



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

Eficacia de tres insecticidas biológicos para el control del Psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*, Kuwayama) en plantaciones de cítricos, en dos localidades del departamento de Masaya, Nicaragua

#### Autor

Br. Fernando Trinidad Pérez Ruiz

#### Asesor

Ing. MSc. Trinidad Castillo Arévalo

Managua, Nicaragua

Marzo, 2022



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

Eficacia de tres insecticidas biológicos para el control del Psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*, Kuwayama) en plantaciones de cítricos, en dos localidades del departamento de Masaya, Nicaragua

#### Autor

Br. Fernando Trinidad Pérez Ruiz

#### Asesor

Ing. MSc. Trinidad Castillo Arévalo

Presentado a la consideración del honorable comité evaluador como requisito final para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

Managua, Nicaragua  
Marzo, 2022

## Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

***Ingeniero Agrónomo***

---

Miembros del Tribunal Examinador

---

Presidente (Grado académico y  
nombre)

Secretario (Grado académico y  
nombre)

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme permitido alcanzar mis estudios universitarios con éxito, por regalarme la sabiduría, perseverancia, constancia y sobre todo por su amor misericordioso.

A mis padres, Fernando Pérez Gutiérrez (q.e.p.d) y Caridad Ruíz Castro por inducirme por el camino del bien y motivarme para llegar a cumplir con mis metas.

A mis hermanas Esmeralda María Pérez Ruíz y Karla Mercedes Pérez Ruíz por su apoyo incondicional para salir adelante y culminar mis estudios.

Br. Fernando Trinidad Pérez Ruiz

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por sobre todas las cosas por el don de la vida y despertar en mí los deseos de superación personal.

A mi Madre, por ser el pilar más grande en mi formación como profesional, por motivarme, enseñarme el valor de cada sacrificio y nunca desistir en sacarme siempre adelante.

A mis hermanas, Esmeralda María por su apoyo incondicional en mi formación académica profesional y por ser tan indispensable para poder llevar a cabo esta etapa de culminación de mi carrera, y Karla Mercedes por su motivación constante para salir adelante.

A mis tíos, Martín Javier Pérez por facilitarme herramientas que favorecieron el desarrollo del trabajo, y Claudio José Ruiz por apoyarme en la culminación de mis estudios.

A mi asesor, Ing. MSc. Trinidad Castillo Arévalo, quien dedico su tiempo en ayudarme a culminar mi trabajo de tesis, por sus consejos, motivación y sus muestras de cariño.

Al Ing. Julio César Mercado Norori, por su importante ayuda y aporte de sus conocimientos en la etapa de los análisis de eficacia, por su disponibilidad para mi persona, además de sus consejos que me fueron de gran valía para en un futuro poder ejercerlos en el campo laboral.

Al Dr. Adolfo Gaitán Sánchez, por permitirme llevar a cabo mi trabajo en su finca y por todas las facilidades brindadas durante el desarrollo de la etapa de campo de esta investigación.

Al señor Porfirio Sánchez, por permitirme poder trabajar en su finca y por su trato tan incondicional de él y su familia conmigo desde el inicio de mi trabajo hasta su culminación.

A mis familiares quienes de forma directa e indirecta contribuyeron para que este proyecto de vida fuera una realidad.

Br. Fernando Trinidad Pérez Ruiz

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	ii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	iii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	v
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	vi
<b>RESUMEN</b>	vii
<b>ABSTRACT</b>	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	4
3.1. Psílido asiático de los cítricos ( <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama)	4
3.1.1. Origen y distribución geográfica	4
3.1.2. Impacto económico a nivel mundial	4
3.2. Descripción y biología	5
3.2.1. Ciclo de vida	5
3.2.2. Huevos	5
3.2.3. Ninfas	5
3.2.4. Adulto	6
3.3. Plantas hospederas	6
3.3.1. Daño directo	7
3.3.2. Daño indirecto	7
3.4. Control biológico	7
3.5. Control químico	8
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	9
4.1. Ubicación y fecha del estudio	9
4.2. Diseño metodológico	9

4.3. Manejo del experimento	10
4.4. Descripción de los tratamientos evaluados	10
4.5. Variables evaluadas	11
4.5.1. Número de adultos por brote	11
4.5.2. Número de adultos por trampa amarilla	12
4.5.3. Número de ninfas por brote	12
4.5.4. Número de huevos por brote	12
4.6. Recolección de datos	13
4.6.1. Fluctuación poblacional de los tres estados biológicos del psílido asiático	13
4.7. Análisis de datos	13
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>14</b>
5.1. Fluctuación poblacional de los tres estados biológicos de <i>D. citri</i>	
5.1.1. Adultos	14
5.1.2. Ninfas	21
5.1.3. Huevos	25
5.1.4. Adultos por trampa amarilla	29
5.2. Eficacia de los insecticidas biológicos evaluados	35
5.2.1. Adultos	35
5.2.2. Ninfas	36
5.2.3. Huevos	37
5.2.4. Adultos por trampa amarilla	38
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>39</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	<b>40</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	<b>41</b>
<b>IX. ANEXOS</b>	<b>47</b>

---

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Descripción de los tratamientos evaluados	10
2.	Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de adultos de <i>D. citri</i> por brote vegetativo por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Cruz Valler, 2021	17
3.	Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de adultos de <i>D. citri</i> por brote vegetativo por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Los Ángeles, 2021	20
4.	Fluctuación poblacional de ninfas de <i>D. citri</i> , por brote vegetativo, en función de los tratamientos evaluados, finca Cruz Valler, 2021	22
5.	Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de ninfas de <i>D. citri</i> por brote vegetativo por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Cruz Valler, 2021	23
6.	Fluctuación poblacional de ninfas de <i>D. citri</i> , por brote vegetativo, en función de los tratamientos evaluados, finca Los Ángeles, 2021	24
7.	Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de ninfas de <i>D. citri</i> por brote vegetativo por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Los Ángeles, 2021	24
8.	Fluctuación poblacional de huevos de <i>D. citri</i> , por brote vegetativo, en función de los tratamientos evaluados, finca Cruz Valler, 2021	25
9.	Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de huevos de <i>D. citri</i> por brote vegetativo por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Cruz Valler, 2021	26
10.	Fluctuación poblacional de huevos de <i>D. citri</i> , por brote vegetativo, en función de los tratamientos evaluados, finca Los Ángeles, 2021	27

11.	Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de huevos de <i>D. citri</i> por brote vegetativo por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Los Ángeles ,2021	28
12.	Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de adultos de <i>D. citri</i> por trampas amarillas por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Cruz Valler ,2021	31
13.	Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de adultos de <i>D. citri</i> por trampa amarilla por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Los Ángeles ,2021	34
14.	Eficacia de los tratamientos evaluados sobre los adultos de <i>D. citri</i> , por brote vegetativo	36
15.	Eficacia de los tratamientos evaluados sobre las ninfas de <i>D. citri</i> , por brote vegetativo	37
16.	Eficacia de los tratamientos evaluados sobre los huevos de <i>D. citri</i> , por brote vegetativo	37
17.	Eficacia de los tratamientos evaluados sobre los adultos de <i>D. citri</i> , por trampa amarilla	38

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Fluctuación poblacional de adultos de <i>D. citri</i> , por brote vegetativo en función de los tratamientos evaluados, finca Cruz Valler, 2021	16
2.	Fluctuación poblacional de adultos de <i>D. citri</i> en función de los tratamientos evaluados, finca Los Ángeles, 2021	19
3.	Fluctuación poblacional de adultos de <i>D. citri</i> por trampas, en función de los tratamientos evaluados, finca Cruz Valler, 2021	30
4.	Fluctuación poblacional de adultos de <i>D. citri</i> por trampas amarillas, en función de los tratamientos evaluados, finca Los Ángeles, 2021	33

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Ubicación de las fincas	47
2. Ubicación de la finca Cruz Valler	47
3. Ubicación de la finca Los Ángeles	47
4. Plano de campo	48
5. Climograma con el comportamiento de las precipitaciones y temperaturas en el municipio de Masatepe, departamento de Masaya, 2021.	49
6. Hoja de campo para la unidad muestral	50
7. Brotes vegetativos con presencia de adultos, ninfas y huevos de <i>D. citri</i>	51
8. Preparación de los hongos entomopatógenos	51
9. Toma de datos	51
10. Etiquetas de los productos utilizados en el ensayo	52

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la eficacia de tres insecticidas biológicos para el control de *Diaphorina citri* Kuwayama, se realizó un estudio en dos localidades del departamento de Masaya, en el período comprendido de marzo a mayo del año 2021. Se estableció un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) compuesto de cuatro bloques y cinco tratamientos. Cada unidad experimental se encontraba compuesta por nueve árboles, para un total de cuarenta y cinco árboles por bloque y un universo de 180 árboles. Los tratamientos evaluados fueron *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea*, así como un insecticida químico y un testigo absoluto (sin aplicación). Las variables que se evaluaron fueron: Número de huevos por brote, número de ninfas por brote, número de adultos por brote y número de adultos por trampa amarilla. Se realizó un análisis de varianza a los datos obtenidos de las evaluaciones, en donde nos indicó que hubo diferencia significativa entre los tratamientos ( $p=0.0001$ ). Los resultados obtenidos en el estudio determinaron que los tratamientos *B. bassiana*, *M. anisopliae* e *I. fumosorosea* tuvieron control sobre los tres estados biológicos de *D. citri*.

**Palabras clave:** Control biológico, cítricos, insecticida químico

## ABSTRACT

In order to evaluate the efficacy of three biological insecticides for the control of *Diaphorina citri* Kuwayama, a study was carried out in two locations in the department of Masaya, in the period from March to May 2021. A Complete Block design was established. Randomized (BCA) composed of four blocks and five treatments. Each experimental unit was made up of nine trees, for a total of forty-five trees per block and a universe of 180 trees. The treatments evaluated were *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Isaria fumosorosea*, as well as a chemical insecticide and an absolute control (without application). The variables that were evaluated were: Number of eggs per shoot, number of nymphs per shoot, number of adults per shoot and number of adults per yellow trap. An analysis of variance was performed on the data obtained from the evaluations, where it indicated that there was a significant difference between the treatments ( $p= 0.0001$ ). The results obtained in the study determined that the *B. bassiana*, *M. anisopliae* and *I. fumosorosea* treatments had greater control over the three biological states of *D. citri*.

**Keywords:** Biologic control, citrus, chemical insecticide

## I. INTRODUCCIÓN

Los cítricos (*Citrus spp.*) pertenecen al orden de las Geraniales, a la familia Rutáceas y a la Subfamilia Aurantioideae, de las que actualmente se consideran integradas por 13 géneros y 43 especies (Morín, 1983). La mayoría de los cítricos son especies nativas de las regiones tropicales y subtropicales del sur este de Asia y del archipiélago Malayo (Varela, 2015). Según Amoros, (1985) fueron introducidos a América durante la colonización por los españoles y portugueses. Este cultivo tiene una producción mundial superior a los 124 millones de toneladas, los principales países productores son China, Brasil, India, Estados Unidos, España y México (FAO, 2017)

La producción de cítricos en Nicaragua es de gran importancia económica ya que genera 24,5 millones de dólares anuales y está a cargo de 11,077 productores, en una superficie aproximada de 21,100 hectáreas, además esta industria genera 4000 empleos directos y 5,000 indirectos. En Nicaragua el cultivo de naranjas ocupa el 80% (16,880 ha) de la producción total de cítricos, mientras que el 10% (2,110 ha) corresponde a las mandarinas, el 7% (1477 ha) a limones y el 3% (633 ha) a otros productos (Lacayo, 2013).

El Huanglongbing (HLB) es probablemente la enfermedad más grave de los cítricos, en comparación con la tristeza de los cítricos (CTV) y la clorosis variegada de los cítricos (CVC), y representa una peligrosa amenaza para las regiones que aún están libres de la enfermedad, como lo son la cuenca del Mediterráneo, Asia Occidental, Australia, Nueva Zelanda e Islas del Océano Pacífico (Bové y Ayres, 2007).

En Nicaragua el HLB se detectó por primera vez en febrero del 2010, en el municipio de Puerto Cabezas, Región Autónoma Caribe Norte, RACN. Las sintomatologías de plantas contaminadas con HLB o dragón amarillo, presentan en las hojas un color verde amarillento, hasta alcanzar un amarillo total del follaje, los frutos se deforman y el proceso de amarillamiento ocurre a nivel del pedúnculo o parte superior formando hasta alcanzar amarillo total (OIRSA, 2012).

El psílido asiático de los cítricos (PAC), *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemíptera: Psyllidae), es considerado la plaga más importante de los cítricos en el mundo (Halbert y Manjunath 2004). La alimentación tanto de ninfas como adultos causa distorsión de brotes jóvenes y alteraciones en el crecimiento de los árboles. En caso de una infestación severa, los psílicos pueden matar los nuevos brotes o causar la abscisión de hojas o brotes terminales (Halbert y Manjunath, 2004; Tsai *et al.*, 2002). Sin embargo, el mayor peligro de *Diaphorina citri* se relaciona con su capacidad para transmitir las bacterias *Candidatus Liberibacter var. Asiaticus, africanus* y *americanus*, agentes causales de la enfermedad llamada “Huanglongbing” (HLB) o enverdecimiento de los cítricos (Garnier y Bové 2000; Halbert y Manjunath 2004).

