

Guatemala, 27 de noviembre, 2018

Señor Director
Dr. Erwin Humberto Calgua Guerra
Director General de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Adjunto a la presente el informe final “**Evaluación del sinergismo del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* Vuill con plaguicidas químicos flupyradifurone para el control de mosca blanca (Insecta: Hemiptera) en el cultivo del ejote francés en el departamento de Chimaltenango**” con partida presupuestal 4.8.57.246, coordinado por la M.Sc. Claudia Elizabeth Toledo Perdomo y avalado por el Instituto de Investigaciones del Centro Universitario de Santa Rosa de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Este informe final fue elaborado con base en la guía de presentación de la Dirección General de Investigación, el cual fue revisado su contenido en función del protocolo aprobado, por lo que esta unidad de investigación da la aprobación y aval correspondiente.

Así mismo, el coordinador(a) del proyecto, se compromete a dar seguimiento y cumplir con el proceso de revisión y edición establecido por Digi del **informe final y del manuscrito científico**. El manuscrito científico deberá enviarse para publicación a una revista de acceso abierto (*Open Access*) indexada y arbitrada por expertos en el tema investigado.

Sin otro particular, suscribo atentamente.

“Id y enseñad a todos”

Firma y sello
Ing. Agr. Víctor Arturo Valenzuela Morales
Director
Centro Universitario de Santa Rosa
Universidad de San Carlos de Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales

Informe final

“Evaluación del sinergismo del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* Vuill con plaguicidas químicos flupyradifurone para el control de mosca blanca (Insecta: Hemiptera) en el cultivo del ejote francés en el departamento de Chimaltenango”

Equipo de investigación
Coordinadora:
M.Sc. Claudia Elizabeth Toledo Perdomo

Guatemala, 2018
Instituto de Investigaciones
Centro Universitario de Santa Rosa

Dr. Erwin Humberto Calgua Guerra
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Ing. Agr. Saúl Guerra Gutiérrez
Coordinador del Programa de Recursos Naturales

M.Sc. Claudia Elizabeth Toledo Perdomo
Coordinadora del proyecto

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, 2018. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Partida Presupuestaria 4.8.57.246 durante el año 2018 en el Programa Universitario de Investigación de Recursos Naturales
Financiamiento aprobado por Digi: 150,000 Financiamiento ejecutado: _____

Índice

	Contenido	Pág.
1.1	Índice de contenido	4
2.	Resumen y palabras clave.....	7
3.	Abstract and keyword	8
4.	Introducción.....	9
5.	Planteamiento del problema.....	11
6.	Preguntas de investigación	13
7.	Delimitación en tiempo y espacio.....	13
8.	Marco teórico	14
8.1	Biología y comportamiento de la mosca blanca.....	14
8.2	Importancia económica de la mosca blanca.....	15
8.3	Principales plagas y enfermedades del ejote francés.....	16
8.4	Hongo entomopatógeno <i>Beauveria bassiana</i>	16
8.5	Flupyradifurone.....	17
9.	Estado del Arte.....	18
9.1	Estudios de sinergismo de plaguicidas químicos y hongos entomoparógenos	18
10.	Objetivo general	20
11.	Objetivos específicos.....	20
12.	Hipótesis.....	20
13.	Materiales y métodos.....	21
13.1	Enfoque y tipo de investigación.....	21
13.2	Recolección de información.....	21
13.3	Técnicas e instrumentos	21
13.3.1.	Ubicación geográfica de la investigación.....	21
13.3.2.	Establecimiento de parcelas de muestreo.....	22

13.3.3.	Calibración del equipo de aplicación y dosis de los tratamientos.....	22
13.3.4.	Descripción de los tratamientos y aplicación.....	24
13.3.5.	Determinación del material de rechazo de la cosecha y el rendimiento del cultivo.....	25
13.3.6.	Determinación de los especímenes de mosca blanca colectados.....	25
13.4.	Recolección de datos.....	25
13.5.	Operacionalización de las variables o unidades de análisis.....	26
13.6.	Procesamiento y análisis de la información	27
14.	Vinculación, difusión y divulgación	28
15.	Resultados.....	29
16.	Análisis y discusión de resultados.....	39
16.1.	Recomendaciones para un Manejo Integrado de Plagas.....	44
17.	Conclusiones.....	45
18.	Impacto esperado.....	46
19.	Referencias.....	47
20.	Apéndice.....	54

Índice de tablas

1.	Operacionalización de variables o unidades de análisis.....	26
2.	Análisis de varianza de Ln adultos en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>Serenguetti</i>) en la época seca.....	31
3.	Comparaciones múltiples de Dunnett de Ln adultos en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>Serenguetti</i>) en la época seca.....	32
4.	Análisis de varianza de Ln ninfas en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>Serenguetti</i>) en la época seca.....	32

5.	Comparaciones multiples de Dunnet de Ln ninfas en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>Serenguetti</i>) en la época seca.....	33
6.	Análisis de varianza del Ln adultos colectados en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>Serenguetti</i>) en la época lluviosa.....	33
7.	Comparaciones multiples de Dunnet de Ln adultos en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>Serenguetti</i>) en la época lluviosa.....	34
8.	Análisis de varianza del Ln ninfas colectados en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>Serenguetti</i>) en la época lluviosa.....	34
9.	Comparaciones multiples de Dunnet de Ln ninfas en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>Serenguetti</i>) en la época lluviosa.....	35
10.	Comparaciones multiples de Dunnet de Ln total de la población (adultos y ninfas) en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>Serenguetti</i>).....	35
11.	Comparaciones para Ln Adultos por parejas del método LSD Fisher por Estrato de la planta de del ejote francés (<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>Serenguetti</i>) en época seca y lluviosa.....	36
12.	Prueba de Tukey para Ln Adultos, Ln ninfas y Ln total de la población de mosca blanca en el cultivo del ejote francés (<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>Serenguetti</i>).....	37
13.	Cosecha en gramos de los dos ciclos del cultivo evaluados en campo de cada tratamiento en del ejote francés (<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>Serenguetti</i>).....	38

Figura **Índice de Figuras**

1.	Parcela del cultivo del ejote francés <i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>Serenguetti</i> donde se realizó la evaluación, Parramos, Chimaltenango..	54
2.	Muestreos de mosca blanca en el cultivo del ejote francés <i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>Serenguetti</i>	54

Apéndice.....	54
---------------	----

2. Resumen

El complejo de mosca blanca (Insecta:Hemiptera) es una de las principales plagas del ejote francés y es vector del virus del mosaico dorado el cual afecta la calidad y rendimiento del cultivo, alcanzando pérdidas hasta del 100%. El ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.), dentro de los productos no tradicionales en Guatemala, ocupa el segundo lugar en la exportación. La investigación tuvo por objetivo determinar la existencia de sinergismo entre Flupyradifurone y *Beauveria bassiana* para el control de la mosca blanca en el cultivo del ejote francés. Flupyradifurone es un insecticida sistémico para plagas chupadoras. Para el estudio se establecieron 7 parcelas de 100 m², correspondientes a cada tratamiento. Los tratamientos consistieron en la combinación de flupyradifurone (0.75L/ha)+*B.bassiana*, flupyradifurone (1L/ha)+*B.bassiana*, *B. bassiana* (4.54 L/ha), control comercial, control negativo (agua), Flupyradifurone(.75 L/ha) y Flupyradifurone (1 L/ha). Se realizaron muestreos semanalmente. Se realizaron 3 aplicaciones en el ciclo del cultivo y se muestrearon 5 plantas por parcela, divididas en 3 estratos (alto, medio, bajo). Estos se realizaron en dos ciclos del cultivo. Los tratamientos que presentaron el mejor control de la población de mosca blanca y mejor rendimiento del cultivo fueron flupyradifurone (1L/ha)+*B.bassiana* y flupyradifurone (.75L/ha)+*B.bassiana*, este resultado fue al analizar las dos épocas del año y los estados de desarrollo adultos y ninfas. En conclusión, estos dos tratamientos puede ser una valiosa herramienta para ser empleados en un manejo integrado de plagas.

2. Palabras clave

Trialeurodes vaporariorum, *Bemisia tabaci*, butenolido, *Phaseolus vulgaris*, control poblacional.

3. Abstract and keyword

The white fly complex (Insecta: Hemiptera) is one of the main pests of French bean and is a vector of the golden mosaic virus which affects the quality and yield of the crop, reaching losses of up to 100%. The French bean (*Phaseolus vulgaris* L.), within the non-traditional products in Guatemala, occupies the second place in the export. The objective of the research was to determine the existence of synergism between Flupyradifurone and *Beauveria bassiana* for the control of whitefly in French bean crop. Flupyradifurone is a systemic insecticide for sucking pests. For the study 7 plots of 100 m² were established, corresponding to each treatment. The treatments consisted in the combination of flupyradifurone (0.75L/ha) + *B.bassiana*, flupyradifurone (1L / ha) + *B.bassiana*, *B. bassiana* (4.54 L / ha), commercial control, negative control (water), Flupyradifurone (.75 L / ha) and Flupyradifurone (1 L / ha). Samples were taken weekly. Three applications were made in the crop cycle and 5 plants per plot were sampled, divided into 3 strata (high, medium, low). These were carried out in two crops cycles. The treatments that showed the best control of the white fly population and better crop yield were flupyradifurone (1L / ha) + *B.bassiana* and flupyradifurone (.75L / ha) + *B.bassiana*, this result was when analyzing the two seasons of the year and adult and nymphs development states. In conclusion, these two treatments can be a valuable tool to be employed in integrated pest management.

Key Word: *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*, butenolide, *Phaseolus vulgaris*, population control.

4. Introducción

El cultivo de las arvejas y del ejote francés ocupa los primeros lugares de exportación dentro del sector de vegetales no tradicionales en Guatemala. En el periodo de 2010 al 2013 se ha exportado aproximadamente 80 millones de libras de ejote francés por año, favoreciendo al sector agrícola y rural, principalmente en el altiplano de Guatemala, Jalapa, Alta Verapaz y Baja Verapaz (Asociación Guatemalteca de Exportadores, 2013). “En el año 2009 el ejote francés junto con la arveja y el brócoli contribuyeron conjuntamente con el 2.5% del PIB agrícola y con el 0.3% del PIB nacional” (Guzmán, 2016).

Para poder exportar la cosecha del ejote francés se debe cumplir con una serie de requisitos de los mercados de destino, tales como las normas de calidad de la cosecha y el cumplimiento de los límites máximos de residuos (MRL) de plaguicidas, los cuales son fundamentales (Asociación Guatemalteca de Exportadores, 2018). Para la Unión Europea, los reglamentos UE 1107 de 2009 y UE 396 de 2005 establecen las normas para el uso de sustancias activas de los plaguicidas y el establecimiento de los límites máximos de residuos para las sustancias activas, respectivamente (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2014; European commission, 2017; U.S. Government Publishing Office (2007).

