



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Maestría en Ciencias en Sanidad Vegetal

Trabajo de Tesis

**Uso de insecticidas sintéticos y bioplaguicidas para el
manejo de *Melanaphis sacchari* (Hemíptera:
Aphididae), otros insectos plagas y su efecto sobre
enemigos naturales en sorgo.**

Autor

Ing. Ariel Alexander Mena García.

Asesor

Dr. Edgardo Salvador Jiménez Martínez.

Managua, Nicaragua

Mayo, 2021



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Maestría en Ciencias en Sanidad Vegetal

Trabajo de Tesis

Tesis presentada ante el honorable comité evaluador como requisito final para optar al grado de Maestro en Ciencias en Sanidad Vegetal.

Uso de insecticidas sintéticos y bioplaguicidas para el manejo de *Melanaphis sacchari* (Hemíptera: Aphididae), otros insectos plagas y su efecto sobre enemigos naturales en sorgo.

Autor

Ing. Ariel Alexander Mena García.

Managua, Nicaragua

Mayo, 2021

Hoja de Aprobación del Comité Evaluador

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

Maestro en Ciencias en Sanidad Vegetal

Miembros del Honorable Comité Evaluador

Dr. Arnulfo Monzón Centeno
Presidente

MSc. Eliezer Lanuza Rodríguez
Secretario

MSc. Trinidad Castillo Arévalo
Vocal

Managua, 07 de mayo 2021.

DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de hacer realidad un sueño más. Por la fuerza, Su Amor, por proveer todos los recursos, por Su favor y misericordia... ¡Ésta corona es Tuya!

Mis padres Ariel Antonio Mena Useda y Josefa Lourdes García Bolaños, por ser los principales pilares de mi formación profesional, por su esfuerzo invaluable, del cual aún seguimos cosechando frutos. ¡Los amo!

Mis hermanas Zildjian, la luz de mis ojos, mi orgullo, mi niña, este triunfo también es tuyo, ve en mí un ejemplo a seguir y Britney, recuerda que la vida sigue, lo mejor de la vida te pertenece, eres y serás una mujer de grandes éxitos.

Mis abuelitos Sr. Reynaldo García (QEPD), Sra. Socorro Bolaños (QEPD), Sr. Carlos Useda (QEPD) y Sra. Juana Mena, por todos los consejos brindados y que por supuesto que aun los guardo en mi corazón.

A esa persona que ocupa un lugar especial en mí, a la que Dios preparó como mi compañera de vida, quiero que estés orgullosa y contenta ya que este logro por supuesto que es tuyo también.

Mi mentor académico, profesor y gran amigo Dr. Edgardo Jiménez, gracias por su apoyo total, por los conocimientos compartidos, mis respetos y gran admiración por usted.

¡Bendiciones a todos!

Ariel

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios, porque este sueño primeramente nació en el corazón de Él.

Mi alma mater, por las puertas abiertas y a la vez brindarme la oportunidad de estudiar la maestría en sanidad vegetal otorgando la beca completa.

Mi asesor al Dr. Edgardo Salvador Jiménez Martínez, por su valioso apoyo.

La Dirección de Investigación Extensión y Posgrado -UNA, por la financiación de este proyecto de investigación.

Sr. Donald Sotelo, productor de sorgo, por permitir la realización de la etapa de campo de este estudio.

Al Ing. Frank Carrasco Osorio de Ecologika de Nicaragua, por su apoyo incondicional.

Al Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA), por brindar los permisos necesarios para asistir a todas las actividades curriculares que conlleva este programa.

Todos los docentes del DPAF- UNA, por los conocimientos compartidos.

¡Muchas Gracias!

Ariel

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1 Ubicación del área de estudio	14
4.2 Diseño experimental	14
4.3 Manejo agronómico del ensayo	14
4.4 Metodología de muestreo de <i>M. sacchari</i>	15
4.5 Aplicación de insecticidas	15
4.6 Descripción de los tratamientos	15
4.6.1 T1 <i>Beauveria bassiana</i> + <i>Metarhizium anisopliae</i> (M. A [®] 17.5 SP).	15
4.6.2 T2 Extractos de crisantemo + jabón potásico (Pirex [®] 6% EC)	16
4.6.3 T3 Extractos de limón (Biocontrol limoneno [®] 90 EC).	16
4.6.4 T4 Thiametoxam (TASK [®] 25 WG)	16
4.6.5 T5 Sulfoxaflor (TARGET [®] 24 SC)	16
4.6.6 T6 Testigo Absoluto	17
4.7 Variables evaluadas	17
4.7.1 Número de ninfa, alados y ápteros de <i>M. sacchari</i> por planta	17
4.7.2 Número de <i>S. frugiperda</i> por planta	17
4.7.3 Número de <i>Coccinela</i> sp por planta	17
4.7.4 Número de larvas de <i>Chrysoperla</i> sp por planta	17
4.7.5 Rendimiento en kg/ha de los tratamientos evaluados	17
4.8 Análisis económico	18
4.8.1 Análisis de presupuesto parcial	17
4.8.2 Costos fijos	18
4.8.3 Costos variables	18
4.8.4 Costos totales	18
4.8.5 Rendimiento bruto	18

4.8.6 Rendimiento ajustado	18
4.8.7 Precio del producto	19
4.8.8 Beneficio bruto	19
4.8.9 Beneficio neto	19
4.8.10 Análisis de dominancia	19
4.8.11 Análisis de retorno de la tasa marginal	19
4.8.12 Análisis estadísticos de las variables	19
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
5.1 Fluctuación poblacional de ninfas, adultos ápteros y adultos alados de <i>M. sacchari</i> , en los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	20
5.1.1 Fluctuación poblacional de adultos alados de <i>M. sacchari</i> en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	20
5.1.2 Fluctuación poblacional de adultos ápteros <i>M. sacchari</i> , en los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	22
5.1.3 Fluctuación poblacional de ninfas de <i>M. sacchari</i> , en los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	24
5.2 Fluctuación poblacional de otros insectos plagas asociados al cultivo de sorgo	26
5.2.1 Fluctuación poblacional de larvas <i>S. frugiperda</i> en los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya. 2018	26
5.3 Fluctuación poblacional de insectos benéficos asociados al cultivo de sorgo	29
5.3.1 Fluctuación poblacional de <i>coccinella</i> sp en los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	29
5.3.2 Fluctuación poblacional de larvas de León de áfidos (<i>Chrysoperla sp</i>) en los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	31
5.4 Comparación del rendimiento total en kg/ha de los tratamientos evaluados en el cultivo de sorgo, de septiembre a diciembre, Los Altos, Masaya 2018	33
5.5 Comparación económica de cada uno de los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, 2018	34
5.6 Análisis de dominancia	36
5.7 Análisis de la tasa de retorno marginal	37
VI. CONCLUSIONES	38
VII. RECOMENDACIONES	39
VIII. LITERATURA CITADA	40
IX. ANEXOS	45

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Descripción taxonómica de <i>M. sacchari</i>	7
2.	Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de adultos alados de <i>M. sacchari</i> por tratamiento evaluado de septiembre a diciembre de 2018	21
3.	Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de adultos ápteros de <i>M. sacchari</i> por tratamiento evaluado en el periodo de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	23
4.	Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de ninfas de <i>M. sacchari</i> por tratamiento evaluado de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	25
5.	Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de larvas de <i>S. frugiperda</i> por tratamiento evaluado de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	27
6.	Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de <i>Cochinella</i> sp por tratamiento evaluado de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya. 2018	30
7.	Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de larvas de León de áfidos (<i>Chrysoperla</i> sp) por tratamiento evaluado de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	32
8.	Presupuesto parcial de los tratamientos evaluados e septiembre a diciembre en Nindirí, Masaya, 2018	34
9.	Análisis de dominancia de los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	36
10.	Análisis de la tasa de retorno marginal de los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	37

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Fluctuación poblacional de adultos alados <i>M. sacchari</i> , en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	20
2.	Fluctuación poblacional de adultos ápteros de <i>M. sacchari</i> , en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	22
3.	Fluctuación poblacional de ninfas de <i>M. sacchari</i> , en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	24
4.	Fluctuación poblacional de larvas de <i>S. frugiperda</i> , en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	26
5.	Fluctuación poblacional de larvas de <i>Coccinella</i> sp, en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	29
6.	Fluctuación poblacional de larvas de <i>Chrysoperla</i> sp, en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	31
7.	Comparación del rendimiento total en kg/ha en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018	33

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Colonia de <i>M. sacchari</i> a los 30 dds	45
2.	Muestreo de <i>M. sacchari</i> en sorgo	45
3.	Población de <i>M. sacchari</i> a los 45 dds	45
4.	Tutor: Dr. Edgardo Jiménez y Tesista: Ing. Ariel Mena	46
5.	Producto usado en el tratamiento microbiano formulado a base de esporas de <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i>	46
6.	Rendimiento cosechado con humedad del 12% por parcela de los tratamientos evaluados	46
7.	Tratamiento botánico formulado usado a base extractos de crisantemo y jabón potásico	46
8.	Diseño de campo BCA, finca San José, Masaya	47
9.	Infección y colonización de <i>B. bassiana</i> en <i>M. sacchari</i>	47
10.	Crecimiento micelial de <i>B. bassiana</i> en <i>M. sacchari</i>	48
11.	Panoja de sorgo tratada con Thiametoxam vs Testigo	48
12.	Aplicación de insecticida en los tratamientos evaluados	48
13.	Huevecillos de Crisópidos en colonia de <i>M. sacchari</i>	48
14.	Plano de campo (Bloques completamente aleatorizado)	59
15.	Hoja de muestreo para pulgón amarillo en el cultivo de sorgo, Finca San José, Los Altos, Masaya 2018	50
16.	ANDEVA del número de ninfas de <i>M. sacchari</i> en los tratamientos evaluados	51
17.	ANDEVA del número de adultos ápteros de <i>M. sacchari</i> en los tratamientos evaluados	51
18.	ANDEVA del número de adultos alados de <i>M. sacchari</i> en los tratamientos evaluados	51
19.	ANDEVA del número de <i>S. frugiperda</i> en los tratamientos evaluados	51
20.	ANDEVA del número de <i>Coccinela</i> sp en los tratamientos evaluados	52
21.	ANDEVA del número de <i>Chrysoperla</i> sp en los tratamientos evaluados	52

RESUMEN

Con el objetivo de brindar alternativas a productores de sorgo sobre el manejo del pulgón amarillo se estableció un ensayo en el periodo de septiembre a diciembre de 2018 en la finca San José, Nindirí, Masaya, donde se evaluaron alternativas de origen microbianos y botánicos formulados incluyendo sintéticos. Los productos fueron: M.A[®] 17.5 SP (*Beauveria bassiana* + *Metarrhizium anisopliae*, (Pirex[®] 6% EC) extractos de crisantemo + jabón potásico, (Biocontrol limoneno[®] 90 EC) extractos de limón, (TASK[®] 25 WG) Tiametoxam, (TARGET[®] 24 SC) Sulfoxaflor, en comparación con el testigo absoluto que consistió en aplicación de agua. Las variables evaluadas fueron: Numero de *M. sacchari* (adultos alados, adultos ápteros y ninfas) por planta, número de *Spodoptera frugiperda*, *Coccinella* sp, *Chrysoperla* sp, rendimiento en kg/ha por tratamiento evaluado, análisis de presupuesto parcial, análisis de dominancia y tasa de retorno marginal mediante la metodología CIMMYT. Los resultados obtenidos demuestran que el tratamiento Thiametoxan tiene mayor control de adultos alados, adultos ápteros y ninfas de *M. Sacchari*, Sulfoxaflor es el que más redujo las poblaciones de *S. frugiperda*. El tratamiento que ejerce menos daño en *Coccinela* sp y *Chrysoperla* sp fue *B. bassiana* + *M. anisopliae*. Thiametoxam, Sulfoxaflor y Crisantemo+jabón potásico presentan los mayores rendimientos comerciales y los mayores beneficio netos, mientras que Thiametoxan es el tratamiento con mayor tasa de retorno marginal.

Palabras clave: áfido, hongos entomopatógenos, entofauna benéfica, parasitismo, Nicaragua.

ABSTRACT

In order to provide alternatives to sorghum producers on the management of sugarcane aphids, a trial was established in the period from September to December 2018 at the San José, Nindirí, Masaya farm, where alternatives of microbial and botanical origin formulated including synthetics. The products were: MA® 17.5 SP (*Beauveria bassiana* + *Metarrhizium anisopliae*, (Pirex®6% EC) chrysanthemum extracts + potassium soap, (Biocontrol limonene® 90 EC) lemon extracts, (TASK® 25 WG) Thiamethoxam, (TARGET ® 24 SC) Sulfoxaflor, in comparison with the absolute witness that consisted of water application. The variables evaluated were: Number of *M. sacchari* (winged adults, wingless adults and nymphs) per plant, number of *Spodoptera frugiperda*, *Coccinella* sp, *Chrysoperla* sp, yield in kg/ha per evaluated treatment, partial budget analysis, dominance analysis and marginal rate of return using the CIMMYT methodology. The results obtained show that the Thiamethoxan treatment presents greater control of winged adults, wingless adults and nymphs of *M. Sacchari*, Sulfoxaflor is the one that most reduced the populations of *S. frugiperda*. The treatment that exerts less damage in *Coccinela* sp and *Chrysoperla* sp was *B. bassiana* + *M. anisopliae*. Thiamethoxam, Sulfoxaflor and Chrysanthemum + potassium soap show the highest commercial yields and the highest net benefits, while Thiamethoxan is the treatment with the highest marginal rate of return.

Keywords: aphid, entomopathogenic fungi, beneficial entomofauna, parasitism, Nicaragua.

I. INTRODUCCIÓN

“El cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es uno de los cereales más importantes en el planeta, del cual se alimentan grandes regiones de África, Asia y en los trópicos semiáridos de todo el mundo” (Ragae, Abdel-Aal y Noaman, 2006, p.34).

“Ha sido históricamente cultivado para la producción de grano y otros fines en casi todos los países tropicales y subtropicales del mundo” (Monterrey, 1997, p.2). “Es uno de los cultivos más antiguos habiéndose empezado a explotar durante miles de años en las zonas áridas de Europa y Asia” (Rodríguez, 1967, p.2).

El sorgo representa una alternativa importante para la población nicaragüense, sobre todo para las familias campesinas que lo utilizan para la realización de tortillas, atol, turrónes, etc. La composición nutricional del grano es almidón 70.2 %, proteína 7.9 %, grasa 3.3%, fibra 2.4 % y vitaminas y minerales 16.2 % (Somarriba, 1997, p.61).

“La demanda de sorgo se encuentra fuertemente concentrada en países tales como: Estados Unidos de América, con una producción de 11,9 millones de toneladas (Mt) de grano, India (9,5 Mt), Nigeria (7,5 Mt) y México (6,4 Mt)” (Pérez, Saucedo, Iglesias, Wencomo, Reyes, Oquendo y Milía, 2009, p.2).