Los hongos entomopatógenos se caracterizan por infectar todas las etapas de la vida de los insectos, se encuentran en hábitats acuáticos, terrestres y subterráneos e invaden el insecto por vía cutánea, siendo por esta causa los únicos patógenos capaces de infectar a insectos con aparato bucal picador, chupador succionador, Tisanópteros, Hemípteros (Roberts y Humber, 1981); infectan organismos en todos los órdenes de insectos, en su mayoría al orden Hemíptera, Díptera, Coleóptera, Lepidóptera, Himenóptera y Ortóptera (Ferrón, 1978). Los estados inmaduros (ninfas y larvas) son más a menudo infectados por los hongos que en adultos, mientras que los estados de huevo y pupa no son frecuentemente infectados (Tanada y Kaya, 1993).

Este estudio pretende generar información sobre alternativas biológicas para el control de *D. citri*, así como evaluar la eficacia de cada uno de los insecticidas biológicos empleados, con el objetivo de proporcionar a los productores una opción de control que les permita mantener las poblaciones del insecto en niveles relativamente bajos que no les causen pérdidas económicas y contribuir a la conservación del medio ambiente por medio de alternativas más sostenibles.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

- Generar información sobre la eficacia de tres insecticidas biológicos para el control del psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama), en dos localidades del departamento de Masaya.

### 2.2. Objetivos específicos

- Describir la fluctuación poblacional de los tres estados biológicos de *Diaphorina citri* Kuwayama en el período de aplicaciones realizadas.
- Evaluar la eficacia de los insecticidas biológicos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* sobre el control de *Diaphorina citri* Kuwayama.

### III. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1. Psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* kuwayama)

El psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemíptera: Psyllidae) es considerada una plaga importante al ser transmisor de la bacteria *Candidatus liberibacter*. Responsable de la enfermedad denominada ‘Huanglongbing’ (HLB) o ‘greening’, la más seria y destructiva de los cítricos (Bové, 2006).

##### 3.1.1. Origen y distribución geográfica

El psílido asiático de los cítricos, *D. citri*, fue descrito por primera vez en Taiwán por Kuwayama en 1908 (Halbert y Manjunath, 2004). De acuerdo con Mead (1977) es originario del lejano oriente. El psílido se registró por primera vez como plaga importante de los cítricos en la India por Husain y Nath (1927) que, al dar a conocer el daño que causó fueron los primeros en describir a lo que ahora se conoce como Huanglongbing. De acuerdo con Hoffman (1936) el primer registro de *D. citri* en China fue en 1934.

El psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri*, se encuentra ampliamente distribuido en regiones tropicales y subtropicales de Asia, aunque también se encuentra difundida en el continente americano. Se trata de una plaga importante de los cítricos en varios países, en particular en la India, donde ha habido una disminución significativa de los cítricos en los últimos años. En junio de 1998, el insecto fue detectado en Florida (Estados Unidos) y en septiembre de 2000, esta plaga se había extendido a 31 condados en el estado (Halbert, 2004).

##### 3.1.2 Impacto económico a nivel mundial

En la actualidad, el Huanglongbing se considera como la enfermedad más devastadora para los cítricos a nivel global. Se han reportado cifras superiores a los 63 millones de árboles muertos a causa del HLB principalmente en Asia, Sudáfrica y Brasil, ocasionando pérdidas económicas que van desde reducciones en los rendimientos hasta la pérdida total de las plantaciones cítricas (Halbert y Manjunath, 2004; Salcedo *et al.*, 2010).

## **3.2. Descripción y biología**

### **3.2.1. Ciclo de vida**

*D. citri* presenta un periodo de vida de 3 a 4 meses aproximadamente y una alta fecundidad, las hembras tienen un periodo de ovoposición de 12 días y pueden llegar a depositar cientos de huevos, los cuales eclosionan a los 3 días en verano y 23 días en invierno. El ciclo completo es de 15-47 días, pudiendo existir hasta 11 generaciones por año, como es el caso del área de Guangdong, China (Yang *et al.*, 2006).

### **3.2.2. Huevos**

La hembra ovoposita en los brotes, hojas jóvenes y en las axilas de las mismas (Huang *et al.*, 1999). Estos tienen forma oval alargada, con el ápice ahusado y miden en promedio 0.3 mm de longitud y 0.14 mm de ancho (Chavan y Summanwar, 1993; Tsai *et al.*, 2000; Fernández y Miranda, 2005).

El número máximo de huevos por hembra varía de 630 a 1900 dependiendo de las condiciones ambientales y la planta hospedante (Huang, 1990; Chavan y Summanwar, 1993; Liu y Tsai, 2000). Los huevos recién depositados son de color amarillo mate, después adquieren una coloración amarillo naranja y requieren de 2-4 días para completar su maduración.

### **3.2.3. Ninfas**

Las ninfas son de color anaranjado-amarillo, sin manchas abdominales, aplanadas dorso ventralmente, con esbozos alares abultados, un par de ojos rojos compuestos y dos antenas de color negro. Presentan filamentos a lo largo del abdomen. Los primórdios de las alas son conspicuos. Hilos cerosos cortos pueden estar presentes sólo en el ápice del abdomen. Se alimentan de tejidos tiernos y pueden doblar las hojas en desarrollo para protegerse durante el proceso de alimentación. El ciclo ninfal se puede completar en 15 días a una temperatura de 28° C. En períodos secos los adultos pueden ser abundantes en tanto que las ninfas están ausentes (Alemán *et al.*, 2007).

El primer instar mide 0.30 mm de longitud y 0.17 mm de ancho con el cuerpo de color rosa claro y un par de ojos compuestos rojos; el segundo instar mide 0.45 mm de largo y 0.25 de ancho con esbozos alares visibles en el dorso del tórax; el tercer instar tiene una medida de 0.74 mm de longitud y 0.43 mm de ancho con los rudimentos alares desarrollados y los segmentos antenales visibles; el cuarto instar mide 1.01 mm de longitud y 0.70 mm de ancho, los esbozos alares son de mayor tamaño; el último instar mide 1.60 mm de longitud y 1.02 de ancho (Tsai y Liu, 2000).

#### **3.2.4. Adultos**

El adulto recién emergido presenta el cuerpo de color blanquecino, pero a medida que madura, este se torna de color marrón moteado, y se recubre de polvo ceroso (Fonseca *et al.*, 2007). Las hembras son más grandes que los machos (Hall, 2008; Étienne *et al.*, 2001; Fernández y Miranda, 2005). La hembra adulta mide 3.1 mm, mientras que el macho 2.5 mm. Las antenas son gruesas y presentan una seta larga y gruesa en el extremo distal. Ventralmente se distingue el aparato bucal caracterizado por tener un estilete largo succionador de savia y se destaca la abertura anal de gran tamaño y en forma de media luna.

El patrón de las alas anteriores consiste de un grupo de manchas marrones confluentes a lo largo de la vena R y a lo largo del borde externo, y estas dos áreas se separan por un espacio en blanco en la región subapical de la vena RS (Burckhardt, 2007). Las alas posteriores son membranosas y transparentes (Fernández y Miranda, 2005) delgadas y frágiles con venación simple (Ouvrard *et al.*, 2010).

#### **3.3. Plantas hospederas**

*D. citri* es una especie oligófaga, se reportan por lo menos 54 especies de plantas hospederas, principalmente del género Citrus, además de ello, existe una gama de géneros en la familia Rutáceas que suelen hospedarlos; estos géneros son: *Aegle*, *Aeglopsis*, *Afraegle*, *Atalantia*, *Balsamocitrus*, *Citropsis*, *Clausena*, *Murralla*, *Fortunella*, *Linonia*, *Merrillia*, *Microcitrus*, *Pamburus*, *Poncirus*, *Severinia* y *Swinglea* (Chavan y Summanwar, 1993; Halbert y Manjunath 2004).

Los datos existentes en el Museo Nacional de Historia Británico, indican que el hospedante original de *D. citri* probablemente fue una especie de *Murraya*, pero esta plaga se desarrolló rápida y exitosamente en cítricos (Hollis, 1987). Sin embargo, el tipo de hospedante causa diferentes efectos sobre el Psílido, aumentando o disminuyendo las poblaciones (Tsagkarakis y Rogers, 2008) y en pocos el desarrollo es exitoso (Baloch y Ghaffar, 1984).

### **3.3.1. Daño directo**

Los daños directos causados por *D. citri* resultan del proceso de alimentación, en donde se remueven grandes cantidades de azúcares, se observa encrespamiento de las hojas y la excreción del exceso de azúcares favorece la formación de fumagina (*Capnodium citri*). En caso de alta infestación, puede causar la muerte de la yema apical y la caída de las hojas nuevas o yemas terminales (Tsai *et al.*, 2002).

### **3.3.2. Daño indirecto**

Los daños indirectos causados por *D. citri* se relacionan a su papel como vector de dos bacterias, *Candidatus Liberibacter asiaticus* y *Ca. L. americanus*, patógenos asociados a la enfermedad “Huanglongbing” (HLB), la cual produce efectos devastadores en las plantaciones de Cítricos (Bové, 2006).

### **3.4. Control biológico**

Rodríguez *et al.*, (2012) buscaron establecer un control biológico mediante la aplicación de depredadores, parasitoides y entomopatógenos. En su trabajo se lograron encontrar ocho especies de enemigos naturales de *D. citri* de los cuales *Olla vinigrum*, *Chilocorus cacti*, *Cycloneda sanguínea*, *Nephus sp.*, *Pentilia sp.* y *Ceraeochrysa sp.* fueron depredadores; *Tamarixia radiata* fue el único parasitoide y como entomopatógeno se identificó a *Beauveria bassiana*.

Según Monzón, (2001) el uso de organismos entomopatógenos, tiene una alta reducción de plagas. Actualmente se ha identificado y estudiado diversas especies de hongos que afectan plagas de importancia económica muchos de ellos utilizados en programas de control biológico.

Los agentes de control biológico de *D. citri* reportados son varios artrópodos depredadores y parasitoides (Hall, Richardson *et al.*, 2012), además de la infección natural de diferentes especies de hongos entomopatógenos como *Hirsutella citriformis* Speare (Étienne *et al.*, 2001; Rivero-Aragón y Grillo-Ravelo, 2000; Subandiyah *et al.*, 2000); *Isaria fumosorosea* Wize (= *Paecilomyces fumosoroseus*) (Samson, 1974; Subandiyah *et al.*, 2000); *Isaria javanica* (Friedrichs y Bally) Samson y Hywel-Jones (= *Paecilomyces javanicus*) (Yang *et al.*, 2006); *Lecanicillium lecanii* (Zimmerman) Zare y W. Gams (= *Verticillium lecanii*) (Rivero-Aragón y Grillo-Ravelo, 2000; Xie *et al.*, 1988; Yang *et al.*, 2006) y *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Rivero-Aragón y Grillo-Ravelo, 2000; Yang *et al.*, 2006).

### 3.5. Control químico

Alemán *et al.*, (2007) reportan que el control químico debe dirigirse principalmente en plantas de vivero y en plantaciones jóvenes, dado que los árboles maduros presentan mayor tolerancia a los daños del vector. Así mismo, Cortez *et al.*, (2010) reportan que las aplicaciones iniciales durante el año, deben iniciar previo a los máximos poblacionales de la plaga. Rogers y Stansly (2006) mencionan que con el propósito de mantener bajas las poblaciones, los insecticidas deben aplicarse a principios de año, cuando las condiciones son favorables para el aumento de la población.

En Florida, EUA se recomendó hacer aplicaciones durante el periodo en que se presentan las ninfas y más cuando se detectaron en una planta enferma, ya que al pasar al estado adulto pueden alimentarse de plantas sanas y transmitir la enfermedad (Halbert y Manjunath, 2004).

Medidas de control químico como insecticidas (Dimetoato, monocrotofós, fosfamidón, confidor, decametrina y fenvalerato), productos botánicos (aceite de neem, aceites en aerosol (petróleo) y reguladores del crecimiento de insectos han sido evaluados contra el psílido asiático de los cítricos con resultados alentadores (Ahmed *et al.*, 2004). De dos a tres aspersiones con intervalos de 10 a 15 días se han encontrado ser eficaces contra el psílido asiático de los cítricos (Dahiya *et al.*, 1994; Shivankar *et al.*, 2000).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Ubicación y fecha del estudio

El experimento se estableció el 10 de marzo del 2021 y culminó el 28 de mayo del 2021. Fue llevado a cabo en dos fincas ubicadas en las comunidades Macario Brenes y Cruz Verde pertenecientes al municipio de Masatepe, departamento de Masaya. (Anexo 1).

La finca Cruz Valler se encuentra ubicada en el municipio de Masatepe, comunidad Cruz Verde, frente a la iglesia San Antonio de la Cruz Verde. Se puede localizar entre las coordenadas 11°54'18.80" N 86°9'30.70" O. Se encuentra a una altura de 445 metros sobre el nivel del mar (msnm), cuenta con una superficie 5 mz, de las cuales 2 mz están destinadas para la producción de naranjas (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) y 3 mz para aguacate (*Persea americana* L. Miller). Su propietario es el señor Adolfo Gaitán (Anexo 2).