Los principales destinos de exportación del ejote francés son Estados Unidos y Canadá con el 94% de las exportaciones y el 6% restante al mercado europeo (Cámara del Agro y Agrequisa, 2015). La calidad del ejote para exportación está vinculada a características físicas, como la forma, el color, libre de manchas o daños en la vaina, dentro de las características químicas están los residuos de los plaguicidas.

El cultivo del ejote francés presenta una serie de plagas que afectan la producción y calidad de la cosecha, dentro de las principales plagas clave de este cultivo esta la mosca blanca, cuyo manejo en campo por los productores de Chimaltenango ha sido principalmente por medio del control químico. Las especies de mosca blanca *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporarorium* son plagas importantes en diversos cultivos, las cuales está ampliamente distribuidas en regiones tropicales y subtropicales del mundo donde afecta más de 600 especies de plantas cultivadas y silvestres. Los daños que causa se deben al efecto del insecto en las plantas atacadas. En su alimentación, la mosca blanca provoca un debilitamiento en

la planta por la extracción de nutrientes y la transmisión de virus. En el ejote francés los virus del mosaico dorado y el mosaico dorado amarillo causan pérdidas en rendimiento hasta del 100% (Cuellar, & Morales, 2006; Villar Sánchez, López Salinas, & Acosta Gallegos, 2003; Morales, & Anderson, 2001; Jones, 2003; Morales, 2006).

Para el control de la mosca blanca, se ha empleado principalmente el control químico, debido al abuso de este control y las malas prácticas empleadas se ha observado la resistencia a varios grupos de insecticidas provocando un incremento en las poblaciones de la mosca blanca en los campos, haciendo más difícil el control de la plaga (Macías-Flores, Santillán-Ortega, Robles-Bermudez, Ortíz-Cantón, & Cambero-Campos, 2013; Campuzano-Martínez, Rodríguez-Maciel, Lagunes-Tejeda, Llanderal-Cázares, Teran-Vargas, & Vera-Graciano, 2010; Kandil, Saleh, El Dief, & Farghaly, 2008; Naveen, Chaubey, Kumar, Rebijith, Rajagopal, Subrahmanyam, & Subramanian, 2017).

Flupyradifurone es agroquímico perteneciente a la clase butenolida. Actúa como un insecticida activo contra varias plagas succionadoras, como la mosca blanca y los áfidos, además tiene un excelente perfil de seguridad (Nauen, et al., 2015).

Estudios realizados sobre la integración de un plaguicida sintético con un entomopatógeno (*Metarrhizium anisopliae*), determinaron que tuvo mayor efecto en el manejo de la población que al ser utilizados individualmente, reduciendo los costos de producción y residuos químicos en los productos (Bernard, Nderitu, & Toroitich, 2014).

El propósito de esta investigación fue evaluar el sinergismo del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* con el insecticida químicos flupyradifurone para el control de mosca blanca (Insecta: Hemiptera) en el cultivo del ejote francés en el departamento de Chimaltenango. La hipótesis planteada fue: la combinación de Flupyradifurone y *B. bassiana* producirá un efecto sinérgico en el control de las poblaciones de mosca blanca en el cultivo del ejote francés en Chimaltenango.

Se evaluó cuantitativamente las poblaciones de mosca blanca en los distintos tratamientos y se determinó con métodos estadísticos el mejor tratamiento para el control de la mosca blanca. Los tratamientos evaluados fueron: flupyradifurone (0.75L/ha) +*B.bassiana*, flupyradifurone (1L/ha) +*B.bassiana*, *B. bassiana* (4.54 L/ha), Flupyradifurone (.75 L/ha), Flupyradifurone (1 L/ha), control comercial y control negativo (agua). Se realizaron muestreos semanalmente. Se realizaron 3 aplicaciones en el ciclo del cultivo y se muestrearon 5 plantas por parcela, divididas en 3 estratos (alto, medio, bajo). Estos se realizaron en dos ciclos del cultivo.

Para el análisis de los resultados se realizó un análisis de varianza del porcentaje de la reducción de las poblaciones de mosca blanca por los tratamientos evaluados, con un nivel de significancia de .05% y se realizaron pruebas post hoc después de realizado el ANOVA, se realizó la prueba de Dunnett (comparación con el control).

5. Planteamiento del problema

Según Agexport, en Guatemala los cultivos de Arvejas y vegetales generan alrededor de 45,000 auto-empleos y más de 3.7 millones de jornales al año que se desempeñan en las prácticas agrícolas desde la siembra hasta la cosecha, además de su participación en los procesos de estos productos. Esto constituye en el área de productos no tradicionales en Guatemala un gran desarrollo que beneficia directamente a las familias del área rural, principalmente en las regiones del altiplano central, occidental y los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Jalapa (Agexport, 2013).

Guatemala exporta anualmente alrededor de 47 millones de libras de ejote francés (Agexport, 2013). Para lograr estos volúmenes de exportación se deben cumplir con las regulaciones de los mercados internacionales las cuales son muy exigentes en aspectos como la calidad del producto y la inocuidad.

Dentro de las principales plagas que atacan al cultivo del ejote francés está la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) que han sido desde las últimas décadas una importante plaga de los cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), chile (*Capsicum annuum*), tomate (*Solanum lycopersicum*), y otras hortalizas, ocasionando grandes daños a los cultivos debido a que es un vector de varios virus (Gonzalvez, Leal, Moraes, Pagotto, Major, & Chiaroto, 2010).

En el cultivo del frijol la mosca blanca es vector del virus del mosaico dorado del frijol (VMDF), la incidencia de este virus en Guatemala, el resto de países centroamericanos, Cuba y México alcanza hasta 100% causando grandes pérdidas económicas (Cuellar, & Morales, 2006; Gámez, 1971; González, Muñoz, & García, 2002; Perring, 2001; Svetlana, Ruiz, Coronado, & Corona, 2010).

En la actualidad, los productores del ejote francés en Guatemala basan el control de la mosca blanca principalmente en aplicaciones de productos agroquímicos, sin embargo, ya se ha reportado resistencia adquirida de la mosca blanca para varios grupos de plaguicidas como

los organofosforados, neonicotinoides, piretroides y organoclorados (Cuellar, & Morales, 2006; Kandil, Saleh, El Dief, & Farghaly, 2008).

Debido al frecuente uso de plaguicidas químicos son varias las moléculas que ya no son eficientes para el control de la mosca blanca, quedando pocas opciones para el control de la plaga, principalmente en la fase de la cosecha del cultivo, debido a que producto con alta residualidad, no se pueden emplear en esta etapa del cultivo. Por otro lado, también están las restricciones de algunos ingredientes activos por el mercado internacional o bien los bajos límites de residuos permitidos, limitando más las opciones para el control de la mosca blanca.

Debido a la falta de opciones que los productores tienen para el manejo de la plaga, en algunas ocasiones han empleado plaguicidas no permitidos por el mercado internacional o no respetan los períodos de carencia de los productos permitidos, lo que provoca la superación de los valores de los MRL, poniendo en peligro la comercialización del ejote francés en el mercado internacional.

Ante esta situación es necesario buscar nuevas estrategias de control de la mosca blanca que además de que sean efectivas cumplan con los requisitos del mercado internacional, así como asegurar la inocuidad del ejote para su consumo.

6. Preguntas de investigación

¿Pueden la combinación de la molécula flupyradifurone en su dosis baja con el hongo entomopatógeno *B.bassina* ejercer un efecto de control poblacional en las especies de mosca blanca presentes en el cultivo del ejote francés para reducir la carga química en el cultivo?

¿La combinación entre flupyradifurone y el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* pueden ejercer un mejor control poblacional de la mosca blanca presentes en el cultivo del ejote francés?

¿Las aplicaciones de la combinación de flupyradifurone con el entomopatógeno *Beauveria bassiana* para el control de la mosca blanca podrán dar como beneficio del control de la plaga, una mejor calidad de la cosecha del ejote francés?

7. Delimitación en tiempo y espacio

La evaluación se realizó durante los meses de febrero a diciembre de 2018. Las parcelas se establecieron en el departamento de Chimaltenango, municipio de Parramos. Guatemala. Las parcelas estaban localizadas en las coordenadas latitud norte 14° 35' 33" y al oeste 90° 49' 11". La evaluación se realizó durante los meses de febrero a diciembre de 2018.

El municipio está ubicado a 7 kilómetros de la cabecera departamental de Chimaltenango y a 60 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. Se encuentra a una altitud de 1,760 msnm (Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán, 2005). Colinda al norte con el Tejar, al sur con San Antonio Aguas Calientes Sacatepéquez y Santa Catarina Barahona, al este con Pastores y Santa Catarina Barahona Sacatepéquez, y finalmente al oeste y nor-oeste con San Andrés Itzapa (Instituto Nacional de Estadística, 2002).

8. Marco teórico

8.1. Biología y comportamiento de la mosca blanca

Se estima que la familia Aleyrodidae cuenta con más de 1200 especies descritas; las moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae) son insectos fitófagos de una diversidad de plantas herbáceas, plantas silvestres, árboles, arbustos y cultivos de importancia económica. El daño ocasionado por este insecto llega a ser un serio problema, debido a los daños directos provocados al succionar la savia y daños indirectos por la transmisión de virus (Carapia, & Castillo, 2013).

Estudios realizados por Salas y Mendoza (1995) indicaron el desarrollo de *Bemisia tabaci*, a una temperatura de 25°C y con una humedad de 65%. Determinaron que el desarrollo de las oviposturas fue de 7 días, las ninfas del primero, segundo y tercer instar fueron de 4, 2 y 1 día respectivamente. El ciclo de vida tuvo una duración de 22 días. El período de preoviposición fue de 1 a 2 días de oviposición de 16 a 19 días y la fecundidad de los huevos fue de 200 a 240 huevos por hembra.

Se ha determinado que la mosca blanca tiene resistencia a varios insecticidas y el mayor daño que ocasiona a los cultivos es la transmisión de virus. Se ha estudiado la interacción del insecto con la planta huésped y sus enemigos naturales. La planta huésped es determinante para el comportamiento de la mosca blanca, como la oviposición, el desarrollo del insecto y la supervivencia. Se ha demostrado en estudios realizados la preferencia de las especies de mosca blanca a diversos cultivos (Greenberg, Jones, & Tong-Xian, 2009; Rahman, Zhang, & Liu, 2015).