Melanaphis sacchari Zehner, reportado oficialmente en Nicaragua el 21 de octubre de 2016 en la comarca El Pedernal, Municipio de San Lorenzo departamento de Boaco por el Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria IPSA, pertenece al orden Hemiptera, familia Aphididae, es originario de África y del medio Oriente, actualmente está distribuido en México y en todos los continentes excepto Antártida, en Norte América este insecto está presente en Estados Unidos en estados como Florida, Hawaii, Louisiana y Texas (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2015, p.4).

El daño ocasionado por *M. sacchari* en el cultivo de sorgo, depende de un gran número de factores entre los que se incluyen la densidad de población y la duración de la infestación, el cultivo puede ser colonizado por esta plaga tan pronto como emerge la plántula, pero las más altas infestaciones se presentan durante las últimas etapas de crecimiento y en períodos secos (SENASICA, 2014, p.3).

M. sacchari infesta el envés de las hojas, secretando sustancias azucaradas sobre la superficie de la hoja, estos reconocen las plantas hospederas por una serie de procesos sensoriales que van desde reconocimiento visual, reconocimiento mecánico, reconocimiento olfativo y gustativo que en el primer lugar es superficial y, si este es positivo pasa a explorar en profundidad a los vasos del floema (SENASICA, 2014, p.3).

Los áfidos se alimentan introduciendo su estilete, agudo y hueco entre los tejidos de las plantas, succionando la savia. Durante el proceso de alimentación, inyecta una saliva toxica que en conjunto con la extracción de nutrientes y la alteración del balance hormonal resulta en la marchitez de las yemas, rizado de las hojas y aparición de manchas de distintos colores en el follaje. Cuando se presentan un número considerable, las plantas se pueden marchitar gradualmente y se tornan coloraciones amarillentas o marrones y en casos extremos ocasionar la muerte (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1987, p.22).

Nibouche, Mississippi, Fartek, Delatte, Reynaud y Costet (2015, p.2), enfatizan que:

M. sacchari puede transmitir virus como Sugarcane mosaic virus (SCMV) y Sugarcane yellow leaf virus (ScYLV), además observaron al superclón dominante MLL-F de *M. sacchari* como un nuevo genotipo invasivo que coloniza al sorgo y caña de azúcar y se ha extendido rápidamente en las regiones productoras de sorgo de Estados Unidos, México, Puerto Rico y Centroamérica. Actualmente en Nicaragua no existe reporte que transmita virus.

Según indica F. Vargas, presidente asociación de productores de sorgo de Nicaragua (ANPROSOR), “durante el ciclo agrícola 2016 - 2017, a lo largo de toda la franja del pacifico en Nicaragua, el cultivo de sorgo fue atacado por el pulgón amarillo. Los productores fueron sorprendidos por su acelerada reproducción, y el alto número elevado de individuos por colonias, trayendo como consecuencia que 5 250 ha⁻¹ redujeran sus rendimientos en un 20 %. El resto del área produjo un promedio de 5 500 kg ha⁻¹ con un costo adicional de USD\$60.00 dólares americanos” (comunicación personal, 25 de mayo 2018).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- ✓ Generar información acerca del uso de alternativas para el manejo de pulgón amarillo (*M. sacchari*) y su impacto sobre insectos benéficos en el cultivo de sorgo en Nicaragua.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Describir la fluctuación poblacional del pulgón amarillo *M. sacchari* (ninfas, adultos ápteros y adultos alados), *S. frugiperda*, *Coccinela* sp y *Chrysoperla* sp en el cultivo de sorgo.
- ✓ Determinar el efecto de insecticidas sintéticos y bioplaguicidas usados para el manejo de *M. sacchari*, *S. frugiperda*, *Coccinela* sp y *Chrysoperla* sp.
- ✓ Determinar el rendimiento comercial del sorgo en cada uno de los tratamientos evaluados.
- ✓ Comparar la rentabilidad de los tratamientos evaluados a través de un análisis de presupuesto parcial.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Historia del sorgo

El sorgo fue traído del África oriental a la India, probablemente durante el primer milenio a.C. Se tiene información de su existencia allí en torno al año 1000 a.C. El sorgo se transportó probablemente en barcos para alimentación humana, antes que nada; y hubo tráfico de embarcaciones durante unos tres mil años entre África oriental (costa azanca) y la India a través del sur de Arabia. El sorgo de la India está vinculado con los del noreste de África y la costa entre el Cabo Guardafui y Mozambique. Al parecer pudo haber llegado a América como maíz de Guinea desde África occidental por los esclavos alrededor de mediados del siglo XIX (Wall y Ross, 1970, p.5).

Aunque este cereal llegó a América Latina a través del comercio de los esclavos y por obra de navegantes que hacían la ruta comercial Europa, África, América Latina en el siglo XVI. En el año 1753 Linnaeus describió en sus especies de plantas tres especies de sorgo cultivado los cuales son: *Holcus sorghum*, *Holcus saccharatus* y *Holcus bicolor*. Ya en 1794, Moench distinguió el género *Sorghum* del género *Holcus*. En 1805, Person propuso el nombre de *Sorghum vulgare* para el *Holcus sorghum* (L.) y en 1961 Clayton propuso el nombre de *Sorghum bicolor* (L.) Moench como el nombre correcto del sorgo cultivado, que es el nombre que se utiliza actualmente (Wall y Ross, 1970, p.7).

3.2 Descripción Botánica

Según Wall y Ross (1970, p.15), describe la taxonomía de la siguiente manera

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Cyperales

Familia: Poaceae

Género: *Sorghum*

Especie: *Bicolor*

Nombre científico: *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

3.3 Aspectos Morfológicos

Molina y Delgado (2010) lo describen de la siguiente manera

3.3.1 Raíz

La radícula sencilla es responsable de establecimiento de la planta, el sistema radicular adventicio fibroso se desarrolla de los nódulos bajos del tallo. La profundidad de enraizamiento está entre 1 a 1.5 m., con un 80% de las raíces ubicadas en los primeros 30 cm (p.26).

3.3.2 Tallo

Este cultivo tiene por lo general un solo tallo, pero esta varía en su capacidad de ahijamiento dependiendo de las variedades. La altura depende de las longitudes del entrenudo, pedúnculo y la panícula, todos estos factores están bajo los controles genéticos. Los tallos tienen entre 7 y 24 nudos, erectos y sólidos con corteza dura y medula más suave. En general los haces vasculares se esparcen a través del tallo hacia el área periférica, en donde están estrechamente asociados en el cual casi forman un anillo. Los haces vasculares en el centro del tallo son más largos que los de las periferias (p.26).

3.3.3 Pedúnculo

El pedúnculo lleva las inflorescencias y es siempre el más alto. Un buen pedúnculo hace que los granos queden por fuera de la vaina de la hoja bandera, reduciéndose el daño por plaga y enfermedades en la parte inferior de la panícula. La longitud del pedúnculo está controlada genéticamente, los factores ambientales como un déficit hídrico puede ocasionar efectos pronunciados. Las densidades pueden variar la longitud del pedúnculo si son altas o bajas, respectivamente (p.26).

3.3.4 Hoja

Están distribuidas en varias formas a lo largo del tallo de la planta; algunos genotipos pueden estar concentrados cerca de la base, mientras que en otros pueden estar distribuidos más o menos uniformemente (p.26).

Las hojas nacen alternas en dos hileras a lo largo del tallo y consisten principalmente de una vaina foliar y una hoja laminada o limbo. Las vainas unidas a los nudos más bajos cubren los nudos que están arriba (p.26).

Las hojas son anchas en la base y disminuyen gradualmente hacia el ápice; son glabras, excepto en la parte anterior y cerca de la unión con la vaina. Son de margen lisos o dentados, especialmente en la mitad superior. La nervadura central es prominente, de color verdusco, aplanada o ligeramente cóncava en la superficie superior y convexa en la inferior. Las hojas son más gruesas en la base que en la punta y más gruesas a lo largo de la nervadura central que en los márgenes (p.26).

3.3.4 Órganos reproductivos

La inflorescencia es una panícula de racimo con un raquis central. La panícula inmadura es forzada hacia arriba dentro de la vaina más alta después que la hoja bandera se haya expandido (p.27).

El pedúnculo de la panícula es muy importante para el momento de la cosecha mecanizada y para la tolerancia de plagas y enfermedades. La panícula es corta o larga, suelta, abierta, compacta o semi compacta; esta puede tener entre 4 a 50 cm de largo y 2 a 20 cm de ancho y puede contener entre 400 a 8000 granos (p.27).

3.3.5 Espiguillas pedicelas

Son normalmente lanceoladas y anchas que las sésiles. Los pedicelos pueden ser cortos o largos entre 0.5 a 3 mm. La espiguilla consiste de dos glumas, lo cual encierran dos florecillas, la superior masculina con un lema la cual encierra tres anteras y la inferior estéril y solo tiene una lema (p.27).

3.3.6 Espiguillas sésiles

Estas espiguillas miden entre 3 a 10 mm de longitud, tiene dos glumas, superior e inferior, las cuales en su madurez pueden rodear al grano ajustadamente. Las glumas son de color verde en la floración, pero cambian a crema, amarillo, rojo, café, morado o negro en la madurez (p.27).

3.4 Exigencias Edafoclimáticas

3.4.1 Luminosidad o Radiación

Dependiendo de su condición fisiológica, puede ser fotosensitivo o fotoinsensitivo, esto se refiere a la cantidad de horas luz que el cultivo demanda para su desarrollo y floración (p.28).

3.4.2 Temperatura

Los rangos para un desarrollo óptimo del cultivo oscilan entre los 20-40 °C temperatura fuera de este rango provoca la aceleración de la antesis, aborto de flores y de los embriones (p.28).

3.4.3 Agua

Requiere un mínimo de 250 mm durante su ciclo con un óptimo comprendido entre los 400-550 mm (p.28).

3.4.4 Suelos

Se desarrolla bien en terrenos alcalinos, sobre todo las variedades azucaradas que exigen la presencia de carbonato de calcio, lo que aumenta el contenido de sacarosa en tallo y hojas. Prefiere suelos profundos, sin exceso de sales, con buen drenaje, sin capas endurecidas, de buena fertilidad y un pH entre 6.2 y 7.8 (p.28).

3.5 Generalidades del pulgón amarillo, *Melanaphis sacchari* Zenthner, 1987.

M. sacchari se distribuye en varios países de Asia, Australia, el Caribe, Centro y Sudamérica, en el año 2013 el pulgón amarillo del sorgo se reportó en México, Estados Unidos, específicamente en los estados de Texas, Lousiana y Mississipi, causando pérdidas importantes en el cultivo de sorgo (SENASICA 2014, p.5).

Cuadro 1: Descripción taxonómica de *M. sacchari*

	Taxonomía
Reino	Animal
Phylum	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Hemíptera
Familia	Aphididae
Subfamilia	Aphidinae
Tribu	Aphidini
Subtribu	Rhopalosiphina
Genero	<i>Melanaphis</i> (Van der Goot, 1917)
Especie	<i>Melanaphis sacchari</i> (Zenhtner, 1987)

Fuente: aphidnet.org

El insecto causa daños en la planta al alimentarse de la savia en hojas y a lo largo del tallo, sobre todo cuando ocurre un aumento exponencial de las poblaciones, las que pueden llegar hasta 30,000 individuos por hoja. Lo que ocasiona, estrés y reducción de la eficiencia fotosintética, con incidencia de fumagina (*Capnodium* sp.), dada la producción de miel de rocío excretada por estos insectos (Singh, Padmaja y Seetharama, 2004, p.741).

3.6 Bioecología e identificación de *M. sacchari*

3.6.1 Ciclo de vida

“Los pulgones presentan un ciclo de vida corto (dos a tres semanas) con múltiples generaciones por año. Tienen hábitos gregarios, es decir se agrupan en colonias abundantes” (SENASICA 2014, p.8).

3.6.2 Ninfa

“Su coloración es variable, dependiendo del hospedante donde se alimente desde un amarillo pálido o tonalidades verdes grisáceas. Las ninfas se parecen a los adultos, pero son más pequeños y pueden ser de color blanquecinos cuando son muy jóvenes” (SENASICA, 2014, p.8).

3.6.3 Adulto

“Hembras ápteras o aladas, que llegan a medir 1.5 a 2.0 mm de largo. Cuerpo blando, periforme más largo que ancho, de color amarillo o verde pálido, cauda café claro en contraste café. Antenas con seis segmentos con una longitud mayor que la mitad del cuerpo” (SAGARPA, 2015, p.8).

3.6.4 Alimentación

“Los áfidos son insectos que se alimentan del líquido contenido en los tubos cribosos del floema. El áfido inserta el estilete, un tubo aguzado y hueco a través de la epidermis y corteza de un tallo joven hasta el tubo criboso” (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1987, p.28).

“La penetración del estilete se hace generalmente a través de los espacios intercelulares y para el caso de los áfidos puede demorarse hasta media hora antes de que alcancen el floema” (CATIE 1987, p.29).

Posteriormente mediante la secreción salivar, la cual se secreta a través del canal de saliva se coagula dentro del tejido de la planta formando una vaina alrededor del estilete. La alimentación se lleva a cabo en los vasos del floema por donde fluye la savia elaborada, estos insectos pueden succionar el alimento activamente. Los órganos bucales están unidos al intestino mediante el esófago y en esta zona se encuentra el órgano de bombeo (CATIE, 1897, p.29).

3.6.5 Reproducción

SENASICA (2014), detalla que:

El ciclo de vida tiene una duración promedio que va de 15 a 28 días. Los adultos ápteros tienen una longevidad de 11.7 días promedio y la forma alada tiene una longevidad promedio de 7.5 días. Cada hembra tiene el potencial reproductivo de aproximadamente 96 ninfas por hembra. Debido a este alto potencial, una sola planta puede ser atacada hasta por 30,000 áfidos. La dispersión de los individuos alados durante el año, asegurando que las plantas de sorgo sean infestadas en etapas tan tempranas como la germinación. Las condiciones climáticas para el desarrollo de *M. sacchari*, son temperaturas de los 25 a 30°C, y humedad relativa de 60% (p.11).

3.6.6 Movilización

“El viento es otro factor importante en la diseminación, ya que el áfido puede ser transportado por corrientes de aire. El movimiento de maquinaria de una zona a otra puede ser otro factor importante en la dispersión” (SENASICA 2014, p.10).

Ponema (2001, p.11), argumenta:

La gran mayoría de especies de áfidos han desarrollado una relación simbiótica con hormigas, que no solo son toleradas por las plantas, sino que también los protegen contra depredadores y parasitoides.

A cambio de esta protección, las hormigas reciben la secreción azucarada, que les sirve de alimento, las hormigas ayudan a los áfidos desprovistos de alas a dispersarse por los cultivos, otros inclusive los transportan a sus hormigueros, cuidando a los áfidos como un rebaño: expulsan eventualmente depredadores y cuidan de su alimentación, cambiándoles de plantas si el hambre amenaza.