La finca Los Ángeles se encuentra ubicada en el municipio de Masatepe, comunidad Macario Brenes, del puesto de chequeo 400 metros al sur. Se puede localizar entre las coordenadas geográficas 11°54'24.90" N 86°08'31.17" O. Se encuentra a una altura de 455 metros sobre el nivel del mar (msnm), cuenta con una superficie de 2 mz, distribuidas para la producción de limones (*Citrus limon* (L.) Burm) y naranjas (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). Su propietario es el señor Porfirio Sánchez (Anexo 3).

### 4.2. Diseño metodológico

El experimento se estableció en el mes de marzo y concluyó en el mes de mayo del año 2021. Se estableció un experimento con un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) compuesto de cuatro bloques y cinco tratamientos (Anexo 4).

Las dimensiones del área total del ensayo fueron de 60 m de largo y 75 m de ancho para un área total de 4 500 m<sup>2</sup> (Anexo 4). Cada unidad experimental se encontraba compuesta por 9 árboles, se evaluaron 4 tratamientos más un testigo para un total de 45 árboles por bloque y un universo de 180 árboles en total separado a 5 m cada uno. El área útil fue de un árbol por cada unidad experimental.

### 4.3. Manejo del experimento

Los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* utilizados en los diferentes tratamientos del ensayo, fueron adquiridos en la Universidad Nacional Agraria, en presentaciones de 300 g cada uno, en concentraciones de  $1 \times 10^{12}$  de conidias.

### 4.4. Descripción de los tratamientos evaluados

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados

Tratamientos	Ingrediente activo	Producto comercial	Dosis aplicadas En 1 ha
T1	<i>Beauveria bassiana</i>	ECOBIOOL 5 PM	700 g
T2	<i>Metarhizium anisopliae</i>	METAGREEN 5 PM	700 g
T3	<i>Isaria fumosorosea</i>	PAECILOMYCES 5 PM	700 g
T4	Abamectina	TRESPASS® 1,8EC	500 cc
T5	Testigo absoluto	-	Sin aplicación

#### a) Tratamiento 1: *Beauveria bassiana*

Es un patógeno natural de insectos. Sus esporas reconocen la cubierta del insecto plaga penetrando en su interior, dentro del cual liberan sustancias que lo digieren y lo destruyen. Si las condiciones ambientales son adecuadas el hongo produce nuevas esporas en el exterior del insecto muerto. Aunque el hongo actúa desde el inicio del tratamiento, su efectividad se observa a partir del 4° día. Este hongo ha sido aislado de más de 200 especies de insectos de diferentes órdenes, incluyendo plagas de cultivos de importancia económica (Alves, 1998).

#### b) Tratamiento 2: *Metarhizium anisopliae*

Forma conidióforos simples o agregados; sus conidios son alargados, de forma ovoide, formando cadenas de ellos dispuestas en conidióforos en forma de botella. El tamaño de los conidios es de 9 6-8 micras, de color verde olivo, por ello, la enfermedad que provocan a los insectos se ha denominado “muscardina verde” (Hernández y Berlanga, 1999). Se ha reportado que este hongo es un patógeno natural para más de 200 especies de insectos de diferentes órdenes, entre ellos, algunos de importancia económica (McCoy *et al.*, 1988).

### **c) Tratamiento 3: *Isaria fumosorosea***

Es un hongo cuyas colonias presentan un micelio blanco que puede cambiar a púrpura o rosa. Sus fiálides tienen forma de botella y sus conidios son cilíndricos, con un tamaño de 3-4 micras. A pesar de infectar a un menor número de insectos hospederos, la efectividad de *I. fumosorosea* ha sido evaluada en insectos plaga de gran importancia agrícola como *Bemisia tabaci* y *Diaphorina citri* (Macías *et al.*, 2013; Mascarín *et al.*, 2013; Stauderman *et al.*, 2012).

### **d) Tratamiento 4: TRESPASS® 1.8 EC**

El ingrediente activo es abamectina, es un insecticida acaricida de acción traslaminar. El efecto sobre las formas móviles de insectos y ácaros es inmovilización y detención de la acción de alimentación. De esta manera cesa el daño en las plantas (Agrocentro, 2017).

### **e) Tratamiento 5: Testigo absoluto**

Tratamiento sin aplicación, que tiene como objetivo demostrar por comparación que los otros tratamientos sean eficaces.

Los tratamientos fueron aplicados de acuerdo a los resultados de los muestreos cada 15 días. Las aplicaciones se realizaron con bomba de mochila de 20 litros de capacidad, previamente calibradas. El horario de aplicación fue de las 4 de la tarde en adelante, con el propósito de evitar que las elevadas temperaturas y los rayos ultravioleta dañaran los hongos. Las aplicaciones iban dirigidas a las hojas de la planta, específicamente a los brotes nuevos. La dosis para los productos biológicos fue de 40 gramos por bombada (20 L). Así mismo la dosis para el producto químico utilizado fue de 20 cc por bombada (20 L), según la ficha técnica del fabricante del producto. La edad de la plantación en la finca Cruz Valler era de 7 años, mientras que en la finca Los Ángeles era de 8 años.

## **4.5. Variables evaluadas**

**4.5.1. Número de adultos por brote:** Se contabilizó el número de adultos de psílido por brote cada 15 días. Se muestrearon un total de 20 plantas fijas y se muestreo un brote al azar por planta.

**4.5.2. Número de adultos por trampa amarilla:** Se contabilizó el número de adultos de psílido por trampa amarilla. En cada muestreo las trampas se sustituían para facilitar una mejor identificación y conteo. Se muestrearon un total de 20 plantas fijas y se tomó una rama al azar por planta.

**4.5.3. Número de ninfas por brote:** Se contabilizó de manera visual el número de ninfas de psílido por cada brote cada 15 días. Se muestrearon 20 plantas fijas y se muestreo un brote al azar por planta.

**4.5.4. Número de huevos por brote:** Se contabilizó el número de huevos de psílido por brote cada 15 días, para identificar los huevos se utilizó una lupa. Se muestrearon 20 plantas fijas y se muestreo un brote al azar por planta.

- **Eficacia de los insecticidas biológicos evaluados**

Para evaluar la eficacia de los productos biológicos inicialmente se registró la densidad poblacional de cada uno de los estados biológicos del psílido asiático de los cítricos antes y después de la aplicación de los productos en las parcelas con tratamientos y en la parcela testigo. La eficacia de los productos se calculó mediante la fórmula de Henderson-Tilton (1955):

$$\text{Eficacia (\%)} = \left(1 - \frac{T_a \times C_b}{T_b \times C_a}\right) * 100$$

Donde:

Ta: infestación después del tratamiento

Tb: infestación antes del tratamiento

Cb: testigo antes del tratamiento

Ca: testigo después del tratamiento

## **4.6 Recolección de datos**

### **4.6.1 Fluctuación poblacional de los tres estados biológicos del psílido asiático**

Para determinar la fluctuación poblacional de los tres estados biológicos del psílido, se seleccionó un brote vegetativo del árbol central de cada unidad experimental, en el cual se colocó una cinta plástica de color para tomarlo de referencia en cada una de las fechas de muestreo. Los recuentos se llevaron a cabo cada 15 días posterior a las aplicaciones, por la mañana y de manera visual.

Como método adicional de muestreo se utilizaron trampas amarillas para detectar a los adultos, las cuales se colocaron en la parte media de la planta, a una altura de 1.80 m por medio de una cinta plástica de 20 cm de longitud sujeta a dos de sus extremos. Los recuentos se realizaban 15 días posterior a las aplicaciones, con el objetivo de observar y cuantificar el número de insectos adultos adheridos. Estas eran desechadas cada 15 días y sustituidas por una nueva.

## **4.7 Análisis de datos**

Los datos colectados a nivel de campo de las variables huevos, ninfas, adultos por brote y adultos por trampa amarilla fueron ordenados por variables y por tratamientos en una base de datos en Excel. Una vez ordenados los datos se les realizó una prueba de normalidad, para la cual se utilizó el test de Shapiro-Wilk. A los promedios se les realizó una comparación por medio de la prueba de separación de medias de Fisher con un nivel de significancia de  $p \leq 0.05$ . También se realizó un análisis factorial. Para ello se utilizó el software de análisis estadístico INFOSTAT (2018).

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Fluctuación poblacional de los tres estados biológicos de *D. citri*.

#### 5.1.1 Adultos

##### a) Finca Cruz Valler

Se comparó la fluctuación poblacional de adultos de *Diaphorina citri* por brote vegetativo en cada uno de los tratamientos evaluados.

Fernández y Miranda (2005), describen que en plantas de *Citrus sinensis*, el brote vegetativo foliar se caracteriza por presentar cuatro fases durante su desarrollo. Y concluyeron que *D. citri* prefiere el brote vegetativo foliar cuando este es un primordio.

Se realizó un muestreo previo antes de la primera aplicación con el objetivo de constatar las poblaciones del insecto. Las poblaciones de adultos de *D. citri* se presentaron a partir de la primera fecha de muestreo.

En la Figura 3 se presentan los promedios de adultos encontrados en cada uno de los tratamientos evaluados durante las fechas de muestreo en todo el período del experimento. En el recuento previo (12 de marzo 2021) se registró un promedio general de 5 adultos de *D. citri* por brote en cada uno de los tratamientos a evaluar.

Como se logra observar en la (Figura 3) en el recuento realizado a los 15 días posterior a la primera aplicación (29 de marzo 2021) las poblaciones de adultos de *D. citri* disminuyeron considerablemente.

El análisis de varianza realizado de la fluctuación poblacional indica que existe diferencia significativa ( $p= 0.0001$ ) entre los tratamientos evaluados (cuadro 2), donde los tratamientos biológicos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* presentaron un promedio poblacional de 1.50, 1.25 y 1.50 de adultos de *D. citri* por brote y el tratamiento químico Abamectina presentó un promedio de 1.25 adultos por brote después de la primera aplicación (29 de marzo 2021).

Wang *et al.*, (1996) y Sahu y Mandal, (1997) en sus estudios nos dicen que la población del psílido fluctúa en relación a la temperatura y la humedad relativa. El psílido aumenta la población dos veces al año, que coincide con períodos de brotes de los cítricos en primavera y verano.

La humedad es un factor determinante en el desarrollo y propagación, ya que propicia la esporulación fúngica (Rath, 2000) pero no se considera determinante para la penetración del hongo y la infección (Leucona *et al.* 2001).

La temperatura óptima para el crecimiento de los hongos no necesariamente es la misma que para infectar a los insectos (Ferron, 1978, Fargues *et al.* 1992). Este factor toma gran significado si se toma en cuenta que las temperaturas menores al valor óptimo retardan de manera significativa el desarrollo de la micosis sin afectar necesariamente la mortalidad total (Ferrón, 1978).

Según los datos colectados de la estación meteorológica de INETER ubicada en la comarca Campos Azules, durante el periodo de muestreo en ambas fincas, muestra que la mayor precipitación ocurrió en el mes de mayo con 26.4 mm (Anexo 5).

La temperatura más alta en la zona fue registrada en el mes de abril con 27°C, mientras que la más baja se presentó en el mes de marzo con 22.2°C (Anexo 5). Estas condiciones ambientales pudieron influir en una mejor eficacia de los hongos de manera positiva y permitió disminuir las poblaciones del insecto durante las fechas de muestreo en ambas fincas.

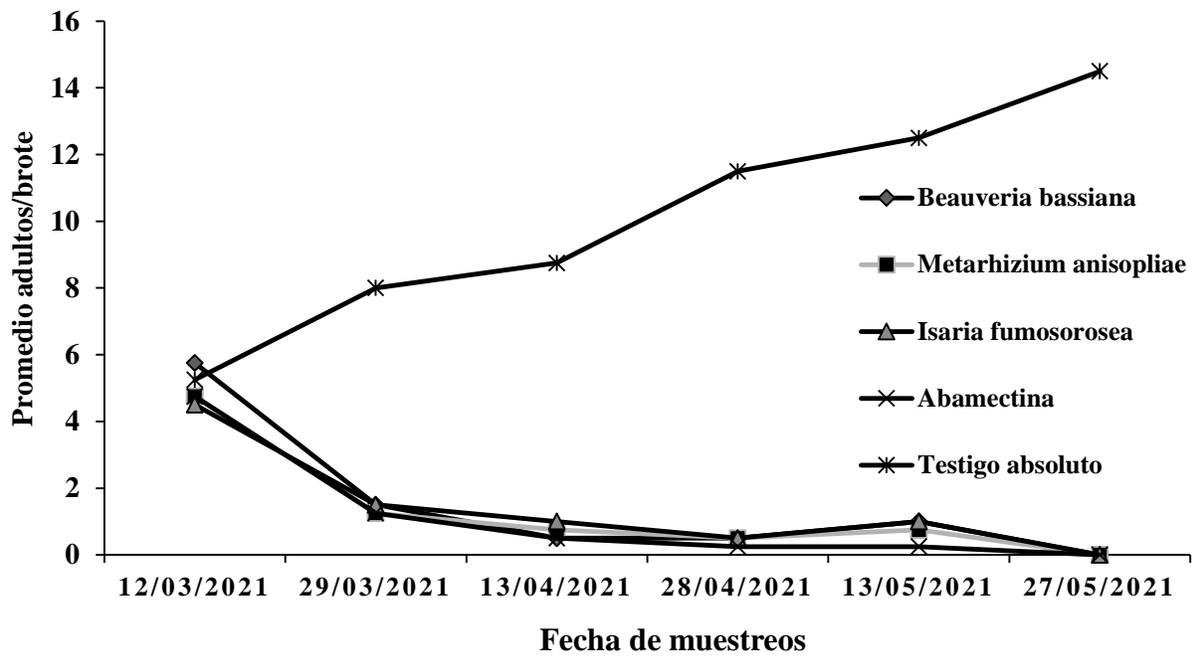


Figura 1. Fluctuación poblacional de adultos de *D. citri*, por brote vegetativo en función de los tratamientos evaluados, finca Cruz Valler, 2021.

Cuadro 2: Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de adultos de *D. citri* por brote vegetativo por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Cruz Valler, 2021

Tratamientos	Fechas de recuentos					
	12/03/21	29/03/21	13/04/21	28/04/21	13/05/21	27/05/21
	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES
<i>B. bassiana</i>	5.75 $\pm$ 0.60 a	1.50 $\pm$ 0.38 b	0.50 $\pm$ 0.40 b	0.50 $\pm$ 0.34 b	0.25 $\pm$ 0.39 b	0.00 $\pm$ 0.39 b
<i>M. anisopliae</i>	4.75 $\pm$ 0.60 a	1.25 $\pm$ 0.38 b	0.75 $\pm$ 0.40 b	0.50 $\pm$ 0.34 b	0.50 $\pm$ 0.39 b	0.00 $\pm$ 0.39 b
<i>I. fumosorosea</i>	4.50 $\pm$ 0.60 a	1.50 $\pm$ 0.38 b	1.00 $\pm$ 0.40 b	0.25 $\pm$ 0.34 b	0.25 $\pm$ 0.39 b	0.00 $\pm$ 0.39 b
Abamectina	4.75 $\pm$ 0.60 a	1.25 $\pm$ 0.38 b	0.50 $\pm$ 0.40 b	0.00 $\pm$ 0.34 b	0.00 $\pm$ 0.39 b	0.00 $\pm$ 0.39 b
Testigo	5.25 $\pm$ 0.60 a	8.00 $\pm$ 0.38 a	8.75 $\pm$ 0.40 a	11.50 $\pm$ 0.34 a	12.50 $\pm$ 0.39 a	14.50 $\pm$ 0.39 a
N	20	20	20	20	20	20
CV (%)	23.94	28.08	34.83	26.79	28.89	26.71
(gl;P)	19;0.6081	19;0.0001	19;0.0001	19;0.0001	19;0.0001	19;0.0001

ES= Error estándar; CV= Coeficiente de variación; N= Número total de observaciones; gl= Grados de libertad del error; P= Probabilidad según Fisher.

## **b) Finca Los Ángeles**

Se comparó la fluctuación poblacional de adultos de *Diaphorina citri* por brote vegetativo en cada uno de los tratamientos evaluados, desde la evaluación previa hasta la evaluación posterior a la quinta aplicación. Las poblaciones de adultos de *D. citri* se presentaron a partir de la primera fecha de muestreo.

En la gráfica de fluctuación poblacional de adultos (Figura 3) se presentan los promedios de insectos adultos encontrados en cada uno de los tratamientos evaluados durante las fechas de muestreo que se realizaron en todo el período del experimento. En el recuento previo (13 de marzo 2021) se registró un promedio general de 6.35 adultos de *D. citri* por brote en cada uno de los tratamientos a evaluar.

Como se logra observar en la (Figura 3) en el recuento realizado a los 15 días posterior a la primera aplicación (30 de marzo 2021) las poblaciones de adultos de *D. citri* disminuyeron considerablemente.

El análisis de varianza realizado de la fluctuación poblacional indica que existe diferencia significativa ( $p= 0.0001$ ) entre los tratamientos evaluados (cuadro 3), donde los tratamientos biológicos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* presentaron un promedio poblacional de 0.75, 0.50 y 1 de adultos de *D. citri* por brote y el tratamiento químico Abamectina presentó un promedio de 0.50 adultos por brote después de la primera aplicación (30 de marzo 2021).

El tiempo de generación de las poblaciones de psílido varían de 22 a 25 días; a 24°C de temperatura. Los machos adultos, viven un promedio de 21 a 25 días y las hembras de 31 a 32 días (Nava *et al.*, 2007). La longevidad máxima osciló según lo reportado por Tsai y Liu (2000) entre 117 días a 15°C a 51 días a 30°C.

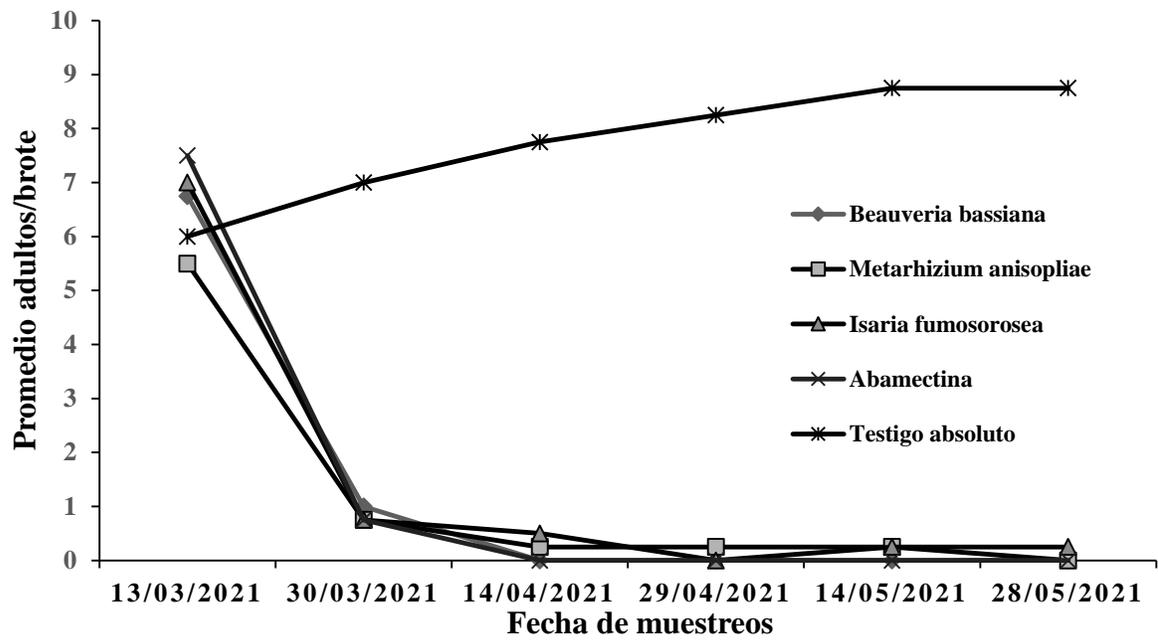


Figura 2. Fluctuación poblacional de adultos de *D. citri* por brote vegetativo en función de los tratamientos evaluados, finca Los Ángeles, 2021.

Cuadro 3: Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de adultos de *D. citri* por brote vegetativo por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Los Ángeles ,2021

Tratamientos	Fechas de recuentos					
	13/03/21	30/03/21	14/04/21	29/04/21	14/05/21	28/05/21
	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES
<i>B. bassiana</i>	6.75 $\pm$ 0.99 a	0.75 $\pm$ 0.55 b	0.00 $\pm$ 0.31 b	0.00 $\pm$ 0.32 b	0.00 $\pm$ 0.33 b	0.00 $\pm$ 0.21 b
<i>M. anisopliae</i>	6.00 $\pm$ 0.99 a	0.50 $\pm$ 0.55 b	0.50 $\pm$ 0.31 b	0.25 $\pm$ 0.32 b	0.25 $\pm$ 0.33 b	0.00 $\pm$ 0.21 b
<i>I. fumosorosea</i>	7.00 $\pm$ 0.99 a	1.00 $\pm$ 0.55 b	0.75 $\pm$ 0.31 b	0.25 $\pm$ 0.32 b	0.00 $\pm$ 0.33 b	0.00 $\pm$ 0.21 b
Abamectina	6.00 $\pm$ 0.99 a	0.50 $\pm$ 0.55 b	0.00 $\pm$ 0.31 b	0.00 $\pm$ 0.32 b	0.00 $\pm$ 0.33 b	0.00 $\pm$ 0.21 b
Testigo	6.00 $\pm$ 0.99 a	7.00 $\pm$ 0.55 a	7.75 $\pm$ 0.31 a	8.25 $\pm$ 0.32 a	8.75 $\pm$ 0.33 a	8.75 $\pm$ 0.21 a
N	20	20	20	20	20	20
CV (%)	31.17	56.57	34.02	36.51	36.22	24.47
(gl;P)	19;0.9087	19;0.0001	19;0.0001	19;0.0001	19;0.0001	19;0.0001

ES= Error estándar; CV= Coeficiente de variación; N= Número total de observaciones; gl= Grados de libertad del error; P= Probabilidad según Fisher.

## 5.1.2 Ninfas

### a) Finca Cruz Valler

Se comparó la fluctuación poblacional de ninfas de *Diaphorina citri* por brote vegetativo en cada uno de los tratamientos evaluados, desde la evaluación previa hasta la evaluación posterior a la quinta aplicación. Las poblaciones de ninfas de *D. citri* se presentaron a partir de la primera fecha de muestreo.

La fluctuación poblacional de ninfas (Cuadro 4) está conformada por los promedios de ninfas encontradas en cada uno de los tratamientos evaluados durante las fechas de muestreo que se realizaron en todo el período del experimento. En el recuento previo (12 de marzo 2021) se registró un promedio general de 13.55 ninfas de *D. citri* por brote en cada uno de los tratamientos a evaluar.

Como se logra observar en el (Cuadro 4), en el recuento realizado a los 15 días posterior a la primera aplicación (29 de marzo 2021) las poblaciones de ninfas de *D. citri* disminuyeron considerablemente.

El análisis de varianza realizado de la fluctuación poblacional indica que existe diferencia significativa ( $p= 0.0001$ ) entre los tratamientos evaluados (cuadro 5), donde los tratamientos biológicos *B. bassiana*, *M. anisopliae* e *I. fumosorosea* redujeron a cero las poblaciones de ninfas de *D. citri* por brote después de la primera aplicación (29 de marzo 2021).

En el estudio se pudo observar que abundaban grandes poblaciones de depredadores como *chrysopa sp* y coccinélidos (*Cycloneda sanguinea*, L) lo cual influyo en un mejor control de las poblaciones de ninfas de psílido en el periodo de evaluación en ambas fincas.

La presencia de brotes vegetativos tuvo influencia directa en la abundancia de *D. citri* debido a que la oviposición se realiza en brotes tiernos y el desarrollo de las ninfas transcurre en brotes jóvenes (Liu y Tsai 2000, Pluke *et al.* 2008).

Por otra parte, los hongos entomopatógenos han demostrado ser agentes potenciales en el control microbiano de artrópodos (Goettel *et al.* 2000), por lo que éstos pueden ser una alternativa al uso de plaguicidas en el control de *D. citri*, ya que los hongos tienen mecanismos de invasión únicos que les permiten atravesar de forma directa la cutícula o la pared del tracto digestivo de los insectos, lo que los hace excelentes agentes de control biológico actuando como insecticidas de contacto (Charnley y Collins 2007).

Cuadro 4: Fluctuación poblacional de ninfas de *D. citri*, por brote vegetativo, en función de los tratamientos evaluados, finca Cruz Valler, 2021

Fechas de muestreo	Tratamientos				
	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Isaria fumosorosea</i>	Abamectina	Testigo absoluto
12/03/21	14.25	15.25	11.50	11.00	15.75
29/03/21	0	0	0	0	16
13/04/21	0	0	0	0	18.5
28/04/21	0	0	0	0	18.75
13/05/21	0	0	0	0	20
27/05/21	0	0	0	0	21.25

**Nota:** Los resultados se presentaron en cuadro ya que en gráfico no tiene fácil visualización debido al bajo promedio de ninfas por planta.

Cuadro 5: Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de ninfas de *D. citri* por brote vegetativo por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Cruz Valler, 2021

Tratamientos	Fechas de muestreo	
	12/03/21 Medias $\pm$ ES	29/03/21 Medias $\pm$ ES
<i>B. bassiana</i>	14.25 $\pm$ 1.00 bc	0.00 $\pm$ 0.80 a
<i>M. anisopliae</i>	15.25 $\pm$ 1.00 c	0.00 $\pm$ 0.80 a
<i>I. fumosorosea</i>	11.50 $\pm$ 1.00 ab	0.00 $\pm$ 0.80 a
Abamectina	11.00 $\pm$ 1.00 a	0.00 $\pm$ 0.80 a
Testigo	15.75 $\pm$ 1.00 c	16.00 $\pm$ 0.80 b
N	20	20
CV (%)	14.81	49.74
(gl;P)	19;0.0163	19;0.0001

ES= Error estándar; CV= Coeficiente de variación; N= Número total de observaciones; gl= Grados de libertad del error; P= Probabilidad según Fisher.

El análisis de varianza realizado de la fluctuación poblacional indica que existe diferencia significativa ( $p= 0.0001$ ) entre los tratamientos evaluados (cuadro 5), donde los tratamientos biológicos *B. bassiana*, *M. anisopliae* e *I. fumosorosea* redujeron a cero las poblaciones de ninfas de *D. citri* por brote después de la primera aplicación (29 de marzo 2021).