Su distribución geográfica depende en gran medida de las condiciones climáticas que favorecen la reproducción de las especies: generalmente temperaturas cálidas, humedad relativa moderada y precipitaciones relativamente bajas a moderadas (Castillo, & González, 2008).

8.2. Importancia Económica de la mosca blanca

La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) se alimenta de más de 600 especies de plantas cultivadas y silvestres, es una especie ampliamente distribuida en regiones tropicales y subtropicales del mundo. Actualmente se presentan dos especies de importancia económica pertenecientes a dos géneros diferentes, *Bemisia tabaci* (Gennadius) y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Carapia, & Castillo, 2013; Lorencao, Fugi, & Matos, 2008).

Los daños directos causados por la mosca blanca a las plantas son ocasionados por su alimentación, la cual se alimenta succionando los nutrientes de la planta y causando desórdenes fisiológicos por el biotipo B. Los daños indirectos a las plantas por la mosca blanca son promover el crecimiento de hongos sobre la excreción de melaza por la mosca blanca y la transmisión virus (Perring, T., 2001; Secker, Bedford, Markham, & William, 1998). Estudios realizados han demostrado que la mosca blanca biotipo Q se alimenta mejor que el biotipo B en plantas de tomate y algodón. El biotipo B se alimenta mejor en repollo y pepino (Liu et al., 2012).

Los principales cultivos afectados por los begomovirus, los cuales son transmitidos por la mosca blanca en América Latina han sido frijol común, tomate y los pimientos dulces y picantes. Las pérdidas económicas causadas por diferentes begomovirus en estos cultivos superan ampliamente las pérdidas económicas reportadas para otros cultivos.

Así también, cultivos como el algodón, tabaco, soja, cucurbitáceas nativas e introducidas y algunos cultivos frutales han sido afectados por begomovirus. La importancia, distribución e incidencia de begomovirus en América Latina está directamente asociada a la distribución y dinámica poblacional de su vector, la especie de mosca blanca *B. tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*. A pesar de los esfuerzos para el control de la mosca blanca, esta plaga continúa causando pérdidas significativas de rendimiento y afectando a más regiones agrícolas de América Latina (Morales, 2006; Jones, 2003).

8.3. Principales plagas y enfermedades del ejote francés

Estudios de comportamiento de insectos fitófagos en el cultivo del frijol, determinaron que dentro de estos insectos se identificaron con mayor incidencia a la mosca blanca *Bemisia* spp., la chicharrita *Empoasca kraemeri* y un complejo de tisanópteros (trips). (Castillo, & González, 2008). Daño de insectos chupadores en el cultivo del ejote ha sido reportado con pérdidas del rendimiento ente el 33% hasta 86%, dentro las principales plagas están *Bemisia tabaci* (Genn.) y *Caliothrips phaseoli* (Hood) (Gonzalvez, Leal, Moraes, Pagotto, Major, & Chiaroto, 2010).

Dentro de las enfermedades que se han reportado como las más importantes en el cultivo del ejote francés están: la roya con un 83.5 %, Fusarium y daño por nematodos 23.9%. Los insectos plagas importantes fueron: la mosca del frijol en un 79 %, trips en un 42% y ácaros con el 39 %. (Mondas, Munene & Ndegua, 2003).

8.4. Hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*

El hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* es utilizado como biopesticida en el manejo de plagas de cultivos. El insecto es atacado por el hongo principalmente por la cutícula, el hemocele del insecto también es un factor importante en la supervivencia del hongo y su potencial infección. En condiciones naturales se encuentra en el suelo como saprófito, siendo el pH del suelo otro factor determinante en la supervivencia del hongo (Padmavathi, Uma Devi, & Uma Maheswara Rao, 2003).

Uno de los factores importantes para el entomopatógeno es el pH, estudios realizados en tolerancias y rangos óptimos de pH para el entomopatógeno *B. bassiana* en 29 aislamientos se determinó que un pH de 3 era tóxico para todos los aislamientos y el crecimiento fue totalmente inhibido. El rango de pH que toleraron los aislamientos fue de 5

a 13, y solo algunos mostraron tolerancia a un pH entre 4 y 14 (Padmavathi, Uma Devi, & Uma Maheswara Rao, 2003).

Estudios fueron realizados con varios hongos entomopatógenos, dónde se analizaron 266 muestras de suelo. Los hongos entomopatógenos se aislaron inoculando el suelo con larvas de gusano de cera, *Galleria mellonella* L., e incubando a 8, 15 o 25 ° C. Las especies más abundantes fueron *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok. (357 aislamientos), fue aislado con mayor frecuencia a 25 ° C. *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (187 aislamientos) se aisló más frecuentemente a partir de larvas inoculadas con suelos incubados a 8 y 15 ° C, y 13 aislamientos de *Paecilomyces* spp. (Bidochka, Kasperski, Kasperski, & Wild, 1998).

Otros estudios fueron realizados con los entomopatógenos *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces* sp. y *Lecanicillium lecanii* bajo condiciones de laboratorio para el control de ninfas de mosca blanca en folíolos de frijol. El mayor porcentaje de eficacia se obtuvo con *B. bassiana* con un 96,5% seguido de *Paecilomyces* sp. con un 81,8% un y *L. lecanii*, con el 70% (Espinel, Torres, Grijalba, Villamizar, & Cortes, 2008).

Tanto en la regulación de plaguicidas de la Unión Europea como en Estados Unidos *Beauveria bassiana* está exento del requisito de una tolerancia en los productos agrícolas crudos, cuando ese se ha aplicado sobre los cultivos de acuerdo con las buenas prácticas agrícolas (European commission, 2017; United States Government Publishing Office, 2007).

8.5. Flupyradifurone

El desarrollo y comercialización de nuevas clases de insecticidas químicos para una protección eficiente de los cultivos es muy importante para el manejo de resistencia de los insectos plaga. Flupyradifurone es una clase de butenolida. Actúa como de insecticida activo contra varias plagas succionadoras, como la mosca blanca y los áfidos. Muestran un excelente perfil de seguridad (Nauen, et al., 2015).

Flupyradifurone actúa reversiblemente como un agonista en los receptores nicotínicos de acetilcolina de insectos, pero es estructuralmente diferente de los agonistas conocidos, como fue demostrado el análisis de similitud química. Muestra una acción rápida en una amplia gama de plagas de chupadoras, como fue demostrado en bioensayos en laboratorios. En campo tiene una excelente eficacia en una serie de cultivos, con diferentes métodos de aplicación, incluyendo el foliar, al suelo, tratamiento de semillas y riego por goteo. Es fácilmente absorbido por las plantas y traslocado en el xilema (Nauen, et al., 2015).

Flupyradifurone también es activo en plagas que ya tienen resistencia a otros insecticidas, incluyendo la mosca blanca del algodón, con resistencia metabólica a neonicotinoides y pimetrozina. El nuevo insecticida de butenolida: Flupyradifurone, es una herramienta para un programa de manejo integrado de plagas en todo el mundo y poseen baja toxicidad al ambiente (Nauen, et al., 2015).

9. Estado del arte

9.1. Estudios de sinergismo de plaguicidas químicos y hongos entomopatógenos

El sinergismo en los productos agroquímicos se da cuando estos interactúan entre ellos para provocar un mayor efecto de control sobre las poblaciones de insectos que se deseen controlar. Cuando se da este efecto sinérgico se pueden reducir las dosis de los plaguicidas y esto no disminuirá el control (Raimondo, 2007).

Estudios realizados donde se ha evaluado el sinergismo de un plaguicida químico con un hongo entomopatógeno está el reportado por Bernard, Nderitu y Toroitich (2014). Ellos evaluaron sobre la integración de los plaguicidas sintéticos imidacloprid y beta cyfluthrin con el hongo entomopatógeno *Metarrhizium anisopliae*. Los resultados demostraron que tuvo mayor beneficio en el manejo de la población la combinación de cada uno de los plaguicidas químicos con *M. anisopliae* que al ser utilizados individualmente, reduciendo los costos de producción y residuos químicos en los productos.

Otros estudios realizados buscando la determinación del efecto sinérgico fueron realizados por Koppernhofer, Brow, Gaugle, Grewal, Kaya y Klein (2000). En campo fueron evaluados los nematodos entomopatógenos *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema glaseri* y la interacción sinérgica con imidacloprid para el control de tres instar de las larvas del escarabajo japonés *Popillia japonica* Newman. La acción sinérgica más fuerte ocurrió entre el plaguicida imidacloprid con *S. glaseri* para el control de las larvas de *P. japonica*.

10. Objetivo general

Determinar el sinergismo de Flupyradifurone y el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* para el control de la población de la mosca blanca en el cultivo del ejote francés en Chimaltenango.

11. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la combinación de Flupyradifurone y el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* para el control poblacional de la mosca blanca en el cultivo del ejote francés en Chimaltenango.
- Determinar el rendimiento del cultivo y la calidad de la cosecha con las aplicaciones de Flupyradifurone, *Beauveria bassiana* y las combinaciones de Flupyradifurone con *B. bassiana* en el cultivo del ejote francés en Chimaltenango.

12. Hipótesis

La combinación de Flupyradifurone y *B. bassiana* producirá un efecto sinérgico en el control de las poblaciones de mosca blanca en el cultivo del ejote francés en Chimaltenango.

13. Materiales y métodos

13.1 Enfoque y tipo de investigación

La propuesta de investigación presenta un enfoque cuantitativo. La investigación es de tipo explicativa.

13.2 Recolección de información

Se calculó el tamaño de la muestra, con los siguientes criterios estadísticos:

Se tomaron 30 muestras por tratamiento, con un nivel de significancia de .05, un poder del 80% ($\beta = 0.20$). Fueron muestreadas 5 plantas por tratamiento, las cuales fueron divididas en 3 estratos verticalmente: estrato alto, medio y bajo. Se tomaron dos muestras por estrato.

El efecto esperado fue igual a la desviación estándar de las respuestas. Se evaluaron 7 tratamientos. La respuesta esperada fue el porcentaje de la reducción de la población de la mosca blanca adultos y ninfas por tratamiento. Las aplicaciones en cada tratamiento fueron 3 en total, la primera se realizó cuando la planta tenía 15 días después de haber germinado.

13.3 Técnicas e instrumentos

13.3.1. Ubicación geográfica de la investigación

El estudio fue realizado en el departamento de Chimaltenango, municipio de Parramos. El municipio se encuentra a una altitud de 1,760 msnm y se localiza a 60 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala y a 7 kilómetros de la cabecera departamental de Chimaltenango. Colinda al norte con el Tejar, al sur Santa Catarina Barahona y San Antonio Aguas, Calientes Sacatepéquez, al este con Pastores y Santa Catarina Barahona Sacatepéquez, al oeste y nor-oeste con San Andrés Itzapa (Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán, 2005; Instituto Nacional de Estadística,

2002). Las parcelas estaban localizadas en las coordenadas latitud norte 14° 35' 33" y al oeste 90° 49' 11". La evaluación se realizó durante los meses de febrero a diciembre de 2018.