3.6.7 Hospederos

Los hospedantes principales del pulgón amarillo son sorgo, avena, caña de azúcar, trigo y cebada, y como secundarios, arroz, maíz, algunos pastos, malas hierbas como el zacate Johnson. El cultivo hospedante primario con mayor superficie es sorgo, sigue avena y caña de azúcar. El maíz, considerado hospedante secundario (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2014, p3).

3.7 Epidemiología de *M. Sacchari*

Figueredo, Hernández, Linares, (2004), mencionan “Las plantas inoculadas con *M. sacchari* presentan síntomas de la enfermedad “síndrome del amarillamiento de la hoja” después de dos a tres meses de edad por tanto *M. sacchari* es un vector de la transición del virus causante de dicha enfermedad”.

Scagliusi y Lockhart (2000), confirmaron:

La enfermedad conocida en caña de azúcar como síndrome de la hoja amarilla es causada por un virus del tipo luteovirus, la cual denominaron ScYLV (Sugarcane Yellow Leaf Virus). Esta enfermedad se disemina mediante semilla vegetativa infestada por la acción vectora de los áfidos *M.sacchari* (p.6).

3.8 Manejo del Pulgón amarillo

3.8.1 Control Etológico

Existen varios tipos de trampas que sirven para vigilar el comportamiento de áfidos. Maya y Rodríguez (2014, p.2) menciona los siguientes como los más usados:

Trampas de succión: Estas continuamente sacan el volumen constante del aire de una cierta altura y filtran los insectos que se depositan en vasos con líquido conservador.

Trampas de hilos pegajosos: Los pulgones durante el vuelo activo o transportado por las corrientes del aire, son capturados por un sistema de hilos tensados en un marco y cubiertos de un pegamento durable.

Trampas de agua (trampas amarillas): Los pulgones caen en charolas con agua al terminar activamente su vuelo migratorio, o son depositados pasivamente por las corrientes del aire. Algunas especies llegan a las trampas activamente siendo atraídas por el color amarillo.

3.8.2 Control cultural

La siembra temprana es una medida de control cultural que puede ocasionar que el cultivo escape al ataque de la plaga. El corte de sorgo forrajero antes de la primera semana de abundancia de áfidos previene no solo el daño, sino que también regula subsecuentes incrementos en la población de la plaga en las socas de sorgo. Dado que los áfidos hibernan en las socas de sorgo y malezas se recomienda su destrucción antes de que el cultivo de sorgo sea plantado reduciendo las poblaciones de la plaga (p.2).

3.8.3 Control biológico

Se han documentado más de 47 especies de enemigos naturales atacando a *M. sacchari* en todo el mundo, éstos juegan un papel muy importante, ya que frecuentemente mantienen las poblaciones de áfidos por debajo de los umbrales económicos en el cultivo de sorgo. Algunos agentes identificados como eficientes en el control de pulgón amarillo son: *Aphelinus maidis*, *Enrischia* sp, *Exochonus concavus*, *Leucopus* sp., *Lioadalia flavomaculata*, *Lysiphlebus testaceipes*. *L. dehliensis* (Singh *et al.* 2004, p.740).

3.8.4 Control químico

Se debe de tomar como última opción en aplicar ya que provoca daños irreversibles como es el desarrollo de resistencia en el organismo, eliminación de enemigos naturales y contaminación residual. Los productos y dosis recomendadas son los siguientes: Imidacloprid a 105 g ia ha⁻¹, Sulfoxaflor 12 g ia ha⁻¹ Spirotetramat 45 g ia ha⁻¹, Thiametoxam 125 g ia. ha⁻¹ y Metamidofos 900 g ia ha⁻¹ (SAGARPA 2014, p.8)

M. sacchari se reportó por primera vez en América latina en cultivos de sorgo del Estado de Tamaulipas, México. Entre el 2013 y 2015 quedó demostrada su capacidad destructiva en cultivos de sorgo de Estados Unidos y México, ocasionando pérdidas estimadas en billones de dólares. El manejo de esta plaga se lleva a cabo a través del uso indiscriminado de plaguicidas, incrementando con ello la resistencia a corto plazo, además de contaminar el ambiente (Amstron, Mbulwe, Sekula-Ortiz, Villanueva y Roney, 2017, p.261).

Es por esto que se han empleado muchas técnicas que ayudan a disminuir la propagación de esta plaga, teniendo en cuenta el desarrollo del control biológico.

Téllez-Jurado, Ramírez y Flores (2009, p.11) definen el control biológico como:

Una práctica agrícola que busca la destrucción total o parcial de patógenos e insectos plaga, malezas y vertebrados frecuentemente mediante el uso de sus enemigos naturales o el uso de organismos entomopatógenos.

Orellana (2017):

Evaluó la mortalidad ocasionada por cuatro formulados comerciales de hongos entomopatógenos en condiciones controladas, (*Beauveria bassiana*, *Beauveria brongniartii*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii*) a cuatro concentraciones diferentes sobre *M. sacchari*.

Las mayores mortalidades fueron logradas por *B. bassiana* y *M. anisopliae* (97% y 84% respectivamente, a la concentración más alta) los cuales se mantuvieron constantes en el tiempo, su CL50 estuvo entre las tres menores (CL50 3.22×10^5 y 1.11×10^5 respectivamente). Sin embargo, el hongo que presentó la CL50 menor fue *L. lecanii* (9.45×10^2) a las 48 horas después de la aplicación.

Reyes y Rivas (2018):

Evaluaron Engeo[®], Imidacloprid[®], *Beauveria bassiana*, *Metharizium anisopliae* y Chile+ajo+jabón en comparación con el Testigo que fue solamente aplicación de agua. Las variables evaluadas fueron: número de ninfas, adultos y alados de *M. sacchari* por planta, número de *S. frugiperda* por planta, número de huevos de *Chrysoperla carnea* por planta, número de *Tegenaria doméstica* y *Coccinélida* por planta, además de algunas variables económicas como el rendimiento en kg/ha por tratamiento evaluado, análisis de presupuesto parcial, análisis de dominancia y tasa de retorno marginal.

Los resultados obtenidos en el estudio determinan que los tratamientos Engeo[®] e Imidacloprid[®] fueron los que presentaron el mejor control de *M. sacchari* y *S. frugiperda*, los tratamientos que tuvieron el menor efecto sobre los organismos benéficos fueron *B. bassiana* y *M. anisopliae*, los mejores rendimientos comerciales lo obtuvieron los tratamientos Engeo[®] e Imidacloprid[®].

Cortéz-Moncada, Valenzuela-Escoboza, López-Guzmán, Pérez-Márquez y Moreno-Gallegos (2018):

Evaluaron la efectividad biológica de aficidas para el control de *M. sacchari* en el norte de Sinaloa, México, dicha evaluación se llevó a cabo en condiciones de campo. Se realizó un muestreo 24 h antes de la aplicación de los aficidas y después se realizaron muestreos a las 24, 48, 72 y 120 h. Para la última lectura todos los insecticidas probados provocaron más del 95% de mortalidad. Spirotetramat, Sulfoxaflor, Acetamiprid y el Acefate + aceite vegetal causaron 100 % de mortalidad.

Además destacan que el empleo de alguno de los insecticidas con elevada efectividad biológica deberá estar en función de la etapa de desarrollo del cultivo, efecto sobre insectos no blanco y presencia de otros insectos plaga, el tipo de aspersión, y la competitividad económica.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se estableció en la finca San José propiedad del señor Donald Sotelo, está ubicada en la comarca Los altos, municipio de Nindirí, departamento de Masaya, en las siguientes coordenadas 12° 02' 38'' latitud Norte y 86° 06' 40'' de longitud Oeste. El terreno de la finca es semiplano, es usado únicamente para la producción de sorgo en época de postrera, la mayor parte del año pasa en descanso dejando que rebrote vegetación natural. La textura del suelo es franco arcilloso, con un pH de 6.8 ligeramente ácido con 3.16 % de materia orgánica.

4.2 Diseño experimental

El experimento fue establecido empleando un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones y seis tratamientos. El tamaño de cada unidad experimental fue de cuatro metros de largo por cuatro metros de ancho con un área de 16 m² por parcela y 96 m² por bloque, obteniendo un experimental total de 384 m². La separación entre bloques y tratamientos fue de 1.5 m, se aplicó el modelo de investigación participativa, donde el productor observó el efecto de cada tratamiento.

4.3 Manejo agronómico del ensayo

Se realizó de acuerdo al nivel de tecnología usada por el productor para su producción comercial. Inició con la siembra del material genético de sorgo variedad pinolero 1 a cero labranza, usando una sembradora a precisión calibrada con 18 semillas por metro lineal, con una distancia entre surco de 0.80 m. Al momento de realizar esta actividad se aplicó fertilización complementaria de 18-46-0 con dosis de 24.50 kg ha⁻¹, esto en base a la necesidad del suelo y lo que podía aportar, la cual fue determinada previamente por un análisis de suelo realizado en año 2017 en la Universidad Nacional agraria, resultados vigente por tres años.

A los dos días luego de la siembra para el control de malezas se usó herbicida glifosato (Roundup®) con dosis de dos litros por hectárea, a los 25 días después de la siembra se aplicó Prowl + Atrazina con dosis de dos litros por hectárea respectivamente para el control de hoja ancha y gramíneas. A los 45 días después de la siembra se realizó aplicación de urea 46% a razón de 200 kg ha⁻¹. Al momento de cosechar las panojas, se realizó de forma manual.

4.4 Metodología de muestreo de *M. sacchari*

El muestreo se realizó por la mañana, revisando las hojas, principalmente el envés, se inició desde los 10 días después de la siembra hasta la cosecha, en ocasiones se usó una lupa de 20X CODDINGTON BAUSH & LOMB. En cada tratamiento se seleccionaron aleatoriamente cinco estaciones, compuestas por tres plantas cada una, para un total de 15 plantas por parcela, el número de plantas muestreadas de todo el ensayo fue de 360.

4.5 Aplicación de insecticidas

En las aplicaciones de los tratamientos se usó una bomba de mochila Matabi® de boquilla tipo cono hueco con capacidad de 20 litros de agua, se usó un nivel crítico sugerido por Ahrens, Anderson, Bowling y Brewer (2014) de 50 pulgones (ninfas, alados y ápteros) promedio por planta.

4.6 Descripción de los tratamientos

4.6.1 T1 *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* (M.A® 17.5 SP)

B. bassiana produce varias toxinas siendo las principales los ciclodepsipeptidos, entre los cuales están la beauvericine, el beauverolide H e I, el bassianolide, el isarolide A, B y C, la multiplicación del hongo en el interior del hospedero conduce a la producción de hifas y blastosporas y a la producción de toxinas antes mencionadas que en conjunto van a provocar la enfermedad y la muerte del insecto (Carballo *et al.*, 2004, p.57).

M. anisopliae es un microorganismo que se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, siendo aislado fácilmente de suelos, donde puede sobrevivir por lapsos prolongados. También ha sido aislado de una gran variedad de insectos, siendo utilizado en programas de control de plaga a nivel mundial (Gómez 1999, p.81).

Los resultados de la infección ocurren cuando las destruxinas ocasionan en los insectos parálisis muscular tetánica inmediatamente, la invasión del hemocele y tejidos ocurre en las 24 y 48 horas siguientes por consiguiente la muerte del insecto ocurre por la acción de toxinas durante los estados de crecimiento micelial” (Téllez Jurado *et al.*, 2009, p.15). La dosis utilizada fue 400 g disuelto en 200 l ha⁻¹.

4.6.2 T2 Extractos de crisantemo + jabón potásico (Pirex® 6% EC)

Es un insecticida de choque obtenido de extracto de pelitre o piretro de flores secas de *Chrysanthemum* (*Pyrethrum*) *Cinerariifolium* también llamado piretrina natural. Caracterizado por su rápida acción por contacto, produciendo parálisis y destrucción de la membrana celular de insectos adultos y ninfas. Tiene baja toxicidad y es poco persistente (máximo tres días), es de amplio espectro de actividad (Ecologika, 2018, p2). El jabón potásico (también conocido como potasa o jabón de potasio) es un excelente remedio orgánico contra las plagas, ya que su acción jabonosa ataca las membranas celulares de los tejidos externos de los insectos, afectando su permeabilidad externa e influyendo en su ciclo de vida (Ecologika, 2018, p.2). La dosis utilizada fue de un litro del producto disuelto en 200 l ha⁻¹.

4.6.3 T3 Extractos de limón (Biocontrol limoneno® 90 EC)

“Es un producto botánico de uso agronómico y también en post cosecha para lavado de frutas y vegetales. Actúa rápidamente por contacto destruyendo la membrana celular de los insectos en estado de ninfas y adultos” (Ecologika, 2018, p3). La dosis utilizada fue de un litro del producto disuelto en 200 l ha⁻¹.

4.6.4 T4 Thiametoxam (TASK® 25 WG)

Clasificado por IRAC (Comité de Acción para la Resistencia a los Insecticidas, por sus siglas en inglés) dentro del Grupo IV: agonistas del receptor nicotínico de la acetilcolina, subgrupo IV A Neonicotinoides, imita la acción del receptor nicotínico de la acetilcolina, interfiriendo con la transmisión de estímulos en el sistema nervioso del insecto. Específicamente, causa una obstrucción en un tipo de camino neuronal (nicotinérgico), que conduce a la acumulación del neurotransmisor acetilcolina, dando por resultado la parálisis del insecto, y posteriormente la muerte (Comité de Acción para la Resistencia a los Insecticidas, IRAC, 2019, p.8). La dosis usada fue 0.50 g ha⁻¹.

4.6.5 T5 Sulfoxaflor (TARGET® 24 SC)

Es el primer miembro de una nueva clase química de insecticidas, las sulfoximinas, clasificado dentro del subgrupo IV C en la clasificación de modo de acción del Comité de Acción de Resistencia de Insecticidas (IRAC).

“Las sulfoximinas son moduladores competitivos del receptor nicotínico de acetilcolina (nAChR) (Jeschke *et al.*, 2013).

No presenta resistencia cruzada con otros subgrupos como los neonicotinoides y los butenolides” (Babcock, Gerwick, Huang, Nakamura, Nolting, Rogers, Sparks, Watson y Zhu, 2011, p.331).

Es un insecticida con un amplio espectro de aplicación sobre los insectos plaga transmisores de virus como los áfidos, mosca blanca y otros. (Babcock *et al.*, 2011, p.331). La dosis utilizada fue de 50 ml ha⁻¹.

4.6.6 T6: Consistió en la aplicación de agua (Testigo absoluto).

4.7 Variables evaluadas

4.7.1 Número de ninfas, alados y ápteros de *M. sacchari* por planta

Se comenzó a tomar desde los 10 días después de la siembra, realizando monitoreo una vez por semana hasta la cosecha, donde se muestrearon todas las partes de la planta específicamente el envés de las hojas, lugar donde se encuentra más frecuente el pulgón.