#### b) Finca Los Ángeles

Se comparó la fluctuación poblacional de ninfas de *Diaphorina citri* por brote vegetativo en cada uno de los tratamientos evaluados, desde la evaluación previa hasta la evaluación posterior a la quinta aplicación. Las poblaciones de ninfas de *D. citri* se presentaron a partir de la primera fecha de muestreo.

La fluctuación poblacional de ninfas (Cuadro 6) esta con los promedios de insectos adultos encontrados en cada uno de los tratamientos evaluados durante las fechas de muestreo que se realizaron en todo el período del experimento. En el recuento previo (12 de marzo 2021) se registró un promedio general de 13.95 ninfas de *D. citri* por brote en cada uno de los tratamientos a evaluar.

Como se logra observar en el (Cuadro 6), en el recuento realizado a los 15 días posterior a la primera aplicación (30 de marzo 2021) las poblaciones de adultos de *D. citri* fueron disminuidas considerablemente.

Cuadro 6: Fluctuación poblacional de ninfas de *D. citri*, por brote vegetativo, en función de los tratamientos evaluados, finca Los Ángeles, 2021

Fechas de muestreo	Tratamientos				
	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Isaria fumosorosea</i>	Abamectina	Testigo absoluto
13/03/21	13	13.25	12.50	10.50	20.50
30/03/21	0	0	0	0	21
14/04/21	0	0	0	0	22.25
29/04/21	0	0	0	0	23.25
14/05/21	0	0	0	0	23
28/05/21	0	0	0	0	27.25

**Nota:** Los resultados se presentaron en cuadro ya que en gráfico no tiene fácil visualización debido al bajo promedio de ninfas por planta.

Cuadro 7: Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de ninfas de *D. citri* por brote vegetativo por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Los Ángeles, 2021

Tratamientos	Fechas de muestreo	
	13/03/21 Medias $\pm$ ES	30/03/21 Medias $\pm$ ES
<i>B. bassiana</i>	13.00 $\pm$ 2.51 ab	0.00 $\pm$ 0.80 a
<i>M. anisopliae</i>	13.25 $\pm$ 2.51 ab	0.00 $\pm$ 0.80 a
<i>I. fumosorosea</i>	12.50 $\pm$ 2.51 a	0.00 $\pm$ 0.80 a
Abamectina	10.50 $\pm$ 2.51 a	0.00 $\pm$ 0.80 a
Testigo	20.50 $\pm$ 2.51 b	21.00 $\pm$ 0.80 b
N	20	20
CV (%)	35.99	37.90
(gl;P)	19;0.1170	19;0.0001

ES= Error estándar; CV= Coeficiente de variación; N= Número total de observaciones; gl= Grados de libertad del error; P= Probabilidad según Fisher.

El análisis de varianza realizado de la fluctuación poblacional indica que existe diferencia significativa ( $p= 0.0001$ ) entre los tratamientos evaluados (cuadro 7), donde los tratamientos biológicos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* redujeron a cero las poblaciones de ninfas de *D. citri* por brote después de la primera aplicación (30 de marzo 2021).

### 5.1.3 Huevos

#### a) Finca Cruz Valler

Se comparó la fluctuación poblacional de ninfas de *Diaphorina citri* por brote vegetativo en cada uno de los tratamientos evaluados, desde la evaluación previa hasta la evaluación posterior a la quinta aplicación. Las poblaciones de ninfas de *D. citri* se presentaron a partir de la primera fecha de muestreo.

La fluctuación poblacional de huevos (Cuadro 8) está conformada por los promedios de huevos encontrados en cada uno de los tratamientos evaluados durante las fechas de muestreo que se realizaron en todo el período del experimento. En el recuento previo (12 de marzo 2021) se registró un promedio general de 14.75 huevos de *D. citri* por brote en cada uno de los tratamientos a evaluar.

Como se logra observar en el (Cuadro 8), en el recuento realizado a los 15 días posterior a la primera aplicación (29 de marzo 2021) las poblaciones de huevos de *D. citri* fueron disminuidas considerablemente.

Durante el periodo de muestreo se pudo observar que en ambas fincas había abundancia de hormigas depredadoras por lo cual se considera que estos depredadores influyeron considerablemente en la reducción de huevos del psílido.

Cuadro 8: Fluctuación poblacional de huevos de *D. citri*, por brote vegetativo, en función de los tratamientos evaluados, finca Cruz Valler, 2021

Fechas de muestreo	Tratamientos				
	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Isaria fumosorosea</i>	Abamectina	Testigo absoluto
12/03/21	14.75	16	16	14	13
29/03/21	0	0	0	0	15.75
13/04/21	0	0	0	0	17.25
28/04/21	0	0	0	0	18.5
13/05/21	0	0	0	0	22
27/05/21	0	0	0	0	22

**Nota:** Los resultados se presentaron en cuadro ya que en gráfico no tiene fácil visualización debido al bajo promedio de huevos por planta.

Cuadro 9: Análisis de Varianza de la fluctuación poblacional de huevos de *D. citri* por brote vegetativo por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Cruz Valler, 2021

Tratamientos	Fechas de muestreo	
	12/03/21 Medias $\pm$ ES	29/03/21 Medias $\pm$ ES
<i>B. bassiana</i>	14.75 $\pm$ 1.87 a	0.00 $\pm$ 0.56 a
<i>M. anisopliae</i>	16.00 $\pm$ 1.87 a	0.00 $\pm$ 0.56 a
<i>I. fumosorosea</i>	16.00 $\pm$ 1.87 a	0.00 $\pm$ 0.56 a
Abamectina	14.00 $\pm$ 1.87 a	0.00 $\pm$ 0.56 a
Testigo	13.00 $\pm$ 1.87 a	15.75 $\pm$ 0.56 b
N	120	120
CV (%)	25.32	35.49
(gl;P)	19;0.7475	19;0.0001

ES= Error estándar; CV= Coeficiente de variación; N= Número total de observaciones; gl= Grados de libertad del error; P= Probabilidad según Fisher.

El análisis de varianza realizado de la fluctuación poblacional indica que existe diferencia significativa ( $p= 0.0001$ ) entre los tratamientos evaluados (cuadro 9), donde los tratamientos biológicos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* redujeron a cero las poblaciones de huevos de *D. citri* por brote después de la primera aplicación (29 de marzo 2021).

## b) Finca Los Ángeles

Se comparó la fluctuación poblacional de huevos de *Diaphorina citri* por brote vegetativo en cada uno de los tratamientos evaluados, desde la evaluación previa hasta la evaluación posterior a la quinta aplicación. Las poblaciones de adultos de *D. citri* se presentaron a partir de la primera fecha de muestreo.

La fluctuación poblacional de huevos (Cuadro 10) está conformada por los promedios de insectos adultos encontrados en cada uno de los tratamientos evaluados durante las fechas de muestreo que se realizaron en todo el período del experimento. En el recuento previo (12 de marzo 2021) se registró un promedio general de 12.25 huevos de *D. citri* por brote en cada uno de los tratamientos a evaluar.

Como se logra observar en el (Cuadro 10), en el recuento realizado a los 15 días posterior a la primera aplicación (29 de marzo 2021) las poblaciones de huevos de *D. citri* fueron disminuidas considerablemente.

Cuadro 10: Fluctuación poblacional de huevos de *D. citri*, por brote vegetativo, en función de los tratamientos evaluados, finca Los Ángeles, 2021

Fechas de muestreo	Tratamientos				
	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Isaria fumosorosea</i>	Abamectina	Testigo absoluto
13/03/21	9.75	13.50	13.75	9.75	14.50
30/03/21	0	0	0	0	15.50
14/04/21	0	0	0	0	17.25
29/04/21	0	0	0	0	19
14/05/21	0	0	0	0	20
28/05/21	0	0	0	0	23.50

**Nota:** Los resultados se presentaron en cuadro ya que en gráfico no tiene fácil visualización debido al bajo promedio de huevos por planta.

Cuadro 11: Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de huevos de *D. citri* por brote vegetativo por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Los Ángeles ,2021

Tratamientos	Fechas de muestreo	
	13/03/21 Medias $\pm$ ES	30/03/21 Medias $\pm$ ES
<i>B. bassiana</i>	9.75 $\pm$ 1.42 a	0.00 $\pm$ 0.56 a
<i>M. anisopliae</i>	13.50 $\pm$ 1.42 ab	0.00 $\pm$ 0.56 a
<i>I. fumosorosea</i>	13.75 $\pm$ 1.42 ab	0.00 $\pm$ 0.56 a
Abamectina	9.75 $\pm$ 1.42 a	0.00 $\pm$ 0.56 a
Testigo	14.50 $\pm$ 1.42 b	15.50 $\pm$ 0.56 b
N	20	20
CV (%)	23.20	36.31
(gl;P)	19;0.0857	19;0.0001

ES= Error estándar; CV= Coeficiente de variación; N= Número total de observaciones; gl= Grados de libertad del error; P= Probabilidad según Fisher.

El análisis de varianza realizado de la fluctuación poblacional indica que existe diferencia significativa ( $p= 0.0001$ ) entre los tratamientos evaluados (cuadro 11), donde los tratamientos biológicos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* redujeron a cero las poblaciones de huevos de *D. citri* por brote después de la primera aplicación (30 de marzo 2021).

#### **5.1.4 Adultos por trampa amarilla**

##### **a) Finca Cruz Valler**

Se comparó la fluctuación poblacional de adultos de *Diaphorina citri* por trampa amarilla en cada uno de los tratamientos evaluados, desde la evaluación previa hasta la evaluación posterior a la quinta aplicación.

En la gráfica de fluctuación poblacional de adultos (Figura 5) se presentan los promedios de insectos adultos encontrados en cada uno de los tratamientos evaluados durante las fechas de muestreo que se realizaron en todo el período del experimento. En el recuento previo (12 de marzo 2021) se registró un promedio general de 8.75 adultos de *D. citri* por trampa amarilla en cada uno de los tratamientos a evaluar.

Como se logra observar en la (Figura 5) en el recuento realizado a los 15 días posterior a la primera aplicación (29 de marzo 2021) las poblaciones de adultos de *D. citri* disminuyeron considerablemente.

El análisis de varianza realizado de la fluctuación poblacional indica que existe diferencia significativa ( $p= 0.0001$ ) entre los tratamientos evaluados (cuadro 12), donde los tratamientos biológicos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* presentaron un promedio poblacional de 2.50, 2.25 y 3.25 de adultos de *D. citri* por trampa amarilla y el tratamiento químico Abamectina presentó un promedio de 2 adulto por brote después de la primera aplicación (29 de marzo 2021).

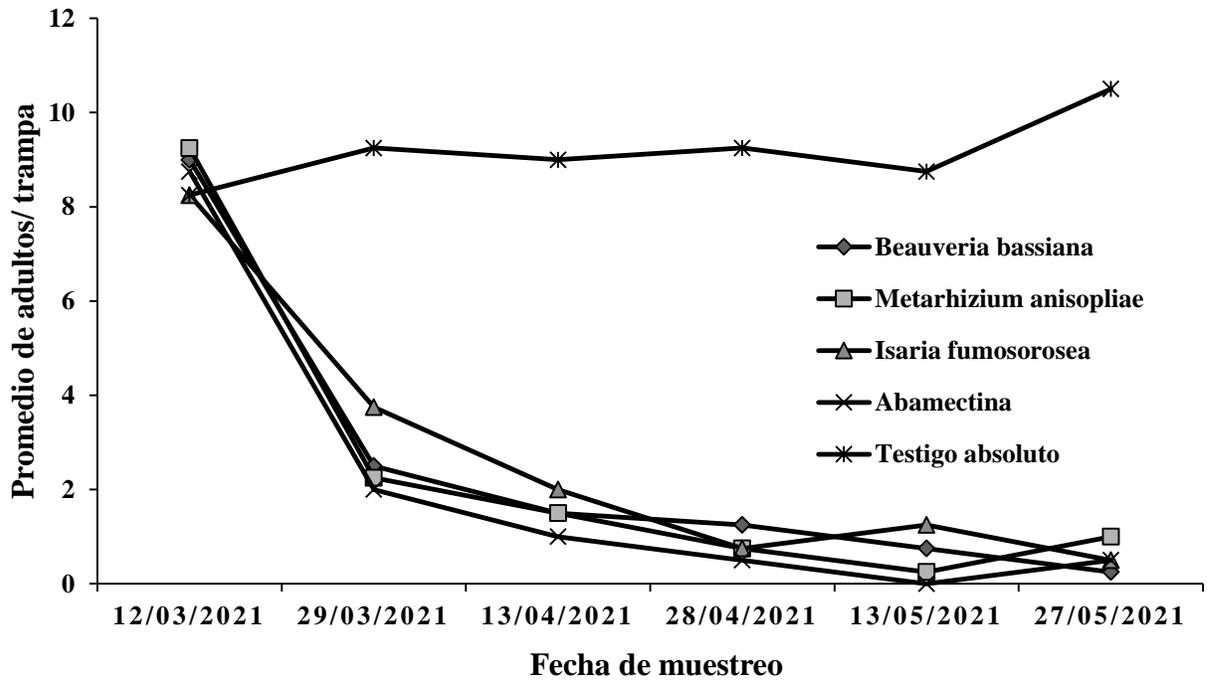


Figura 3. Fluctuación poblacional de adultos de *D. citri* por trampas, en función de los tratamientos evaluados, finca Cruz Valler, 2021.