Las parcelas del ejote francés *Phaseolus vulgaris* L. variedad *Serenguetti* fueron seleccionadas en plantaciones comerciales de ejote francés para la exportación.

13. 3.2. Establecimiento de las parcelas y muestreo

Con el apoyo de productores del ejote para exportación en el departamento de Chimaltenango se establecieron las parcelas para las aplicaciones de los tratamientos y los muestreos. Se establecieron 7 parcelas que correspondían a cada uno de los tratamientos. Las parcelas fueron de 100 m² del cultivo de ejote francés *P. vulgaris* L. var. *Serenguetti*.

Haciendo una adaptación de las metodologías sugeridas para el estudio de las poblaciones de mosca blanca de Bueno, Cardona y Chacón, (2005) y Bernal, Pesca, Rodríguez, Cantor y Cure, (2008) se estableció la metodología para el muestreo de la presente evaluación.

Se evaluaron en cada parcela 5 plantas al azar. El muestreo se realizó un día antes de la aplicación y después de la primera aplicación el muestreo fue una vez por semana.

Se realizaron boletas de campo para la toma de datos de las muestras de las poblaciones de mosca blanca en cada tratamiento. Para cada tratamiento se evaluaron dos ciclos del cultivo. Se tomaron datos climatológicos: temperatura, humedad relativa y precipitación. La temperatura fue tomada con un termómetro de pared analógico para temperatura ambiente con registro de máxima con escala en °C. La precipitación pluvial con pluviómetro convencional plástico.

13.3.3. Calibración del equipo de aplicación y dosis de los tratamientos

Las aplicaciones se realizaron con bomba de mochila de 16 L. Jacto PJ. Para obtener una buena aplicación de los tratamientos, se realizó la calibración del equipo de aplicación, para garantizar que se aplicó exactamente la dosis calculada y cobertura total del área foliar deseada.

Para la calibración se emplearon las siguientes formulas:

Se calculó la velocidad de desplazamiento para la aplicación. Para ello se necesitó:

- La descarga del equipo en mL/seg.
- El volumen requerido para aplicar la parcela

Fórmula para calcular la descarga:

$$\frac{(\text{prom. vol. total recolectado}) \text{ mL}}{(\text{prom. tiempo de recolección}) \text{ seg}} = \text{mL/seg}$$

Fórmula para calcular el volumen requerido:

$$\frac{(\text{Área parcela}) \text{ m}^2 \times (\text{vol}) \text{ L/ha}}{10.000 \text{ m}^2 / \text{ha}} = \text{litros}$$

Fórmula para calcular el tiempo requerido para aplicar la parcela:

$$\frac{(\text{Volumen}) \text{ mL}}{(\text{Descarga}) \text{ mL/seg}} = \text{segundos}$$

Se tomaron en cuenta el volumen calibrado y la descarga, se calculó la cantidad de sustancia de prueba que se necesitó agregar a la mezcla. Este procedimiento se realizó 3 veces. Se tomó en cuenta que, si la variación entre calibraciones era mayor al 5%, se continuo hasta obtener 3 calibraciones consecutivas que estuvieran dentro del rango establecido (no mayor al 5%).

Luego de la primera calibración, solo se necesitó una verificación, debido a que la bomba ya había sido calibrada al inicio de todas las aplicaciones, se consideró que, si la misma se encontraba dentro del 5% respecto a la calibración original, se tomaba como válido. Si estaba fuera del rango, fue necesario realizar una calibración completa. Posteriormente se realizó el cálculo de la eficiencia de la aplicación. Este se calculó con la siguiente fórmula:

(Volumen aplicado) X (dato de las descargas obtenido en la calibración) X (tiempo de aplicación) = la cantidad de mezcla aplicada a la parcela.

Luego este dato se transformó en L/ha y se comparó con el volumen establecido para cada parcela.

Las dosis que se emplearon fueron las siguientes:

Beauveria bassiana: 4.54 litros/ha

Flupyradifurone: 0.75 L/ha

Flupyradifurone 1 L/ha

13.3.4. Descripción de los tratamientos y aplicación

Los tratamientos se aplicaron cada 15 días. Las aplicaciones iniciaron cuando la planta tenía 15 días después de la germinación. Las aplicaciones se realizaron a las 7:00 de la mañana. Los tratamientos que se evaluaron fueron:

T1: Flupyradifurone 1 L/ha

T2: Flupyradifurone (.75 L/ha) + *Beauveria bassiana*

T3 Flupyradifurone (1 L/ha) + *Beauveria bassiana*

T4: *Beauveria bassiana* 4.54 L/ha

T5: control comercial

T6: control negativo (agua)

T.7: Flupyradifurone .75 L/ha

13.3.5. Determinación del material de rechazo de la cosecha y el rendimiento del cultivo

Cuando llegó el momento de la cosecha, cada parcela fue cosechada en canastas identificadas con cada tratamiento evaluado. Al producto cosechado se evaluaron las características para clasificarlos para la exportación como el tamaño del ejote, forma, grosor, color, daño por otros insectos y por enfermedades.

Estos datos fueron expresados en porcentaje. Se comparó el rendimiento del ejote con calidad para exportación entre cada uno de los tratamientos.

13.3.6. Determinación de los especímenes de mosca blanca colectados

Para la determinación de las especies de mosca blanca que fueron colectadas se empleó las claves taxonómicas de Caballero (1992) y Carapia y Castillo (2013) y descriptores de las especies de mosca blanca de Salas y Mendoza (1995).

13.4. Recolección de datos

Se calculó el tamaño de la muestra, con los siguientes criterios estadísticos: Se tomarán 30 muestras por tratamiento, con un nivel de significancia de .05, un poder del 80% ($\beta = 0.20$). El efecto esperado fue igual a la desviación estándar de las respuestas. Se evaluaron 7 tratamientos. La respuesta esperada fue el porcentaje de la reducción de la población de la mosca blanca por tratamiento. Las aplicaciones en cada tratamiento fueron 3 en total, la primera se realizó cuando la planta tenía 15 días después de haber germinado.

Para el conteo de la población de mosca blanca fueron tomadas en cuenta las metodologías utilizadas en investigaciones similares de mosca blanca (Bueno, Cardona, & Chacón, 2005; y Bernal, Pesca, Rodríguez, Cantor, & Cure, 2008). Se evaluaron en cada

parcela 5 plantas al azar, cada planta fue dividida en 3 estratos: estrato alto, medio y bajo (2 hojas por estrato, haciendo un total de 6 hojas), siendo este un muestreo estratificado.

Las lecturas de las poblaciones se realizaron antes de las aplicaciones de los tratamientos, posteriormente a partir del cuarto día de la aplicación y continuaron semanalmente.

Se tomaron en cuenta el número de moscas blanca adultos y el número de ninfas de mosca blanca encontradas en el muestreo. Estos se realizaron en dos ciclos del cultivo. Se tomaron datos meteorológicos como temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa y precipitación.

13.5. Operacionalización de las variables o unidades de análisis

Tabla 1. Operacionalización de las variables o unidades de análisis de la evaluación.

Objetivo específicos	Enfoque y tipo de investigación	Variables	Técnicas	Instrumentos	Medición o cualificación
Determinar el control poblacional de la mosca blanca por Flupyradifurone y el hongo entomopatógeno <i>Beauveria bassiana</i> en el cultivo del ejote francés en Chimaltenango.	Enfoque: Cuantitativo Tipo de investigación: explicativo experimental	-Población de mosca blanca adultos e inmaduros -Aplicaciones de <i>B. bassiana</i> más Flupyradifurone dosis baja	Conteo de las poblaciones de mosca blanca antes de la aplicación de los tratamientos. Conteo de las poblaciones de mosca blanca después de las aplicaciones.	- Boletas de campos -Equipo de aplicación -Equipo de medición -Esteroscopio	Número de especímenes de mosca blanca Número de mosca blanca: adultos e inmaduros.
Determinar el rendimiento del cultivo con las aplicaciones de Flupyradifurone, <i>Beauveria bassiana</i> y las combinaciones de Flupyradifurone con <i>B. bassiana</i> en el cultivo del ejote francés en Chimaltenango.	Enfoque: Cuantitativo Tipo de investigación: explicativo experimental	Rendimiento del cultivo	Determinación del porcentaje de rechazo de la cosecha. Determinación del rendimiento del cultivo de cada uno de los tratamientos.	Boletas con las características para el rechazo y el rendimiento del cultivo.	Rendimiento del cultivo de cada uno de los tratamientos.

13.6. Procesamiento y análisis de la información

Con los datos de las poblaciones obtenidas de la mosca blanca de los tratamientos, se realizó un análisis descriptivo de cada uno de los tratamientos. Se analizaron las poblaciones de la mosca blanca durante el tiempo de las aplicaciones de los tratamientos, para ello se consideraron los estratos establecidos en la metodología.

Se analizaron los datos tomando en cuenta fecha de colecta (tiempo) y las poblaciones de mosca blanca. Se realizaron análisis individuales para cada uno de los estratos de la planta muestreados: parte baja, parte media y parte alta. Para ello se utilizó el programa Statistica. Esto con la finalidad de conocer la distribución vertical de la mosca blanca en la planta y conocer el efecto de la época seca y época lluviosa en las poblaciones y tratamientos.

Se realizó un análisis de varianza del porcentaje de la reducción de las poblaciones de mosca blanca por los tratamientos evaluados, así como la distribución de la población por estratos (alto, medio y bajo) en la planta, con un nivel de significancia de .05%. El análisis de varianza fue de tres vías con medias repetidas para determinar las diferencias entre tratamientos controlando diferencias posibles dentro de los estratos de la planta y el ciclo del cultivo.

A los resultados obtenidos de cada uno de los tratamientos se les realizó una prueba de normalidad, debido a que su comportamiento no fue normal no era posible aplicar la prueba de varianza, fue necesaria la transformación de los resultados a logaritmo natural (Ln) de adultos y ninfas. Con los datos transformados se realizó un análisis de residuos donde se comprobó que el modelo bivariado es adecuado para las variables debido a que estas se distribuyen aleatoriamente alrededor del modelo en forma normal.