4.7.2 Número de *S. frugiperda* por planta

Además de las poblaciones del pulgón amarillo, simultáneamente se tomaron datos de las larvas observadas en cada cogollo, desde los 10 días después de la siembra hasta la cosecha.

4.7.3 Número de *Coccinela* sp por planta

Se tomó muestras del estado adulto de este depredador desde los 10 días después de la siembra hasta la cosecha.

4.7.4 Número de larvas de *Chrysoperla* sp por planta

Se tomó muestras del estado juvenil (larvas) de este depredador desde los 10 días después de la siembra hasta la cosecha.

4.7.5 Rendimiento en kg ha⁻¹ de los tratamientos evaluados

Para obtener los datos de rendimiento por hectárea se realizó una cosecha de las panojas por cada tratamiento evaluado a los 119 días después de la siembra y posteriormente se procedió al secado de grano a pleno sol, la humedad se midió con un probador portátil M3GTM hasta obtener un 12%, luego se procedió a pesar en una balanza análoga para determinar su valor en masa.

4.8 Análisis económico

4.8.1 Análisis de presupuesto parcial

Los resultados obtenidos del experimento de campo se sometieron a un análisis económico con el propósito de determinar los tratamientos con mejor retorno, para determinar cuál de los tratamientos fue el más rentable tomando en cuenta la relación beneficio-costos, se realizó un análisis económico siguiendo la metodología de Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (1988, p.20).

4.8.2 Costos fijos

Se obtuvo sumando los valores monetarios de la depreciación de bomba de mochila, de tractor, de sembradora, de implemento para la aplicación de herbicidas, el costo de fertilizante, costo de semillas y costo de la mano de obra requerido por cada uno de los tratamientos evaluados. (Cuadro 8).

4.8.3 Costos variables

Se adquirió sumando los valores monetarios de cada tratamiento evaluado, los cuales incluyen el control botánico, control biológico, control químico de *M. sacchari*, control químico de malezas y costo total de del número de aplicaciones realizadas.

4.8.4 Costos totales

Se obtuvo aplicando el resultado la suma de los costos fijos y los costos variables.

4.8.5 Rendimiento bruto

Se adquirió mediante la producción de cada uno de los tratamientos en kilogramos.

4.8.6 Rendimiento ajustado

Se extrajo al reducir el rendimiento bruto en un 10%, esto con el propósito de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que podría ser obtenido por el productor con ese mismo tratamiento.

4.8.7 Precio del producto

Se adquirió mediante la relación de cambio por dinero, es decir el número de unidades monetarias que se necesitan para obtener a cambio una unidad de producto.

4.8.8 Beneficio bruto

Es el resultado del rendimiento ajustado de cada uno de los tratamientos, por el precio unitario del producto en el mercado.

4.8.9 Beneficio neto

Se obtuvo mediante la diferencia entre el ingreso bruto total y los costos totales de producción.

4.8.10 Análisis de dominancia

Se efectuó, primero, ordenando los tratamientos de menores a mayores totales de costos que varían. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos (CIMMYT, 1988).

4.8.11 Análisis de retorno de la tasa marginal

Este análisis nos permite calcular las tasas de retorno marginal para cada tratamiento no dominado. Los costos se ordenan de menor a mayor y se calcula con la siguiente fórmula: TRM = Beneficio marginal ÷ Costo marginal × 100 (CIMMYT, 1988).

4.8.12 Análisis estadísticos de las variables

Una vez recolectados los datos en campo con una hoja de muestreo (Anexo 15), se procedió a ordenarlos por variable en MICROSOFT EXCEL (2013), para luego realizar un análisis de varianza en (INFOSTAT versión libre 2018) con una separación de medias por Tukey ($\alpha= 0.05$) a las variables número de ninfas, adultos ápteros, adultos aladas de *M. sacchari*, número de *S. frugiperda*, número de *Coccinela* sp y número de larvas de *Chrysoperla* sp.

Luego se realizó comparaciones en los rendimientos de cada tratamiento y se determinó la rentabilidad sometiendo los datos a un análisis económico de las variables agronómicas mediante un presupuesto parcial a través de la metodología del CIMMYT (1988).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Fluctuación poblacional de ninfas, adultos ápteros y adultos alados de *M. sacchari*, en los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya. 2018

5.1.1 Fluctuación poblacional de adultos alados de *M. sacchari* en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018

Se comparó la fluctuación poblacional de alados de pulgón amarillo en el cultivo de sorgo, en Nindirí desde los 10 días después de la siembra hasta los 105 días (Figura 1). Las poblaciones de esta plaga se presentaron a partir del cuarto día de muestreo (28 días después de la siembra).

En colonias de cuatro a seis organismos se notó que estos son los más predominantes por lo tanto son los primeros en colonizar el cultivo, la población más alta de adultos alados se mostró a los 70 días después de la siembra (04 de noviembre), luego de esta última fecha empezó a disminuir debido a que el cultivo inicia la etapa reproductiva seguido de la senescencia, a partir de esta momento empieza a migrar hacia otros hospederos con el propósito de iniciar su fase sexual y satisfacer la necesidad de alimento.

Este cambio surge como parte de la sobrepoblación ocasionando el hacinamiento que disminuye el valor nutritivo de la planta, una vez madurados los músculos de vuelo, se vuelve menos receptivo a los estímulos de alimentación que ofrece la planta y más receptivo a la longitud de onda corta de luz del cielo que lo motivan a volar o migrar hacia otros hospederos (Peña-Martínez *et al.*, 2018, p.14).

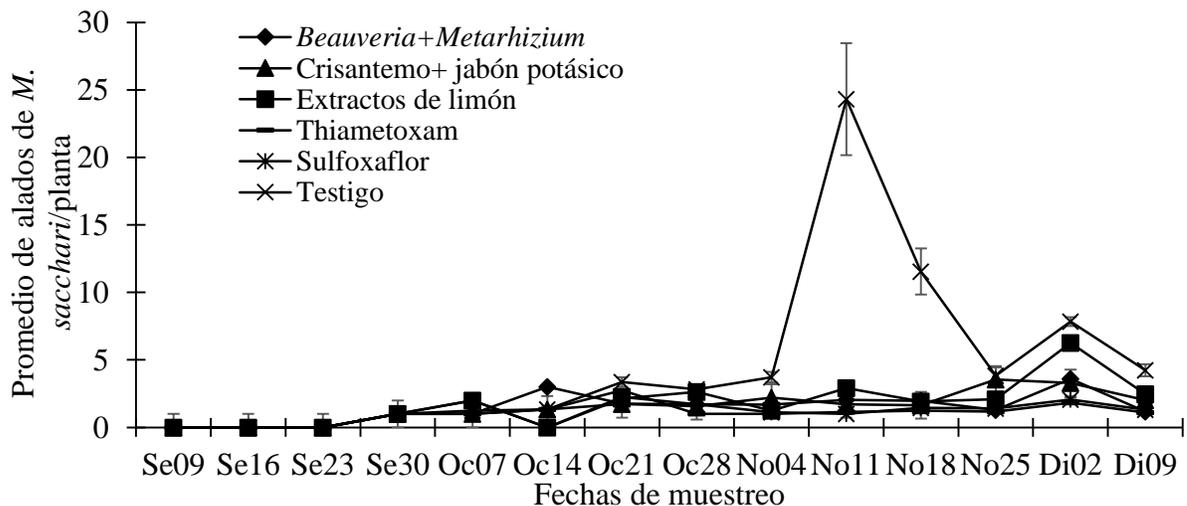


Figura 1: Fluctuación poblacional de adultos alados *M. sacchari*, en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018.

Los tratamientos que presentaron menor número de alados fueron: Thiametoxam y Sulfoxaflor, seguido de (*B. bassiana* + *M. anisopliae*) en comparación con el Testigo. También estos mismos tratamientos destacan en el análisis de varianza realizado (Cuadro 2), ya que hay diferencias significativas ($\alpha=0.0001$).

Cuadro 2. Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de adultos alados de *M. sacchari* por tratamiento evaluado de septiembre a diciembre de 2018

Promedio de adultos alados de pulgón amarillo por planta	
Tratamiento	Media \pm ES
Thiametoxam	1.56 \pm 0.10 a
Sulfoxaflor	1.69 \pm 0.07 a
<i>Beauveria</i> + <i>Metarhizium</i>	1.94 \pm 0.10 ab
Crisantemo + jabón potásico	2.27 \pm 0.12 ab
Extractos de limón	2.98 \pm 0.16 b
Testigo	6.53 \pm 0.47 c
N	1180
CV	121.41
(F; df; α)	58.76; 1179; 0.0001

ES: Error estándar; **CV:** Coeficiente de variación; **SD:** Desviación estándar; **N:** Numero de datos utilizados en el análisis; **F:** Fisher calculado; **df:** Grados de libertad del error; **α :** Probabilidad según Tuckey.

El tratamiento Sulfoxaflor es uno de los tratamientos que presentan menor promedio de numero de *M. sacchari* hasta los 21 días luego de la primera aplicación, esto coincide con Tejeda-Reyes *et al.*, (2017), ellos evaluaron la efectividad en campo de seis moléculas de diferentes modos de acción, destacando Sulfoxaflor como uno de los tratamientos que contuvo las poblaciones de *M. sacchari* de hasta ocho individuos por hoja.

Reyes y Rivas (2018), compararon la efectividad de algunos productos de origen botánico, biológicos y sintéticos, estos en sus resultados destacan que el tratamiento a base de Thiametoxam + Lambda Cialotrina (Engeo[®]), obteniendo resultados similares, ya que redujeron notablemente las poblaciones aladas de *M. sacchari*.

5.1.2 Fluctuación poblacional de adultos ápteros *M. sacchari*, en los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018

Se comparó la fluctuación poblacional de adultos ápteros de pulgón amarillo en el cultivo de sorgo, en Nindirí desde los 10 días después de la siembra hasta los 105 días (Figura 2). La población ascendió a partir del séptimo día de muestreo (52 días después de la siembra) luego que la forma alada de este insecto coloniza el cultivo. El pico más alto se mostró a los 70 días después de la siembra (11 de noviembre), los tratamientos que presentaron menor número de ápteros fueron: Tiamethoxam, Sulfoxaflor y Crisantemo + jabón potásico.

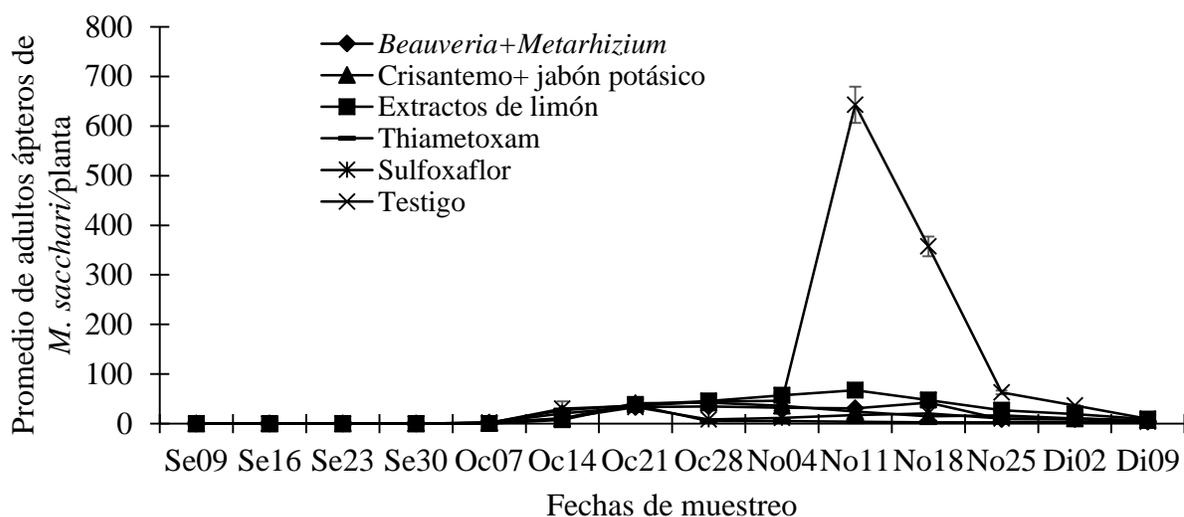


Figura 2: Fluctuación poblacional de adultos ápteros de *M. sacchari*, en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018.

El tratamiento microbiano a base de esporas de *B. bassiana* y *M. anisopliae* junto al tratamiento Thiametoxam destacan similar efecto en el control y reducción de poblaciones de *M. sacchari*, no obstante, deben utilizarse de manera rotativa y con un umbral menor, debido al proceso lento de germinación, infección y condiciones climáticas óptimas para dichas esporas.

El análisis de varianza realizado (Cuadro 3), demuestra que hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados ($\alpha=0.0001$), donde el menor número de pulgones ápteros se encuentra en los tratamientos Tiamethoxam, Sulfoxaflor y Crisantemo + jabón potásico en comparación con el testigo.

Cuadro 3. Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de adultos ápteros de *M. sacchari* por tratamiento evaluado en el periodo de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018

Promedio de adultos ápteros de pulgón amarillo por planta		
Tratamiento	Media ± ES	
Thiametoxam	8.18 ± 0.60	a
Sulfoxaflo	14.32 ± 0.50	a
Crisantemo + jabón potásico	23.47±0.78	ab
<i>Beauveria+Metarhizium</i>	24.03 ± 1.01	ab
Extractos de limón	38.13 ± 1.27	b
Testigo	151.37 ± 10.82	c
N	2958	
CV	230.01	
(F; df; α)	144.88; 2957; 0.0001	

ES: Error estándar; **CV:** Coeficiente de variación; **SD:** Desviación estándar; **N:** Numero de datos utilizados en el análisis; **F:** Fisher calculado; **df:** Grados de libertad del error; **α:** Probabilidad según Tukey

Resultados similares obtenido por González-Valdivia, Gurrolla-Reyes, Chaírez-Hernández (2019), donde enfatizan que, haciendo una combinación de métodos, en los cuales puedan rotarse los insecticidas con el ingrediente activo Imidacloprid® (Thiametoxam), con los hongos entomopatógenos *M. anisopliae* y *B. bassiana*, pueden ayudar a disminuir la densidad de población de pulgones y así coadyuvar a mantener la sanidad del follaje permitiendo que la planta realice sus procesos bioquímicos necesarios, sin reducir el rendimiento.

Finalmente, dentro de una estrategia de producción ambiental y sanitariamente más inocua, el uso de entomopatógenos se vuelve una herramienta útil para minimizar el uso de químicos potencialmente nocivos dentro del cultivo del sorgo.

