/Clavo	14 493
Control	22 548

5.5 Planteamiento de la propuesta de combate de mosca blanca

En general, las poblaciones de *Bemisia tabaci* son muy altas en la estación seca, ya que su potencial reproductivo se expresa mejor, pues su temperatura óptima está entre 20-30 °C (Gerling *et al.* 1986; citado por Hilje 1995). Este insecto afecta de forma significativa las plantas al transmitir virus e inducir trastornos fisiológicos. *Bemisia tabaci* biótipo B transmite geminivirus a cucurbitáceas de una manera persistente (es decir, una vez que el virus es adquirido por la mosca blanca, este conserva la capacidad de transmitirlo durante todo su período de vida) (Zitter *et al.* 1996). Al disminuir su ciclo de vida y aumentar su fecundidad, se favorece la rápida diseminación de los geminivirus; por lo cual no se requiere gran cantidad de adultos, pues a pesar de las bajas poblaciones es común observar campos de cultivos totalmente afectados por la virosis (Hilje *et al.* 1993).

En el trabajo realizado se pudo observar que la temperatura y la humedad pudieron influenciar a que la mosca blanca se encontrara por encima del umbral económico durante el ciclo del cultivo, sin embargo datos del umbral económico en cultivo de melón en Costa Rica son inexistentes. Otro factor importante a tomar en cuenta es la fecha de siembra (febrero a abril), abarcando casi toda la época seca. Por lo tanto, el manejo de *B. tabaci* en zonas tropicales es complejo, debido a su ciclo de vida, la alta fecundidad, la diversidad de

hospedantes, ubicación en el envés de la hoja, capacidad para desarrollar resistencia a los insecticidas, facilidad de migración y la gran plasticidad genética para desarrollar biotipos, sin dejar de lado la facilidad para adaptarse a condiciones nuevas o adversas.

Es importante mantener un monitoreo permanente durante el ciclo del cultivo con el fin de determinar los mecanismos de control, por ejemplo para las primeras semanas de la siembra se requiere que la mosca blanca no entre en contacto directo con las plantas, por lo que si los resultados del monitoreo se encuentran por debajo del nivel de tolerancia, se podría aplicar productos que causen menos impacto al ambiente, tales con los repelentes u hongos entomopatógenos (*Burgos et al.* 2016; *González,* 2011; *Albuquerque y Araujo* 2009). Es importante considerar evaluaciones sobre la plasticidad genética que a la poste dictaminará la resistencia de estos insectos a los insecticidas empleados, tal es el caso de los resultados en la monitorización de la resistencia a los insecticidas llevada a cabo por el Instituto Central de Investigación del Algodón (CICR), en India, ellos lograron cuantificar un alto nivel de resistencia a los insecticidas a acetamiprid, thiomethoxam, imidacloprid, monocrotophos, clorpirifos, triazofos y acefato (*Singh* 2015). En estos mismos estudios, demostraron que la mosca blanca en el norte de la India ha desarrollado resistencia a todos los insecticidas utilizados comúnmente, en especial el de los neonicotinoides, siendo muy pocos los insecticidas que son eficaces para su control. Esto ha dado lugar al uso excesivo de insecticidas que interrumpieron equilibrios importantes en los ecosistemas, adicionando graves infestaciones de mosca blanca y desarrollo de la resistencia de forma rápida (*Singh* 2015; *Del Puerto et al.* 2014; *Varona et al.* 2011).

La solución del problema mediante insecticidas en países tropicales ha sido insatisfactoria, debido a que una baja cantidad de adultos son suficientes para infectar completamente las plantaciones con geminivirus (*Hilje* 1993). Esto indica la necesidad de buscar opciones de manejo preventivas contra el vector, especialmente en los primeros días del cultivo (período crítico), que retrase al máximo el desarrollo de la enfermedad, disminuyendo la severidad de los daños. Para el trabajo realizado se observó que el extracto de canela/clavo de olor puede ser una alternativa a utilizar en un programa de manejo

integrado de plagas con el fin de tener una opción para reducir la posibilidad de que estos insectos adquieran resistencia en corto plazo.

Tomando en cuenta el efecto de la repelencia en el combate de la mosca blanca y los costos de aplicación de los mismos, según las condiciones en que se desarrolló este ensayo, se puede establecer un manejo integrado de plagas, en el cual se incorpore el extracto de canela/clavo de olor, debido a que fue el extracto con el que se logró la mayor repelencia y se mantuvo constante en el ciclo del cultivo. La primera estrategia de combate a implementar en el caso específico del cultivo de melón en la Finaca Mayan S.A. supondría el uso de dos primeras aplicaciones con el insecticida a una dosis de 30 ml por bomba en la semana uno, dos y tres, ya que fueron las semanas en la que mayor efectividad presentó. En las semanas cuatro y cinco con el extracto de canela/clavo de olor a una dosis de 35 ml por bomba. Una segunda propuesta sería intercalar los dos tratamientos de la siguiente manera: en la semana uno, tres, cinco con control de imidacloprid, en la semana dos y cuatro con el extracto de canela/clavo de olor; estas propuestas de manejo son efectivas si se mantiene un monitoreo permanente de la mosca blanca durante el ciclo del cultivo. .

6. Conclusiones

Se determinó que el incremento de la población de mosca blanca en el cultivo del melón se presentó una vez iniciado el desarrollo de las hojas verdaderas (21 dds).

Se determinó que hay poblaciones bajas de mosca blanca al inicio del cultivo, pero se incrementan en las últimas etapas del cultivo, previo a la cosecha. No obstante, la migración hacia otros hospederos en ese mismo momento es notoria.

Se evidenció el efecto residual de los repelentes sobre el cultivo al avanzar las semanas, es decir, los repelentes no tienen el mismo efecto en la primera semana que la última.

Las condiciones de temperaturas y humedad presentadas en el ensayo pudieron favorecer a un menor tiempo de desarrollo de los huevos y las ninfas, lo cual favorece en el aumento de la población de mosca blanca en el corto tiempo.

El mantener riego desde la siembra hasta una semana antes de cosecha pudo favorecer una mayor oviposición, disminuyendo a la vez el tiempo de desarrollo de las ninfas de mosca blanca.

Se acepta la hipótesis planteada, ya que los cuatro productos evaluados, ejercieron un efecto para el control de adultos de mosca blanca.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los repelentes de extractos naturales, sólo de estos contra el control.

El control (Imidacloprid) fue el único que significativamente redujo las poblaciones de adultos de mosca blanca.

El control conforme avanzan las semanas las diferencias se reducen hasta que desaparecen en la cuarta semana, es decir, que conforme pasa el tiempo el insecticida tiene el mismo efecto de eficiencia que los demás extractos utilizados.

Para el trabajo realizado se observó que el extracto de canela/clavo de olor puede ser una alternativa a utilizar en un programa de manejo.

Si se busca una disminución rápida de la mosca blanca en el cultivo de melón, el insecticida es la mejor respuesta, mientras que si se busca esta disminución con el paso del tiempo no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos y puede emplearse cualquiera de ellos.

Al incorporar el extracto de canela/clavo de olor al manejo de la finca, se obtendría una reducción de un 13% en los costos, lo que equivale a ¢1.432.000 por aplicación y a ¢2.864.000 por semana por cada lote de 6 hectáreas.

7. Recomendaciones

Establecer un manejo integrado en el cual se utilice el extracto natural de canela/ clavo de olor y junto con un insecticida con el fin de obtener mejores resultados de control de mosca blanca, reduciendo el costo económico en la producción de melón.

Involucrar a la industria agroquímica en la formulación preliminar de productos que logren atravesar la capa cerosa de los estados inmaduros de *B. tabaci* y que pueden ser incorporados en las aplicaciones con los repelentes e insecticidas usados en su control.

Profundizar en la caracterización de los metabolitos secundarios de los repelentes utilizados, así como en las respuestas de alimentación y oviposición por parte de los adultos de *B. tabaci*.

Efectuar estudios similares sobre mosca blanca en parcelas de mayor tamaño, diferentes dosis a las evaluadas en este ensayo y en diferentes localidades para determinar con mayor precisión el efecto de estos productos de origen natural.

Promover más investigaciones de campo para analizar otros extractos naturales, los cuales logren repeler las poblaciones de mosca blanca, pudiendo reemplazar productos químicos que generalmente se usan de forma deliberada y que se ha demostrado su incidencia en la degradación de equilibrios ecológicos importantes.

Realizar investigaciones para determinar el umbral económico del *B. tabaci* en el cultivo de melón en Costa Rica país, y así tomar decisiones sobre la intensificación de los muestreos en campo para obtener mejores resultados.

Promover la integración de los extractos naturales para el manejo de complejo mosca blanca - geminivirus en el marco de manejo integrado de plagas.

8. Bibliografía

Acuña, J.V. 2008. Evaluación de efecto insecticida de aceites esenciales selectos, sobre mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Tesis M.Sc. UNA. Heredia, CR. 98 p.

Alas, G.A. 2000. Evaluación de la efectividad de cuatro insecticidas biológicos para el control de ninfas de mosca blanca *Bemisia tabaci*, en el cultivo de melón *Cucumis melo*; finca los Yajes, del municipio de departamento de Zacapa. Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 40 p.

Albuquerque, E.; Araujo, E. 2009. Hongos entomopatógenos: importante herramienta para el control de “Moscas blancas” (Homoptera: Aleyrodidae). Revista Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife Vols. 5 e 6. 209-242.

Alpizar, D. 1993. Aspectos básicos sobre las moscas blancas con énfasis en *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporarum*. Boletín Informativo N°12. 22 p.

Alvarado, A.M. 2009. Efecto antifúngico In vitro e In Situ del quitosano y aceites esenciales sobre *Rhizopus stolonifer* (Ehrehn.: Fr) Vuill. Tesis M.Sc. Yautepec, México. Instituto Politécnico Nacional. 91 p.

Alvarado, G.R. 2007. Determinación del rendimiento del aceite esencial de las flores de manzanilla (*Matricaria recutita* L.) en función de la altura sobre el nivel del mar en que está cultivada, aplicando el método de extracción por arrastre con vapor a nivel laboratorio. Práctica de especialidad. Guatemala. Universidad de San Carlos. 77 p.

Alvarado, R. 2002. Regiones y cantones de Costa Rica. IFAM: Serie cantones de Costa Rica N° 2: 53 p.

Anderson, P.K y Morales, F.J. 2005. Whitefly and Whitefly-borne viruses in the tropics: Building a knowledge base for global action. 1 ed. Editorial CIAT. Cali Colombia. 217 p.

Arévalo, D.V. 2006. Insecticidas naturales y sintéticos impregnados en fundas de polipropileno para proteger racimos de banano. Tesis Lic. Guácimo, CR. Universidad EARTH. 37 p.