Se realizaron pruebas post hoc después de realizado el ANOVA, se realizó la prueba de Dunnett (comparación con el control). El nivel de significancia para estas pruebas también fue de .05%. También se realizó la prueba de Tukey para conocer las diferencias significativas entre los tratamientos.

Los datos obtenidos en los dos ciclos del cultivo fueron comparados dentro de cada uno de los tratamientos. Se realizó un análisis del conteo de las poblaciones de cada uno de los tratamientos. Para ello se comparó el porcentaje de la reducción de las poblaciones de la mosca blanca entre los tratamientos.

Finalmente, se realizó una comparación descriptiva entre cada uno de los tratamientos para evaluar el porcentaje de daño ocasionado por la mosca blanca en el producto cosechado y en el rendimiento de la planta.

14. Vinculación, difusión y divulgación

Se contó con el apoyo la Agexport, esto permitirá a futuro ir afianzando una alianza para poder realizar investigación entre la Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac) y la Agexport, lo que a su vez contribuirá al apoyo y desarrollo del sector rural en Guatemala, de una manera directa a los productores de distintos sectores agrícolas para la exportación y respondiendo a las necesidades de mayor importancia agrícola del sector.

También se contó con el apoyo de una de las empresas más grandes en el sector de productos no tradicionales de exportación de Guatemala, así como de los productores de ejote francés para la exportación del departamento de Chimaltenango.

Se realizó una capacitación para el personal de las parcelas que colaboraron para realizar la presente investigación, la capacitación consistió en la metodología de muestreo de mosca blanca y correcta aplicación de plaguicidas para el control de la mosca blanca.

Se realizó una capacitación de la investigación con orientación para elaboración de propuestas de investigación para presentar propuestas a Digi a estudiantes de USAC, donde asistieron 39 estudiantes.

Los resultados de esta investigación también serán publicados en una revista indexada.

15. Resultados

A los resultados obtenidos del conteo de poblaciones de mosca blanca de cada uno de los tratamientos se les realizó una prueba de normalidad, debido a que su comportamiento no fue normal, no era posible aplicar la prueba de varianza, fue necesaria la transformación de los resultados a logaritmo natural (Ln) de adultos y ninfas. Con los datos transformados se realizó un análisis de residuos donde se comprobó que el modelo bivariado es adecuado para las variables debido a que estas se distribuyen aleatoriamente alrededor del modelo en forma normal.

Se realizó el análisis de varianza para conocer el efecto de la época seca y la época lluviosa en la población y los tratamientos evaluados.

En la época seca el análisis de varianza (Tabla 2) para el Ln de adultos no presento diferencias significativas entre las covariables evaluadas temperatura máxima y temperatura mínima. La precipitación pluvial si presento diferencias significativas ($p = .005$). Como en el análisis de varianza se pudo determinar que hay diferencia significativa entre las épocas seca y lluviosa.

La prueba de comparaciones Dunnet para Ln de adultos (Tabla 3) mostro diferencias de los tratamientos flupyradifurone dosis (.75 L/ha) + *B. bassiana* y flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* con los demás tratamientos evaluados, demostrando el mejor control de los tratamientos evaluados sobre los adultos de mosca blanca.

En los análisis realizados para las ninfas en la época seca, el análisis de varianza (Tabla 4) la covariable de estratos en la planta (alto, medio y bajo) presentó diferencias significativas ($p = .249$). Para el control de las ninfas de mosca blanca la prueba de Dunnet (Tabla 5) demostró diferencias del grupo formado por el control de los dos testigos y el tratamiento de *B. bassiana* con respecto al grupo formado por los tratamientos: flupyradifurone en su dosis (1 L/ha), flupyradifurone en su dosis (.75 L/ha), y las combinaciones de flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* y flupyradifurones (.75 L/ha) +

B. bassiana. Siendo este grupo el que presento mejor control sobre las poblaciones de ninfas de mosca blanca.

En la época lluviosa el análisis de varianza de Ln adultos (Tabla 6) la temperatura mínima presentó diferencias significativas ($p= .188$). La prueba de comparaciones Dunnet para Ln adultos (Tabla 7) presentó diferencias de los tratamientos flupyradifurone en dosis (1 L/ha y flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana*, donde ambos mostraron mejor control de las poblaciones de adultos en comparación con los demás tratamientos evaluados.

El análisis de varianza (Tabla 8) para Ln ninfas en la época lluviosa presentó diferencias significativas las temperaturas máximas ($p=.322$) y mínimas ($p=.916$), la precipitación pluvial ($p= .465$) y el estrato en la plantav($p= .211$). El tratamiento que presentó el mejor control de las ninfas en la época lluviosa fue flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* (Tabla 9).

Finalmente se realizó el análisis del total de la población (adultos y ninfas), en la prueba de Dunnet (Tabla 10), demostrando diferencias en los tratamientos de flupyradifurone (.75 L/ha) + *B. bassiana* y flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* en comparación con los demás tratamientos. Estos presentaron un mejor control de la población en comparación con los demás tratamientos evaluados.

En la tabla 12 se muestran los resultados de la prueba de Tukey para la población de mosca blanca, se presentan las categorías de Ln total (adultos y ninfas), que presentaron con diferencias a los tratamientos flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* y flupyradifurone (.75 L/ha) + *B. bassiana* como los tratamientos que realizaron el mejor control de las poblaciones. El tratamiento flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* también fue el mejor significativamente para Ln ninfas y Ln adultos.

En relación a la distribución poblacional de la población de mosca blanca se evaluaron 3 estratos (alto, medio y bajo) de la planta, los adultos mostraron diferencias entre los tres estratos para las dos épocas (seca y lluviosa) (Tabla 11). Las ninfas mostraron diferencias entre los estratos para las dos épocas (seca y lluviosa) (Tabla 4 y 8).

En la tabla 13 se describe el rendimiento del cultivo de cada tratamiento, el porcentaje de rechazo de cada tratamiento, el cual fue realizado considerando las características de vainas afectadas por virus (vainas con manchas cloróticas, malformación, tamaño pequeño). Las plantas que presentaron una virosis avanzada fueron eliminadas. El mejor rendimiento lo presentaron los tratamientos de flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* y flupyradifurone en su dosis (.75 L/ha) + *B. bassiana*. Seguido los tratamientos *B. bassiana*, Flupyradifurone dosis (1 L/ha), flupyradifurone (.75 L/ha), quedando de ultima los testigos con agua y absoluto.

Se realizó el estudio taxonómico de los especímenes colectados en las parcelas evaluadas y se determinaron dos especies: *Bemisia tabaci* (Gennadius) y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). La especie más abundante fue *T. vaporariorum* con un porcentaje del 95% del total de las especies de mosca blanca colectadas.

Tabla 2.

Análisis de varianza de Ln adultos en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (Phaseolus vulgaris var. Serengetti) en la época seca

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura mínima	1	36.445	36.4447	60.43	≤.001
Temperatura máxima	1	29.707	29.7071	49.26	≤.001
Precipitación pluvial	1	4.972	4.9721	8.24	.005
Tratamiento	6	26.135	4.3558	7.22	≤.001
Estrato	2	106.498	53.2489	88.30	≤.001
Error	140	84.427	.6030		
Total	151	245.572			

Tabla 3.

Comparaciones múltiples de Dunnett de Ln adultos en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (Phaseolus vulgaris var. Serengetti) en la época seca

Tratamiento	N	Media	Agrupación
testigo absoluto (Control)	22	3.71418	A
testigo + agua	22	3.87958	A
Flupyradifurone (.75 L/ha)	22	3.23367	A
Flupyradifurone (1 L/ha)	22	3.14106	A
<i>Beauveria bassiana</i>	22	3.10862	A
<i>B. bassiana</i> + Flupyradifurone (.75 L/ha)	21	2.81152	
<i>B. bassiana</i> + Flupyradifurone (1 L/ha)	21	2.63059	

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media de nivel de control.

Tabla 4.

Análisis de varianza de Ln ninfas en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (Phaseolus vulgaris var. Serengetti) en la época seca

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura mínima	1	11.009	11.009	9.23	.003
Temperatura máxima	1	29.931	29.931	25.10	≤.001
Precipitación pluvial	1	13.790	13.790	11.56	.001
Tratamiento	6	44.338	7.390	6.20	≤.001
Estrato	2	3.349	1.675	1.40	.249
Error	132	157.398	1.192		
Total	143	277.528			

Tabla 5.

Comparaciones múltiples de Dunnett de Ln ninfas en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (Phaseolus vulgaris var. Serengetti) en la época seca

Tratamiento	N	Media	Agrupación
testigo absoluto (Control)	21	3.20721	A
testigo + agua	22	3.38297	A
<i>Beauveria bassiana</i>	20	2.50905	A
flupyradifurone (1 L/ha)	20	2.30732	
flupyradifurone (.75 L/ha)	20	2.24926	
<i>B. bassiana</i> + flupyradifurone (.75 L/ha)	21	1.95556	
<i>B. bassiana</i> + flupyradifurone (1 L/ha)	20	1.84697	

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Tabla 6.

Análisis de varianza del Ln adultos colectados en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (Phaseolus vulgaris var. Serengetti) en la época lluviosa

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura mínima	1	.563	.5632	1.76	.188
Temperatura máxima	1	1.944	1.9437	6.06	.015
Precipitación pluvial	1	1.281	1.2806	3.99	.048
Tratamiento	6	15.048	2.5080	7.82	≤.001
Estrato	2	169.287	84.6434	263.85	≤.001
Error	126	40.420	.3208		
Total	137	224.484			

Tabla 7.

Comparaciones múltiples de Dunnett de Ln adultos en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (Phaseolus vulgaris var. Serengetti) en la época lluviosa

Tratamiento	N	Media	Agrupación
testigo absoluto (Control)	21	3.01596	A
testigo + agua	20	3.36040	A
<i>Beauveria bassiana</i>	20	2.91458	A
flupyradifurone (.75 L/ha)	20	2.77660	A
<i>B. bassiana</i> + flupyradifurone (.75 L/ha)	19	2.64988	A
flupyradifurone (1 L/ha)	20	2.44653	
<i>B. bassiana</i> + flupyradifurone (1 L/ha)	18	2.29148	

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Tabla 8.

Análisis de varianza del Ln ninfas colectados en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (Phaseolus vulgaris var. Serengetti) en la época lluviosa

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura mínima	1	.4829	.48288	.99	.322
Temperatura máxima	1	.0054	.00543	.01	.916
Precipitación pluvial	1	.2627	.26268	.54	.465
Tratamiento	6	8.6267	1.43778	2.94	.011
Estrato	2	1.5424	.77119	1.58	.211
Error	98	47.8508	0.48827		
Total	109	58.2874			

Tabla 9.