5.1.3 Fluctuación poblacional de ninfas de *M. sacchari*, en los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018

Se comparó la fluctuación poblacional de ninfas de pulgón amarillo en el cultivo de sorgo, en Nindirí, Masaya, 2018, desde los 10 días después de la siembra hasta los 105 días (Figura 3). La población ascendió a partir del séptimo día de muestreo (52 días después de la siembra) teniendo su pico más alto de a los 70 días después de la siembra (11 de noviembre). Este exponencial incremento de la población de *M. sacchari* se debe a que los individuos maduran hacia formas anholocíclicas que se reproducen partenogenéticamente y de manera muy rápida” (Vázquez, Carrillo y Cisneros, 2016, p.10).

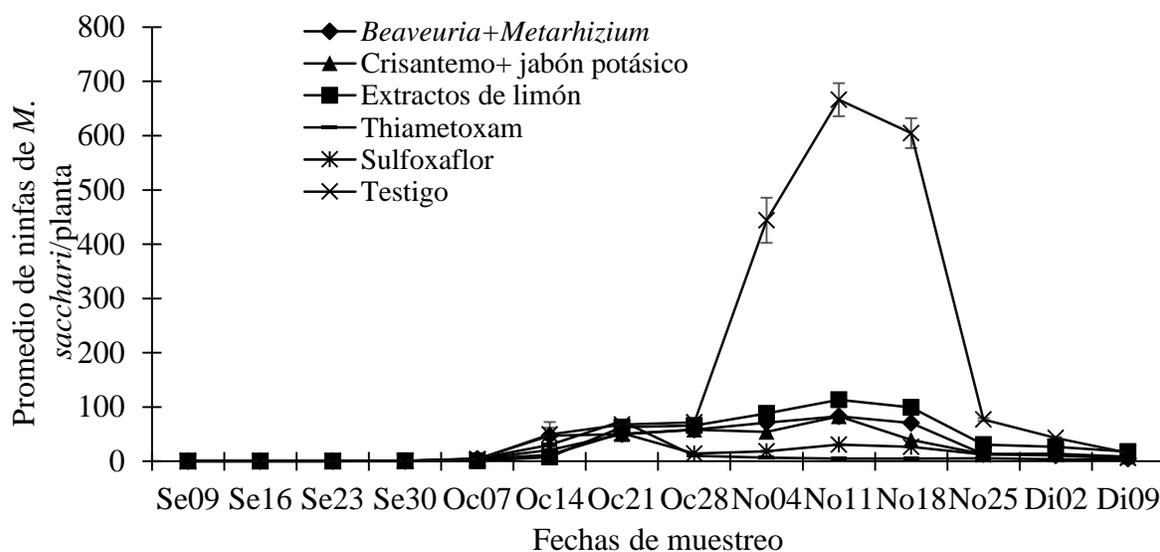


Figura 3. Fluctuación poblacional de ninfas de *M. sacchari*, en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018.

Los tratamientos que presentaron menor número de ninfas fueron: Tiamethoxam, Sulfoxaflor y crisantemo + jabón potásico junto con *B. bassiana* + *M. anisopliae* con efecto de control similar en comparación con el testigo.

El análisis de varianza realizado (Cuadro 4), se observa que hay diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($\alpha=0.0001$), donde el menor número de ninfas de *M. sacchari* se encuentra en los tratamientos Thiametoxam, Sulfoxaflor y Crisantemo + jabón potásico en comparación con el testigo.

Cuadro 4. Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de ninfas de *M. sacchari* por tratamiento evaluado de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya. 2018

Promedio de ninfas de pulgón amarillo por planta	
Tratamiento	Media ± ES
Thiametoxam	14.27 ± 1.07 a
Sulfoxaflor	21.27 ± 0.71 a
Crisantemo + jabón potásico	37.01 ± 0.78 ab
<i>Beauveria</i> + <i>Metarhizium</i>	44.84 ± 1.69 bc
Extractos de limón	61.43 ± 1.81 c
Testigo	243.33 ± 13.55 d
N	2967
CV	179.36
(F; df; α)	230.38; 2966; 0.0001

ES: Error estándar; **CV:** Coeficiente de variación; **SD:** Desviación estándar; **N:** Número de datos utilizados en el análisis; **F:** Fisher calculado; **df:** Grados de libertad del error; **α :** Probabilidad según Tukey

Para el tratamiento Sulfoxaflor y Thiametoxan después de siete y 14 días de la primer aplicación redujeron las poblaciones de *M. sacchari* en comparación con el testigo debido al efecto translaminar que sulfoxaflor ejerce, estos mismo resultados coinciden con lo expuesto por Ahrens *et al.*, (2014), ellos evaluaron la eficacia de siete moléculas químicas para el manejo de *M. sacchari* teniendo como resultado principal que las moléculas Centric® 40 WG (Thiametoxam) y Transform® WG (Sulfoxaflor) reducen las poblaciones a partir del segundo día de aplicación hasta 20 días.

El tratamiento *B. bassiana* + *M. anisopliae* por su alto grado de germinación de esporas presenta alta capacidad en disminuir las poblaciones de *M. sacchari* en campo, resultados similares obtenidos por Pérez-Molina *et al.*, (2019), donde evaluaron el efecto de *B. bassiana* en el control de *M. sacchari* en Chiná, Campeche, ellos concluyen que *B. bassiana* es capaz de controlarlo efectivamente, beneficiándose de las condiciones de humedad relativa que se presentan con las lluvias.

Saint-Preux (2015), destaca el uso de Sulfoxaflor en ninfas y adultos de áfidos demostrando excelente efecto de derribe, el cual alcanzó un 80% de mortalidad a las 48 horas después de la aplicación y 100% de mortalidad a las 168 horas, enfatiza también que no posee resistencia cruzada y presenta bajo impacto hacia los enemigos naturales.

5.2 Fluctuación poblacional de otros insectos plagas asociados al cultivo de sorgo

5.2.1 Fluctuación poblacional de larvas *S. frugiperda* en los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018

Se comparó la fluctuación poblacional de gusano cogollero *S. frugiperda* en el cultivo de sorgo, en Nindirí, Masaya, 2018, desde los 10 días después de la siembra hasta los 105 días (Figura 4). Se notó la presencia de esta plaga desde la primera fecha de muestreo (09 septiembre), teniendo su mayor pico a los 45 días después de la siembra (21 octubre).

En toda el ciclo de cultivo se confirma la presencia de *S. frugiperda*, la población fue baja, ya que fue desplazada en su totalidad por *M. sacchari*; no obstante, se observó cierto margen de control destacando los tratamientos Sulfoxaflor, *B. bassiana* + *M. anisopliae* y Crisantemo + jabón potásico que presentaron menor número de *S. frugiperda*, es por esto que el análisis de varianza realizado (Cuadro 5), demuestra que hay diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($\alpha=0.0006$).

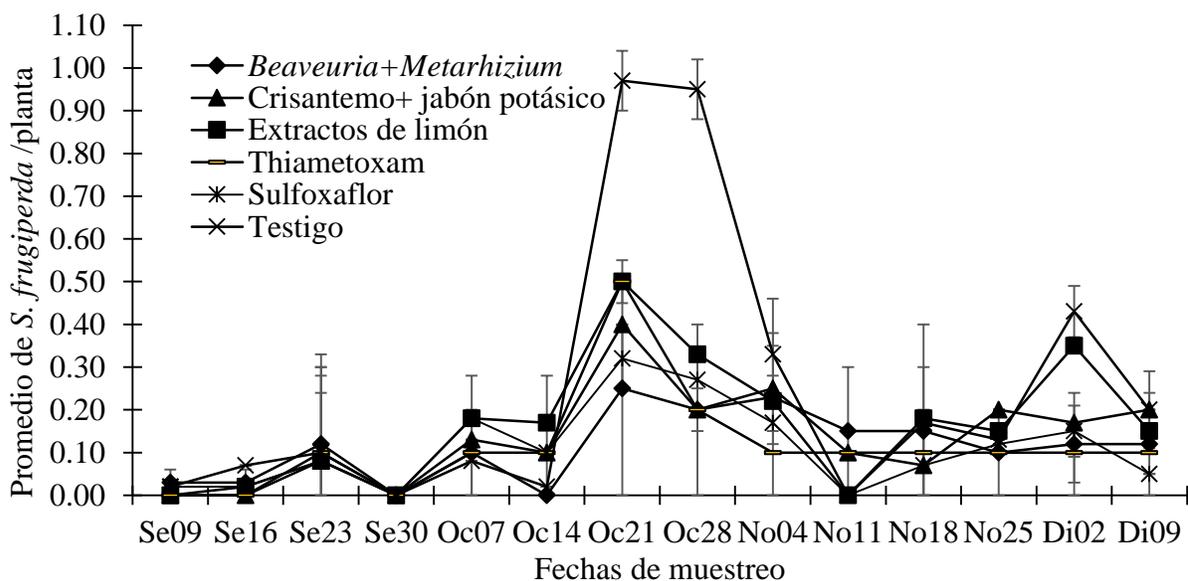


Figura 4: Fluctuación poblacional de larvas de *S. frugiperda*, en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018.

Cuadro 5. Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de larvas de *S. frugiperda* por tratamiento evaluado de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya. 2018

Tratamiento	Promedio de larvas de <i>S. frugiperda</i> por planta	
	Media ± ES	
Sulfoxaflor	0.03 ± 0.02	a
<i>Beauveria</i> + <i>Metarhizium</i>	1.04 ± 0.02	a
Crisantemo + jabón potásico	1.05 ± 0.02	a
Extractos de limón	1.10 ± 0.03	ab
Thiametoxam	1.14 ± 0.03	ab
Testigo	1.17 ± 0.04	b
N	695	
CV	27.48	
(F; df; α)	4.43; 694; 0.0006	

ES: Error estándar; **CV:** Coeficiente de variación; **SD:** Desviación estándar; **N:** Numero de datos utilizados en el análisis; **F:** Fisher calculado; **df:** Grados de libertad del error; **α:** Probabilidad según Tukey

“El género *Spodoptera* se encuentra presente en todas las regiones agrícolas del mundo” (Andrews, 1980, p.14). “Cada hembra ovipone un promedio de $1.044 \pm 391,8$ huevos a lo largo de su vida, agrupados en masas que promedian los 100 a 150” (Murúa, Vera, Juárez, Prieto y Williking, 2008, p.7).

Como lo destaca Luginbill (1928, p.22):

Este lepidóptero es de origen tropical y subtropical, ya que en estas zonas el insecto completa todos sus estados de desarrollo en forma continua a lo largo del año. En las zonas templadas y frías se comporta como una plaga estacional, no sobreviven los fríos invernales dado que carecen de mecanismos de diapausa.

El daño que ocasiona *S. frugiperda* al alimentarse de este cultivo, corta las plántulas en la base, se alimenta de hojas recién formadas, raspa el tallo y consume cariósides en desarrollo. Bajo condiciones de estrés (acidez del suelo, malas condiciones de nutrición, etc.), las plantas retardan su crecimiento y quedan expuestas por mayor tiempo al ataque de las larvas (Gardner y Duncan, 1982, p.17).

Muñoz-Conforme *et al.*, (2017), compararon la efectividad que ejercían algunos productos biológicos para el control de *S. frugiperda*, entre ellas alternativas microbianas (*B. bassiana*) y sintéticas Engeo (Thiametoxan + Lambda Cialotrina) respectivamente.

Al evaluar el porcentaje de mortalidad de larvas se apreciaron diferencias significativas. La aplicación de Thiametoxan + Lambda Cialotrina obtuvo mortalidad del 92,14 %.

Por otro lado, González-Maldonado, Gurrolla-Reyes y Chaírez-Hernández (2015),

Compararon la efectividad que ejercían algunos productos botánicos a base de Neem, esporas de *B. bassiana*, y molécula sintética (clorpirifos), los resultados muestran que Neempower[®] (Neem), a una dosis del 20%, con una mortalidad promedio del 86,66%; Micoralis[®] (*B. bassiana*) resultó menos efectivo, a una concentración de 1×10^9 esporas mL^{-1} (49,33%). Lorsban[®] causó el 100% de mortalidad, al 1%, la mortalidad fue mayor en todos los productos biológicos, cuando se utilizaron concentraciones mayores del tóxico en condiciones de laboratorio y ésta fue en aumento a través del tiempo, dependiendo del producto utilizado y de su modo de acción.

5.3 Fluctuación poblacional de insectos benéficos asociados al cultivo de sorgo

5.3.1 Fluctuación poblacional de *Coccinella* sp en los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018

Se comparó la fluctuación poblacional de mariquitas *Coccinella* sp en el cultivo de sorgo, en Nindirí, Masaya, 2018, desde los 10 días después de la siembra hasta los 105 días (Figura 5). Se notó la presencia de este depredador de manera natural desde la segunda fecha de muestreo (16 septiembre), teniendo en toda la fase de cultivo dos picos poblacionales el primero a los 59 días después de la siembra (28 octubre) y el segundo en la última fecha de muestro (09 diciembre).

La presencia de *Coccinella* sp coincide con lo mencionado por Gutiérrez-Gómez, Carapia-Ruiz, Castillo-Gutiérrez y Sánchez-Flores (2018), quienes reportan que “la mayor diversidad de enemigos naturales del pulgón amarillo se encuentra principalmente en la familia Coccinellidae”.

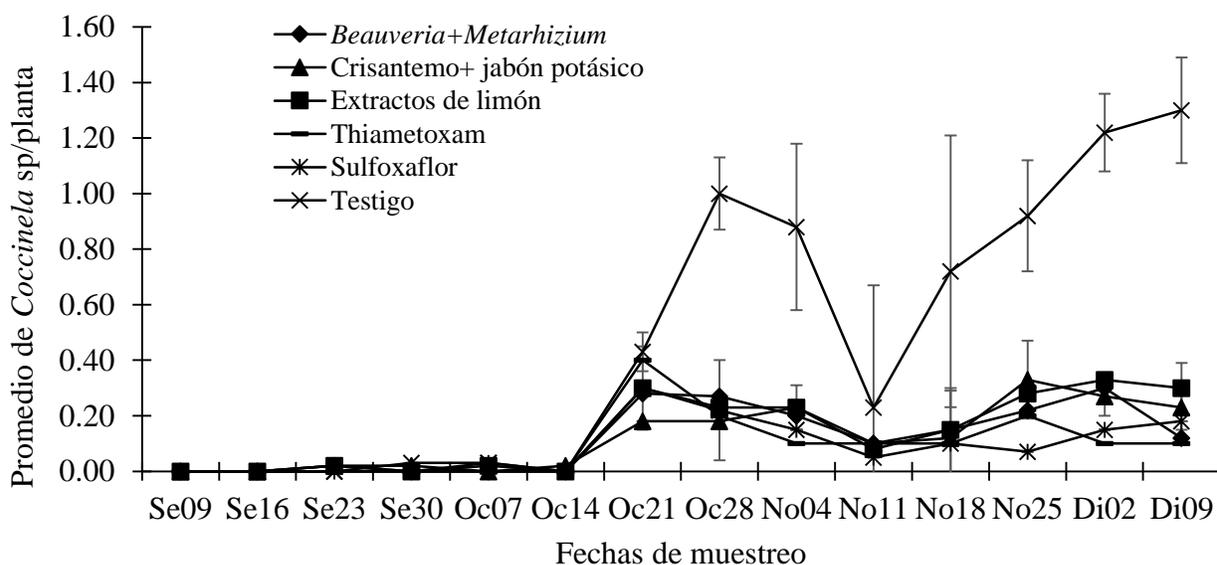


Figura 5: Fluctuación poblacional de larvas de *Coccinella* sp, en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018.