Aspurz, J. 2011. Obtención de curvas de secado de tomillo (*Thymus vulgaris*). Práctica de Especialidad. Minas Gerais, Brasil. Universidad Federal de Viçosa. 41 p.

Avidov, Z. 1956. Bionomics of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* Genn. in Israel, Ktavim(English edition). 7 (19:25-41. (ABST). In: COCK, M.J.W. 1986 (ed.). *Bemisia tabaci*: A literature survey of the cotton whitefly with an annotated bibliography. Chapter 9. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (F.A.O.) and C.A.B. International Institute of Entomology. The Chamaleon Press Limited. London., pp. 75. Baudracco, S; Pitrat, M. 1996. A generic map of melón (*Cucumis melo* L.) with RFLP, RAPD, isozyme, disease resistance and morphological markers. Theor. Appl. Genet. 93 p.

Bernal, L.; Pesca, L.; Rodríguez, D.; Cantor, F.; Cure, J.R. 2008. Plan de muestreo directo para *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) en cultivos comerciales de tomate. Revista Agronomía Colombiana, vol. 26, núm. 2, 2008. 266-276 p. bibliography. CAB International Institute of Biological Control, Phytoparasitica 16(3):259-270.

Brown, J. K; Frohlich, D. R; Rosell, R. C. 1995. The sweetpotato or silver leaf whitefly: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? Annual Review of Entomology 40: 511-534.

Brown, J.K. 1990. An update on the whitefly-transmitted geminiviruses in the Americas and the Caribbean Basin. FAO Plant Prot. Bull. 39 (1): 5-23.

Burba, J.L. 2003. Producción de ajo. Editorial INTA. Proajo/ INTA, Mendoza, Argentina. N°69; 43 p.

Burgos, C.; Lara, V.; Recinos, W. 2016. Hongos entomopatógenos para el control de mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) en el cultivo de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones protegidas. Practica de especialidad. San Salvador. Universidad de El Salvador. 51 p.

Cabello, T.; Carricondo, I.; Justicia del Rio, L.; Belda, J. 1996. Biología y control de las especies de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Gen.) y *Bemisia tabaci* (West.) (Hom. Aleyrodidae) en cultivos hortícolas en invernaderos. Informaciones técnicas 40/96. Andalucía, España 63 p.

Calvo, G.; Barrantes, L.; Hilje, L.; Segura, L.; Cubillo, D.; Kopper, N.; Campos, J.L. 1991. Evaluación y adaptación de tácticas de manejo de las mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en parcelas de productores de tomate, en Costa Rica. MAG. 14 p.

Cañarte, E. 2002. Oportunidad de los insecticida vegetales en el manejo racional de cultivos rentables. In Hepp. R. y Silva, G. eds. Simposio Internacional “Manejo Racional de Insecticidas”. (2002, Chillan, CH). 24-47 p.

Casasola, E.R. 1995. Efectividad del uso de extractos orgánicos para el control de mosca blanca *Bemisia tabaci*; en el cultivo de frijol *Phaseolus vulgaris* L., en el municipio de San José la Arada, Chiquimula. Tesis Lic. Universidad de San Carlos de Guatemala. Chiquimula, Guatemala. 45 p.

Castillo L.E.; Jiménez J.J.; Delgado, M.A. 2012. Actividad biológica in vitro del extracto de *Capsicum chinense* Jacq contra *Bemisia tabaci* Genn. Revista Chapingo. Vol. 18. N° 3. 345-356.

Castillo, L.E; Jiménez, J.J; Delgado, M.A. 2012. Actividad biológica in vitro del extracto de *Capsicum chinense* Jacq contra *Bemisia tabaci* Genn Revista Chapingo Serie Horticultura N° 18(3): 345-356.

Cerda, J; Jiménez, E. 2012. Alternativas de manejo contra el complejo mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius)- geminivirus en el cultivo de tomate [*Solanum lycopersicum* L. = (*Lycopersicon esculentum* Mill.)] en Tisma, Masaya (2009) y Camoapa, Boaco (2010). Revista La Calera. Vol. 12. N° 18. 18-28.

Cerna, E; Guevara, L; Landeros, J; Badii, M.H; Ochoa, Y.M; Olalde, V. 2010. Evaluación de aceites y extractos vegetales para el control de *Sitophilus zeamais* y su efecto en la calidad de semilla de maíz Revista Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo. Tomo 42. N° 1. 135-145.

Cetz, J. 2005. Micropropagación de chile dulce (*Capsicum annuum* L. var. Najera.) y chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con miras al mejoramiento genético del cultivo. Tesis M.Sc. Turrialba, CR. CATIE. 86 p.

Chavarría, C. 2014. Evaluación de tres diferentes concentraciones de infusión de tomillo (*Thymus vulgaris*), para el control de moscas hematófagas en vacas lechera en época seca, en el municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala. Tesis Lic. Villa Nueva, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 55 p.

Chávez, A. 2008. Extractos vegetales con efecto fungicida, insecticida o nematocida (en línea). Consultado el 23 de febrero del 2015. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00146.pdf>

Chávez, E.A. 2005. Evaluación de doce programas fitosanitarios para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Biotipo B) en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) en Zacapa. Tesis Lic. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 58 p.

Claire, C.J; Callaghan, A. 1999. The use of garlic (*Allium sativa*) and lemonpeel (*Citrus limon*) extracts as *Culex pipiens* larvacides: Persistence and interaction with an organophosphate resistance mechanism. Chemosphere Journal. Vol., Issue 14. 2489-2496.

Cock, M. 1986. Other control methods. In: Cock, M. 1986 (Ed.). *Bemisia tabaci*: A literature survey of the cotton whitefly with an annotated bibliography. Chapter 9. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (F.A.O.) and C.A.B. International Institute of Entomology. The Chamaleon Press Limited. London. pp. 59 - 61.

Cook, M. 1986. *Bemisia tabaci*-A literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (F.A.O.) and C.A.B. International Institute of Entomology. London. pp. 59 - 61.

Costa, H.S; Ullman, D.E; Johnson, M.W; Tabashnik, B.E. 1993. Squash silver leaf symptoms induced by immature, but not adult, *Bemisia tabaci*. *Phytopathology* 83: 763-766 p.

Cuéllar, M.A; Morales, F.J. 2006. La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vector de virus en fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Colombiana de Entomología* 32(1): 1-9.

Daza M, L.P; Florez V, N.A. 2006. Diseño de un repelente para insectos voladores con base en productos naturales. *Practica de Especialidad*. Medellín, Colombia. Universidad EAFIT. 118 p.

Del Puerto, A.; Suárez, S.; Palacio, D. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. vol.52 no.3: 1-4.

Dennehy, T.; DeGain, B.; Harpold, V.; Brown, J.; Morin, S.; Fabrick, J.; Byrne, F.; Nichols, R. 2005. New Challenges to Management of Whitefly Resistance to Insecticides in Arizona. This is a part of the University of Arizona College of Agriculture and Life Sciences. Consultado el 10 de febrero 2017. Disponible en: <http://cals.arizona.edu/pubs/crops/az1382/>

Díaz, R; Sandí, V. 2006. La Cadena de Melón en Costa Rica: Potencialidades y Desafíos Internacionales. Centro Internacional de Política Económica, Heredia, CR. 2006. 4,8, 10-11 p.

Díaz, R; Sandí, V. 2012. La cadena de melón en Costa Rica: potencialidades y desafíos internacionales. *Revista Centroamericana de Ciencias Sociales*, Vol. 6, N. ° 2: 69-101.

Elizondo, M. 2010. Efecto de la polinización abierta en la producción de melón (*Cucumis melo*) híbrido dorado, en Lepanto, Puntarenas y Nandayure, Guanacaste. Tesis Lic. Nandayure, CR. TEC. 40 p.

Espinel C., C; Lozano, M.D Villamizar R., L; Grijalba B., E; Cotes P., A.M. 2008. Estrategia MIP para el control de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) en melón y tomate. Revista Colombiana de Entomología. Vol.34. N°2: 1-6 p.

Espinel, C; Villamizar, L; Torres, L; Grijalba, E; Denis, M; Cotes, A.M; López, A. García, J; González I. A. 2006. Desarrollo de un bioplaguicida para el control de la mosca blanca *Bemisia tabaci*. Boletín Técnico. Bogotá, Colombia. 58 p.

Estrada, S.P. 2010. Determinación de la actividad antibacteriana in vitro de los extractos de romero (*Rosmarinus officinalis*) y tomillo (*Thymus vulgaris*). Tesis Lic. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 86 p.

Flores, G. 2003. Evaluación de fracciones de extractos y de sustancias puras de origen vegetal como disuasivos o repelentes de adultos de *Bemisia tabaci*. Tesis M.Sc. Turrialba, CR. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE). 145 p.

Fuertes, A. 2014. Evaluación de tres insecticidas orgánicos en el control de “Lorito verde” (*Empoasca kraemeri*) en el cultivo de frejol arbustivo (*Phaseolus vulgaris*) en la zona de Ibarra provincia de Imbabura. Practica de especialidad. Carchi, Ecuador. Universidad Técnica de Babahoyo. 85 p.

Gerling, D. 2003. Natural enemies of *Bemisia tabaci*, biological characteristics and potential as biological control agents: A review. Department of Zoology, Tel Aviv University, Ramat Aviv. Israel.

Gerling, D. and Horowitz, A.R. 1986. Yellow traps for evaluating the population levels and dispersal patterns of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). Annals of the

Entomological Society of America. 77: 753-759. (ABST). In: COCK, M.J.W. 1986 (ed.). *Bemisia tabaci*: A literature survey of the cotton whitefly with an annotated bibliography. Chapter 9. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (F.A.O.) and C.A.B. International Institute of Entomology. The Chamaleon Press Limited. London, pp. 86.

Gerling, D.; Alomar, O.; Arno, J. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. Crop Protection. Vol. 20. 779–799.

Gerling, D.; Horowitz, A.R.; Baumgaertner, J. 1986. Autoecology of *Bemisia tabaci*. Revista Agric. ecosystems Environ. 17:5-19. Gimeno, J.M. 2001. Tomillo (*Thymus vulgaris* L.). Revista Medicina Naturista. N° 3. 173-175.

González, A. 2011. Evaluación de entomopatógenos para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Práctica de especialidad. México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 60 p.

González, M.V. 2010. Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeynalicum*). Práctica de especialidad. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 151 p.

Hall, V; Rocha, M; Rodríguez. 2002. Plantas medicinales. Vol. 2. Centro de Información de medicamentos (CIMED), San José, CR. 28 p.

Hernandez, A. 201. Evaluación y monitoreo en el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci* G.) en cultivo de chile dulce (*Capsicum annum* L.) bajo ambiente protegido en Pueblo Nuevo de Zarcero, provincia de Alajuela, Costa Rica. Boletín ProNAP 5 (30): 14.

Hilje, L. 1993. Las moscas blancas en Costa Rica. In Las moscas blancas (Homóptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. Serie Técnica; Informe Técnico, N°205. Ed.

Hilje, L. 1996. Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus. 1 ed. Editorial CATIE, N° 37. 8, 23-26, 77 p.

Hilje, L. 2001. Avances hacia el manejo sostenible del complejo mosca blanca-geminivirus en tomate, en Costa Rica Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) N°. 61: 69-80.

Hilje, L. 2002. Evaluación de extractos vegetales y sustancias blandas como repelentes de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Informa final. CATIE. 31 p.

Hilje, L. 2005. Cómo determinar la repelencia de sustancias aleloquímicas sobre las moscas blancas. Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) N° 74: 94– 98.

Hilje, L.; Morales, J. 2008. Whitefly Bioecology and Management in Latin America. 4250-4260.

Hilje, L. 1995. Aspectos bioecológicos de *Bemisia tabaci* en Mesoamérica. Manejo Integrado de plagas (Costa Rica) 35:46-54.

Hilje, L.; Cubillo, D.; Segura, L. 1993. Observaciones ecológicas sobre la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) en Costa Rica. Manejo Integrado de plagas (Costa Rica) 30:24-29.

Hilje, L. 1993. Un esquema conceptual para el manejo integrado de la mosca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo del tomate. Manejo integrado de plagas (Costa Rica) 29: 51-57.

Horowitz, A.R. 1986. Population dynamics of *Bemisia tabaci* (Gennadius): with special emphasis on cotton fields. Agriculture, Ecosystems and Environment, v.17: 37-47.

Instituto Meteorológico Nacional. 2015. Datos climatológicos de Salinas (en línea). Consultado el 26 de febrero. Disponible: http://www.imn.ac.cr/estaciones_auto/index.html.

Johnson, M.; Toscano, N.; Reynolds, H.; Sylvester, E.; Natwick, E. 1982. Whiteflies cause problems for southern California growers. California agricultura. 24-26 p.

Jones, D. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. European Journal of Plant Pathology 109: 197-221.

Kehr M., E. 2002. Cultivo del ajo (*Allium sativum* L.) para la zona sur de Chile. Editorial INIA. Boletín INIA N° 84. Temuco, Chile. 152 p.

Koul, O; Singh, R; Kaur, B; Kanda, D. 2013. Comparative study on the behavioral response and acute toxicity of some essential oil compounds and their binary mixtures to larvae of *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera litura* and *Chilo partellus*. *Industrial Crops and Products Journal*. 49: 428– 436.

Laili, A; Tze, H; Narainasamy, V; Taufik, A. 2012. Laboratory evaluation of six crude plant extracts as repellents against larval *Leptotrombidium deliense* (Acari: Trombiculidae). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* Vol. 2:257–S259.

Lara, C.; Pérez A.; Ruiz, E.; Caamal, A.; García, A. 2011. Efectos de niveles de humedad en el crecimiento y potencial hídrico de *Capsicum chinens* Jacq. Y su relación con el desarrollo de *Bemisia tabaci* Genn, *Revista Tropical and subtropical Agroecosystems*. 14: 1039-1045.

Leão Demolin, G.; Picanco, M.; Newandram, G.; Moreira, M. 2005. Whitefly population dynamics in okra plantations. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.40, n.1. 19-25 p.

Leite, G.; Picanço, M.; Zanuncio, J.; Gonring, A. 1998. Effect of fertilization levels, age and canopy height of *Lycopersicon* spp. on attack rate of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Agronomia Lusitana*, v.46,53-60.

Lenteren, J. C and Noldus, P .J.J. 1990. Whitefly – Plant Relationships: Behavioural and Ecological Aspects. In: GERLING, D. (Ed.). 1990. Whiteflies: their Bionomics, Pest Status and Management. Chapter 3,. Intercept Ltd. Athenaceum Press, Newcastle upon Tyne. U.K. p. 48- 49, 51-52, 55-56, 65 – 66.

Liburd, O.; Nyoike, T.; Razzi. 2008. Biology and Management of Whiteflies in Sustainable Field Production of Cucurbits. ENY-848, one of a series of the Entomology and Nematology Department, UF/IFAS Extension 3p.

Liu, C.H; Mishra, A.K; Tan, R.X.; Tang, C; Yang, H; Shen Y.F. 2006. Repellent and insecticidal activities of essential oils from *Artemisia princeps* and *Cinnamomum camphora* and their effect on seed germination of wheat and broad bean. *Bioresource Technology Journal*. Volume 97, Issue 15: 1969–1973 .

López, A. 2001. *Biología y control: Control biológico de las moscas blancas*. Corpoica. Centro de Investigación Tibaitatá.

Lorenzo, M. 2013. Preferencia de planta hospedera y potencial biótico de *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci* en tomate y pimiento. Tesis M.Sc. Montevideo, Uruguay. Universidad de la Republica Oriental de Uruguay. 76 P.

Macías, A; Santillán, C; Robles, A; Ortiz, M; Cambero, O.J. 2013. Casos selectos de resistencia a insecticidas en moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae) en el mundo. *Revista Biociencias*. 2 (2): 4-16 .