Comparaciones multiples de Dunnet de Ln ninfas en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (Phaseolus vulgaris var. Serengetti) en la época lluviosa

Tratamiento	N	Media	Agrupación
testigo absoluto (Control)	18	3.48449	A
testigo + agua	19	3.48607	A
flupyradifurone (.75 L/ha)	18	3.21058	A
flupyradifurone (1 L/ha)	18	3.10971	A
<i>Beauveria bassiana</i>	15	3.05520	A
<i>B. bassiana</i> + flupyradifurone (.75 L/ha)	12	2.99726	A
<i>B. bassiana</i> + flupyradifurone (1 L/ha)	10	2.51043	

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Tabla 10.

Comparaciones multiples de Dunnet de Ln total de la población (adultos y ninfas) en los tratamientos de la evaluación en el cultivo del ejote francés (Phaseolus vulgaris var. Serengetti)

Tratamiento	N	Media	Agrupación
testigo absoluto (Control)	21	4.02861	A
testigo + agua	21	4.24244	A
flupyradifurone (.75 L/ha)	20	3.78741	A
flupyradifurone (1 L/ha)	20	3.61411	A
<i>Beauveria bassiana</i>	21	3.59924	A
<i>B.bassiana</i> + flupyradifurone (.75 L/ha)	19	3.27429	
<i>B.bassiana</i> + flupyradifurone (1 L/ha)	19	2.76783	

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Tabla 11.

Comparaciones para Ln Adultos por parejas del método LSD Fisher por Estrato de la planta de del ejote francés (Phaseolus vulgaris var. Serengetti) en época seca y lluviosa

Época	Estrato	N	Media	Agrupación
seca	estrato alto	56	3.99333	A
	estrato medio	49	3.63209	B
	estrato bajo	47	2.02568	C
lluviosa	estrato alto	49	4.16093	A
	estrato medio	49	2.79948	B
	estrato bajo	40	1.37764	C

Nivel de significancia de .05. *Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Tabla 12.

Prueba de Tukey para Ln Adultos, Ln ninfas y Ln total de la población de mosca blanca en el cultivo del ejote francés (Phaseolus vulgaris var. Serengetti)

Ln Total (Adultos y ninfas)			
tratamiento	N	Media	Agrupación
testigo + agua	43	4.40772	A
testigo absoluto	43	4.23758	A
flupyradifurone (.75 L/ha)	42	3.67001	B
<i>Beauveria bassiana</i>	43	3.58234	B C
flupyradifurone (1 L/ha)	42	3.56662	B C
<i>B.bassiana</i> + flupyradifurone (.75 L/ha)	40	3.18347	C D
<i>B.bassiana</i> + flupyradifurone (1 L/ha)	40	2.82558	D
Ln Adultos			
tratamiento	N	Media	Agrupación
testigo + agua	42	3.59565	A
testigo absoluto	43	3.36345	A B
flupyradifurone (.75 L/ha)	42	3.00776	B C
<i>Beauveria bassiana</i>	42	2.97952	C
flupyradifurone (1 L/ha)	42	2.80208	C
<i>B.bassiana</i> + flupyradifurone (.75 L/ha)	40	2.65851	C D
<i>B.bassiana</i> + flupyradifurone (1 L/ha)	39	2.40791	D
Ln Ninfas			
tratamiento	N	Media	Agrupación
testigo + agua	41	3.39928	A
testigo absoluto	39	3.27364	A
<i>Beauveria bassiana</i>	35	2.69946	B
flupyradifurone (1 L/ha)	38	2.62489	B
flupyradifurone (.75 L/ha)	38	2.60363	B
<i>B.bassiana</i> + flupyradifurone (.75 L/ha)	33	2.23765	B C
<i>B.bassiana</i> + flupyradifurone (1 L/ha)	30	1.95738	C

Nivel de significancia de .05. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 13.

Cosecha en gramos de los dos ciclos del cultivo evaluados en campo de cada tratamiento en del ejote francés (Phaseolus vulgaris var. Serengetti)

Ciclo del cultivo	Gramos (g)	flupyradifurone (1 L/ha) (g)	flupyradifurone (.75 L/ha) (g)	<i>B.bassiana</i> + flupyradifurone (1 L/ha) (g)	<i>B.bassiana</i> + flupyradifurone (.75 L/ha) (g)	<i>B. bassina</i> (g)	Control Agua (g)	Control Total (g)
1	Peso	47,954	47,917	48,995	48,512	47,938	46,236	46,321
	rechazo	527	508	128	132	219	874	796
	Total	47,427	47,409	48,384	48,380	47,719	45,362	45,525
2	Peso	48,927	48,846	50,122	50,108	48,834	47,013	46,998
	rechazo	658	669	204	231	335	897	911
	Total	48,269	48,177	49,918	49,877	48,499	46,116	46,087

16. Análisis y discusión de resultados

Según el análisis realizado para conocer el efecto de las variables climáticas en la época seca (Tabla 2) en las poblaciones de adultos de poblaciones de mosca blanca ($p= .005$), demostró que precipitación pluvial tienen efecto sobre la población. En la época lluviosa en la población de adulto presento diferencias la temperatura mínima ($p= .188$) y en ninfas la temperatura máxima, mínima y la precipitación pluvial, como se describió en los resultados.

Esto demuestra como la temperatura y la precipitación pluvial juegan un papel importante en la densidad poblacional de la mosca blanca. En otros estudios realizados en ninfas de mosca blanca indican que la precipitación pluvial puede disminuir las poblaciones de ninfas además de indicar que las altas temperaturas favorecen el desarrollo de la población (García Valencia, Mesa Cobo, Estrada, & Mena, 2013).

En las evaluaciones de los tratamientos para el control de adultos de mosca blanca, durante la época seca (Tabla 3) mostro diferencias de los tratamientos flupyradifurone (.75 L/ha) + *B. bassiana* y flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* con los demás tratamientos evaluados, demostrando que estos dos presentaron el mejor control de los tratamientos sobre los adultos de mosca blanca. Esto demuestra que la combinación de los productos flupyradifure mas *B. bassiana* utilizados juntos presentan un mejor control sobre poblaciones de adultos la mosca blanca en la época seca.

En la época lluviosa, se presentó una variante comparándolo con los resultados de la época seca, en la prueba de comparaciones Dunnet para Ln adultos (Tabla 7) mostró diferencias significativas de los tratamientos flupyradifurone (1 L/ha) y flupyradifurone (.75 L/ha) + *B. bassiana*, ambos tratamiento fueron los que realizaron un mejor control de adultos de mosca blanca. El tratamiento que fue consistente como el mejor control para adultos de mosca blanca en época seca y época lluviosa fue la combinación de flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana*. La precipitación pluvial pudo haber afectado principalmente al componente *B. bassiana*, disminuyendo su efecto sobre la población.

Las ninfas en época seca (Tabla 5) muestra los mejores tratamientos para su control son las combinaciones de Flupyradifuron (1 L/ha) + *B. bassiana* y flupyradifuron (.75 L/ha

) + *B. bassiana* así como los tratamientos de flupyradifurone (1 L/ha) y flupyradifurone (.75 L/ha). A diferencia de la época lluviosa, donde el mejor tratamiento para el control de ninfas (Tabla 9), mostrando diferencias significativas fue flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana*. Este tratamiento ha sido consistente como el mejor control de adultos y ninfas en la época seca y en la época lluviosa. Cuando se realizó el análisis con la prueba de Dunnett con el total de la población los mejores tratamientos para el control de la mosca blanca (adultos y ninfas) fueron los tratamientos flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* y flupyradifurone (.75 L/ha) + *B. bassiana*. Es posible que las temperaturas máximas de la época seca afectaran la eficiencia de *B. bassiana*, por tal motivo en la época seca están dentro de un mismo grupo estos cuatro tratamientos (Tabla 4).

Los tratamientos fueron aplicados a las 7 am, sin embargo, tomando en cuenta los resultados, donde la temperatura pudo haber afectado al hongo entomopatógeno *B. bassiana* es importante considerar para futuras aplicaciones realizarlo en horas donde está finalizando la tarde.

El mejor tratamiento para el control de las poblaciones de mosca blanca tanto adultos como ninfas fue flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana*. El tratamiento flupyradifurone (.75 L/ha) + *B. bassiana* también presentó control en las poblaciones aunque en la época lluviosa fue superado por el tratamiento flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana*. Probablemente las lluvias afectaron principalmente a *B. bassiana*, por lo que se recomienda para futuras evaluaciones agregar un adherente en los tratamientos.

Otros estudios que buscan la combinación de flupyradifurone con otro elemento que no sea químico para el control de plagas han sido realizados, como el de Kumar, Kakkar, McKenzie y Osborne (2017), donde el objetivo de la investigación fue combinar flupyradifurone con *Amblyseius swirskii* para el control de mosca blanca, donde los resultados estadísticos indicaron que el mejor tratamiento fue la combinación de flupyradifurone + *Amblyseius swirskii* al ser comparado con los tratamientos de flupyradifurones y *Amblyseius swirskii* aplicados individualmente. También quedó demostrado que flupyradifurone no afecta las poblaciones del acaro *Amblyseius swirskii*.

Flupyradifurone ha estado en el mercado desde el año 2015 en los Estados Unidos, donde las evaluaciones han demostrado su efecto en plagas succionadoras, especialmente para el control de áfidos y mosca blanca, plagas que han demostrado tener un mecanismo metabólico de resistencia a insecticidas neonicotinoides (Nauer, et al., 2015).

La combinación de flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* y flupyradifurone (.75 L/ha) + *B. bassiana* podrían ser una herramienta para un programa de MIP para el control de la mosca blanca debido a que dentro de los productos más empleados para su control han sido el tiametoxam y el imidacloprid, ambos neonicotinoides, los cuales son dañinos para la abejas y estudios realizados en mosca blanca han demostrado que se requiere una dosis letal media mayor para estos productos en comparación con el flupyradifurone, mostrando diferencias significativas (Smith, Nagle, MacVean, & McKenzie, 2016).

En la tabla 12 se observa como la prueba de Tukey muestra diferencias significativas al tratamiento flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana*, este tratamiento fue el que mejor control realizó de la población, a pesar de las diferencias que se presentaron en la época seca y época lluviosa, finalmente estos resultados ayudan a concluir que este tratamiento que consistió en la combinación de flupyradifurone (1L/ha) con el hongo entomopatógeno *B. bassiana* puede ser una valiosa herramienta para ser empleado dentro de un programa de manejo integrado de plagas.