Cuadro 12: Análisis de Varianza de la fluctuación poblacional de adultos de *D. citri* por trampas amarillas por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Cruz Valler ,2021

Tratamientos	Fechas de recuentos					
	12/03/21	29/03/21	13/04/21	28/04/21	13/05/21	27/05/21
	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES
<i>B. bassiana</i>	9.00 $\pm$ 1.13 a	2.50 $\pm$ 0.87 a	1.50 $\pm$ 0.63 a	0.75 $\pm$ 0.82 a	0.50 $\pm$ 0.51 a	0.25 $\pm$ 0.95 a
<i>M. anisopliae</i>	9.25 $\pm$ 1.13 a	2.25 $\pm$ 0.87 b	1.50 $\pm$ 0.63 b	0.75 $\pm$ 0.82 b	0.25 $\pm$ 0.51 b	0.75 $\pm$ 0.95 b
<i>I. fumosorosea</i>	8.50 $\pm$ 1.13 a	3.25 $\pm$ 0.87 b	2.00 $\pm$ 0.63 b	0.75 $\pm$ 0.82 b	1.25 $\pm$ 0.51 b	0.50 $\pm$ 0.95 b
Abamectina	8.75 $\pm$ 1.13 a	2.00 $\pm$ 0.87 b	1.00 $\pm$ 0.63 b	0.50 $\pm$ 0.82 b	0.00 $\pm$ 0.51 b	0.25 $\pm$ 0.95 b
Testigo	8.25 $\pm$ 1.13 a	9.25 $\pm$ 0.87 b	9.00 $\pm$ 0.63 b	9.25 $\pm$ 0.82 b	8.75 $\pm$ 0.51 b	10.50 $\pm$ 0.95 b
N	20	20	20	20	20	20
CV (%)	25.79	45.18	41.72	68.47	47.09	77.89
(gl;P)	19;0.9716	19;0.0003	19;0.0001	19;0.0001	19;0.0001	19;0.0001

ES= Error estándar; CV= Coeficiente de variación; N= Número total de observaciones; gl= Grados de libertad del error; P= Probabilidad según Fisher.

## **b) Finca Los Ángeles**

Se comparó la fluctuación poblacional de adultos de *Diaphorina citri* por trampa amarilla en cada uno de los tratamientos evaluados, desde la evaluación previa hasta la evaluación posterior a la quinta aplicación.

En la gráfica de fluctuación poblacional de adultos (Figura 6) se presentan los promedios de insectos adultos encontrados en cada uno de los tratamientos evaluados durante las fechas de muestreo que se realizaron en todo el período del experimento. En el recuento previo (12 de marzo 2021) se registró un promedio general de 7.2 adultos de *D. citri* por trampa amarilla en cada uno de los tratamientos a evaluar.

Como se logra observar en la (Figura 6) en el recuento realizado a los 15 días posterior a la primera aplicación (30 de marzo 2021) las poblaciones de adultos de *D. citri* disminuyeron considerablemente.

El análisis de varianza realizado de la fluctuación poblacional indica que existe diferencia significativa ( $p= 0.0001$ ) entre los tratamientos evaluados (cuadro 13), donde los tratamientos biológicos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* presentaron un promedio poblacional de 1.50, 1.25 y 1.75 de adultos de *D. citri* por brote y el tratamiento químico Abamectina presentó un promedio de 1 adulto por brote después de la primera aplicación (29 de marzo 2021).

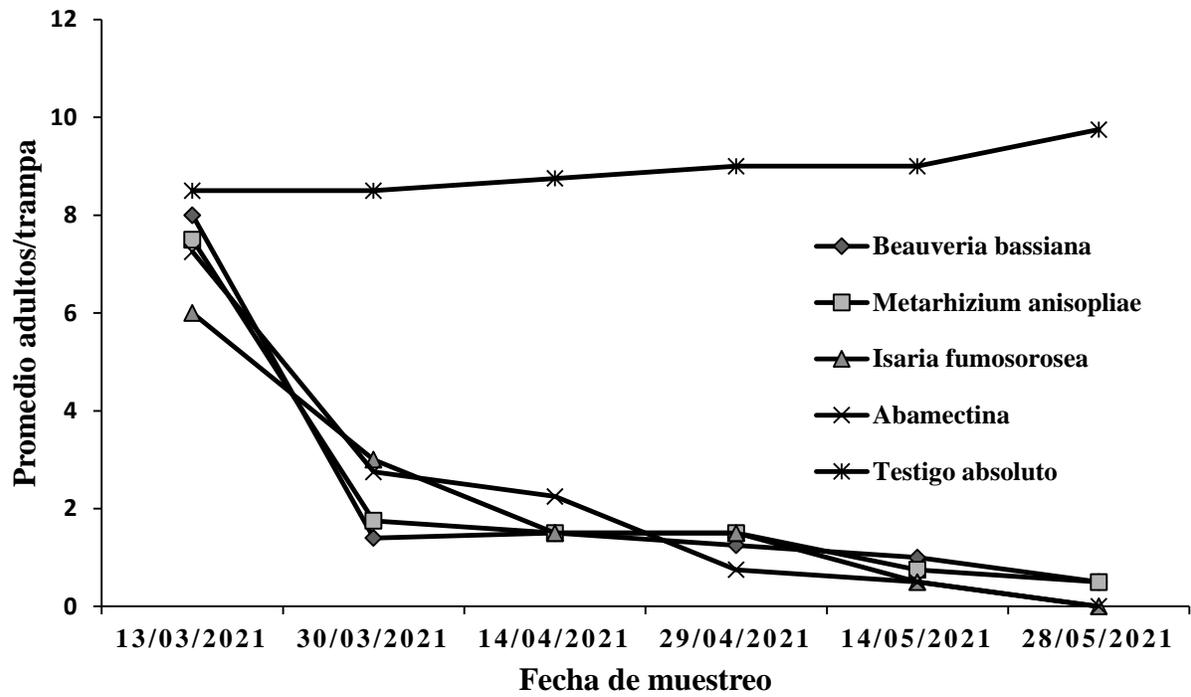


Figura 4. Fluctuación poblacional de adultos de *D. citri* por trampas amarillas, en función de los tratamientos evaluados, finca Los Ángeles, 2021.

Cuadro 13: Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de adultos de *D. citri* por trampa amarilla por tratamiento evaluado en el período comprendido de marzo a mayo, finca Los Ángeles ,2021

Tratamientos	Fechas de recuentos					
	13/03/21	30/03/21	14/04/21	29/04/21	14/05/21	28/05/21
	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES	Medias $\pm$ ES
<i>B. bassiana</i>	7.50 $\pm$ 0.87 a	1.50 $\pm$ 0.48 a	1.50 $\pm$ 0.51 a	0.50 $\pm$ 0.40 a	0.25 $\pm$ 0.44 a	0.25 $\pm$ 0.55 a
<i>M. anisopliae</i>	7.50 $\pm$ 0.87 a	1.25 $\pm$ 0.48 b	1.25 $\pm$ 0.51 b	1.00 $\pm$ 0.40 b	0.25 $\pm$ 0.44 b	0.50 $\pm$ 0.55 b
<i>I. fumosorosea</i>	6.50 $\pm$ 0.87 a	1.75 $\pm$ 0.48 b	1.50 $\pm$ 0.51 b	1.25 $\pm$ 0.40 b	1.00 $\pm$ 0.44 b	0.25 $\pm$ 0.55 b
Abamectina	6.00 $\pm$ 0.87 a	1.00 $\pm$ 0.48 b	1.00 $\pm$ 0.51 b	0.25 $\pm$ 0.40 b	0.00 $\pm$ 0.44 b	0.00 $\pm$ 0.55 b
Testigo	8.50 $\pm$ 0.87 a	8.50 $\pm$ 0.48 b	8.75 $\pm$ 0.51 b	9.00 $\pm$ 0.40 b	9.00 $\pm$ 0.44 b	9.75 $\pm$ 0.55 b
N	20	20	20	20	20	20
CV (%)	24.19	34.35	36.16	33.38	41.92	50.77
(gl;P)	19;0.3410	19;0.0001	19;0.0001	19;0.0001	19;0.0001	19;0.0001

ES= Error estándar; CV= Coeficiente de variación; N= Número total de observaciones; gl= Grados de libertad del error; P= Probabilidad según Fisher.

## 5.2 Eficacia de los insecticidas biológicos evaluados

### 5.2.1. Adultos

Al inicio del estudio la distribución de la plaga fue homogénea en todas las unidades experimentales considerando como media muestral 5 individuos por brote vegetativo en la evaluación previa a las aplicaciones. A los 15 días después de la primera aplicación, los adultos del PAC mostraron susceptibilidad diferencial en los tratamientos con insecticidas a los que habían sido expuestos. Los tratamientos biológicos utilizados presentaron una eficacia superior al 75% después de la primera aplicación (cuadro 14).

En la finca Cruz Valler los tratamientos biológicos *B. bassiana*, *M. anisopliae* e *I. fumosorosea* mostraron una eficacia del 83%, 79.56% y 76.46% después de la primera aplicación, mientras que el tratamiento químico Abamectina presentó una eficacia del 82.45%.

Por otra parte, en la finca Los Ángeles los tratamientos biológicos *B. bassiana*, *M. anisopliae* e *I. fumosorosea* mostraron una eficacia del 83%, 79.56% y 76.46% después de la primera aplicación, así mismo el tratamiento químico Abamectina presentó una eficacia del 94.62%.

La eficacia de los hongos entomopatógenos depende de su virulencia y persistencia, así como de algunas características del insecto tales como el estado contra el que se realiza la aplicación, o la existencia de otros factores de estrés en el momento de realizarla. (Quesada, 2002).

Los hongos entomopatógenos pueden suprimir eficazmente las poblaciones de psílicos, especialmente durante los períodos de alta humedad relativa (Xie; Su; Lin, 1988; Rivero Aragón; Grillo Ravelo, 2000; Yang *et al.*, 2006; Meyer; Hoy; Boucias, 2007). Sin embargo, son pocos los hongos entomopatógenos que se integran en los programas de manejo integrado del psílido asiático de los cítricos, principalmente debido a su adaptación limitada a factores ambientales como la baja humedad relativa y la temperatura (Padulla; Alves, 2009).

Cuadro 14. Eficacia de los tratamientos evaluados sobre los adultos de *D. citri*, por brote vegetativo

Finca	Tratamiento	Porcentaje de eficacia de los tratamientos (%)				
		15DD1raA	15DD2daA	15DD3raA	15DD4taA	15DD5taA
	<i>B. bassiana</i>	83.00	95.02	95.55	97.69	100.00
Finca	<i>M. anisopliae</i>	79.56	91.58	93.46	94.60	100.00
Cruz	<i>I. fumosorosea</i>	76.46	85.45	98.07	97.97	100.00
Valler	Abamectina	82.45	92.68	100.00	100.00	100.00
	<i>B. bassiana</i>	90.19	100.00	100.00	100.00	100.00
Finca Los	<i>M. anisopliae</i>	93.33	93.62	97.91	97.62	100.00
Ángeles	<i>I. fumosorosea</i>	90.11	91.40	98.75	100.00	100.00
	Abamectina	94.62	100.00	100.00	100.00	100.00

### 5.2.2. Ninfas

Las ninfas mostraron susceptibilidad a todos los tratamientos biológicos estudiados, a los 15 días después de la primera aplicación presentaron una eficacia del 100%. Sin embargo, cabe destacar que las poblaciones de ninfas se mantuvieron de manera uniforme durante todo el periodo del experimento, lo cual indica que basta con un máximo de una o dos aplicaciones para mantener en niveles bajos las poblaciones ninfas de *D. citri*.

Aubert (1987) reporta a *Cladosporium* sp. nr. *oxysporum* Berk. & M.A. Curtis, y a *Capnodium citri* Berk. & Desm., como factores importantes de mortalidad para ninfas de *D. citri* en Islas Reunión donde se reportaron tasas de mortalidad de 60-70% cuando la humedad relativa excedió 88%, y Padulla *et al.*, (2005) reportaron índices de mortalidad de 53-100% en ensayos con *B. bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Lecanicillium longisporum*.

Meyer *et al.* (2008) Informan que existe un potencial para el desarrollo de *I. fumosorosea* en un insecticida microbiano; numerosos bioensayos corroboraron la infectividad de *I. fumosorosea* aplicando a ninfas de *D. citri* una concentración de  $1 \times 10^7$  conidias/ml mortalidades mayores a 90% después de 4 días de exposición (Avery *et al.*, 2009, Hoy *et al.*, 2010); Así mismo, evaluaciones con *M. anisopliae* en ninfas de *D. citri* muestran una mortalidad del 90% (CNRCB, Colima) y bioensayos con cepas aisladas de suelo muestran mortalidades mayores a 90% causadas por *M. anisopliae* y *B. bassiana* (Datos no publicados).

Cuadro 15. Eficacia de los tratamientos evaluados sobre las ninfas de *D. citri*, por brote vegetativo

Finca	Tratamiento	Porcentaje de eficacia de los tratamientos (%)	
		15DD1raA	
Finca Cruz Valler	<i>B. bassiana</i>	100.00	
	<i>M. anisopliae</i>	100.00	
	<i>I. fumosorosea</i>	100.00	
	Abamectina	100.00	
Finca Los Ángeles	<i>B. bassiana</i>	100.00	
	<i>M. anisopliae</i>	100.00	
	<i>I. fumosorosea</i>	100.00	
	Abamectina	100.00	

### 5.2.3. Huevos

Para el control de huevos, cada uno de los tratamientos resultó altamente efectivo después de la primera aplicación. Los tratamientos biológicos *B. bassiana*, *M. anisopliae* e *I. fumosorosea* presentaron un grado de eficacia del 100% a los 15 días después de la primera aplicación. Cabe destacar que las poblaciones de huevos se mantuvieron bajos durante todos los muestreos posteriores a las aplicaciones (Cuadro 16).

No existen antecedentes que demuestren el efecto ovicida de estos hongos sobre huevos de psílido, sin embargo, Espinel *et al*, 2009 en su investigación determinó que *Isaria fumosorosea* presento una eficacia del 50.5% en el estado de huevo de *Bemisia tabaci*, mientras que *B. bassiana* no superó el 30%.

Cuadro 16. Eficacia de los tratamientos evaluados sobre los huevos de *D. citri*, por brote vegetativo

Finca	Tratamiento	Porcentaje de eficacia de los tratamientos (%)	
		15DD1raA	
Finca Cruz Valler	<i>B. bassiana</i>	100.00	
	<i>M. anisopliae</i>	100.00	
	<i>I. fumosorosea</i>	100.00	
	Abamectina	100.00	
Finca Los Ángeles	<i>B. bassiana</i>	100.00	
	<i>M. anisopliae</i>	100.00	
	<i>I. fumosorosea</i>	100.00	
	Abamectina	100.00	

#### 5.2.4. Adultos por trampa amarilla

Las trampas amarillas se utilizaron como método de muestreo adicional para detectar a los adultos. La eficacia de los tratamientos se realizó de acuerdo a los resultados obtenidos de las lecturas de las trampas amarillas.

Para la finca Cruz Valler el tratamiento con el grado de eficacia más alto fue TRESPASS 1.8EC con 92.3%. De los tres insecticidas biológicos empleados el que obtuvo la mayor eficacia fue *M. anisopliae* con 87.9%, seguido de *B. bassiana* con 86.7% e *I. fumosorosea* con 82.5% respectivamente.

Por otra parte, en la finca Los Ángeles el tratamiento que mayor eficacia obtuvo fue Abamectina con 92.6%, mientras que por los insecticidas biológicos el más alto fue *B. bassiana* con 89.4%, seguido de *M. anisopliae* con 87.8% e *I. fumosorosea* con 81.35%.

Cuadro 17. Eficacia de los tratamientos evaluados sobre los adultos de *D. citri*, por trampa amarilla

Finca	Tratamiento	Porcentaje de eficacia de los tratamientos (%)				
		15DD1raA	15DD2daA	15DD3raA	15DD4taA	15DD5taA
Finca Cruz Valler	<i>B. bassiana</i>	73.28	83.59	88.94	92.75	95.14
	<i>M. anisopliae</i>	79.64	84.84	86.31	95.31	93.52
	<i>I. fumosorosea</i>	65.99	75.66	90.81	86.86	96.32
	Abamectina	79.40	89.74	96.87	100.00	100.00
Finca Los Ángeles	<i>B. bassiana</i>	81.46	80.17	93.25	95.71	96.82
	<i>M. anisopliae</i>	81.83	80.87	88.29	96.87	95.45
	<i>I. fumosorosea</i>	69.00	78.02	80.12	84.58	95.00
	Abamectina	82.31	83.64	97.22	100.00	100.00

## VI. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio determinan que los hongos entomopatógenos *B. bassiana*, *M. anisopliae* e *I. fumosorosea* tuvieron un buen efecto de control sobre los tres estados biológicos del psílido asiático después de la primera aplicación realizada.

Las poblaciones de huevos, ninfas y adultos del psílido asiático decreció a raíz de las aplicaciones de los productos biológicos, manteniéndose baja durante todo el periodo del experimento.

## VII. RECOMENDACIONES

Llevar a cabo estudios posteriores en donde se emplee el uso de hongos entomopatógenos como método de control para el psílido asiático de los cítricos a nivel nacional

Utilizar *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y/o *Isaria fumosorosea* para mantener controladas las poblaciones de psílicos en los sistemas de producción cítricos.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Agrocentro. (2017). *Logo-Agrocentro*.  
<http://nicaragua.agrocentro.com/producto/trespas-18-ec/>
- Ahmed, S., Ahmad, N., Rasool K. R. 2004. Studies on Population Dynamics and Chemical Control of Citrus Psylla, *Diaphorina citri*. Int. J. Agri. Biol. 6(6): 970-73
- Alemán J, H Baños y J Ravelo. (2007). *Diaphorina citri* y la enfermedad Huanglongbing: Una combinación destructiva para la producción citrícola. Revista de Protección Vegetal. 22(3): Versión On-line ISSN 2247-0149.
- Aubert, B. 1987. Trioza erytreae del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: biological aspects and possible control strategies. Fruits 42: 149-162.
- Avery PB, Hunter WB, Hall DG, Jackson MA, Powell CA, Rogers ME (2009) *Diaphorina citri* (Hemiptera: psyllidae) infection and dissemination of the entomopathogenic fungus *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: cordycipitaceae) under laboratory conditions. Florida entomol. 92 (4): 608-611
- Baloch, G y Ghaffar 1984. Natural enemies of *Chenopodium* spp. In Pakistán with notes on *Trioza chenopodii*, a promising biocontrol agent. Entomophaga 29:409-414.
- BOVÉ, J. (2006). Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. Journal of Plant Pathology 88: 7-37. Doi: 10.4454/jpp. v88i1.828.
- Bové, J. M., and A., Ayres. 2007. Etiology of three recent diseases of citrus in Sao Paulo State: sudden death, variegated chlorosis and huanglongbing. IUBMB Life 59: 346- 354
- Burckhardt, D. 2007. Order Sternorrhyncha superfamily Psylloidea. Arthropod fauna of the UAE 1: 159-169.
- Carmelí, M., P. Morales, y F. Godoy. (2000). Presencia del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemíptera: Psyllidae) en Venezuela. Boletín Entomología Venezolana, 15: 235-243.
- CHARNLEY, A. K.; COLLINS, S. A. Entomopathogenic fungi and their role in pest control. In: KUBICEK, C. P.; DRUZHININA, I. S. (Eds.). 2. ed. The Mycota. Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. vol. IV: environmental and microbial relationships.
- Chavan V. and A. Summananwar. (1993). Population dynamics and aspects of the biology of citrus psylla, *Diaphorina citri* kuwayama. In: P. Moreno, V. da Graça, and L. W. Timmer [eds.], proc. 12th Conference of the International Organization of Citrus Virologists. University of California, Riverside. Pp. 286-290.

- Cortez, M., J. López-Arroyo, L.M. Hernández, A. Fu & J. Loera. (2010). Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama en cítricos dulces, en México. Selección de insecticidas y época de aplicación. Folleto técnico No. 35 INIFAP-SAGARPA.
- Dahiya, K.K., Lakra, R.K., Dahiya, A.S. and S.P. Singh, 1994. Bioefficacy of some insecticides against citrus psylla, *Diaphorina citri* kuwayama (Psyllidae: Hemiptera). Crop Res. Hisar, India, 8: 137-40
- DeBach, P. y Rosen, 1991, Biological control by natural enemies, 2.ed. Londres, Cambridge Univ. Press.
- España, P. 2000. Caracterización de las plagas enzimática de aislados de *Beauveria bassiana* (Deuteromycetes: Hyphomycetes), y su virulencia sobre *Epilahna varivestis* (Coleóptera: Coccinellidae). Tesis. Tecomán. México. 104 p.
- ESPINEL, C.; TORRES, L.; GRIJALBA, E.; VILLAMIZAR, L.; COTES, A. 2008. Preformulados para el control de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) en condiciones de laboratorio. Revista Colombiana de Entomología 34 (1): 22- 27.
- Etienne, J.; Quilici, S; Marival, D.y Frank, A. (2001): Biological control of *Diaphorina citri* (Hemíptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). Fruits, 56(5): 307-315.
- FAO. (2017). Citrus fruit - fresh and processed statistical bulletin 2016. <http://www.fao.org/3/ai8092e.pdf>.
- Fargues, J., N. K. Maniania, J. C. Delmas, and N. Smits. 1992. Influence de la temperature sur la croissance in vitro d'hyphomycètes entomopathogènes. Agronomie 12: 557-564.
- Fernández, M., y I. Miranda. 2005. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemíptera: Psyllidae). Parte I: Características morfológicas, incidencia y enemigos naturales asociados. Revista Protección Vegetal 20 (1): 27-31.
- Ferrón, P. 1978. Biological control of insect pests by entomogenous fungi. Annual Review of Entomology 23: 409-442
- Fonseca, O., N. Valera, y C. Vásquez. 2007. Registro y ciclo de vida de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en tres hospederos en el estado de Lara, Venezuela. Entomotropica 22(3): 145-152.
- Garnier, M., & Bové, J. M. 2000. Huanglongbing in Cambodia, Laos, and Myanmar. In: Proceedings of 14th Conference IOCV, IOCV, Riverside, 2000. pp. 378-380.

- GOETTEL, M. S.; POPRAWSKI, T. J.; VANDENBERG, J. D.; LI, Z.; ROBERTS, D. W. Safety to nontarget invertebrates of fungal biocontrol agents. In: LAIRD, M.; LACEY, L. A.; DAWISON, E. W. (Eds.). Safety of microbial insecticides safety to nontarget invertebrates of fungal biocontrol agents. Boca Raton: CRC Press, 1990. 259p.
- Gottwald, T.R. 2010. Current epidemiological understanding of citrus Huanglongbing. Annual Review of Phytopathology 48:119-139.
- Halbert, S., and Manjunath, K. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. Florida Entomologist 87:330-353.
- Hall, D. 2008. Biology, History World Status of *Diaphorina citri*. In: Mangussi, Da Graca, D. Hall (eds). Memorias del I Taller Internacional sobre Huanglongbing de los Cítricos (*Candidatus Liberibacter* spp) y el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*). P 1-11.
- Henderson, C y E, Tilton, 1955. J. Econ. Entomol. 48: 157-161
- Hernández, V., & Berlanga, A. (1999). Control microbial de mosca pinta *Aeneolamia* spp. con *Metarhizium anisopliae*. (p. 8).
- Hoffman, W. 1936. *Diaphorina citri* Kuw. (Homoptera: Chemidae), a citrus pest in Kwangtung. Lingnan Science Journal 15: 127-132.
- Hollis, D. 1987. A new citrus-feeding psyllid from the Comoro Islands, with a review of the *Diaphorina amoena* species group (homoptera). Systematic Entomology 12:47-61.
- Hoy Marjorie A, Singh Raghuwinder, Rogers Michael E (2010) Evaluations of a novel isolate of *Isaria fumosorosea* for control of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: psyllidae). Florida Entomol. 93 (1): 24-32
- Huang, B. 1990. Citrus Psyllid. Chinese Agricultural Encyclopedia (Volume Insects). Beijing: Agriculture Press. Pp 119-120.
- Huang J., X. Luo, B. Huang and X. Yao. 1999. Studies on citrus psylla *Diaphorina citri* Kuwayama and its control. Entomological Journal of East China 8: 26-34(in Chinese with English abstract
- Husain, M., y D. Nath. 1927. The citrus psylla (*Diaphorina citri*, Kuw.) [Pysillidae: Homoptera]. Memoirs of the Department of Agriculture India, Entomology Series 10 (2): 5-27.
- Lacayo, L.N. 2013. Cítricos amenazados. Consultado 16 febrero 2021. Disponible en:

<http://www.elnuevodiario.com.ni/economia/288686-citricos-amenazados/>.

- Leucona, R. E., J. D. Edelstein, M. F. Berretta, F. R. La Rossa, and J. A. Arcas. 2001. Evaluation of *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes) strains as potential agents for control of *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae). *J. Med. Entomol.* 38: 172-179.
- Macías, A. F., Díaz, M. P., Ramos-López, M. A., Navarro, S. R., Espinosa, G. R., & Ruiz, D. J. (2013). Estudio del hongo entomopatógeno *Isaria fumosorosea* Como control microbiológico de la mosquita blanca *Bemisia tabaci*. *Interciencia*, 38(7), 523-527.
- Mascarin, G. M., Kabori, N. N., Quintela, E. D., & Delalibera, I. (2013). The virulence of entomopathogenic fungi against *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) and their conidial production using solid substrate fermentation. *Biological Control*, 66(3), 209– 218. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.05.001>
- Maurer P, Couteaudier Y, Girard PA, Bridge PD, Riba G (1997) Genetic diversity of *Beauveria bassiana* and relatedness to host insect range. *Mycol. Res.* 101: 159-164.
- McCoy, C., RA, S., & Boucias, D. (1988). Entomopatogenous Protozoa and Fungi. In: Ignoffo CM (CRC Handbo).
- Mead, F. 1977. The asiatic citrus psylla *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera:Psyllidae). *Entomology Circular* 180: 1-4.
- Meyer JM, Hoy MA, Boucias DG (2008) Isolation and characterization of an *Isaria fumosorosea* isolate infecting the Asian citrus psyllid in Florida. *J. Invertebr. Pathol.* 99: 96-102
- Monzón, A. (2001). Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. *Avances en el Fomento de Productos Fitosanitarios No-Sintéticos*, 63, 95-103.
- Morín, L. Ch, 1983. Cultivo de cítricos. - 2ª. Ed.; la. Reimpresión – San José, Costa Rica: IICACIDIA, 1983. 607 p.- (IICA: Serie de libros y materiales didácticos; no 51). P 87.
- Nava, D. E., Torres, M. L. G., Rodríguez, M. D. L., Bento, J. M. S. & Parra, J. R. P. 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hem.,Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. *Journal of Applied Entomology*, 131: 709-715.
- Leucona, R. E., J. D. Edelstein, M. F. Berretta, F. R. La Rossa, and J. A. Arcas. 2001. Evaluation of *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes) strains as potential agents for control of *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae). *J. Med. Entomol.* 38: 172-179.
- Liu, Y. H., and J. H. Tsai. 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. *Journal of Economic Entomology* 93: 1722-1725.

- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, 2012. Proyecto de fortalecimiento de la región del OIRSA en el control de Huanglongbing (HLB) y la implementación del manejo integrado de plagas (MIP) en los cítricos.
- Ouvrad, D., D. Burckhardt, D. Azar, and D. Grimaldi. 2010. Non-jumping plant-lice in *Cretacoecus amber* (Hemíptera: Sternorrhyncha: Psylloidea). *Systematic Entomology* 35: 172-180.
- Padulla, L. F. L., S. B. Alves, G Pauli, and D. Q. Marinehiro. 2005. Controle de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) com fungos entomopatogenicos, pp. 94. 9º Simposio.
- Pluke, R. W. H., Qureshi, J. A. & Stansly, P. A. 2008. Citrus flushing patterns, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) populations and parasitism by *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Puerto Rico. *Florida Entomologist*, 91: 36-42.
- Quesada-Moraga, E. 2002. Los hongos entomopatógenos en el control de las plagas de insectos. *Phytoma España*, 144: 41-48.
- Rath, A. C. 2000. The use of entomopathogenic fungi for control of termites. *Biocontrol Sci. Techn.* 10: 563-581.
- Roberts, D.W. Y Humber, R.A. 1981. Entomogenous fungi. En: Cole, G.T. y Kendrick, B. (Eds.) *Biology of Conidial Fungi*. Academic Press, New York.
- Rodríguez, P., Cambero, C., Robles, B. Carvajal, C. y Estrada, . 2012. Natural enemies associated to *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemíptera: Psyllidae) in *Citrus latifolia* Tanaka, in the State of Nayarit, México. *Acta Zoológica Mexicana* 28(3). Pp 625-629. México.
- Rogers, M.E. & P.A. Stansly. 2006. Biology and management of the Asian citrus psyllid. *Diaphorina citri* Kuwayama, in Florida citrus. Bulletin 739. Institute of Food and Agricultural Sciences of the University of Florida. 7 p.
- Sahu, S.R. and S.K. Mandal, 1997. Population dynamics of citrus psylla, *Diaphorina citri* kuwayama (Psyllidae: Hemiptera). *J. Interacadem.*, 1: 329–32
- Salcedo, B., Mora, A., Acevedo, S. (2010). Metodología para evaluar los impactos económicos del HLB (Huanglongbing) en la cadena citrícola mexicana. En línea: [http://www.iica.int/sites/default/files/evenTs/presentations/2016-08/impactos\\_hlb\\_en\\_mex\\_26ago2016.pdf](http://www.iica.int/sites/default/files/evenTs/presentations/2016-08/impactos_hlb_en_mex_26ago2016.pdf) f Fecha de consulta: abril de 2019.
- Shivankar, V.J., C.N. Rao, S. Shyam and S. Singh, 2000. Studies on citrus psylla, *Diaphorina citri* kuwayama: a review. *Agric. Rev.*, 21: 199-204

- St. Leger, Roberts DW (1997) Engineering improved mycoinsecticides. *Trends Biotechnol.* 15: 83-87.
- Stauderman, K., Avery, P., Aristizabal, L., & S, A. (2012). Evaluation of *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae) for control of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) (pp. 747–761). *Biocontrol Science and Technology*.
- Tanada, Y., Kaya, H. (1993). *Insect Pathology*. Academic Press. San Diego, California. (USA). 666 p.
- Triplehorn C. Johnson. (2005). Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects. 7th edition. Ed. Thompson Brooks/Cole. USA. 268-332 pp.
- Tsagkarakis y M. Rogers, 2008. Effects of host plant on fitness of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*. In: Tim R. Gottwald James H. Graham (eds.). International Research Conference of Huanglongbing. Orlando, Florida. Pp. 58.
- Tsai J. H. & Liu, Y. H. 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera:Psyllidae) on four host plants. *Journal of Economic Entomology*,93:1721-1725.
- Tsai J., Wang, J. J. & Liu, Y. (2002). Seasonal abundance of the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* (Hemíptera: Psyllidae) in Southern Florida. *Florida Entomologist* 85:446-451.
- Varela, F., 2015. Establecimiento aséptico y microinjerto de explantes de cítricos certificados de importancia agronómica para el noreste de México. P 9.
- Vendramin, J. & C. Rodríguez. (2000). Insecticidas y Resistencia vegetal.Pp.53. In: Silva, G y R. Hepps (Eds). Bases para el manejo racional de insecticidas. Concepcion, Chile.
- Wang, L.Y., S.C. Hung, T.H. Hung and J. Su, 1996. Population fluctuations of *Diaphorina citri* kuwayama and incidence of citrus liqubin in citrus orchards in chaiyi area. *Pl. Protect. Bull., Taipei*, 38: 355–65
- Xie, P. H., C. Su, and Z. G. Lin. 1988. A preliminary study on an entomogenous fungus *Verticillium lecanii* of *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). *Chin. J. Biol. Control* 4: 92.
- Yang, Y., Huang, M., Beattie, G., Xia, Y., Ouyang, G. y Xiong, J. (2006). Distribution, biology, ecology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, a major pest of citrus: a status report for China. *International Journal of Pest Management*, 52, 343–352.
- Zimmermann, G. (2008). The entomopathogenic fungi *Isaria farinosa* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control. *Biocontrol Science and Technology*. 18.9:865-90

## IX. ANEXOS

### Anexo 1. Ubicación de las fincas



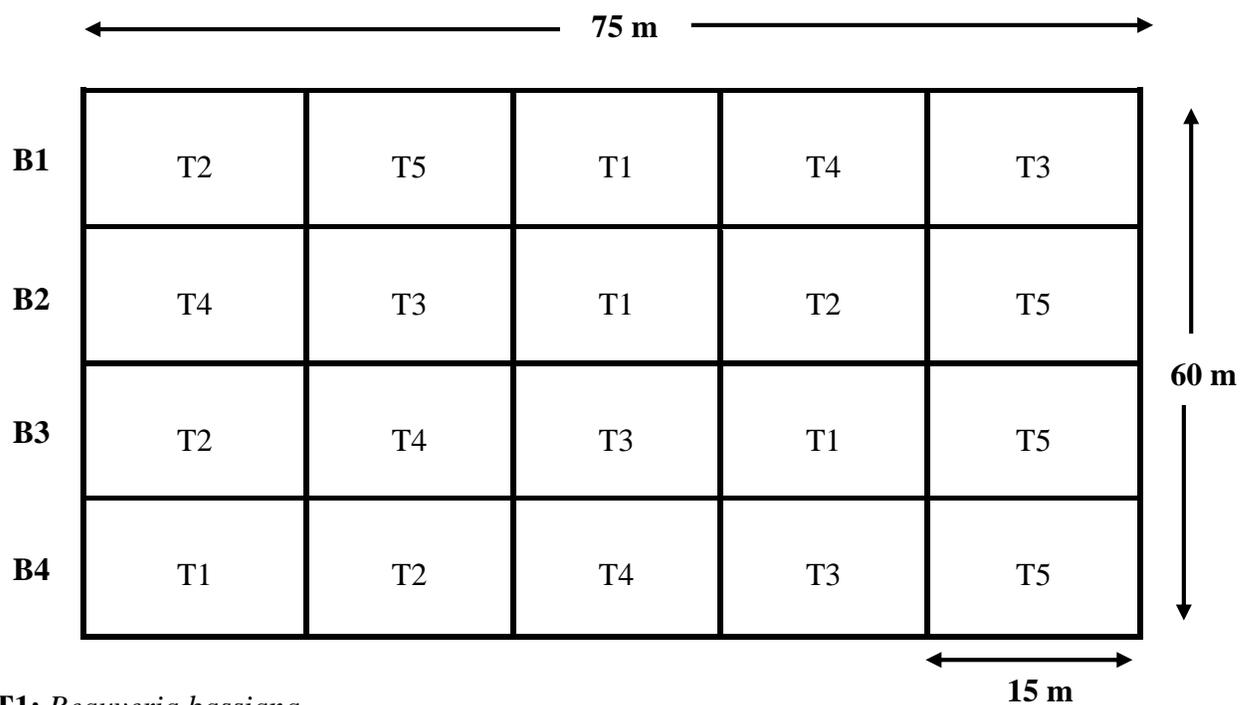
### Anexo 2. Ubicación de la finca Cruz Valler



### Anexo 3. Ubicación de la finca Los Ángeles

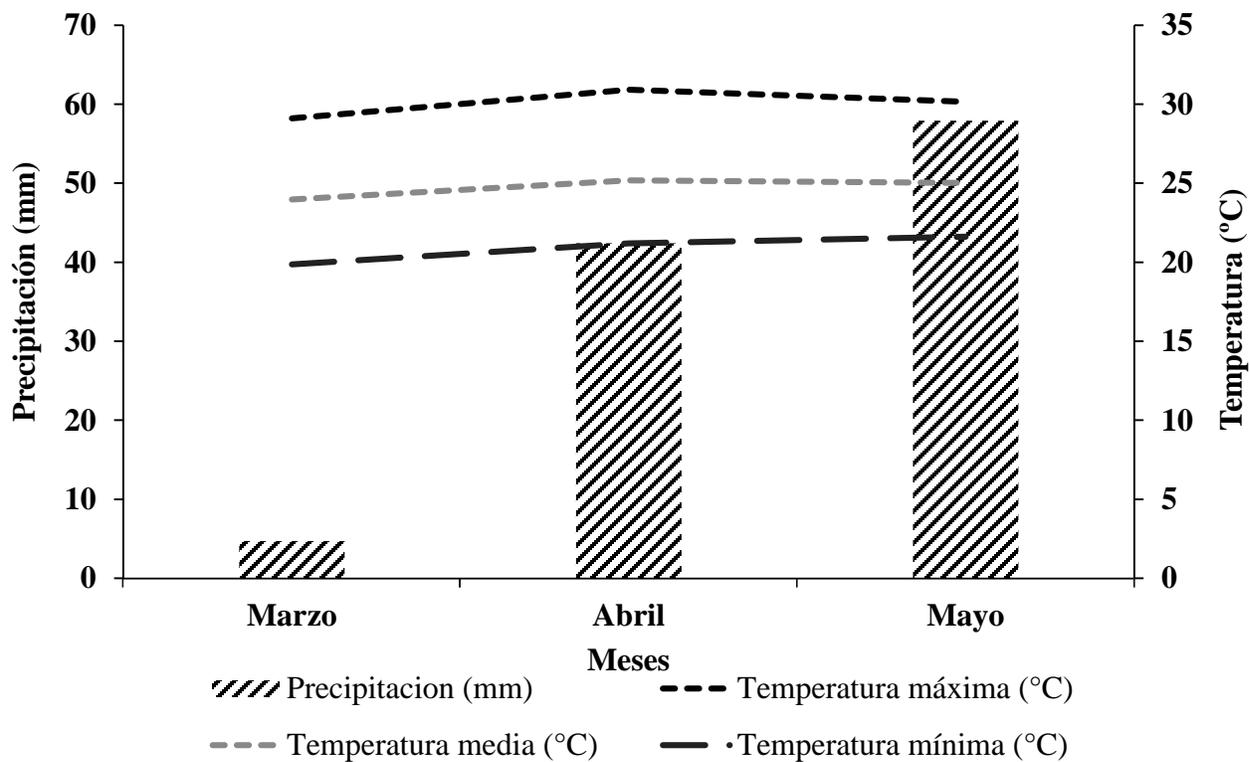


Anexo 4. Plano de campo



- T1:** *Beauveria bassiana*
- T2:** *Metarhizium anisopliae*
- T3:** *Isaria fumosorosea*
- T4:** Abamectina
- T5:** Testigo absoluto

Anexo 5. Climograma con el comportamiento de las precipitaciones y temperaturas en el municipio de Masatepe, departamento de Masaya, 2021.



Anexo 6. Hoja de campo para la unidad muestral

<b>Hoja de muestreo</b>																
Finca:					Cultivo:					Fecha:						
Condiciones climáticas:					Edad del cultivo:					Estado fenológico:						
	Adultos/brote				Adultos/trampa				Ninfas/brote				Huevos/brote			
<b>Tratamiento</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>
<i>B. bassiana</i>																
<i>M. anisopliae</i>																
<i>I. fumosorosea</i>																
Abamectina																
Testigo																

Anexo 7. Brotes vegetativos con presencia de adultos, ninfas y huevos de *D. citri*



Anexo 8. Preparación de los hongos entomopatógenos



Anexo 9. Toma de datos



Anexo 10. Etiquetas de los productos utilizados en el ensayo