Marschner, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1995. 889p.

Martínez, J.A. 2005. Evaluación de productos sintéticos y bioplaguicidas para el control de mosca blanca *Bemisia tabaci* y gusano del fruto *Helicoverpa zea* en el cultivo del tomate *Lycopersicon esculentum*; Sébaco, Nicaragua. Tesis M.Sc. Turrialba, C.R. Centro Agronomico de Investigación y Enseñaza (CATIE). 116 p.

Matthews, R.; Matthews, J. 1978. *Insect behavior*. New York, US. J. Wiley. 507 p.

Mendoza, E.D. 2010. Toxicidad y repelencia de extractos vegetales para el control de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* WEST (Hemiptera: Aleyrodidae). Tesis M. Sc. Oaxaca, México. Instituto Politécnico Nacional. 53 p.

Mohd Rasd, M., Che Salmah, M. R., Abu Hassan, A., Hamady. D., Hamaseh A. and Fauziah Ismail. 2012. Field Evaluation of Some Insecticides on Whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) and Predator (*Macrolophus caliginosus*) on Brinjal and Tomato Plants”, *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, Vol. 2, No. 3. 302-311.

Molina, N. 2001. Uso de extractos botánicos en control de plagas y enfermedades *Revista Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* No. 59 p. 76 - 77.

Monge, J. 2014. Producción y exportación de melón (*Cucumis melo*) en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*. Vol. 27, N° 1: 93-103.

Morales y Cermeli. 2001. Evaluación de la preferencia de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (*Gennadius*) (Hemiptera: Aleyrodidae) en cinco cultivos agrícolas. *Revista Entomotropica*. Vol 16(2). 73-78.

Morales, F., Hilje, L., Vallejos, J., Sibaja, G., Araya, C, and Araya, R. 2005. Costa Rica. In: ANDERSON, P.K. AND MORALES, F.J. (Eds.). With collaboration of Annie L. Jones and Richard H. Markham. 2005. Whitefly and 122 whitefly-borne viruses in the tropics: building a knowledge base for global action.

Morales, F; Cardona, C; Bueno J; Rodríguez I. 2006. Manejo de integrado de enfermedades de plantas causadas por virus transmitidos por moscas blancas. CIAT, DFID Y Tropical White Fly IPM Project.

Morales, P.; Cermeli, M. 2001. Evaluación de la preferencia de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (*Gennadius*) (Hemiptera: Aleyrodidae) en cinco cultivos agrícolas. *Revista Entomotropica* Vol. 16(2): 73-78.

Moyón, J.L. 2013. Evaluación de tres alternativas para el control de Varroasis varroa destructor en tres apiarios de la provincia de Chimborazo. *Práctica de especialidad*. Riobamba, Ecuador Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 76 p.

Naghdi, H; Yazdani, D; Mohammad, S; Nazari, F. 2004. Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. Industrial Crops and Products Journal. N° 19: 231–236 p.

Nava, E; Gastelum, P. Camacho, J.R; Valdez, B; Bernal, C.R; Herrera, R. 2010. Utilización de extractos de plantas para el control de gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say) en frijol almacenado. Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable. Vol. 6 N° 1. 37-43.

Nava, U. y Cano, R.2000. Umbral económico para la mosquita blanca de la hoja plateada en melón en la Comarca Lagunera, México. Revista Agrociencia Vol. 33(2). 227-334.

Navarrete, J.B. 2006. Efecto de derivados del nim (*Azadirachta indica*) sobre poblaciones de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y sus enemigos naturales en el cultivo del melón. Tesis M.Sc. Guayaquil, Ecuador. Universidad Agraria del Ecuador. 115 p.

Navas, Z. 2004. Métodos naturales para el control de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de habichuela, como sustituto de pesticidas sintéticos en el granja el Aramo de Piedecuesta. Tesis Doc. Bucaramanga, Colombia. Universidad Industrial Stander. 75 p.

Neira. M. 2010. Estudio fitofarmacológico del manejo del oídio (*Oidium* sp.), trips (*Frankliniella occidentalis*) y pulgones (*Myzus* sp.), en rosas de exportación con la utilización de extractos vegetales. Nevado Ecuador S.A. Tesis de Especialidad. Ambato, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato. 228 p.

Noguera, R. 2009. Evaluación biocida de los aceites esenciales y extractos metanólicos de clavo de olor (*Eugenia caryophyllata*) y canela (*Cinnamomun verum*), sobre la broca de café (*Hypothenemus hampei* F.) (Coleoptera: Curculionidae). Tesis Lic. Heredia, UNA. CR. 79 p.

Oliveira, R.V; Henneberry T.J; Anderson, P. 2001. History, current status, and collaborative research projects for *B. tabaci*. *Crop Protection* 20: 709-723.

Opende K.; Rajwinder S.; Birpal K.; Dharamvir K. 2013. Comparative study on the behavioral response and acute toxicity of some essential oil compounds and their binary mixtures to larvae of *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera litura* and *Chilo partellus*. *Magazine Industrial Crops and Products* 49: 428– 436.

Ortega, L.D. 2006. Moscas blancas: temas selectos sobre su manejo. 1 Ed. Editorial Mundi Prens México. Texcoco, México. 37, 57-60, 84 p.

Ortuño, M E. 2011. Determinación de la actividad biológica del extracto acuoso de saúco *Sambucus nigra* L. como repelente y/o insecticida en *Lasius niger* L. Tesis Lic. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 77 p.

Pavela, R. 2009. Larvicidal property of essential oils against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Magazine Industrial Crops and Products* 30: 311–315.

Pavela, R. 2009. Larvicidal property of essential oils against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae) *Industrial Crops and Products Journal*. N° 30: 311–315.

Pérez, L.M. 2010. Diversidad genética de chiles (*Capsicum* spp.) del Estado de Tabasco, México. Tesis Doc. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 64 p.

Pitti, Q. 2011. Control de adultos de mosca blanca *Bemisia tabaci* con los insecticidas XDE-204, XDE-203, imidacloprid y acetamiprid. Tesis Lic. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 17 p.

Preciado, R. 2010. Evaluación de entomopatógenos, extractos vegetales y fertilización nitrogenada para el manejo integrado de la “negrita” del tomate *Prodidiplosis longifila*. Practica de especialidad. Guayaquil, Ecuador. Universidad de Guayaquil. 52 p.

Procopio, S.; Vendramim, J.; Ribeiro, J.; Dos Santos, J. 2003. Bioatividade de diversos pós de origem vegetal em relação a *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Ciencia e Agrotecnología Lavras* 27: 1231-1236.

Ramírez, S. 2004. Manual de Biopesticidas, tecnología para protección de cultivos 2ª Ed, proyecto Agroforestal C-23, Bolivia. 3-49 p.

Regnault, R.; Philogène, J.; Vincent C., Terrón P. 2004. Biopesticidas de origen vegetal. Madrid – España. Mundi-Prensa Libros.

Ricci, M; Padín, S; Ringuelet, J; Kahan. 2006. Utilización de aceite esencial de lemongrass (*Cymbopogon citratus* Stapf.) como repelente de *Diuraphis noxia* Kurdj. (Hemiptera: Aphididae) en trigo. *Revista Agricultura Técnica*. Vol. 66. N° 3: 256-263p.

Saborío, M.; Ramírez, P.; Cartin, V.; Hilje, L. 1994. Primer taller nacional sobre mosca blanca. Comisión nacional de mosca blanca. 25 p.

Salguero, V. 1993. Perspectivas para el manejo del complejo mosca blanca-virosis. In Las moscas blancas (Homóptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. Serie Técnica; Informe técnico, N° 205. Ed L. Hilje; O. Arboleda, Turrialba, CR, CATIE. 20-26p.

Sandi, V. 2004. Posicionamiento Competitivo y Situación Actual de los Agricultores en la Cadena Global de Mercancías. Estudio caso “Cadena de Melón en Costa Rica”. Centro Internacional de Política Económica, Heredia, CR. 23-24, 28 p.

Santiago, V; Rodríguez, C; Ortega, L. D; Ochoa, D; Infante, S. 2009. Repelencia de adultos de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* west.) con aceites esenciales. *Revista de Fitosanidad* vol. 13, no. 1. 11-14.

Saunders, J.L; Coto, D.T; King, A.B.S .1998. Las Plagas Invertebradas de Cultivos Anuales Alimenticios en América Central. 2nd edición, Serie Técnica, Manual técnico N° 29. Turrialba, CR. Editorial CATIE.185 p.

Serrano, L. 2010. Cultivos Hospederos de Biotipos de Bemisia tabaci (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae), en el Distrito de Riego del Valle de Zapotitán, El Salvador, C. A. Tesis M.Sc. San Salvador, El Salvador. Universidad El Salvador. 175 p.

Silva, G. 2002. Insecticidas vegetales (en línea) Consultado el 22 de febrero del 2015. Disponible en: [www. Ipmwordl.ipm.edu](http://www.Ipmwordl.ipm.edu).

Singh, A. (Edr). 2015-2016. Weekly Publication of Cotton Association of India. No. 23. 3. Sritabutra, D; Soonwera, M; Waltanachanobon, S; Pongjai, S. 2011. Evaluation of herbal essential oil as repellents against *Aedes aegypti* (L.) and *Anopheles dirus* Peyton & Harrion. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. Volume 1, Issue 1: 124–128.

Tarqui, J.C. 2007. Efecto de tres bioplaguicidas para el control del pulgón (*Aphis* sp.) en el cultivo de lechuga en ambientes protegidos en la ciudad de El Alto. Practica de Especialidad. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 26 p.

Vaillant, D; Romeu, C; Ramos, E; González, M; Ramírez, R; González, J. 2009. Efecto inhibitorio in vitro de cinco monoterpenos de aceites esenciales sobre un aislado de *Rhizoctonia solani* en papa (*Solanum tuberosum* L.). Revista de Fitosanidad. V.13. N° 3.

Valencia, A.J; Bautista, N; López, J.A. 2004. Uso de extractos acuosos de Nim, *Azadirachta indica* en la oviposición de la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* loew (Diptera: Tephritidae) en naranja valencia. Revista de Fitosanidad vol. 8, no. 4. 57-59 p.

Vallejo, J.R; Peral, D; Carrasco, MC. 2008. Las especies del género *Allium* con interés medicinal en Extremadura. Revista Medicina Naturista. Vol. 2 N° 1: 2-6.

Varona, M.; Castro, R.; Páez, M.; Carvajal, N.; Barbosa, E.; León, L.; Díaz, S. 2011. Impacto en la salud y el medio ambiente por exposición a plaguicidas e implementación de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de tomate. *Revista Chilena de Salud Pública* 2012. Vol. 16 (2): 96 -106.

Vavilov, N.I. Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas. Edit. Acme. Buenos Aires Argentina. (1951). En: Ramos EMG., Zavaleta BP. (1993): Síntesis Botánica. Taxonomía y Florística. México. Universidad Autónoma Metropolitana.

Vázquez, L. 2002. Avances del control biológico de *Bemisia tabaci* en la región Neo tropical. Costa Rica. *Revista de Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*. N°. 66. Pág. 82–95.

Vergottini, GM. 2011. Toxicidad de algunos insecticidas de origen vegetal sobre *Xanthogaleruca luteola* Müller (Coleoptera: Chrysomelidae). *Practica de especialidad*. Santiago, Chile, Universidad de Chile. 54 p.

Viteri, L.O; Faronib, L.R.A; Oliveiraa, E.E; Pimentelc, M.A; Silvab, GN. 2014. Potential use of clove and *Cinnamon* essential oils to control the beanweevil, *Acanthoscelides obtectus* Say, in small storage units. *Industrial Crops and Products Journal* Vol. 56: 27–34 p.

Waizel, J; Camacho, R. 2011. El género *Capsicum* (Chile). *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica*. N° 60: 67-79.

Walker, G.P.; Perring, T.M. 1994. Feeding and oviposition behavior of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) interpreted from AC electronic feeding monitor waveforms. *Annals of the Entomological Society of America*. 87(3):363-374.

Zitter, A.; D.; Hopkins, and C.; Thomas, 1996. *Compendium of cucurbit diseases*. APS Press, St Paul, Minnesota, USA. 80 p.

9. Anexos

Anexo 1. Siembra del melón realizada la primera semana de febrero en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.



Anexo 2. Plantación de melón establecida en la tercera semana de marzo en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.



Anexo 3. Resultados del tratamiento con tomillo (A y B) en la cosecha durante la tercera semana de abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.



Anexo 4. Resultados del Tratamiento de chile/ajo (A y B) en la cosecha durante la tercera semana de abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.



Anexo 5. Resultados del Tratamiento de canela/clavo de olor (A y B) en la cosecha durante la tercera semana de abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.



Anexo 6. Resultados del Tratamiento control (Imidacloprid) (A y B) en la cosecha durante la tercera semana de abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.



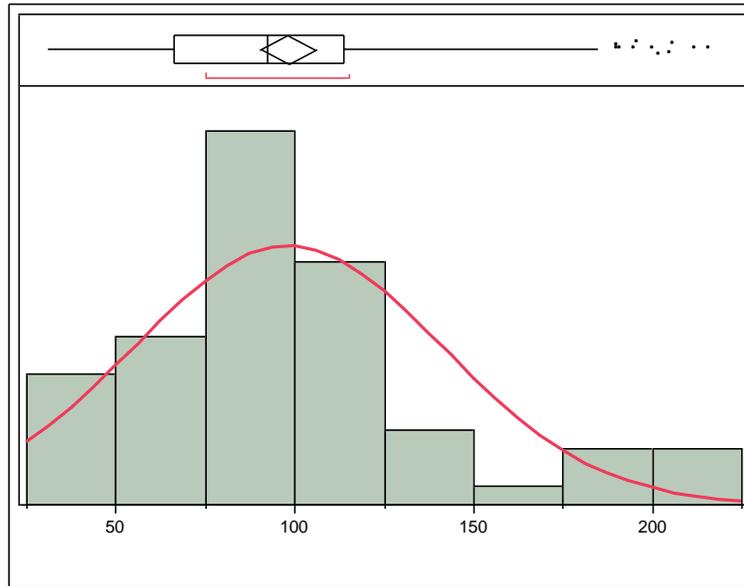
Anexo 7. Cosecha de melón realizada durante la tercera semana de abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.



Anexo 8. Melones recolectados en los diferentes tratamientos: Tomillo (T), Canela/Clavo de olor (C/C), Chile/Ajo (C/A) y Control (C) durante la tercera semana de abril en Finca Agrícola MAYAN, Trinidad Vieja de Salinas, Puntarenas.



Anexo 9. Distribución y curva de Gauss del IMI antes y después de aplicar los tratamientos, mediante la prueba de Shapiro-Wilk.



Moments

Mean	98.325
Std Dev	43.289947
Std Err Mean	3.9518134
upper 95% Mean	106.14999
lower 95% Mean	90.500015
N	120

W	0.9055
	<
p-value	0.0001
alpha	0.05

Anexo 10. Prueba de rangos con signos Wilcoxon.

Wilcoxon signed-rank test / Two-tailed test:

V	1693.0000
Expected value	915.0000
Variance (V)	18447.5000
p-value (Two-tailed)	< 0.0001

alpha

0.05

Anexo 11. Análisis estadístico mediante el Modelo Lineal Generalizado (MLG).

Whole Model Test

Model	-LogLikelihood	L-R ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
Difference	86.4019859	172.8040	19	<.0001
Full	203.390238			
Reduced	289.792224			

Goodness Of Fit Statistic	ChiSquare	DF	Prob>ChiSq	Overdispersion
Pearson	6181.333	40	0.0000	103.0222
Deviance	6181.333	40	0.0000	

Source	DF	L-R ChiSquare	Prob>ChiSq
Tratamiento	3	0.1970445	0.9781
Semana	4	166.64461	<.0001
Tratamiento*Semana	12	57.071283	<.0001

Anexo 12. Diagnóstico de residuales de los valores antes y después de aplicar.