Otros estudios se realizaron para evaluar la combinación del hongo entomopatógeno *Methrhizium anisopliae* con el insecticida imidacloprid para el control de *Aedes aegypti* con el objetivo de incrementar la eficacia del entomopatógeno *M. anisopliae*. Los resultados demostraron que esta combinación de imidacloprid + *M. anisopliae* fue el mejor tratamiento par control de *A. aegypti* (Paula, Carolino, Paula, & Samuels, 2011).

La combinación de un insecticida con un organismo de control biológico, como los hongos entomopatógenos han sido empleados para el control de plagas agrícolas. Esta combinación permite que el efecto del insecticida debilite al insecto, le provoque estrés y altera su comportamiento, esto es aprovechado por el organismo entomopatógeno para mejorar su efecto de control en la plaga. Esta combinación también permite reducir la carga química, reducir el impacto al ambiente y acelerar el proceso de muerte del insecto para el

control de las plagas, a diferencia del tiempo que requiere un entomopatógeno para matar al huésped (Boucias, Stokes, & Pendland, 1996; Quintela, & McCoy, 1998).

Estudios donde se evaluó el efecto del imidacloprid y el fipronil con los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre el comportamiento de las termitas *Heterotermes tenuis* demostraron que la combinación del imidacloprid mas *B. bassiana* trabajan de forma sinérgica obteniendo un mejor control sobre las poblaciones. Es posible que el fipronil no dio los mismos resultados por su modo de acción de su ingrediente activo en el insecto. El imidacloprid es un insecticida nenicotinoide, sistémico, que actúa como una neurotoxina ligados a los receptores nicotínicos de la acetilcolina, donde la capacidad de estresar al insecto favorece la acción del hongo actuando de forma sinérgica (Moino & Alves, 1998).

El modo de acción de Flupyradifurone consiste en actuar como un agonista del receptor nicotínico acetilcolina del insecto (nAChR), de esta forma imita al neurotransmisor de la acetilcolina. Este no puede ser activado por la enzima respectiva, en su forma natural, por lo que causa excitación del nervio de la célula, este efecto duradero provocará una alteración el en nervio del insecto y posteriormente su colapso (Nauen, R. et.al. 2015).

El sinergismo de flupyradifurone con *B. bassiana* podría ser beneficiado cuando el sistema nervios del insecto empieza ser afectado, permitiéndole al hongo actuar y provocar su muerte por ambas vías.

La combinación de flupyradifurone más *B. bassiana* debido a que ejerció un mejor control en las poblaciones de mosca blanca podría incluirse dentro de un programa de manejo integrado de plagas (MIP), buscando el buen manejo de la población de mosca blanca y reducir la carga química en el cultivo. Asimismo, el empleo de este agroquímico ha sido reportado seguro para las abejas, como lo indican Hesselbach y Scheiner (2018) en su estudio donde demostraron que solo en dosis altas podría ser afectadas las abejas, sin embargo, en un programa de MIP se busca que las aplicaciones no sean en horas donde las abejas están en una alta actividad para su protección.

En la Tabla 11 se observa que se presentaron diferencias significativas en los 3 estratos de la planta (alto, medio, bajo) muestreados en los adultos de la mosca blanca, esto

pudo deberse a que, en los estratos alto y medio, que es donde estaban la mayoría de las moscas, son hojas más jóvenes, donde las moscas pueden mostrar preferencia para su alimentación. En estudios similares en cuanto a la distribución de ninfas y adultos de *T. vaporariorum* en el cultivo del tomate, mostraron preferencias significativas en los folíolos 7 y 8, siendo estas hojas más jóvenes (Bernal, Pesca, Rodríguez, Cantor, & Cure, 2008).

Sin embargo, la distribución de las ninfas en los 3 estratos evaluados (alto, medio y bajo) en la planta del ejote francés, mostraron diferencias significativas (Tabla 3), presentando preferencias por los estratos alto y medio en la época seca ($p= .249$) y lluviosa ($p= .211$, Tabla 7). Otros estudios realizados en la distribución de las ninfas, pero en el cultivo del tomate presentados en el cultivo del tomate por Bernal, Pesca, Rodríguez, Cantor y Cure (2008) si muestran preferencias las ninfas por el tercio inferior y parte media de la planta del tomate, presentando estas áreas hojas jóvenes.

En la tabla 13 se describe el rendimiento del cultivo de cada tratamiento, el porcentaje de rechazo de cada tratamiento, el cual fue realizado considerando las características de vainas afectadas por virus (vainas con manchas cloróticas, malformación, tamaño pequeño). Las plantas que presentaron una virosis avanzada fueron eliminadas. El mejor rendimiento lo presentaron los tratamientos de flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* y flupyradifurone (.75 L/ha) + *B. bassiana*. Siguiendo los tratamientos *B. bassiana*, flupyradifurone (1 L/ha) y flupyradifurone (.75 L/ha). Estudios realizados con el plaguicida flupyradifurone en comparación con tiametoxam, el cual es otro plaguicida para el control de mosca blanca se determinó que el flupyradifurone además de tener mejor control sobre mosca blanca, también ejerció una mejor supresión del virus TYCV en el cultivo del tomate, con un 85%, mientras que el tiametoxam con un 25% (Roidakis, Stavrakaki, Grispou, Achimastou, Waetermeulen, Nauen, & Tsagkarakou, 2017).

16.1. Recomendaciones para un Manejo Integrado de Plagas

Para un manejo integrado de plagas dirigido a la mosca blanca en el cultivo del ejote francés, es importante tomar en cuenta que la mosca blanca ya ha adquirido resistencia a los insecticidas neonicotinoides. La busque de nuevas alternativas han sido necesarias. Dentro del control para la mosca blanca se recomienda incluir los tratamientos de la presente investigación que presentaron el mejor control en las poblaciones (adultos y ninfas) de mosca blanca: flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* (4.54 L/ha) y flupyradifurone (.75 L/ha) + *B. bassiana* (4.54 L/ha). El flupyradifurone también tiene la ventaja de ser seguro para las abejas.

Este tratamiento debe ser alternado con otros controles como el parasitoide *Amitus* sp. para el control de *T. vaporariorum*, *Encarsia* sp. para el control de *B. tabaci*. Los cuales fueron encontrados en las plantaciones del ejote francés donde fueron realizadas las evaluaciones. Estos pueden ser liberados principalmente en las plantaciones de ejote francés que es cultivado en macro túneles.

El manejo de los restos de cosecha es importante, el cual debe ser retirado de las fincas inmediatamente luego de la eliminación de las plantas. En algunas fincas se emplean los microtuneles por surcos del ejote francés, esta es una buena práctica debido a que protege el cultivo de plagas, como la mosca blanca desde los primeros días de haber germinado hasta antes de iniciar la cosecha.

El uso de barreras alrededor del cultivo además de la protección de insectos de cultivos vecinos ayuda a la protección de la contaminación cruzada por plaguicidas aplicados a otros cultivos.

El uso de insecticidas de contacto es importante evitarlos debido a que estos también mataran a insectos benéficos presentes en la plantación como los polinizadores, parasitoides o depredadores.

17. Conclusiones

- La combinación de flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* y de flupyradifurone (.75 L/ha) + *B. bassiana* fueron los mejores tratamientos para el control de poblaciones de mosca blanca.
- El mejor rendimiento lo presentaron los tratamientos de flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* y flupyradifurone(.75 L/ha) + *B. bassiana*.
- Las especies de mosca blanca que fueron colectadas fueron *Bemisia tabaci* (Gennadius) y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). La especie más abundante fue *T. vaporariorum*.
- La combinación de flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* y flupyradifurone (.75 L/ha) + *B. bassiana* podrían ser una herramienta para un programa de MIP para el control de la mosca blanca.

18. Impacto esperado

La investigación aportó importante información para el manejo de las poblaciones de la mosca blanca en el cultivo del ejote francés. Con esta información se podrá incluir los tratamientos flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* y flupyradifurone (.75 L/ha) + *B. bassiana* dentro de programas de manejo integrado de plagas (MIP), principalmente para el área de Chimaltenango. Un MIP donde se incluyan estos tratamientos permitirá reducir los daños ocasionados por la mosca blanca y ayudará a reducir las aplicaciones de agroquímicos, esto tendrá un menor impacto en el ambiente.

Con los tratamientos flupyradifurone (1 L/ha) + *B. bassiana* o flupyradifurone (.75 L/ha) + *B. bassiana* se podrá sustituir algunos agroquímicos que representan un riesgo para la exportación, reducir el uso de agroquímicos también beneficiará el medio ambiente y reducirá el riesgo de los aplicadores de agroquímicos. El empleo de estos productos (flupyradifurone + *B. bassiana*) en el programa de manejo integrado de plagas para el ejote francés permitirá tener mayor control con los residuos químicos y los MRL para el mercado internacional, así como garantizar la inocuidad de la cosecha en cuanto a contaminación por agroquímicos que pueden tener un efecto nocivo para la salud de los consumidores. Con la presente investigación se beneficia a los productores del cultivo del ejote francés.

19. Referencias

- Asociación Guatemalteca de Exportadores. (2018). Ejote Francés. Recuperado de:
http://portal.export.com.gt/portal/clientes/tecnicas_nacionales/ejote%20frances.pdf
- Asociación Guatemalteca de Exportadores. (2013). Comité de Arvejas y vegetales.
Recuperado de: <http://agexporthoy.export.com.gt/agexport/en-los-ultimos-5-anos-guatemala-anualmente-ha-exportado-80-millones-de-libras-de-arveja-y-ejote/>
- Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán. (2005).
Monografía del Municipio de Parramos. Guatemala: José Pineda Ibarra.
- Bernard, M., Nderitu, J., & Toroitich, F. (2014). Management of Thrips in French Bean by Integrating Biological and Synthetic Pesticides in Conventional Spray Regimes. *Journal of Renewable Agriculture*, 2(2), 27-37. doi: 10.12966/jra.06.02.2014
- Bernal, L., Pesca, L., Rodríguez, D., Cantor, F., & Cure, J. (2008). Plan de muestreo para *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) en cultivos comerciales de tomate. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 266-276.
- Bueno, J., Cardona, C., & Chacón, P. (2005). Fenología, distribución espacial y desarrollo de métodos de muestreo para *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: aleyrodidae) en habichuela y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Revista Colombiana de Entomología*, 31(2), 161-170.
- Bidochka, M., Kasperski, J., Kasperski, J., & Wild, G. (1998). Occurrence of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in soils from temperate and near-northern habitats. *Canadian Journal of Botany*, 76(7), 1198-1204. doi: 10.1139/b98-115
- Caballero, R. (1992). Whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) from Central America and

Colombia field keys including slide-mounted pupal and field keys for identification, field characteristics, hosts, distribution, natural enemies and economic importance. (Tesis de maestría). Kansas State University, Kansas.