Los coccinélidos son insectos beneficiosos por cuanto son capaces de controlar poblaciones de áfidos (Hemíptera: Aphididae), plagas importantes de la agricultura. Principalmente son afidófagos, sin embargo su dieta también incluye otros insectos blandos. Además algunas especies son micófagas, fitófagas e incluso pueden alimentarse de polen (González, 2006, p.26).

“Muchas de las especies de coccinélidos, tanto en su estado larval como adulto, han sido reconocidas, como controladores de una gran variedad de plagas insectiles, tanto en áreas agrícolas como naturales” (González, 2006, p26).

Delgado-Ramírez, Salas-Araiza, Martínez-Jaime, Díaz-García y Guzmán-Mendoza (2016), compararon la capacidad de consumo de algunos coccinélidos en *M. sacchari*, introduciendo hasta 64 pulgones/caja en un periodo de 24 horas, teniendo como resultado que las hembras consumieron un 85% de pulgones, en tanto que los machos comieron el 68.23 %, existiendo diferencias significativas cuando se comparó el porcentaje de consumo entre larvas y adultos.

El análisis de varianza (cuadro 6), indica que hay diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($\alpha=0.0001$), donde los tratamientos que ejercen menor daño de *Coccinella* sp fueron *B. bassiana* + *M. anisopliae* y Crisantemo + jabón potásico en comparación con el testigo.

Cuadro 6. Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de *Coccinella* sp por tratamiento evaluado de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya. 2018

Promedio de Coccinella sp por planta		
Tratamiento	Media \pm ES	
Sulfoxaflor	1.04 \pm 0.03	a
Thiametoxam	1.07 \pm 0.03	a
Extractos de limón	1.08 \pm 0.03	a
Crisantemo + jabón potásico	1.08 \pm 0.03	a
<i>Beauveria</i> + <i>Metarhizium</i>	1.13 \pm 0.04	a
Testigo	1.92 \pm 0.09	b
N	650	
CV	60.02	
(F; df; α)	30.17; 649; 0.0001	

ES: Error estándar; **CV:** Coeficiente de variación; **SD:** Desviación estándar; **N:** Numero de datos utilizados en el análisis; **F:** Fisher calculado; **df:** Grados de libertad del error; **α :** Probabilidad según Tukey

5.3.2 Fluctuación poblacional de larvas de León de áfidos (*Chrysoperla sp*) en los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018

Se comparó la fluctuación poblacional de León de áfidos *Chrysoperla sp* en el cultivo de sorgo, en Nindirí, Masaya, 2018, desde los 10 días después de la siembra hasta los 105 días (Figura 6). Se notó la presencia de este controlador natural desde la sexta fecha de muestreo (14 octubre), presentando un pico poblacional a los 66 días después de la siembra (04 noviembre). Estas poblaciones fueron mayores en el tratamiento Testigo y *B. bassiana* + *M. anisopliae*.

“Chrysopidae es una de las familias de entomófagos más importantes del orden Neuróptera, debido a que 15 géneros presentan especies con potencial como agentes de control biológico” (López-Arroyo y Tauber, 1999, p.4). “La voracidad de las larvas las ha convertido en uno de los agentes de control biológico más favorecidos en cultivos agrícolas” (Oswald, 2003, p.25).

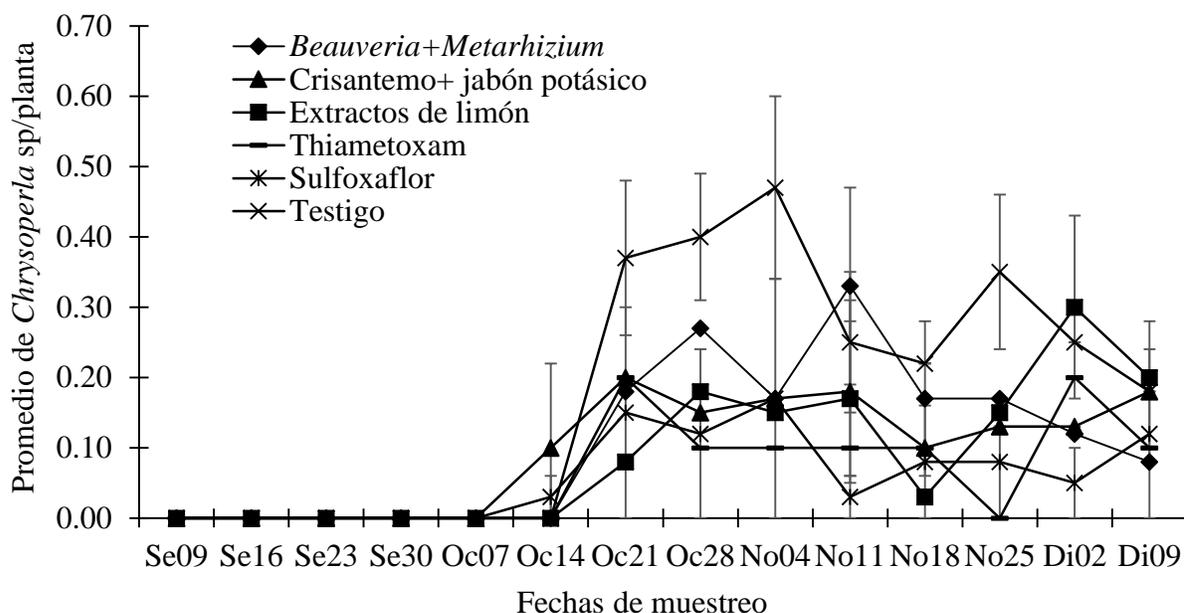


Figura 6: Fluctuación poblacional de larvas de *Chrysoperla sp*, en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018.

El análisis de varianza realizado (Cuadro 7), demuestra que hay diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($\alpha=0.0004$), donde los tratamientos *Beauveria+Metarhizium* y Extractos de limón ejercieron menor daño en *Chrysoperla sp*.

Borror, Triplehorn, y Johnson (1989, p3), lo describen:

Son insectos de tamaño mediano (6.5-35 mm de longitud de las alas), de color verde a café claro, ojos verdes o dorados y con una longitud de antenas variable (0.5-2 veces la longitud del ala anterior)". Chrysopidae es la segunda familia más grande del orden Neuróptera, con alrededor de 1300 especies reconocidas.

Las poblaciones de este enemigo natural se presentaron de manera natural a partir de los 40 días después de la siembra, coincidiendo con Rodríguez-Vélez *et al.*, (2016) donde reportan la presencia espontanea de especies del orden Neuróptera: Chrysopidae y de Coleóptera: Coccinelidae como depredadores propios para *M. sacchari*.

Palomares-Pérez, Bravo-Núñez y Arredondo-Bernal (2020), concluyen

La población de *M. sacchari* en sorgo puede regularse por los enemigos naturales, no obstante se debe ejercer con cuidado porque, según las condiciones del ambiente y el manejo del cultivo, las poblaciones de *B. bassiana* pueden no afectarse en época temprana, y en su lugar afectar el cultivo, la mayor desventaja radica en la reproducción acelerada y exponencial que tiene el pulgón, esto evita que este depredador natural lo controle cuando actúa de manera aislada. Además, hace énfasis en la necesidad de reforzar esta práctica con aplicación de otra medida alterna que va ayudar a mantener las poblaciones bajas sin afectar la producción del grano.

Cuadro 7. Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de larvas de León de áfidos (*Chrysoperla* sp) por tratamiento evaluado de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya. 2018

Tratamiento	Promedio de <i>Chrysoperla</i> sp por planta	
	Media ± ES	
Thiametoxam	1.0 ± 0.00	a
Sulfoxaflor	1.02 ± 0.02	a
Crisantemo + jabón potásico	1.05 ± 0.03	ab
Extractos de limón	1.07 ± 0.03	ab
<i>Beauveria</i> + <i>Metarhizium</i>	1.09 ± 0.03	ab
Testigo	1.19 ± 0.09	b
N	450	
CV	27.24	
(F; df; P)	4.64; 449; 0.0004	

ES: Error estándar; **CV:** Coeficiente de variación; **SD:** Desviación estándar; **N:** Numero de datos utilizados en el análisis; **F:** Fisher calculado; **df:** Grados de libertad del error; **α :** Probabilidad según Tuckey

5.4 Comparación del rendimiento total en kg/ha de los tratamientos evaluados en el cultivo de sorgo, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya 2018

Se comparó el rendimiento total en kg/ha de las parcelas de sorgo en los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre 2018 (Figura 7). Los resultados obtenidos muestran que los tratamientos con mayor rendimiento fueron Thiametoxam, Sulfoxaflor y crisantemo + jabón potásico, con 3 863.63 kg ha⁻¹; 3 272.72 kg ha⁻¹ y 3 090.90 kg ha⁻¹. Los tratamientos evaluados con *B. bassiana* + *M. anisopliae* y Extractos de limón obtuvieron rendimientos más bajos con 2500.00 kg ha⁻¹ y 1 727.27 kg ha⁻¹

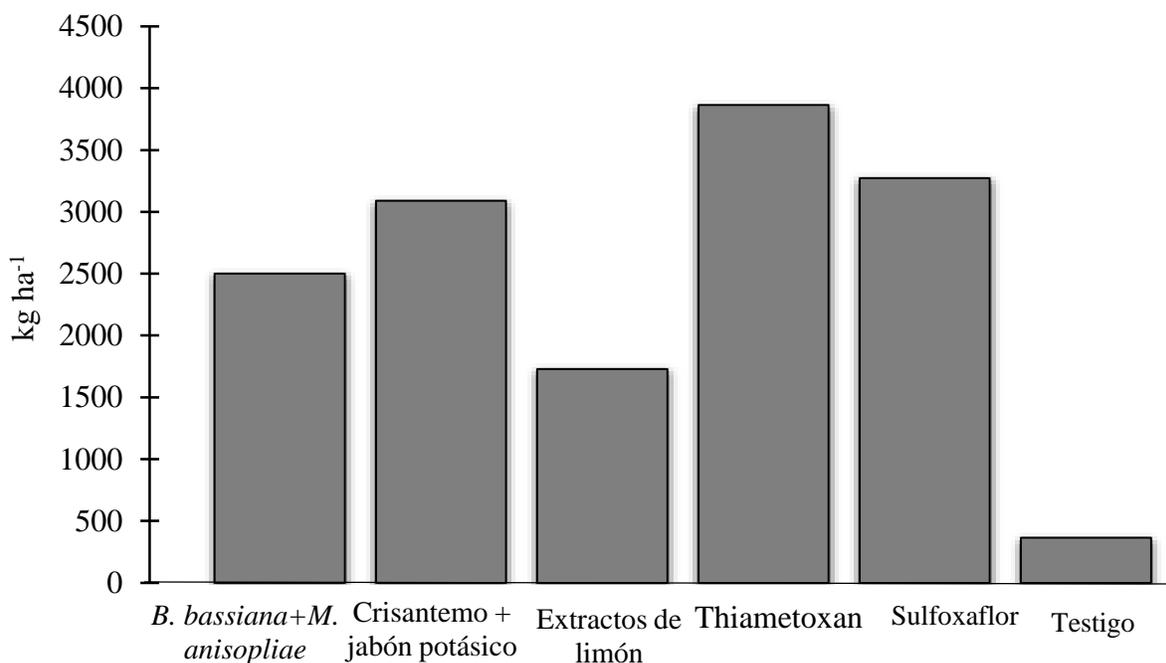


Figura 7: Comparación del rendimiento total en kg/ha en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018.

Thiametoxam y Sulfoxaflor obtuvieron los resultados mayores, ya que al momento de aplicarlos se traslocan en el cultivo, permitiendo que el efecto de control dure varios días. Por otro lado, Crisantemo + jabón potásico y Extractos de limón, por ser modo de acción de contacto no ejerce esta misma función.

B. bassiana + *M. anisopliae* ofrece un proceso de control efectivo pero más lento debido al proceso germinativo, condiciones ambientales óptimas para las esporas, esto comparado con la acelerada reproducción de *M. sacchari* destacan como principal desventaja para la utilización de este tratamiento.

5.5 Comparación económica de cada uno de los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, 2018

El análisis de presupuesto parcial (Cuadro 8) realizado según la metodología CIMMYT (1988), determinó que el mayor costo variables lo obtuvo el tratamiento Extractos de limón con 226.20 USD\$ ha⁻¹, seguido de los tratamientos crisantemo + jabón potásico y *B. bassiana* + *M. anisopliae* con 167.24 USD\$ ha⁻¹ por igual, en cambio los que presentaron menores costos variables fueron Thiametoxan con 35.26 USD\$ ha⁻¹, Sulfoxaflor con 83.26 USD\$ ha⁻¹ y Testigo con 23.33 USD\$ ha⁻¹

El tratamiento que obtuvo el mayor beneficio neto fue el Thiametoxan con 930.16 USD ha⁻¹, en cambio los tratamientos que presentaron el menor beneficio neto fue Extractos de limón con 27.81 USD\$ ha⁻¹ y el Testigo con -224.41 USD\$ ha⁻¹.

Cuadro 8: Presupuesto parcial en dólares americanos US\$ de los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre en Nindirí, Masaya. 2018

Concepto	<i>Beauveria</i> + <i>Metarhizium</i>	Crisantemo + jabón potásico	Extractos de limón	Thiametoxam	Sulfoxaflor	Testigo
Rendimiento (kg/ha)	2500.00	3090.90	1727.27	3863.63	3272.72	363.63
Rendimiento ajustado (10%) kg/ha	2250.00	2781.81	1554.54	3477.27	2945.45	327.27
Precio de campo (USD\$/kg)	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
Ingreso bruto	832.5	1029.27	575.18	1286.59	1089.82	121.09
Costos variables en dólares						
Control botánico (USD\$)		125.00	175.00			
Control microbiano (USD\$)	125.00					
Control químico de pulgón (USD\$)				10.93	50.00	

Control químico de malezas (Prowl+Atrazina)	19.86	19.86	19.86	19.86	19.86	19.86
Costo de aplicación (depende del N° de bombadas a aplicar)	22.38	22.38	31.34	4.47	13.43	4.47
Costo total de aplicaciones	167.24	167.24	226.20	35.26	83.29	24.33
Costos fijos en dólares						
Depreciación de bomba de mochila	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Depreciación del tractor	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Depreciación sembradora	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Depreciación de implemento de aplicación de herbicidas (boom)	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Costo de fertilizantes	56.47	56.47	56.47	56.47	56.47	56.47
Costo de semilla	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Costo total de mano de obra	154.50	154.50	154.50	154.50	154.50	154.50
Total costos fijos	321.17	321.17	321.17	321.17	321.17	321.17
Total costos variables	167.24	167.24	226.2	35.26	83.29	24.33
Costo total de producción	488.41	488.41	547.37	356.43	404.46	345.50
Beneficio neto	344.09	540.86	27.81	930.16	685.36	- 224.41

Precio oficial del dólar en el mes de diciembre 2018 al momento de la cosecha 33.33 USD/kg (BCN).

5.6 Análisis de dominancia

Este análisis se utiliza para los tratamientos que en términos de ganancia ofrecen la posibilidad de ser escogidos para recomendarse a los agricultores. Este análisis determina que tratamiento domina en cuanto a beneficios netos y costos variables (CIMMYT, 1998).

El análisis de dominancia realizado (Cuadro 9), refleja que el tratamiento Thiametoxam es el único que resulto ser No dominado, esto se debe a que presentó mayor beneficio neto y menor costo variable que el resto de los tratamientos incluidos en este análisis, por lo tanto, es el único tomado en cuenta para realizar el análisis de la tasa de retorno marginal.

Cuadro 9. Análisis de dominancia de los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya. 2018

Tratamiento	Costo variable USD ha⁻¹	Beneficio neto USD ha⁻¹	Resultado
Testigo	24.33	-224.25	
Thiametoxam	35.26	930.16	ND
Sulfoxaflor	83.29	685.36	D
<i>B. bassiana</i> + <i>M. anisopliae</i>	167.24	344.09	D
Extractos de crisantemo + jabón potásico	167.24	540.86	D
Extractos de limón	226.2	27.81	D

D: Dominado; ND: No dominado

5.7 Análisis de la tasa de retorno marginal

Este análisis indica lo que el agricultor puede ganar en promedio con su inversión cuando decide cambiar una práctica por otra más rentable, sin embargo, no se puede tomar una decisión rápida con respecto a un tratamiento sin haber determinado la tasa de retorno marginal que sería la decisión del agricultor según (CIMMYT, 1998).

Para en este caso solamente se tomó el tratamiento Thiametoxan que fue el que resultó No Dominado, como no se obtuvo otro tratamiento con este mismo resultado, se aplicó la tasa de retorno absoluta que es el resultado del beneficio neto dividido con su costo variable multiplicado por 100 (Cuadro 10), es decir que por cada dólar invertido al usar este tratamiento el producto obtiene 26.38 dólares adicionales.

Cuadro 10. Análisis de la tasa de retorno marginal de los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya. 2018

Tratamiento	Costos Variable USD ha⁻¹	Costo marginal USD ha⁻¹	Beneficio neto USD ha⁻¹	Beneficio marginal USD ha⁻¹	Tasa de retorno marginal %
Tiamethoxam	35.26		930.16		2638.0034

VI. CONCLUSIONES

En las primeras poblaciones de *M. sacchari* predomina la forma alada, en todo el ciclo del cultivo hubo un único pico poblacional a los 70 días, a partir de este momento las poblaciones descienden debido a que el cultivo no ofrece la calidad alimenticia que exige.

S. frugiperda fue desplazado en su totalidad por *M. sacchari*, sin embargo se presentó en todo el ciclo del cultivo a partir de los siete días, teniendo un único pico poblacional a los 49 días después de establecido el cultivo.

Coccinela sp y *Chrysoperla* sp, se presentaron de manera natural a partir de los 42 días de establecido el cultivo hasta la cosecha, estas poblaciones aumentaron y se mantuvieron a partir de que *M. sacchari* mostró su pico poblacional más alto, destacándose como depredadores propios de esta plaga.

Thiametoxam, Sulfoxaflor y Crisantemo + jabón potásico ejercieron mayor control en las poblaciones de *M. sacchari* (Ninfas, Adultos alados y adultos ápteros) y *S. frugiperda*.

Beauveria bassiana + *Metarhizium anisopliae*, Crisantemo + jabón potásico y Extractos de limón ejercieron menor efecto sobre enemigos naturales (*Chrysoperla* sp y *Coccinela* sp).

Los mayores rendimientos comerciales fueron obtenidos por los tratamientos Thiametoxan, Sulfoxaflor y Crisantemo + jabón potásico.

El análisis de la tasa de retorno marginal refleja que Thiametoxan es el tratamiento más rentable, ya que el productor obtiene 6.38 dólares adicionales por cada dólar invertido.

VII. RECOMENDACIONES

Se sugiere utilizar, Thiametoxan y Sulfoxaflor con dosis de 50 g ha⁻¹ y 50 ml ha⁻¹ respectivamente, ya que la respuesta en controlar poblaciones de *M. sacchari* es inmediata y eficaz, sin embargo cuando se presentan los primeros individuos por colonia, de manera preventiva se pueden integrar en un programa fitosanitario los tratamientos Pirex 6% EC (Crisantemo + jabón potásico) y M.A (*B. bassiana* + *M. anisopliae*).

Realizar muestreos una vez por semana para detectar oportunamente cuando las poblaciones de *M. sacchari* aumenten considerablemente.

La variedad de sorgo pinolero 1 resultó ser susceptible al ataque de *M. sacchari*, por lo tanto se sugiere realizar investigaciones cuyos resultados estén orientadas a conocer que tipo de variedades e híbridos ofrecen resistencia a *M. sacchari*.

VIII. LITERATURA CITADA

- Ahrens, W., Anderson, D., Bowling, R., Halcomb, J. & Brewer, M. (2014). Setting an Economic Threshold for Sugarcane Aphid (*Melanaphis sacchari*) on Sorghum Infested during Vegetative Growth. Texas A&M AGRILIFE RESEARCH. Texas, US. Recuperado el 12 mayo de 2018 de http://agrilife.org/ccag/files/2013/03/economicthreshold_sugarcaneaphid_2014TPPAmeetin-TPPAfinal.pdf
- Ahrens, T., Anderson, D., Bowling, R., Brewer, M., Gordy, J., Vyavhare S., & Way, M.O. (2014). Efficacy of Insecticides in Management of Sugarcane Aphid in Texas. Texas A&M AGRILIFE RESEARCH. Texas, US. Recuperado el 25 junio 2020 de http://agrilife.org/ccag/files/2013/03/insecticideefficacy_sugarcaneaphid_2014TPPAFinal.pdf
- Aphidnet.org. <https://www.aphidnet.org>. <http://aphid.speciesfile.org/Common/basic/Taxa.aspx?TaxonNameID=1166044&Next=Taxa.aspx>. Recuperado 16 enero 2019.
- Andrews, K (1980). The whorlworm, *Spodoptera frugiperda*, in Central America and neighboring areas. *Fla. Entomol.* 63 (4), 456-467. Recuperado de <https://journals.flvc.org/flaent/article/view/57520/55199>
- Armstrong J.S., Mbulwe L., Sekula-Ortiz D., Villanueva R.T., & Rooney W.L. (2017). Resistance to *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in forage and grain sorghums. *Journal of economic entomology*, 110(1): 259-265. <https://doi.org/10.1093/jee/tow261>
- Babcock, J., Gerwick, J., Huang, M., Loso, G., Nakamura, S., Nolting, F., Rogers, T., Sparks, J., Watson, B & Y, Zhu. (2011). Biological Characterization of Sulfoxaflor, a Novel Insecticide. *Pest Management Science* 67(3), 328- 334. <https://doi.org/10.1002/ps.2069>
- Borror, J.D., A. Triplehorn C., & F. Johnson N. (1989). *An Introduction to the Study of Insects*. (6ta ed.). Saunders College Publishing. Ohio, Estados Unidos.
- Carballo, M., Enilda, C., Chaput, P., Fernández, O., González, L., Gruber, A., Guharay, F., Hidalgo, E., Narváez, C., López, J., Rizo, C., Rodríguez, A., Rodríguez, C., & Salazar, D. (2004). Control biológico de plagas agrícolas. En F. Carballo & M. Guharay. (Eds). CATIE (CEN Nicaragua, CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza).
- CATIE. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) (1987). *Artículos selectos sobre áfidos y su importancia económica en la agricultura de Centroamérica*. s.e. Panamá.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). (1988). *La Formulación de Recomendaciones a Partir de Datos Agronómicos*. s.e. Distrito Federal, México.
- Cortez-Moncada E., Valenzuela-Escoboza F., López-Guzmán J., Pérez-Márquez J. & Moreno-Gallegos T. (2018). Biological effectiveness of aficides on sorghum aphid *Melanaphis sacchari* (Zehntner) in northern of Sinaloa. *Revista Bio Ciencias* 8(5). Recuperado de <http://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/482/596>

- Delgado-Ramírez, C., Salas-Araiza, M., Martínez-Jaime, O., Díaz-García, J., Guzmán-Mendoza, R., & Salazar-Solís, E. (2016). Consumo de *Melanaphis sacchari* (HEMIPTERA: APHIDIDAE) por *Hippodamia convergens* (Coleóptera: Coccinellidae) Y *Chrysoperla carnea* (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE). *Entomología Agrícola*. (3) ,369-374. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/305651933>.
- ECOLOGIKA. (2018). Manual de insecticidas, fungicidas y fortificantes ecológicos. s.e.
- Figueredo, L. Hernández, L. Linares, B. (2004). Relación epidemiológica entre áfidos (Homóptera: Afididae) y enfermedades virales en el cultivo de la caña de azúcar en los valles de los ríos Turbio y Yaracuy. Venezuela *Rev Caña Azúcar*. (22), 15–19.
- Gómez, H. (1999). Experiencias en la utilización del hongo *Metharizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin en el control de plagas agrícolas en el Perú. *Revista Peruana de Entomología* (41) ,12-14. Recuperado de https://repositorio.senasa.gob.pe:8443/bitstream/SENASA/244/1/1999_Gomez_Experiencias-Metarhizium-anisopliae.pdf
- Gardner, W., Duncan, R. (1982). Influence of soil pH on fall armyworm (Lepidóptera: Noctuidae) damage to whorl-stage sorghum. *Environmental Entomology* (11), 908-911. <https://doi.org/10.1093/ee/11.4.908>
- González, G. (2006). Los Coccinellidae de Chile. Recuperado el 22 de diciembre de 2020 de <http://www.coccinellidae.cl/paginasWebChile/Paginas/InicioChi.php>.
- González-Maldonado, M., Gurrola-Reyes, J. & Chaírez-Hernández, I. (2015). Productos biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología* (41), 200-204. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012004882015000200009&lng=en&tlng=es
- González-Valdivia, N., Cauich-Cauich, R., Pérez-Molina, S., Burgos-Campos, M. & Arcocha-Gómez, E. (2019). Control de *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemíptera: Aphididae) con entomopatógenos en sorgo, en Campeche, México. *Acta agrícola y pecuaria*. Doi: <https://doi.org/10.30973/aap/2019.5.0051005>.
- Gutiérrez-Gómez, E., Carapia-Ruiz, V., Castillo-Gutiérrez, A. & Sánchez-Flores, O. (2018). Enemigos naturales del pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemíptera: Aphididae) en Xalostoc, Ayala, Morelos. *Entomología Mexicana*, (5) ,131-135.
- IPSA (Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria) (2016). Primer reporte oficial de pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari*). Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF). Managua, Nicaragua. Recuperado el 30 de mayo de 2018 de <https://www.ippc.int/es/countries/nicaragua/pestreports /2016/10/primer-reporte-oficial-de-pulgón-amarillo-delsorgo-melanaphis-sacchari/>
- IRAC. (2019). *Clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas*. 7ma ed. Esp.
- Jeschke, P., Nauen, R. & Beck, M. (2013). Nicotinic Acetylcholine Receptor Agonists: A Milestone for Modern Crop Protection. *Angewandte Chemie International*. (36), 9464-9485. <https://doi.org/10.1002/anie.201302550>

- López-Arroyo, J. C. & Tauber, M. (1999). Effects of prey on survival, development and reproduction of trash-carrying chrysopids (Neuroptera: Ceraeochrysa). *Environ. Entomol.* (28) ,1183-1188. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/J-Isabel-Lopez-Arroyo/publication/233511968_Effects_of_Prey_on_Survival_Development_and_Reproduction_of_TrashCarrying_Chrysopids_Neuroptera_Ceraeochrysa/links.pdf
- Luginbill, P. (1928). *The fall armyworm. Technical Bulletin.* United States Department of Agriculture (USDA), Washington D. C.
- Maya, H. & Rodríguez, L. (2014). Pulgón Amarillo (*Melanaphis sacchari*): Nueva Plaga del Sorgo en Tamaulipas. Campo Experimental Rio Bravo. INIFAP. Rio Bravo, Tamaulipas. México.
- Molina, C. E. & Delgado, H. A. (2010). *Aspectos tecnológicos para la producción de Sorgo granífero.* s.e. Bogotá, Colombia.
- Monterrey, C. (1997). *Dosis y momentos de aplicación de fertilizantes nitrogenados: Efecto sobre el crecimiento y rendimiento en el cultivo de sorgo granífero.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
- Muñoz-Conforme, X., Comboza-Quijano, W., Lara-Obando, E., Mendoza-García, M., Mejía-Zambrano, N., López-Mendoza, J. & Moran-Sánchez, N. (2017). Biological insecticides for the control *Spodoptera frugiperda* Smith, its incidence on yield. *Centro Agrícola*, 44(3), 20-27. Recuperado el 09 de enero de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025357852017000300003&lng=es&tlng=en
- Murúa, M., Vera, M., Juárez, M., Prieto. & Williking, E. (2008). Fitness and mating compatibility of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) populations from different host plant species and regions in Argentina. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 101 (3), 639-649. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2008\)101\[639:FAMCOS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2008)101[639:FAMCOS]2.0.CO;2)
- Nibouche, S., Mississippi, B., Fartek, H., Delatte, B., Reynaud & Costet, L. (2015). Host plant specialization in the sugarcane aphid *Melanaphis sacchari*. *Plos One* 10 (5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143704>
- Nibouche, S., Fartek, B., Mississippi, S., Delatte, H., Reynaud, B & Costet, L. (2014). Low genetic diversity in *M. sacchari* aphid population at the worldwide scale. *Plos One.* 9(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143725>
- Orellana, M. (2017). *Control biológico del pulgón amarillo del sorgo (Melanaphis sacchari) (Zehntner) con cuatro formulaciones comerciales de hongos entomopatógenos en condiciones de invernadero.* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de El Salvador. San Salvador, El Salvador.
- Oswald, D. (2003). Bibliography of the Neuropterida. A Working Bibliography of the Literature on Extant and Fossil Neuroptera, Megaloptera, and Raphidioptera (Insecta: Neuropterida) of the World. Recuperado el 22 diciembre de 2019 de <http://insects.tamu.edu/research/neuropterida/bibhome.html>

- Palomares-Pérez, M., Bravo-Núñez, M. & Arredondo-Bernal, H. (2020). Liberación de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuróptera: Chrysopidae) y manejo para el control de *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemíptera: Aphididae) en el cultivo de sorgo. *Revista Agrociencia* (54), 435-444. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v54i3.1917>
- Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias J., Wencomo, H., Reyes, F., Oquendo, G. & Milia, I. (2009). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) Characterization and potential of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) grain. *Pastos y Forrajes*. Cuba (33), 1-14. Recuperado en 14 de abril de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086403942010000100001&lng=es&tlng=es.
- Pérez-Molina, S. (2019). Producción Agrícola. En J. R. Cauich-Cauich, M. A. Burgos-Campos, E. Arcocha-Gómez, & N. A. González-Valdivia (Eds.), *Agroecosistemas Tropicales: Conservación de Recursos Naturales y Seguridad Alimentaria: Vol. Primera edición: 2019* (1.a ed., pp. 231-238). Tecnológico Nacional de México.
- Peña-Martínez, R., Lomeli-Flores, R., Bujanos, R., Muñoz-Viveros, A., Vanegas-Rico, J., Salas, R., Hernández-Torres, O., Marín-Jarillo, A. & Ibarra-Rendón, J. (2018). Pulgón amarillo del sorgo, (*PAS*), *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897), interrogantes biológicas y tablas de vida [Libro electrónico]. D.R. Fundación Guanajuato Produce A.C. Nuevo León 603, Col Alameda, C. P. 38050, Celaya Gto., México. https://www.researchgate.net/profile/Juan_VANEGASRICO/publication/327904648_Pulgón_amarillo_del_sorgo_PAS_Melanaphis_sacchari_Zehntner_1897_interrogantes_biologicas_y_tablas_de_vida/links/5bac5fe892851ca9ed292f90/Pulgon.pdf
- Ponema. (2001). Cómo controlar a los pulgones. *Fertilidad de la tierra*. (4) 9-14.
- Ragae, S., Abdel-Aal, E. & Noaman, M. (2006). Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry*, 98 (1) (2006), 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.039>
- Reyes, N. & Rivas, L. (2018). *Evaluación de insecticidas químico, biológico y botánico para el manejo del pulgón amarillo (Melanaphis sacchari, Zehntner), y otras plagas e insectos benéficos, en sorgo (Sorghum bicolor L. Moench), en “El Plantel” 2017*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria. Nicaragua.
- Rodríguez, M. (1967). *Efecto de diferentes densidades de siembras y espaciamientos entre surcos sobre caracteres de sorgos granífero*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria. Nicaragua.
- Rodríguez-Vélez, J., Rodríguez-Vélez, M., Sarmiento-Cordero, S., Palomares-Pérez, M. & Arredondo-Bernal, H. (2016). Species of coccinellidae (Coleoptera: Cucujoidea) associated with *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemíptera: Aphididae) in Tamaulipas México. *Entomol. News* (126), 97 – 105. <https://doi.org/10.3958/059.043.0214>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2015). Programa de trabajo de la campaña pulgón amarillo del sorgo a operar con recursos del componente de sanidad vegetal del programa de sanidad e inocuidad agroalimentaria 2015, en el estado de Nayarit. 2015: 11.

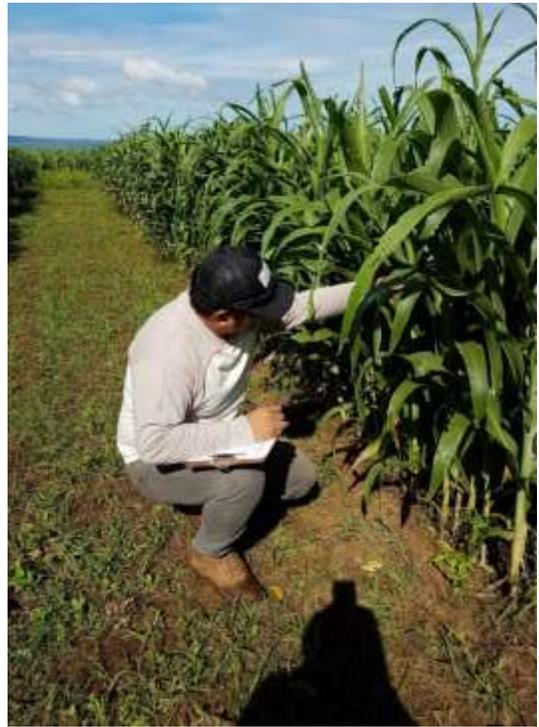
- Saint-Preux, C. (2015). *Comparación de la eficacia del insecticida Sulfoxaflor con Fluyradifurone, Spirotetramat e Imidicaloprid para el control de Myzua persicae en chile dulce (Capsicum annuum)*. (Tesis de pregrado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11036/4626>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2014). *Hospedantes Principales del Pulgón*. SAGARPA (1ª ed.). México.
- Singh, B., Padmaja, P. & Seetharama, N. (2004). Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae), in sorghum: a review. *Crop Prot.* (23), 739–755. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.01.004>
- Somarriba, R. C. (1997). *Granos básicos en Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua.
- Scagliusi, S. M., & Lockhart, B. E. (2000). Transmission, characterization, and serology of a luteovirus associated with yellow leaf syndrome of sugarcane. *Phytopathology*, 90(2), 120–124. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2000.90.2.120>
- Stefoska-Needham, A., Beck, E., Johnson, S. & Tapsell, L. (2015). Sorghum: an underutilized cereal whole grain with the potential to assist in the prevention of chronic disease. *Food Reviews International*, 31 (4). <https://doi.org/10.1080/87559129.2015.1022832>.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad). (2014). *Pulgón amarillo Melanaphis sacchari (Zehntner)*. Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica, No 43.
- Téllez Jurado, A., Guadalupe, M., Ramírez, C. & Flores, Y. (2009). Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista Mexicana de Micología.* (30), 73-80. Recuperado en 09 de junio de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018731802009000200007&lng=es&tlng=es
- Tejeda-Reyes, M. A., Díaz-Nájera, J. F., Rodríguez-Maciel, J. C., Vargas-Hernández, M., Solís-Aguilar, J. F., Ayvar-Serna, S., Flores-Yáñez, J. A. (2017). Evaluación en Campo de Insecticidas Sobre *Melanaphis sacchari* (Zehntner) en Sorgo. *Southwestern Entomologist*, 42(2), 545-550. <https://doi.org/10.3958/059.042.0223>
- Vázquez, N., Carrillo, M., Cisneros, F. (2016). Estudio poblacional en un cultivar de sorgo forrajero infestado con pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897) (Hemíptera: Aphididae) en la comarca lagunera. *Entomología Mexicana.* (3), 395-400. Recuperado de <http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2016/EA/Em%20395-400.pdf>
- Wall, J. & Ross, W. (1970). Producción y utilización de sorgo; principales cultivos de piensos y alimentos en la agricultura y las series alimentarias. *Westport*. Recuperado el 25 agosto 2020 de <https://nla.gov.au/nla.cat-vn1045921>.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Colonia de *M. sacchari* a los 30 dds



Anexo 2. Muestreo de *M. sacchari* en sorgo



Anexo 3. Población de *M. sacchari* a los 45 dds



Anexo 4. Tutor: Dr. Edgardo Jiménez y Tesista: Ing. Ariel Mena



Anexo 5. Producto usado en el tratamiento microbiano formulado a base de esporas de *B. bassiana* y *M. anisopliae*



Anexo 6. Rendimiento cosechado con humedad del 12% por parcela de los tratamientos evaluados.



Anexo 7. Tratamiento botánico formulado usado a base extractos de crisantemo y jabón potásico.



Anexo 8. Diseño de campo BCA, finca San José, Nindirí, Masaya.



Anexo 9. Infección y colonización de *B.bassiana* en *M. sacchari*.



Anexo 10. Crecimiento micelial de *B. bassiana* en *M. sacchari* observado en estereoscopio a 10X.



Anexo 11. Panoja de sorgo tratada con Thiametoxam vs Testigo



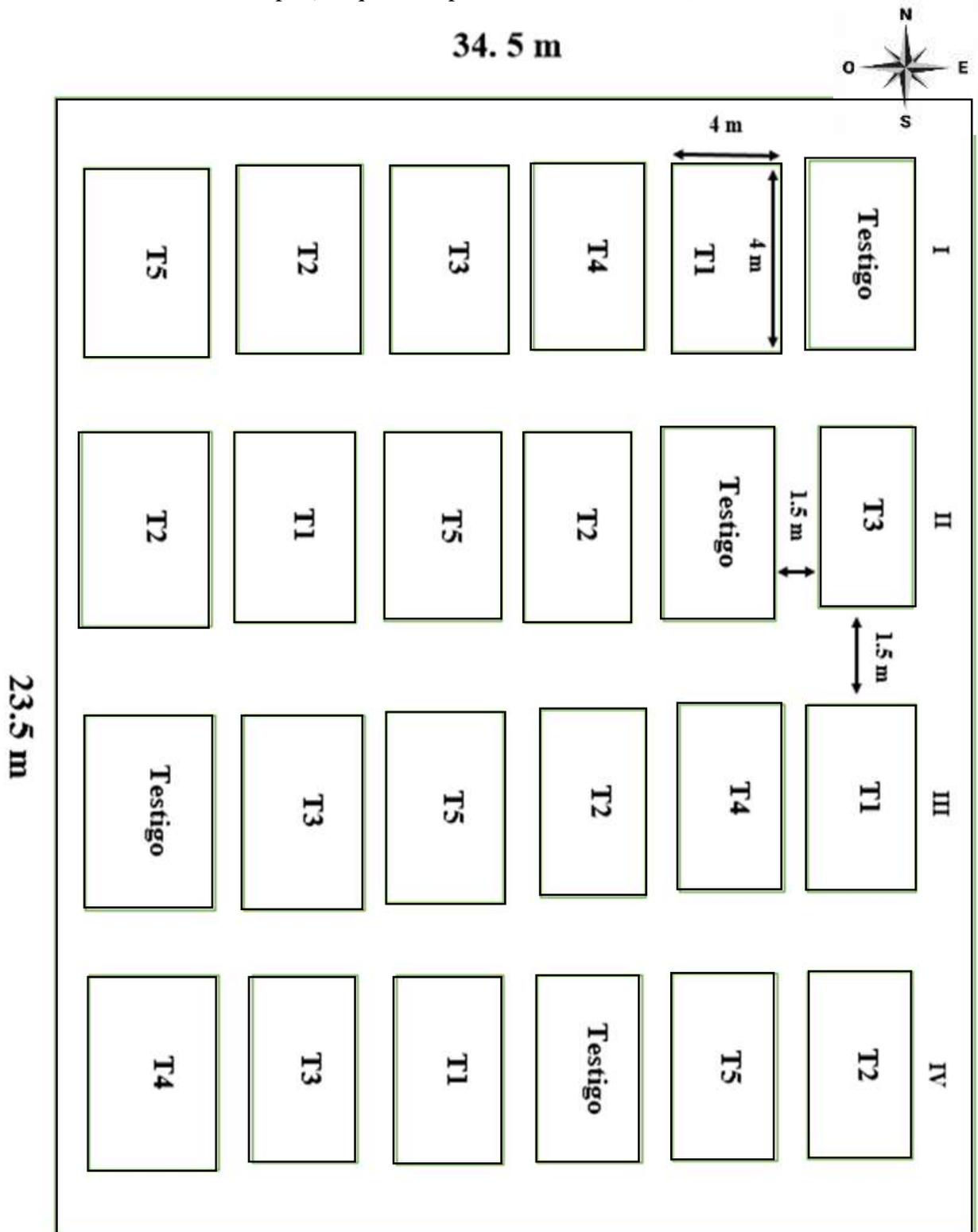
Anexo 12. Aplicación de insecticida en los tratamientos evaluados



Anexo 13. Huevecillos de Crisópidos en colonia de *M. sacchari*



Anexo 14. Plano de campo (Bloques completamente aleatorizado)



Anexo 15. Hoja de muestreo para pulgón amarillo en el cultivo de sorgo, Finca San José, Nindirí, Masaya 2018

Descripcion		Insectos Plagas						Insectos benéficos																				
		Pulgon amarillo			Secundarios			Tortuguillas	León de áfidos	Otros																		
		Ninfa	Aptero	Alado	Mosquita	Cogollero	Otros																					
Bloque	Tratamiento	Punto	Plantas	1	2	3	Sub total	4	5	6	Sub total	7	8	9	Sub total	10	11	12	Sub total	13	14	15	Sub total	Total				
		1		1																								
				2																								
				3																								
				Sub total																								
		2		4																								
				5																								
				6																								
				Sub total																								
		3		7																								
				8																								
				9																								
				Sub total																								
		4		10																								
				11																								
				12																								
				Sub total																								
		5		13																								
				14																								
				15																								
				Sub total																								
				Total																								

Anexo 16. ANDEVA del número de ninfas de *M. sacchari* en los tratamientos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	18258782.45	5	3651756.49	230.38	<0.0001
Tratamiento	18258782.45	5	3651756.49	230.38	<0.0001
Error	46935863.99	2961	15851.36		
Total	65194646.44	2966			

R² 0.28 CV 179.36

Anexo 17. ANDEVA del número de adultos ápteros de *M. sacchari* en los tratamientos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	7144927.57	5	1428985.51	144.88	<0.0001
Tratamiento	7144927.57	5	1428985.51	144.88	<0.0001
Error	46935863.99	2952	9863.03		
Total	65194646.44	2957			

R² 0.20 CV 230.01

Anexo 18. ANDEVA del número de adultos alados de *M. sacchari* en los tratamientos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	4080.02	5	816.00	58.76	<0.0001
Tratamiento	4080.02	5	816.00	58.76	<0.0001
Error	16304.09	1174	13.89		
Total	20384.30	1179			

R² 0.20 CV 121.41

Anexo 19. ANDEVA del número de *S. frugiperda* en los tratamientos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	2.01	5	0.40	4.43	<0.0006
Tratamiento	2.01	5	0.40	4.43	<0.0006
Error	62.53	689	0.09		
Total	64.54	694			

R² 0.03 CV 27.48

Anexo 20. ANDEVA del número de *Coccinela* sp en los tratamientos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	100.06	5	20.01	30.17	<0.0001
Tratamiento	100.06	5	20.01	30.17	<0.0001
Error	427.13	644	0.66		
Total	527.19	649			

R² 0.19 CV 60.02

Anexo 21. ANDEVA del número de *Chrysoperla* sp en los tratamientos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	2.05	5	0.41	30.17	<0.0004
Tratamiento	2.05	5	0.41	30.17	<0.0004
Error	39.21	444	0.09		
Total	41.26	449			

R² 0.19 CV 60.02