Cámara del Agro, & Agrequima. (2015). El AGRO es vital para la economía del país: Elementos de Propuesta de Política Agrícola para Guatemala. Recuperado de: <https://agrequima.com.gt/site/wp-content/uploads/2017/05/Elementos-de-Propuesta-Politica-para-Guatemala.pdf>

Campuzano-Martínez, A., Rodríguez-Maciel, J.C., Lagunes-Tejeda, A., Llanderal-Cázares, C., Teran-Vargas, A.T., & Vera-Graciano, J. (2010). Aptitud biológica de poblaciones de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotipo b (Hemiptera: Aleyrodidae) con diferente susceptibilidad al insecticida thiametoxam. *Neotropical Entomology*, 39, 430-435.

Carapia, V., & Castillo, A. (2013). Estudio comparativo sobre la morfología de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) y *Bemisia tabaco* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 35(2), 177-184.

Castillo, N., & González, C. (2008). Comportamiento poblacional de insectos fitófagos en el unicultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y en la asociación con maíz (*Zea mays* L.) *Revista de Protección Vegetal*, 23(3), 154-159.

Cuellar, E., & Morales, F. (2006). La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga vectora de virus en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) *Revista Colombiana de Entomología*, 32(1), 1-9.

Espinel, C., Torres, L., Grijalba, E., Villamizar, L., & Cortes, A. (2008). Preformulados para control de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) en condiciones de laboratorio. *Revista Colombiana de Entomología*, 34 (1), 22-27

- European commission (2017). Pesticide residues. Recuperado de: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>
- Gámez, R. (1971). Los virus del frijol en Centroamérica. Transmisión por mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) y plantas hospedantes del VMDF. *Turrialba*, 21, 22-27.
- García Valencia, Y., Mesa Cobo, N.C., Estrada, E.I., & Mena, Y. (2013). Estudio de la resistencia a *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) en germoplasma cultivado y silvestre de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Acta Agronómica*, 62(4), 361-369.
- González, M., Muñiz, J., & García, E. (2002). Cultivos asociados y uso de arropo para el manejo de *Bemisia tabaci* y el virus del mosaico dorado en frijol. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 66, 39-44.
- Gonzalvez, F., Leal, A., Moraes, S., Pagotto, C., Major, R., & Chiaroto, A. (2010). Infestacao de *Bemisia tabaci* biotipo B y *Caliothrips phaseoli* em genotipos de feijoeiro. *Bragantia*, 69(3), 637 -648.
- Greenberg, S., Jones, W., & Tong-Xian L. (2009). Tritrophic interactions among host plants, whiteflies and parasitoids. *Southwestern Entomologist*, 34(4), 431-445.
- Guzmán, V. (2016). Anexo 4: Diagnostico de la Cadena de Vegetales (Con Énfasis en Arveja China y Arveja Dulce). Proyecto Paisajes productivos resilientes al cambio climático y redes Socioeconómicas fortalecidas en Guatemala. Recuperado de: <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/9813.pdf>
- Hesselbach, H., & Scheiner, S. (2018). Effects of the novel pesticide fupyradifurone (Sivanto) on honeybee taste and cognition. *SCientifiC Reports*, 8(4954), 1-8. doi:10.1038/s41598-018-23200-0

- Instituto Nacional de Estadísticas. (2013). Caracterización departamental Chimaltenango 2013. Recuperado de: <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/07/20/uYeKswXf9BHOJHZZZ7f7eR8CaMWVXnzg.pdf>
- Jones, D. (2003). Plant Viruses Transmitted by Whiteflies. *European Journal of Plant Pathology*, 109(3), 195-219. doi:10.1023/A:1022846630513
- Kandil M., Saleh A., El Dief W., & Farghaly S. (2008). Resistance mechanisms of whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to thiamethoxam and propenofos. *Asian Journal of Biological Sciences*, 1, 33-38.
- Koppernhofer, A. M., Brow, L. M., Gaugle, R., Grewal, P. S., Kaya, H. K., & Klein, M. G. (2000). Synergism of Entomopathogenic Nematodes and Imidacloprid against White Grubs: Greenhouse and Field Evaluation. *Biological Control*, 19(3), 245-251
- Kumar, V., Kakkar, G., McKenzie, C.L., & Osborne, L.S. (2017). Efficacy of Foliar Application of Flupyradifurone on *Bemisia tabaci* (MED Whitefly) and *Amblyseius swirskii*. *Arthropod Management Tests*, 20(10), 1–2. doi: 10.1093/amt/tsx132
- Liu, B., Yan, F., Chu, D., Pan, H., Jiao, X., Xie., ...Zang, Y. (2012). Difference in Feeding Behaviors of Two Invasive Whiteflies on Host Plants with Different Suitability: Implication for Competitive Displacement. *International Journal Sciences*, 8(5), 697–706.
- Lorencao, L., Fugi, G., & Matos, E. (2008). Outbreaks of *Trialeurodes vaporariorum* (West.) (Hemiptera: Aleyrodidae) under field conditions in the state of Sao Paulo, Brazil. *Neotropical Entomology*, 37(1), 089-091.
- Macías-Flores, A., Santillán-Ortega, C., Robles-Bermudez, A., Ortiz-Cantón, M., & Cambero-Campos, O. (2013). Selected events of resistance to insecticides in whiteflies (Hemiptera:Aleyrodidae) in the world. *BioCiencias*, 2(2), 4-16.

- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (2014). Perfil Comercial Ejote Francés. Recuperado de: <http://web.maga.gob.gt/download/Perfil%20ejote.pdf>
- Moino, A., & Alves, S.B. (1998). Efeito de Imidacloprid e Fipronil sobre *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuille *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e no Comportamento de Limpeza de *Heterotermes tenuis* (Hagen). *Anis da Sociedade Entomologica do Brasil*, 27(4), 611-619.
- Morales, F. (2006). Hystory and current distribution of begomoviruses in Latin America. *Plant Virus Epidemiology*, 67, 127-162.
- Morales, F., & Anderson, P. (2001). The emergence and dissemination of whitefly-transmitted geminiviruses in Latin America. *Archives of Virology*, 146, 415–441.
- Mondas, E. O., Munene, S., & Ndegua, A. (2003). French beans production constraints in Kenya. *African Crop Science Conference Proceedings*, 6, 683-687.
- Nauen, R., Jeschke, P., Elten, R., Beck, M., Ebbinghaus-Kintscher, U., Thielert, W., ... & Raupach, G. (2015). Flupyradifurone: a brief profile of a new butenolide insecticide. *Pest Management Science*, 71, 850–862.
- Naveen, N. C., Chaubey, R., Kumar, D., Rebijith, K. B., Rajagopal, R., Subrahmanyam, B., & Subramanian, S. (2017). Insecticide resistance status in the whitefly, *Bemisia tabaci* genetic groups Asia-I, Asia-II-1 and Asia-II-7 on the Indian subcontinent. *Cientific Reports*, 7(40634), 1 – 15. doi: 10.1038/srep40634
- Padmavathi, J., Uma Devi, K. & Uma Maheswara Rao, C. (2003). The optimum and tolerance pH range is correlated to colonial morphology in isolates of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* – a potential biopesticide. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19(5), 469–477.
doi:10.1023/A:1025151000398

- Paula, A. R., Carolino, A. T., Paula, C. O., & Samuels, R. I. (2011). The combination of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* with the insecticide Imidacloprid increases virulence against the dengue vector *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Parasites & vectors*, 4(8), 1-8. doi:10.1186/1756-3305-4-8
- Perring, T. M. (2001). The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Protection*, 20, 725- 737.
- Rahman, M., Zhang, S., & Liu, T. (2015). Whitefly, host plant and parasitoid: A review on their Interactions. *Asian Journal of Applied Science and Engineering*, 4(1), 48-61.
- Raimondo, J. (2007). Mezcla de Plaguicidas. En: Elementos fundamentales para el buen Uso de fitoterapeuticos: Dosis, modo de acción y prevención de deriva. Tucumán: Jornada de actualización.
- Roditakis, E., Stavrakaki, M., Grispou, M., Achimastou, A., Waetermeulen, X.A., Nauen, R., & Tsagkarakou, A. (2017). Flupyradifurone effectively manages whitefly *Bemisia tabaci* MED (Hemiptera:Aleyrodidae) and Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) in tomato. *Pest Management Science*, 73(8), 1574-1584. doi: 10.1002/ps.4577
- Smith, H.A., Nagle, C.A., MacVean, C.A., & McKenzie, C.L. (2016). Susceptibility of *Bemisia tabaci* MEAM1 (Hemiptera: Aleyrodidae) to imidacloprid, thiamethoxam, dinotefuran and flupyradifurone in south Florida. *Insects*,7(57), 1-12. doi:10.3390/I.2016-7040057.
- Salas, J., & Mendoza, O. (1995). Biology of the Sweetpotato Whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on Tomato. *The Florida Entomologist*, 78(1), 154-160 doi: 10.2307/3495680

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

Svetlana, N., Ruiz, E., Coronado, J., & Corona, A. (2010). Especies de Encarsia (Hymenoptera: Aphelinidae) que parasitan *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) en Tamaulipas y Morelos, México y descripción de una nueva especie. *Dugesiana*, 17, 129-135.

U.S. Government Publishing Office (2007). Electronic Code of Federal Regulations.
Recuperado de <https://gov.ecfr.io/cgi-bin/ECFR>

Villar Sánchez, B., López Salinas, E., & Acosta Gallegos, J. (2003). Selección de genotipos de frijol por rendimiento y resistencia al mosaico dorado y suelos ácidos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(2), 109 – 114.

20. Apéndice



Figura 1. *Parcela del cultivo del ejote francés Phaseolus vulgaris var. Serengetti donde se realizó la evaluación, Parramos, Chimaltenango.*



Figura 2. *Muestras de mosca blanca en el cultivo del ejote francés Phaseolus vulgaris var. Serengetti*

Listado de los integrantes del equipo de investigación (en una sola hoja)

Contratados por contraparte y colaboradores Nombre

Nombre	Firma

Contratados por la Dirección General de Investigación

Nombre	Categoría	Registro de personal	pago		Firma
			SI	NO	
Claudia E. Toledo Perdomo		20000273		x	

Guatemala 27 de noviembre de 2018

M.Sc. Claudia Elizabeth Toledo Perdomo
Coordinadora
Proyecto de Investigación Partida 4.8.57.246

Ing. Agr. Saúl Guerra Gutiérrez
Coordinador del Programa
de Recursos Naturales

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas