



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

**Uso de bioplaguicidas para el manejo del
pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*
Zehntner) en sorgo (*Sorghum bicolor* L
Moench) El Plantel, Masaya, 2019**

Autores

**Br. Sofía Karelia Jirón Cardoza
Br. Erbin Alexander Blandón Vivas**

Asesores

**MSc. Ivania Zeledón Castro
MSc. Gregorio Varela Ochoa**

**Managua, Nicaragua
Febrero, 2022**





“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

**Uso de bioplaguicidas para el manejo del
pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*
Zehntner) en sorgo (*Sorghum bicolor* L
Moench) El Plantel, Masaya, 2019**

Autores

**Br. Sofía Karelia Jirón Cardoza
Br. Erbin Alexander Blandón Vivas**

Asesores

**MSc. Ivania Zeledón Castro
MSc. Gregorio Varela Ochoa**

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

**Managua, Nicaragua
Febrero, 2022**



Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

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

Ingeniero en Sanidad Vegetal

Miembros del Tribunal Examinador

Presidente (PhD. Arnulfo
Monzón C.)

Secretario (MSc. Víctor
Monzón Ruíz)

Vocal (MSc. Trinidad Castillo Arévalo)

Lugar y Fecha: _____

DEDICATORIA

A Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencia y sobre todo felicidad.

A mis padres Carlos Blandón León y Lilliam Vivas García, por ser mi ejemplo para seguir como persona y por el apoyo moral y espiritual que siempre me han brindado durante mis años de estudio y en los momentos difíciles de la vida, alentándome a seguir siempre hacia delante.

A don Victoriano Brizuela y su esposa Ángela Romero por sus aportes a mi preparación profesional, su inmensa bondad y apoyo, hago presente mi gran afecto hacia ustedes.

A mi pequeña hija Alexa Blandón Campbell por ser la bendición que Dios me dio, y lo que me ha impulsado más a culminar mis estudios.

A todos mis hermanos que de alguna u otra manera contribuyeron a la finalización de mis estudios.

A mi asesora MSc. Ivania Zeledón por aceptarme para realizar esta tesis de graduación bajo su dirección, apoyo, confianza y su capacidad para guiarme en todo el proceso, ha sido un aporte invaluable.

Br. Erbin Alexander Blandón Vivas

DEDICATORIA

A Dios sobre todas las cosas, por darme sabiduría y ánimo de seguir adelante para alcanzar una meta más en mi vida y finalizar mi carrera profesional.

A mi Mamá, Lidia Cardoza Pastora por su esfuerzo y apoyo incondicional para llegar hasta el final de mi carrera, y también por darme ánimos de salir adelante e instruirme en mi caminar con cada uno de sus consejos y motivaciones para nunca rendirme ante cualquier obstáculo que se me presentó. También a mi hermano Ariel Enrique Martínez Cardoza por motivarme en cada momento y por ser mi ejemplo por seguir.

A mi Asesora de tesis MSc. Ivania Zeledón por su valioso apoyo y sobre todo por su confianza y orientación en el trabajo desde el inicio hasta final de la investigación.

A todos los profesores encargados de mi educación por compartir sus enseñanzas en este trayecto, pero en especial a los del DPAF (Departamento de Protección Agrícola y Forestal), gracias por todo ese apoyo que me han brindado no sólo como estudiante sino también como persona.

Br. Sofía Karelia Jirón Cardoza

AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso por darnos la vida y la fortaleza durante los años de nuestros estudios, y que siempre nos brindó salud, amor y esas ganas de superación que gracias a nuestro Señor hemos podido alcanzar poco a poco.

A la Universidad Nacional Agraria por habernos prestado las condiciones requeridas para la realización del proceso investigativo y siempre darnos esa educación de calidad y sobre todo gratuito y orgullosamente pública.

A nuestros asesores MSc. Ivania Zeledón y MSc. Gregorio Varela por habernos ayudado en este trabajo y aportar sus conocimientos y sugerencias para la realización de este trabajo.

A los profesores que nos han impartido sus conocimientos durante el proceso de formación profesional, en especial al PhD. Arnulfo Monzón por compartir su conocimiento, su experiencia, su paciencia y motivación.

De forma especial se agradece a: El personal del CENIDA, principalmente a la Lic. Ruth Velia Gómez y a la secretaria Blanca Blanco que durante los años de estudio formaron parte de nuestra formación profesional y por brindarnos siempre ese apoyo e inculcarnos responsabilidad, puntualidad y sobre todo dedicación al trabajo.

Br. Sofía Karelia Jirón Cardoza
Br. Erbin Alexander Blandón Vivas

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Importancia del cultivo de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) en Nicaragua	4
3.2. El pulgón amarillo del sorgo una especie invasora en Nicaragua	4
3.3. Daños que causa al cultivo	4
3.4. Manejo del pulgón amarillo del sorgo	5
3.4.1. Uso de insecticidas sintéticos	5
3.4.2. Uso de bioplaguicidas	5
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	7
4.1. Ubicación del estudio	7
4.2. Diseño metodológico	7
4.3. Descripción de los tratamientos evaluados en este estudio	8
4.3.1. <i>Beauveria bassiana</i>	8
4.3.2. Insecta Pro®	8
4.3.3. <i>Metarhizium anisopliae</i>	8
4.3.4. Pirex®	8
4.3.5. Testigo	9
4.4. Recolección de datos	9
4.5. Variables evaluadas	10

4.6. Análisis de datos	10
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
5.1. Incidencia poblacional de <i>M. sacchari</i> en las etapas fenológicas del cultivo de sorgo	12
5.2. Incidencia de <i>M. sacchari</i> en diferentes momentos de evaluación	13
5.3. Incidencia poblacional de insectos benéficos	17
5.4. Rendimiento obtenido en los tratamientos evaluados	18
5.5. Análisis económico de los tratamientos evaluados	19
5.6. Análisis de Dominancia	20
5.7. Tasa de Retorno Marginal	21
V. CONCLUSIONES	22
VI. RECOMENDACIONES	23
VII. LITERATURA CITADA	24
VIII. ANEXOS	26

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Efecto de los tratamientos sobre el número promedio de <i>M. sacchari</i> /planta en las diferentes etapas fenológicas del cultivo	16
2. Separación de medias de la presencia de insectos benéficos por fechas de muestreo	18
3. Presupuesto Parcial de los tratamientos evaluados	19
4. Análisis de dominancia de los tratamientos evaluados	20
5. Tasa de Retorno Marginal de los tratamientos no dominados en el análisis de dominancia	21

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Incidencia poblacional de <i>M. sacchari</i> en los tratamientos evaluados en el Plantel, 2019	12
2. Incidencia poblacional de insectos benéficos encontrados en el estudio, El Plantel, 2019	17
3. Rendimiento del cultivo de sorgo por cada tratamiento evaluado en kg ha ⁻¹	19

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Plano de campo del arreglo de un experimento de bloques completos al azar (BCA)	26
2. Análisis de varianza para <i>M. sacchari</i> en el cultivo de sorgo	27
3. Análisis de varianza de insectos benéficos presentes en todo el ciclo del cultivo del sorgo	27
4. Medición del área para la siembra del cultivo de sorgo	28
5. Levantamiento de datos en El Plantel 2019	28
6. Insectos benéficos presentes en el cultivo de sorgo	28
7. Presencia de pulgón amarillo en el cultivo de sorgo	29
8. Daños causados por <i>M. sacchari</i> al cultivo de sorgo	29
9. Cosecha del cultivo de sorgo	30
10. Trillado y secado del grano	30
11. Hoja de muestreo para levantamiento de datos	31
12. Etiqueta de producto botánico Pirex®	32
13. Etiqueta de producto biológico Metagreen	32
14. Etiqueta de producto botánico Insecta Pro®	33
15. Etiqueta de producto biológico Ecobiol	34

RESUMEN

Se realizó un estudio en el centro experimental El plantel, propiedad de la Universidad Nacional Agraria con el objetivo de evaluar cuatro bioplaguicidas para el manejo de *M. sacchari* en el cultivo de sorgo. El experimento se estableció de acuerdo con un diseño de bloques completos al azar, con cuatro bloques y cinco tratamientos, para un total de 20 unidades experimentales. El área experimental fue de 30m de largo por 27m de ancho, teniendo un área total de 810m²; cada unidad experimental midió 4.8 m de largo por 6 m de ancho con un área de 28.8 m². Los tratamientos evaluados fueron: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, Insecta Pro®, Pirex® y un testigo absoluto. Se evaluó el número de ninfas de *M. sacchari*, fauna benéfica: *C. sanguínea*, *C. externa* y Araneae, a través de un análisis de varianza y una separación de medias por Tukey con un nivel de significancia de 0.05; además, se realizó un análisis económico para determinar la rentabilidad de los tratamientos, utilizando la metodología de CIMMYT. Los resultados obtenidos en el estudio mediante el análisis de varianza indica que la interacción entre las variables evaluadas presentó diferencia significativa, es decir que el efecto de los tratamientos estuvo influido por las fechas de muestreo; sin embargo, el tratamiento con *Metarhizium anisopliae* e Insecta Pro® presentaron una media poblacional menor en comparación con los demás tratamientos evaluados. Las poblaciones de enemigos naturales no son afectadas con el uso de insecticidas botánicos y biológicos. Los tratamientos con mejores rendimientos comerciales fueron *Metarhizium anisopliae*, seguido del tratamiento *Beauveria bassiana*; el análisis económico indica que se puede recomendar indistintamente los insecticidas biológicos para el manejo de *M. sacchari* ya que su tasa de retorno marginal (TRM) es similar.

Palabras clave: Entomopatógenos, botánicos, control.

ABSTRACT

A study was carried out at the experimental center El campus, owned by the National Agrarian University with the objective of evaluating four biopesticides for the management of *M. sacchari* in sorghum crops. The experiment was established according to a randomized complete block design, with four blocks and five treatments, for a total of 20 experimental units. The experimental area was 30m long by 27m wide, having a total area of 810m²; each experimental unit measured 4.8 m long by 6 m wide with an area of 28.8 m². The treatments evaluated were: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, Insecta Pro®, Pirex® and an absolute control. The number of nymphs of *M. sacchari*, beneficial fauna: *C. sanguine*, *C. externa* and Araneae, was evaluated through an analysis of variance and a separation of means by Tukey with a significance level of 0.05; In addition, an economic analysis was carried out to determine the profitability of the treatments, using the CIMMYT methodology. The results obtained in the study through the analysis of variance indicate that the interaction between the evaluated variables presented a significant difference, that is, that the effect of the treatments was influenced by the sampling dates; however, the treatment with *Metarhizium anisopliae* and Insecta Pro® presented a lower population mean compared to the other treatments evaluated. The populations of natural enemies are not affected by the use of botanical and biological insecticides. The treatments with the best commercial yields were *Metarhizium anisopliae*, followed by the *Beauveria bassiana* treatment; the economic analysis indicates that biological insecticides can be recommended indistinctly for the management of *M. sacchari* since their marginal rate of return is similar.

Key words: Entomopathogenic, botanical, control.

I. INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* L.) es el quinto cultivo en importancia entre los cereales del mundo después del trigo (*Triticum aestivum* L.), el maíz (*Zea mays* L.), el arroz (*Oryza sativa* L.) y la cebada (*Hordeum vulgare* L.) (Martín, 2018).

La producción de sorgo en Nicaragua ha sido de suma importancia a lo largo del tiempo, este cultivo ha permitido a las familias nicaragüenses la obtención de ingresos y asegurar la alimentación en algunos casos de las personas, también del ganado mayor y menor que poseen algunas familias del sector rural (Campos y Carranza, 2015).

La producción de sorgo la destinan en gran parte al mercado local y el resto para auto consumo y la alimentación de aves de patio, cerdos y selección de semilla para el siguiente ciclo productivo. El residuo de la cosecha (guate) es recogido, almacenado y utilizado en la alimentación del ganado bovino, en periodos secos (Suárez y Zeledón, 2003).

La problemática del sorgo es muy variada, desde el acceso a los insumos, las variedades disponibles y el cambio climático; aunque siempre los productores de sorgo mencionan que las plagas (insectos, patógenos, malezas) son las principales problemáticas en este cultivo (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 1993).

El pulgón amarillo del sorgo se reportó en el ciclo de postrera 2016. Las pérdidas ocasionadas por esta plaga en sorgo fueron aproximadamente de 10 millones de dólares, lo que significó un decrecimiento en la producción de sorgo de aproximadamente 13, 636,636 kg, y una afectación de alrededor de 15,510 hectáreas (Baca, 2017). Ante esta situación y debido a que esta plaga está causando muchos daños a la producción nacional, se hace necesario realizar una investigación que permita proponer medidas de manejo que logren mantener la plaga a niveles aceptables.

El método más utilizado para el control de *M. sacchari* es la aplicación de productos químicos; sin embargo, el uso de estos productos ha traído como consecuencia la resistencia de las plagas, así como la disminución de los enemigos naturales (Rodríguez-del-Bosque y Terán, 2015).

Las investigaciones han demostrado que los insecticidas químicos usados en tratamientos de los cultivos agrícolas no solo son causantes de problemas de salud, sino que producen una seria contaminación del suelo y del agua. Al usar insecticidas químicos se perjudica la cobertura vegetal y se alteran los nutrientes del suelo (Mosquera, 2010).

Considerando los perjuicios que ocasionan los insecticidas sintéticos es necesario impulsar nuevas alternativas de control de plagas que sean amigables con el medio ambiente, por ejemplo, el uso de insecticidas biológicos y botánicos (Clavijo y Pérez, 2000).

Reyes y Rivas (2018), afirman que los tratamientos biológicos y botánicos, tienen menor efecto sobre los organismos benéficos.

En Nicaragua, se han realizado pocos estudios sobre el pulgón amarillo del sorgo que brinden alternativas para el manejo de esta plaga, esta investigación ayudará a que los productores de sorgo en Nicaragua puedan tener más alternativas de manejo para el pulgón amarillo del sorgo y que no sean perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- ✓ Evaluar el uso de bioplaguicidas para el manejo del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari* Zehntner) en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench).

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar el efecto de insecticidas biológicos y botánicos para el manejo del pulgón amarillo, en el cultivo de sorgo.
- ✓ Comparar el efecto de insecticidas biológicos y botánicos sobre enemigos naturales de insectos.
- ✓ Determinar la relación de costo-beneficio de los tratamientos evaluados para generar recomendaciones de manejo del pulgón amarillo en el cultivo de sorgo.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Importancia del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor*) en Nicaragua

El sorgo es de gran importancia en la dieta nacional, principalmente en las zonas rurales. El alto grado de consumo de sorgo se debe a necesidades alimentarias humanas, así como para la alimentación de animales por su forraje; mientras que, por sus granos, juegan un papel importante en la industria ya que se procesan en un gran número de productos y subproductos. Este cultivar se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas (Cruz, 2005).

3.2. El pulgón amarillo del sorgo una especie invasora en Nicaragua

El pulgón amarillo, es una plaga de importancia económica que afecta principalmente los cultivos de sorgo, avena, caña de azúcar, trigo, cebada, y como hospedantes secundarios arroz y maíz (Singt *et al.*, 2014).

El pulgón amarillo del sorgo es originario de África, actualmente 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, causando pérdidas en el cultivo de sorgo. Los adultos pueden ser alados o ápteros; presenta una reproducción asexual y durante su ciclo biológico pasa por cuatro estadios ninfales, los cuales se desarrollan en aproximadamente 5.4 días a 25°C (Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA], 2014).

El pulgón amarillo del sorgo fue reportado en Nicaragua, en el ciclo de postera 2016. Las pérdidas ocasionadas por esta plaga en sorgo fueron aproximadamente de 10 millones de dólares, lo que significó un decrecimiento en la producción de sorgo de aproximadamente 1,360,777 kg y una afectación de alrededor de 15, 400 ha⁻¹ (Baca, 2017).

3.3. Daños que causa al cultivo

La invasión en las plantas inicia en el envés de las hojas formando colonias, que al alimentarse de la savia secretan mielecillas, lo cual ocasiona pérdidas fisiológicas como el marchitamiento y clorosis, provocando un retraso en el crecimiento y por lo tanto la disminución del rendimiento del cultivo donde a su vez puede crecer el hongo *Capnodium sp.* que ocasiona la “fumagina”.

Si existen condiciones propicias de humedad y temperatura, sus poblaciones presentan crecimiento exponencial logrando invadir tallos y panojas. Según algunas estimaciones las pérdidas por daño de *M. sacchari* pueden fluctuar entre el 30% al 100% de la cosecha (Trujillo *et al.*, 2015).

3.4. Manejo del pulgón amarillo del sorgo

El cultivo de sorgo es afectado por diferentes insectos plagas que deben controlarse de forma oportuna y eficiente. Sin embargo, no siempre se hace necesario el control químico para estas plagas, debido a que cualquier aplicación innecesaria de insecticidas aumenta los costos de producción y contribuye a la contaminación del medio ambiente destruyendo la fauna benéfica que se alimentan de las plagas (INTA, 1993).

3.4.1. Uso de insecticidas sintéticos

Si bien no existe un listado de insecticidas recomendados, por su parte (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales [INIFAP], 2015), determinó cuatro insecticidas con una efectividad superior al 90 % para el control de *M. sacchari*, los cuales fueron: Imidacloprid, Sulfoxalor, Spirotetramat y Thiametoxam los cuales reducen un 90 % el daño provocado por el pulgón amarillo, estos insecticidas aplicados de acuerdo a las instrucciones de su ficha técnica, son una alternativa para el manejo, debido a que las recomendaciones incluyen realizar una nueva aplicación cada 20 días, es difícil creer que no se desarrollen mecanismos de resistencia hacia los productos químicos.

En un estudio realizado por Jiménez-Martínez *et al.*, (2019) determinan que los tratamientos químicos como Engeo® e Imidacloprid® presentan un buen efecto de control sobre *Melanaphis sacchari* en sorgo.

3.4.2. Uso de bioplaguicidas

El uso de insecticidas microbianos es una forma de manejar las poblaciones de especies fitófagas que causan daño a especies cultivadas de importancia para el hombre. Consiste en el uso de enemigos naturales y microorganismos para el control de las poblaciones (plaga), buscando reducir la proporción de la población a niveles que no causen daño (Nicholls, 2008).

El hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* en estudios realizados ha demostrado capacidad para disminuir la densidad poblacional del pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari*), en

campo. La ausencia de insectos infectados en parcelas no tratadas con hongos, muestra que, en ausencia de este, aun en esta época que se esperaba adversa a insectos plagas, el pulgón puede causar daños al cultivo de sorgo (Perez *et al.*, 2019).

Otra alternativa viable son los insecticidas botánicos, son provenientes de una gran variedad de plantas, actúan inhibiendo, repeliendo, disuadiendo o eliminando insectos plagas de distinto tipo (rastreros, voladores, chupadores, defoliadores, etc.) como así también estimulando procesos vitales de los cultivos para fortalecerlos y así protegerse de los ataques de las distintas plagas (Contreras, 2010).

Nemafin® es un extracto elaborado a base de hojas y tallos de la planta conocida como *Momordica charantia* que actúa destruyendo la membrana de los insectos y nematodos, provoca una inmovilización y posteriormente la muerte del insecto. Este producto ha sido utilizado para controlar plagas de (Manzanares, 2019).

Manzanares (2019), menciona que un producto comercial elaborado a base de extractos de *Cinamomum verum*, es un insecticida, acaricida y fungicida que actúa por contacto causando excitación del sistema nervioso, provocando un enmascaramiento de las feromonas involucradas en el proceso de apareamiento de los insectos, este producto ha sido utilizado en cultivo de granos básicos para el control del pulgón amarillo del sorgo.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del estudio

Este estudio fue realizado del mes de junio a septiembre del año 2019, en época lluviosa y se efectuó en todo el ciclo del cultivo.

El experimento se realizó en el centro experimental El plantel, propiedad de la Universidad Nacional Agraria, localizado en el kilómetro 30 carretera, Tipitapa-Masaya. Se considera una zona como bosque seco tropical, está ubicado entre las coordenadas geográficas 12° 06' 24" de Latitud Norte y entre los 86° 04' 06" de Longitud Oeste; a una altitud de 65 metros sobre el nivel del mar (msnm), con temperatura promedio de 28 °C, la precipitación promedio anual oscila entre los 796-800 mm, con humedad relativa de 71 % y velocidad del viento de 3.5 m/s (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER], 2009).

La textura del suelo donde se estableció el ensayo es franco arcilloso con un pH ligeramente ácido de 6.08 y posee 3.16% de materia orgánica.

4.2. Diseño metodológico

El experimento se estableció de acuerdo con un diseño de bloques completos al azar (BCA), con cuatro bloques y cinco tratamientos, para un total de 20 unidades experimentales. El tamaño de la parcela fue de 30m de largo por 27m de ancho, teniendo un área total de 810m²; se dejó un metro de distancia entre bloques, cada unidad experimental midió 4.8 m de largo por 6 m de ancho con un área de 28.8 m² (Anexo 1).

Se seleccionó cinco puntos al azar en cada unidad experimental, en cada sitio se seleccionaron cinco plantas, para un total de 25 plantas en cada unidad experimental y 500 plantas en toda la parcela.

Se evaluaron cuatro tratamientos, dos productos botánicos (Insecta Pro®, Pirex®), dos productos biológicos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*) y un testigo absoluto en donde no se realizó ningún tipo de aplicación (Anexo 1).

4.3. Descripción de los tratamientos evaluados en este estudio

4.3.1. *Beauveria bassiana*

Este hongo pertenece a la clase Sordariomycetes, orden Hypocreales, Familia Clavicipitaceae. Se ha informado atacando a más de 200 especies de insectos de diferentes órdenes, incluyendo plagas de gran importancia agrícola. Entre las plagas más importantes controladas por este hongo están la broca del café, la palomilla del repollo y el picudo del plátano (*Cosmopolites sordidus*). La formulación utilizada fue en polvo mojable, utilizando una dosis de 0.3 kg por hectárea; se vierte en un recipiente con agua y se agita bien por varios minutos para obtener una mezcla uniforme. Finalmente, la mezcla se deposita en la bomba y se asperja sobre el cultivo. El hongo aplicado se establece en el campo, ya sea en el suelo, las plantas o sobre la plaga (Anexo 15).

4.3.2. Insecta Pro®

Según Ronaix, (2014) es un insecticida a base de una mezcla de aceite de *Cedrela odorata*, *Cinnamomum verum*, *Glycine max*, entre otros; este insecticida es un potente repelente actúa en la feromona interfiriendo en la recepción de actopamina, bloqueando la habilidad de los insectos para ubicar su alimento, también interrumpe el proceso de producción de huevecillos, disminuyendo así su reproducción, este insecticida ha sido utilizado en cultivo, hortalizas, frutales y granos (Anexo 14).

4.3.3. *Metarhizium anisopliae*

Al igual que *B.bassiana*, este hongo pertenece a la clase Sordariomycetes, orden Hypocreales, Familia Clavicipitaceae. Este patógeno ataca naturalmente más de 300 especies de insectos de diversos órdenes. Algunas plagas que son afectadas por este hongo son la salivita de la caña de azúcar (*Aeneolamia varia*), y chinches plagas de diversos cultivos. La formulación utilizada fue en polvo mojable, utilizando una dosis de 0.3 kg por hectárea; se vierte en un recipiente con agua y se agita bien por varios minutos para obtener una mezcla uniforme. Finalmente, la mezcla se deposita en la bomba y se asperja sobre el cultivo. El hongo aplicado se establece en el campo, ya sea en el suelo, las plantas o sobre la plaga (Anexo 13).

4.3.4. Pirex®

Es un insecticida elaborado a base de extractos de *Crhysanthemum indicum* es una piretrina natural de contacto que provoca la caída de los insectos voladores

ocasionándoles convulsiones por la acción neurotóxica de la piretrina que bloquea los canales de sodio presente en las neuronas de los insectos, ninfas y ácaros de piel blanda, este producto debe aplicarse directamente sobre la plaga que ataca al cultivo (Ecologika, 2016) (Anexo 12).

4.3.5. Testigo

En este tratamiento solo se aplicó riego por aspersión y fertilización al igual que las demás unidades experimentales.

Las dosis de los tratamientos botánicos se efectuaron a razón de 50 ml por bomba de mochila de 20 litros. Así mismo la dosis de los productos biológicos fue de 0.03 kg por bomba de mochila de 20 litros de agua. Todos los tratamientos se aplicaron de acuerdo con la dosis sugerida por el fabricante del producto, incluida en la ficha técnica (Anexo 12 al 15).

Se realizaron siete aplicaciones de los productos en base a los datos obtenidos en el muestreo, utilizando un nivel crítico poblacional de un pulgón por planta de sorgo (Trabanino, 1998). Las aplicaciones se realizaron por aspersión directa al envés de la hoja haciendo uso de bomba de mochila con capacidad de 20 litros y se efectuaron por las mañanas para evitar deriva del producto.

La preparación del terreno fue de manera mecánica, con gradas de 0.80 cm de ancho, se instaló un sistema de riego por aspersión, la variedad utilizada fue INTA-Cenia, la siembra fue directa y de forma manual, así también como el control de maleza, la distancia de siembra a 0.80 metro entre surco y a chorrillo, cada surco midió 24 metros de largo. La fertilización del cultivo se realizó con 12-30-10 al momento de la siembra y urea a los 24 días después de la siembra para todos los tratamientos, según guía tecnológica para la producción de sorgo INTA (1993).

4.4. Recolección de datos

De acuerdo con el diseño del estudio se elaboraron hojas de recuento para el registro de los datos, se realizaron los muestreos semanalmente, a partir de los ocho días después de la siembra hasta la cosecha, por la mañana y de forma directa, para *M. sacchari* se muestreó específicamente el envés de las hojas bajas y el tallo de la planta, en cambio para los insectos

benéficos se muestreo en toda la planta, es decir, cualquier presencia de insectos benéficos se anotaba en la hoja de recuento.

4.5. Variables evaluadas

- Número de pulgón amarillo (*M. sacchari*)/planta
- Número de mariquitas (*Cycloneda sanguinea*)/planta
- Número de adultos de arañas (Araneae)/planta
- Número de huevos de león de áfidos/planta:
- Rendimiento del sorgo en kg ha⁻¹
- Análisis de dominancia
- Tasa de retorno marginal (TRM)

4.6. Análisis de datos

Los datos fueron organizados en una base de datos a través de Microsoft Excel, se usó Log10 para transformar y normalizar los datos y para luego analizarlos mediante un análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el programa SAS, posteriormente se hizo separación de media por Tukey (0.05). Los datos de número de *M. sacchari* fueron analizados de acuerdo con un ANDEVA de medias repetidas y dado que la interacción de los dos factores (tratamiento y fecha) resultó significativa indicando que el efecto de los tratamientos sobre *M. sacchari* depende de la fecha, se procedió a realizar un ANDEVA en cada fecha de muestreo.

Para el análisis económico se utilizó la metodología propuesta por (CIMMYT, 1988).

Análisis de presupuesto parcial

Se calcularon los rendimientos de los tratamientos, se ajustaron al 80%, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con ese tratamiento, dado que tenemos condiciones más controladas que las que realiza el productor en su parcela. Se visitaron productores de sorgo para establecer el precio de venta por kg de sorgo producido y con esto se obtuvo el beneficio bruto. Los costos fijos fueron iguales para los tratamientos dados que se realizó el mismo manejo con respecto a la preparación de tierra, semilla, manejo de fertilización y riego.

Los costos variables son los costos que representan nuestras posibles alternativas de manejo y su costo está establecido por los precios de cada producto y números de aplicaciones realizadas. Finalmente se logró calcular el beneficio neto de cada uno de los tratamientos, restando al beneficio bruto el costo total.

Los resultados agronómicos que se obtuvieron del experimento de campo fueron sometidos a análisis económico de presupuesto parcial, con el propósito de determinar la rentabilidad de los tratamientos en comparación con la práctica común de los productores, 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 [CIMMYT], 1988).

Análisis de dominancia

Para el análisis de dominancia de acuerdo a la metodología del (CIMMYT, 1988) se efectuó ordenando los tratamientos de menor a mayor costos variables con su respectivo beneficio neto. Se dice que un tratamiento es dominado cuando sus beneficios netos son menores o iguales a los de un tratamiento que tienen costos que varían, más bajos.

Tasa de retorno marginal (TRM)

Se calculó mediante la fórmula: $TRM = \text{Beneficio neto marginal} \div \text{Costo neto marginal} \times 100$.

Según (CIMMYT, 1988) es un procedimiento por medio del cual se calculan las tasas de retorno marginal entre los tratamientos no dominados comenzando con el tratamiento de menor costo, la TRM indica lo que el agricultor puede esperar ganar en promedio con su inversión cuando decide cambiar una práctica (o conjunto de prácticas) por otra.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Incidencia poblacional de *M. sacchari* en las etapas fenológicas del cultivo de sorgo

La incidencia de *M. sacchari* en general fue baja y estuvo presente en todas las etapas fenológicas del cultivo y en todos los tratamientos. El mayor promedio de insectos por planta se presentó desde los 36 hasta los 57 días después de la siembra, la mayor incidencia de *M. sacchari* por planta se presentó en el testigo y la menor incidencia se registró en el tratamiento con Insecta Pro® (Figura 1).

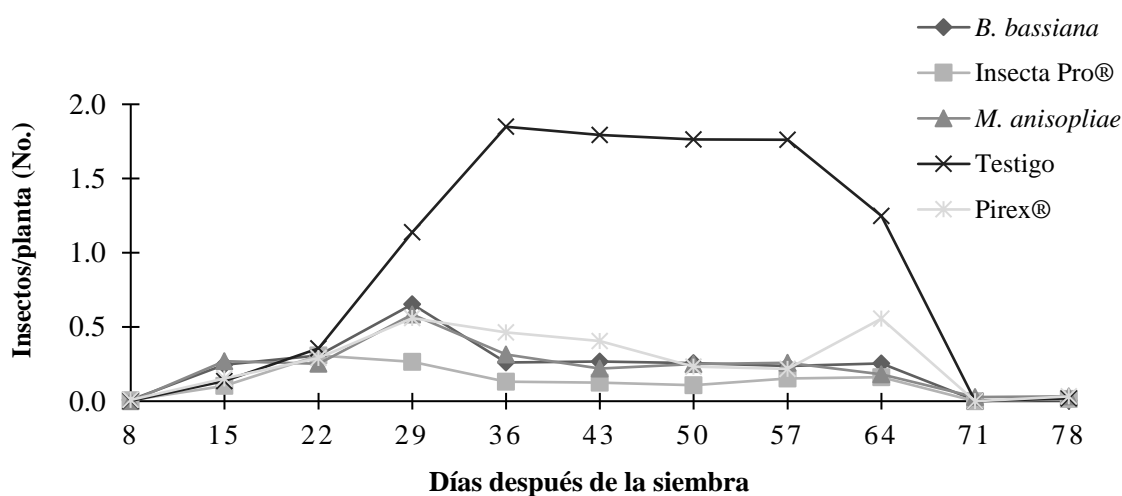


Figura 1. Incidencia poblacional de *M. sacchari* en los tratamientos evaluados en el Plantel, 2019

Se observó que las poblaciones de *M. sacchari* se encontraron en todas las fechas de muestreo. La mayor incidencia poblacional de *M. sacchari* se registró en el testigo, donde las poblaciones comenzaron a ascender de los 22 días a los 36 días después de la siembra, manteniéndose hasta los 57 días después de la siembra, a partir de esta fecha, hasta los 71 días después de la siembra, la población de *M. sacchari* comenzó a disminuir.

Esto puede estar relacionado que a medida que la planta va creciendo, las poblaciones de *M. sacchari* también aumentan. El sorgo en su primera etapa de crecimiento donde emergen las plántulas contiene pocas hojas, sin embargo, en etapa vegetativa la planta a alcanzado el crecimiento de todas sus hojas que contiene sabia, de la cual, la plaga se alimenta y puede

reproducirse, en comparación a la etapa reproductiva que las hojas se lignifican y son menos apetecibles para las plagas, por lo tanto, no hay alimento.

La menor incidencia de *M. sacchari* se registró en el tratamiento con Insecta Pro® en todas las etapas fenológicas del cultivo.

El análisis de varianza indica que hay diferencia significativa del número de insectos por planta, entre los tratamientos ($p < 0.0001$) y entre las fechas de muestreo ($p < 0.0001$); además, el análisis indica que la interacción entre los tratamientos y las fechas de muestreo es significativa ($p < 0.0001$), indicando que el efecto de los tratamientos sobre *M. sacchari* depende de la fecha de muestreo (Anexo 2), por lo que se procedió a realizar un análisis de varianza en cada fecha de muestreo.

5.2. Incidencia de *M. sacchari* en diferentes momentos de evaluación

Al realizar el análisis de varianza por fecha, se encontró que los tratamientos evaluados, presentaron una población de *M. sacchari* estadísticamente igual durante las tres primeras fechas de muestreo (8, 15 y 22 dds) (Anexo 3). A pesar de que no se encontró diferencia significativa, se observó que el testigo presentó una media poblacional mayor que los demás tratamientos.

En el muestreo realizado a los 29 dds se observó que el promedio de *M. sacchari* osciló entre 1.78 y 7.60 insectos por planta. El mayor promedio se observó en el testigo y el menor en el tratamiento con Insecta Pro®.

El análisis de varianza indica que a los 29 dds el testigo presentó una incidencia de *M. sacchari* significativamente ($p < 0.0031$) superior a los tratamientos aplicados, con un promedio de 7.60 insectos por planta; sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre los bioplaguicidas evaluados. A pesar de que los tratamientos se comportaron estadísticamente similares, el tratamiento con Insecta Pro® se observó que la incidencia de *M. sacchari* fue menor que el resto de los tratamientos, con un promedio de 1.78 insectos por planta; el tratamiento con mayor incidencia de *M. sacchari* es el tratamiento con *B. bassiana* con un promedio de 3.0 insectos por planta (Cuadro 1).

A los 36 dds se observó que el promedio de *M. sacchari* se registró entre 1.06 y 12.01 insectos por planta. El mayor promedio se observó en el testigo y el menor en el tratamiento con Insecta Pro®.

El análisis de varianza indica que a los 36 dds el testigo presentó una incidencia de *M. sacchari* significativamente ($p < 0.0001$) superior al de los tratamientos aplicados, con un promedio de 12.01 insectos por planta; sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre los bioplaguicidas evaluados. A pesar de que los tratamientos fueron estadísticamente similares, el tratamiento con Insecta Pro® se observó que la incidencia de *M. sacchari* fue menor que el resto de los tratamientos, con un promedio de 1.06 individuos por planta; el tratamiento con mayor incidencia de *M. sacchari* fue el tratamiento con Pirex®, con un promedio de 2.63 insectos por planta.

En el muestreo realizado a los 43 dds se observó que el promedio de *M. sacchari* se registró entre 1.19 y 10.17 insectos por planta. El mayor promedio se observó en el testigo y el menor en el tratamiento con Insecta Pro®.

El análisis de varianza indica que a los 43 dds el testigo presentó una incidencia de *M. sacchari* significativamente ($p < 0.0001$) superior a los tratamientos aplicados, con promedio de 10.17 por planta; sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre los bioplaguicidas evaluados. A pesar de que los tratamientos fueron estadísticamente similares, el tratamiento con Insecta Pro® la incidencia de *M. sacchari* fue menor que el resto de los tratamientos, con un promedio de 1.19 individuos por planta; el tratamiento con mayor incidencia de *M. sacchari* fue el tratamiento con Pirex®, con un promedio de 2.24 insectos por planta (Cuadro 1).

En el muestreo realizado a los 50 dds se observó que el promedio de *M. sacchari* osciló entre 1.28 y 9.67 insectos por planta. El mayor promedio se observó en el testigo y el menor en el tratamiento con Insecta Pro®.

El análisis de varianza indica que a los 50 dds el testigo presentó un promedio de 9.67 *M. sacchari* por planta, siendo significativamente ($p > 0.0001$) superior a los tratamientos; sin

embargo, no se encontró diferencia significativamente entre los bioplaguicidas evaluados. A pesar de que en los tratamientos fueron estadísticamente similares, el tratamiento con Insecta Pro® se observó que la incidencia de *M. sacchari* fue menor que en el resto de los tratamientos, con un promedio de 1.28 individuos por planta; el tratamiento con mayor incidencia de *M. sacchari* fue el tratamiento con Pirex® con un promedio de 1.68 individuos por planta.

En el muestreo realizado a los 57 dds se observó que el promedio de *M. sacchari* se registró entre 1.30 y 8.99 insectos por planta. El mayor promedio se observó en el testigo y el menor en el tratamiento con Insecta Pro®.

El análisis de varianza indica que a los 57 dds el testigo presentó una incidencia de *M. sacchari* significativamente ($p > 0.0001$) superior a los tratamientos aplicados, con un promedio de 8.99 insectos por planta; sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre los bioplaguicidas evaluados. A pesar de que los tratamientos fueron estadísticamente similares, en el tratamiento con Insecta Pro® la incidencia de *M. sacchari* fue menor que en el resto de los tratamientos, con 1.30 individuos por planta; el tratamiento con mayor incidencia de *M. sacchari* fue el tratamiento con *M. anisopliae* con un promedio de 1.56 individuos por planta (Cuadro 1).

Rayo y Mena (2015), mencionan que los insecticidas botánicos tienen efecto sobre los insectos chupadores, por lo tanto, estos datos coinciden con los obtenidos en el presente estudio. En otro estudio realizado por Jiménez-Martínez *et al.*, (2019), afirma que los insecticidas botánicos tienen efecto sobre *M. sacchari* lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este estudio.

En el muestreo realizado a los 64 dds se observó que el promedio de *M. sacchari* se registró entre 1.30 y 8.16 insectos por planta. El mayor promedio se observó en el testigo y el menor en el tratamiento con *M. anisopliae*.

El análisis de varianza indica que a los 64 dds el testigo presentó una incidencia de *M. sacchari* ($p > 0.0001$) superior a los tratamientos evaluados, con un promedio de 8.16 insectos por planta; sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre los bioplaguicidas evaluados. A pesar de que los tratamientos fueron estadísticamente similares, en el tratamiento con *M. anisopliae*

se observó que la incidencia de *M. sacchari* fue menor que en el resto de los tratamientos, con un promedio de 1.30 individuos por planta; el tratamiento con mayor incidencia de *M. sacchari*, fue el tratamiento con Pirex®, con un promedio de 3.11 insectos por planta (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de los tratamientos sobre el número promedio de *M. sacchari*/planta en las diferentes etapas fenológicas del cultivo

Tratamientos	Número promedio de insectos/planta					
	29 DDS	36 DDS	43 DDS	50 DDS	57 DDS	64 DDS
Insecta Pro®	1.78 B	1.06 A	1.19 A	1.28 A	1.30 A	1.32 A
<i>M. anisopliae</i>	2.38 B	2.51 A	1.43 A	1.49 A	1.56 A	1.30 A
Pirex®	2.80 B	2.63 A	2.24 A	1.68 A	1.52 A	3.11 B
<i>B. bassiana</i>	3.00 B	1.62 A	1.63 A	1.50 A	1.39 A	1.52 A
Testigo	7.60 A	12.01 B	10.17 B	9.67 B	8.98 B	8.16 C

Medias seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes según Tukey (0.05)

En un estudio realizado por (Perez *et al.*, 2019), afirman que los hongos entomopatógenos como *B. bassiana* y *M. anisopliae* evaluados en campo no lograron evitar la afectación del follaje de manera significativa, pero sí consiguieron que la mayor parte de las hojas permanecieran libres del daño provocado por la alimentación de *M. sacchari* y sin reducir el rendimiento en las plantas de sorgo. En el caso de los hongos entomopatógenos la humedad ambiental presente en la temporada de lluvias favorece su germinación y esporulación, así como su acción infectiva sobre *M. sacchari* (Lacey *et al.*, 2001).

Nuestro estudio se realizó en época lluviosa, por lo tanto, es probable que el efecto de los tratamientos sobre la plaga este influenciado por las condiciones favorables para la reproducción de los entomopatógenos. Por otro lado, las condiciones ambientales en la época que se realizó el estudio es posible que se haya producido un efecto entre los tratamientos y las fechas de muestreo lo que favoreció la interacción de los factores para el control de la plaga.

5.3. Incidencia poblacional de insectos benéficos

Se comparó la incidencia poblacional de insectos benéficos en las fechas de muestreo (Figura 2) donde se observó que las poblaciones de insectos benéficos se encontraron en todas las fechas de muestreo. Siendo *C. externa* la que presentó con mayor incidencia poblacional.

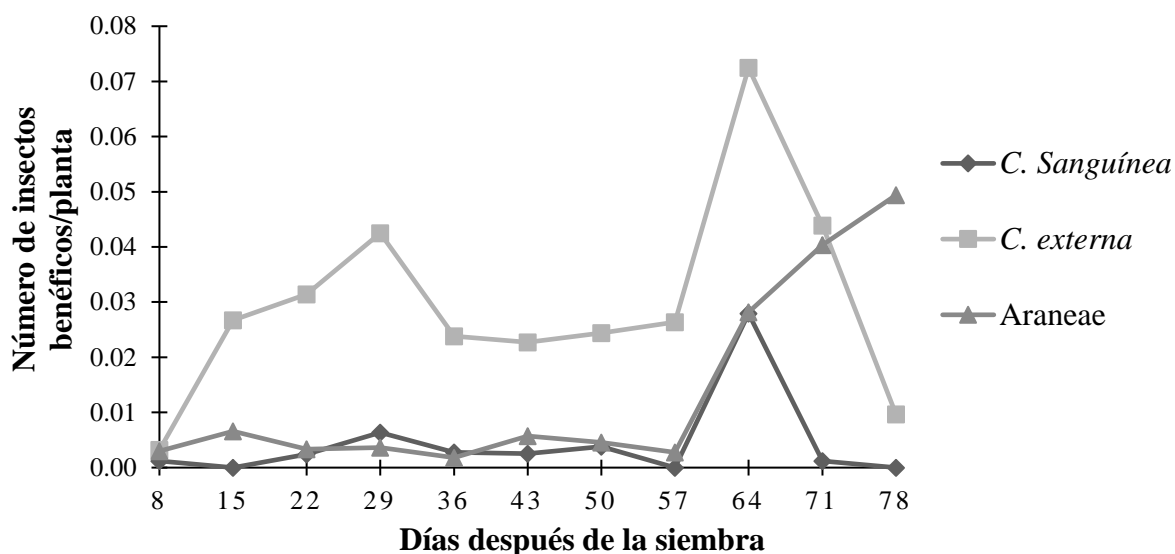


Figura 2. Incidencia poblacional de insectos benéficos encontrados en el estudio, El Plantel, 2019

El análisis de varianza indica que el efecto de las variables evaluadas sobre la población de insectos benéficos no presenta diferencia significativa ($p < 0.0800$), con lo cual se puede sugerir que los tratamientos no ejercen ningún efecto sobre la población de estos insectos.

Reyes y Rivas (2018), afirman que los tratamientos biológicos y botánicos, tienen menor efecto sobre los organismos benéficos, por lo tanto, coincide con los resultados obtenidos en este estudio.

El análisis de varianza indica que los tratamientos evaluados mostraron diferencia significativa por fecha de muestreo ($p < 0.0001$), es decir, que su comportamiento no fue similar en todo el ciclo del cultivo de acuerdo con los tratamientos evaluados. Esto pudo estar relacionado al comportamiento de la plaga, lo que significa que a medida que aumentó las poblaciones de *M. sacchari*, también aumentaron las poblaciones de insectos benéficos probablemente por disponer de una mayor fuente de alimentación.

Al realizar la separación de media con Tukey (0.05) para las fechas de muestreo, indica que los tratamientos evaluados sobre las poblaciones de insectos benéficos presentaron diferencia significativa, siendo la fecha nueve la que se comportó diferente al resto de fechas con una mayor media poblacional de enemigos naturales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Separación de medias de la presencia de insectos benéficos por fechas de muestreo

Fechas	<i>C. sanguínea</i>	<i>C. externa</i>	Araneae
	Medias	Medias	Medias
F-1	0.001 B	0.003 C	0.003 C
F-2	0.000 B	0.026 BC	0.006 C
F-3	0.002 B	0.031 BC	0.003 C
F-4	0.006 B	0.042 B	0.003 C
F-5	0.002 B	0.023 BC	0.001 C
F-6	0.002 B	0.022 BC	0.005 C
F-7	0.003 B	0.024 BC	0.004 C
F-8	0.000 B	0.026 BC	0.002 C
F-9	0.027 A	0.072 A	0.028 B
F-10	0.001 B	0.043 B	0.040 AB
F-11	0.000 B	0.009 C	0.049 A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes según Tukey (0.05)

5.4. Rendimiento obtenido en los tratamientos evaluados

Se comparó el rendimiento total en kg ha⁻¹ de las parcelas de sorgo en los tratamientos evaluados (Figura 3). Los rendimientos totales obtenidos muestran que el tratamiento con mayor rendimiento fue la parcela tratada con *Metarhizium anisopliae* con 2985.71kg ha⁻¹, seguida por *Beauveria bassiana* con 2978.57kg ha⁻¹ e Insecta pro® con 2889.28kg ha⁻¹ siendo los tratamientos Pirex® y testigo los que presentaron los menores rendimientos con 2664.28kg ha⁻¹ y 1849.28kg ha⁻¹ respectivamente.

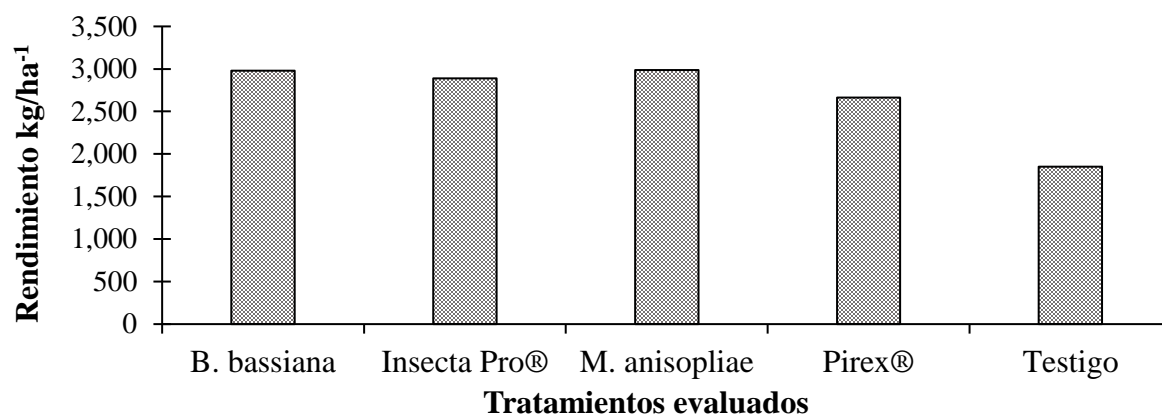


Figura 3. Rendimiento del cultivo de sorgo por cada tratamiento evaluado en kg ha⁻¹

5.5. Análisis económico de los tratamientos evaluados

El análisis marginal es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y los beneficios de los tratamientos evaluados. En el análisis se utilizan únicamente los costos que varían de un tratamiento a otro. Por lo tanto, el proceso de aplicación de este enfoque debe generar una recomendación para los agricultores.

Cuadro 3. Presupuesto Parcial de los tratamientos evaluados

Indicador	T1 <i>Beauveria bassiana</i>	T2 <i>Insecta Pro®</i>	T3 <i>Metarhizium anisopliae</i>	T4 <i>Pirex®</i>	T5 <i>Testigo</i>
Kg/ha	2978.57	2889.28	2985.71	2664.28	1849.28
Rend. ajustado (20%)	2383	2311	2389	2131	1479
Precio/unidad USD	0.378	0.378	0.378	0.378	0.378
Ingreso bruto USD	901	874	903	806	559
Costos fijos USD	474.7	474.7	474.7	474.7	474.7
Costos variables					
Insecticida	7	7	7	7	0
Costo de insecticida	11.39	28.46	11.39	28.46	0
Costo total para insumos	79.73	199.22	79.73	199.22	0.00
Costo total variable USD	79.73	199.22	79.73	199.92	0.00
Costos totales	554.43	673.92	554.43	673.92	474.70
Beneficio neto	346.29	199.80	384.45	131.76	84.72

EL análisis de presupuesto parcial realizado según la metodología (CIMMYT, 1988) determinó que los mayores costos variables los obtuvieron los tratamientos Insecta pro® y Pirex® con 199.22, USD ha⁻¹, en cambio los que presentaron menores costos variables fueron los tratamientos, *B. bassiana* y *M. anisopliae* con 79.73USD ha⁻¹.

Los tratamientos que obtuvieron el mayor beneficio neto fueron *M. anisopliae* con 384.45 USD ha⁻¹ y *B. bassiana* con 346.29 USD ha⁻¹, en cambio el tratamiento que presentó los menores beneficios netos fue el Testigo con 84.72USD ha⁻¹.

5.6. Análisis de Dominancia

El análisis de dominancia 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, 1988). Un tratamiento es dominado cuando su beneficio neto es menor o igual a uno con menor costo variable.

Cuadro 4. Análisis de dominancia de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Descripción	Costo variable	Beneficio Neto	Decisión
T5	Testigo	0.00	84.52	ND
T1	<i>Beauveria bassiana</i>	79.73	346.29	ND
T3	<i>Metarhizium anisoplae</i>	79.73	348.45	ND
T4	Pirex®	199.22	131.76	D
T2	Insecta Pro®	199.22	199.8	D

El análisis de dominancia realizado a este estudio, indica que los tratamientos Pirex® e Insecta pro® resultaron ser dominados, esto se debe a que presentan menores beneficios netos y mayores costos variables con respecto a los demás tratamientos incluidos en este estudio, por lo tanto, estos fueron excluidos para la realización del análisis de la tasa de retorno marginal. Los tratamientos *M. anisoplae* y *B. bassiana*, al ser no dominados son los que se toman en cuenta para realizar el análisis de la tasa de retorno marginal.

5.7. Tasa de Retorno Marginal

En análisis de retorno marginal (TRM) indica lo que el agricultor puede ganar en promedio con su inversión cuando decide cambiar una práctica por otra más rentable, lo que sugiere que no se puede tomar una decisión sin antes calcular la TRM, que permite seleccionar la alternativa con mejor retorno económico para el agricultor según (CIMMYT, 1988). La tasa de retorno marginal mínima aceptable es de 50 % para el agricultor.

Cuadro 5. Tasa de Retorno Marginal de los tratamientos no dominados en el análisis de dominancia

Descripción	Beneficio Neto	Costo Variable	Beneficio Neto Marginal	Costo Variable Marginal	TRM
Testigo	185	0			
<i>Beauveria bassiana</i>	346.29	79.73	161.29	79.73	202.29
<i>Metarhizium anisopliae</i>	348.45	79.73	163.45	79.73	205.00
TRM TOTAL	348.45	79.73	324.74	159.49	204.00

El análisis de la tasa de retorno marginal, refleja que el tratamiento *M. anisopliae* es el que mejor retorno económico presentó, debido a que el productor obtiene una tasa de retorno marginal de 205.00%; es decir que por cada dólar invertido el productor obtiene 2.05 dólares adicionales, por otro lado si el productor decide usar el tratamiento *B. bassiana* para el control de *M. sacchari*, por cada dólar invertido obtiene una tasa de retorno marginal de 202.29%, lo cual equivale a 2.02 dólar adicionales por cada dólar invertido, esto indica que el productor puede aplicar cualquiera de estos dos tratamientos indistintamente ya que sus TRM son similares.

V. CONCLUSIONES

Los bioplaguicidas tienen efecto similar sobre las poblaciones de *M. sacchari*, sin embargo, el tratamiento con Insecta pro® presentó menor promedio de insectos por planta.

Las poblaciones de enemigos naturales no fueron afectadas con el uso de bioplaguicidas utilizados para el control de *M. sacchari*.

Los mejores rendimientos comerciales se obtuvieron en los tratamientos, *Metarhizium anisopliae*, seguido del tratamiento *Beauveria bassiana*.

El análisis económico indica que se puede recomendar indistintamente *Metarhizium anisopliae* y /o *Beauveria bassiana* para el manejo de *M. sacchari*, ya que sus TRM son similares.

VI. RECOMENDACIONES

Seguir la línea de investigación sobre el comportamiento de *M. sacchari* en el cultivo de sorgo, por ser una plaga de introducción reciente en el país.

El uso de bioplaguicidas puede ser utilizado para el manejo de *M. sacchari*, en cultivo del sorgo no sólo por el efecto que tiene sobre la plaga, sino también porque no tiene efecto sobre los insectos benéficos, además, no contaminan el medio ambiente.

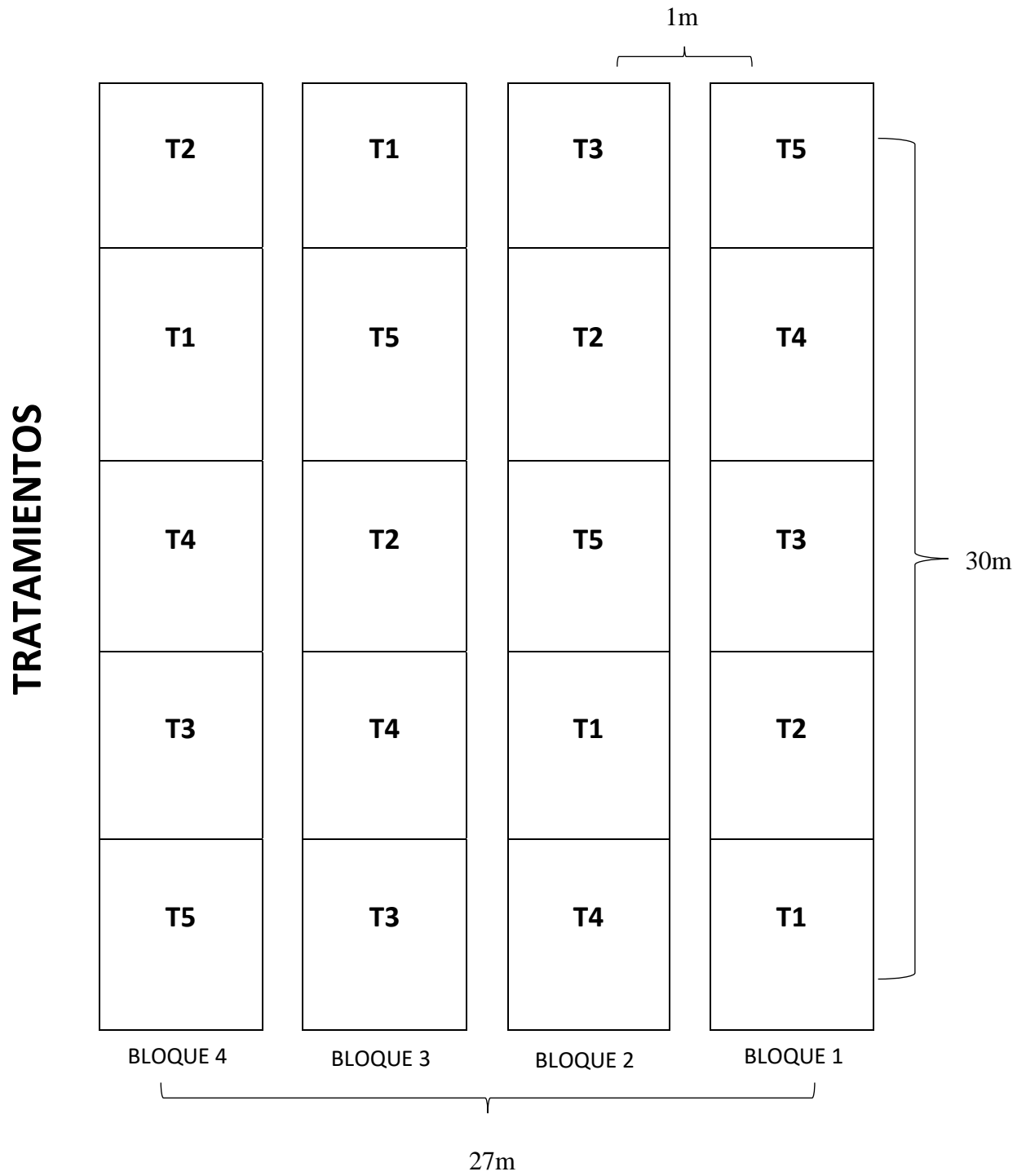
VII. LITERATURA CITADA

- Baca Castellón, L. (2017). Nicaragua producirá menos sorgo en la cosecha 2017-2018. La Prensa.
- Campos Martínez, G. E., y Carranza Sánchez, L. A. (2015). Producción y Comercialización de Sorgo en Nicaragua. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- CENAGRO. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario, Informe Final. (pp. 1–64). http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/meetings_and_workshops/IICA_2013/Presentations/Country_presentations/Day2_Nicaragua.pdf
- CIMMYT. (1988). (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica.
- Clavijo, S., y Pérez, G. (2000). Capítulo 6. Protección y sanidad vegetal. Sección 2: Insectos plagas del maíz. El Maíz En Venezuela, 18.
- Contreras, S. (2010). Memoria histórica de la sanidad vegetal. Sociedad Mexicana de ciencias históricas.
- Cruz Tapia, B. O. (2005). Rendimiento de tres cultivares de sorgo [(*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) En el pacífico sur de Nicaragua. Universidad Nacional Agraria.
- Ecologika. (2016). Pruebas de eficacia y vademécum de Pirex®, para el manejo de *Bemisia tabaci*, Genadius, en hortalizas.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). (2009). Dirección General de Meteorología. Resumen de temperatura de temperatura media y precipitación diaria. Masaya.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, A. y P. [INIFAP]. (2015). Control químico del pulgón amarillo del sorgo. Programa de Investigación: Sanidad Forestal y Agrícola. Informe de proyecto. Proyecto No. 1025432562. (pp. 1–2).
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (1993). Guía Tecnológica 5. Cultivo del sorgo (p. 23).
- Jiménez-Martínez, E., Canales, N. R., y Espinoza, L. R. (2019). Plaguicidas para el manejo del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*, Zehnter), en sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), en Nicaragua Pesticidas. La Calera, 19(33), 9.
- Lacey, L. A., Frutos, R., Kaya, H. K., & Vail, P. (2001). Insect Pathogens as Biological Control Agents: Do They Have a Future? *Biological Control*, 21(2001), 19. <https://doi.org/10.1006/bcon.2001.0938>
- Manzanares Rugama, R. A. (2019). Maestría en Gestión de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias. Universidad Nacional Agraria.
- Martín, F. (2018). Handbook of tropical food crops.
- Mosquera, B. (2010). Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana (p. 25). www.fonag.org.ec

- Nicholls Estrada, C. I. (2008). Control Biológico de insectos: Un enfoque agroecológico (1st ed.).
- Pérez Molina, S. H., Cauich Cauich, J. R., Burgos Campos, M. A., Arcocha Gómez, E., y González Valdivia, N. A. (2019). Efecto de *Beauveria bassiana* en el Control de *Melanaphis sacchari* en China, Campeche. Tecnología Nacional de México, 231–237.
- Reyes Canales, N. A., y Rivas Espinoza, L. A. (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. Universidad Nacional Agraria.
- Rodríguez-del-Bosque, L., y Terán, A. P. (2015). *Melanaphis sacchari* (Hemiptera:Aphididae): Una nueva plaga de insectos del sorgo en México. Entomology Del Sureste, 40, 433–434.
- Ronaix. (2014). Pruebas de eficacia y vademécum de Insecta Pro®, para el manejo de *Bemisia tabaci*, Gennadius, en Hortalizas (p. 62).
- Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2014). Pulgon amarillo (*Melanaphis sacchari*) (pp. 1–15).
- Singh, B. U., Padmaja, P. G., y Seetharama, N. (2014). Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. Crop Protección. Crop Protection, 23(9), 739–755. <https://doi.org/10101601>
- Suárez Martínez, M., Manuel, y Zeledón Altamirano, J. L. (2003). Uso eficiente del nitrógeno por cuatro variedades de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) En el municipio de San Ramón-Matagalpa. Universidad Nacional Agraria.
- Trabanino, R. (1998). Guía para el manejo integrado de plagas en Honduras. Catie, 0218(31), 79. https://www.jica.go.jp/project/panama/0603268/materials/pdf/04_manual/manual_04.pdf
- Trujillo Arriaga, F. Javier, Mendoza Guzmán, S., Carlon Acosta, E., y Salcedo Pérez, V. M. (2015). Programa de trabajo 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.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Plano de campo del arreglo de un experimento de bloques completos al azar (BCA)



Anexo 2. Análisis de varianza para *M. sacchari* en el cultivo de sorgo

Variables	S de C	CM	F. cal	P
Bloque	0.75	0.25	0.13	0.5897
Fecha	344.81	34.48	17.29	< 0.0001
Tratamiento	367.39	91.85	46.05	< 0.0001
Fecha* Tratamiento	530.12	13.25	6.65	< 0.0001
R ²				0.8913
C.V				42.5093

Si $P \leq 0.05$ es significativo, de lo contrario es no significativo. R² es el coeficiente de determinación, C.V: coeficiente de variación.

Anexo 3. Análisis de varianza de insectos benéficos presentes en todo el ciclo del cultivo del sorgo

Nombre científico	<i>C. externa</i>	<i>C. sanguínea</i>	Araneae
Variables	P	P	P
Bloque	0.0006	0.6296	0.0445
Fecha	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Tratamiento	0.4700	0.3350	0.6691
Fecha* Tratamiento	0.6216	0.6816	0.6032
R ²	0.414638	0.5205	0.4365
C.V	15.00132	3.6093	9.4650

Si $P \leq 0.05$ es significativo, de lo contrario es no significativo. R² es el coeficiente de determinación, C.V: coeficiente de variación.

Anexo 4. Medición del área para la siembra del cultivo de sorgo



Anexo 5. Levantamiento de datos en El Plantel 2019



Anexo 6. Insectos benéficos presentes en el cultivo de sorgo



Anexo 7. Presencia de pulgón amarillo en el cultivo de sorgo



Anexo 8. Daños causados por *M. sacchari* al cultivo de sorgo



Anexo 9. Cosecha del cultivo de sorgo



Anexo 10. Trillado y secado del grano



Anexo 11. Hoja de muestreo para levantamiento de datos

HOJA DE MUESTREO.

HOJA DE MUESTREO.																												
Cultivo:								Fecha de Muestreo:								Tratamiento:												
Plantas	Insectos plagas																Insectos benéficos											
	Ninfa				Adulto				Alado				Cogollero				Marquita				Arañas				León de áfidos			
	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
1																												
2																												
3																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												
8																												
9																												
10																												
11																												
12																												
13																												
14																												
15																												
16																												
17																												
18																												
19																												
20																												
21																												
22																												
23																												
24																												
25																												

Anexo 12. Etiqueta de producto botánico Pirex®

PIREX 6%

INSECTICIDA BOTÁNICO



Información General

Ingrediente Activo: Extracto de Chrysanthemum. (Piretrina Natural)
Formulación: Líquida
Modo de Acción: Preventivo y curativo
Toxicidad: Grupo IV. Producto no ofrece peligro. Banda verde.

Características

El extracto de Chrysanthemum es una piretrina natural de contacto que actúa destruyendo la membrana celular de los insectos, ninfas y ácaros de piel blanda. Este producto debe aplicarse directamente sobre el órgano de la planta que ataca la plaga.

Anexo 13. Etiqueta de producto biológico Metagreen

Universidad Nacional Agraria

METAGREEN 5 PM

INSECTICIDA MICROBIAL DE CONTACTO
Metarhizium anisopliae

Composición:

Conidias de <i>M. anisopliae</i>	5% (p/p)
Ingredientes inertes:	95% (p/p)
Total:	100% (p/p)

Contenido neto: 500 gramos

Contiene: 50 gramos de ingrediente (s) activo(s) por kilogramo de producto comercial

PRECAUCION
¡ANTES DE COMPRAR Y USAR ESTE PRODUCTO
PROTEJA EL AMBIENTE CON BUENAS PRÁCTICAS AGRICOLAS,
CUMPLA CON LAS RECOMENDACIONES DEL PANFLETO.

PRECAUCIONES Y ADVERTENCIAS DE USO:

NO ALMACENE ESTE PRODUCTO EN CASA DE HABITACION.

MANTENGANSE BAJO LLAVE FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS.

UTILICE EL SIGUIENTE EQUIPO DE PROTECCION AL MANIPULAR EL PRODUCTO, DURANTE LA PREPARACION DE LA MEZCLA, CARGA Y APLICACION.

NO COMER, FUMAR O BEBER DURANTE EL MANEJO Y APLICACION DE ESTE PRODUCTO

BAÑESE DESPUES DE TRABAJAR Y PONGASE ROPA LIMPIA

EN CASE DE INTOXICACION LLEVE EL PACIENTE AL MEDICO Y DELE ESTE ETIQUETA O EL PANFLETO

SINTOMAS DE INTOXICACION: Por su naturaleza biológica este producto no causa intoxicación, pero puede provocar cuadros leves de alergias, dolor de cabeza o náuseas en pacientes susceptibles

PRIMEROS AUXILIOS:

Ingestión: En caso de ingestión inducir al vómito

Contacto con la piel: Lavar con abundante agua y jabón

Inhalación: Retire al paciente del área de contaminación

Contacto con los ojos: Lavar con abundante agua y jabón

NUNCA DAR DE BEBER NI INDUZCA AL VOMITO A PERSONAS EN ESTADO DE INCONSCIENCIA

TRATAMIENTO MEDICO: En caso de síntomas asociados a la exposición de este producto consulte inmediatamente al médico

AVISO DE GARANTIA:

El fabricante de este producto garantiza el contenido del mismo, así mismo garantiza su efectividad si su uso es de acuerdo a las indicaciones contenidas en el panfleto.

PAÍS: **NUMERO DE REGISTRO:** **FECHA DE REGISTRO:**

NICARAGUA

Producido y Formulado por:

Anexo 14. Etiqueta de producto botánico Insecta Pro®



Producto / Nombre Comercial:

Materia Prima (Derivado de): **Ólea Esencial** (aceite de Neem, aceite de menta, aceite de citronela, Extracto de ajo, Hierba de limón, polvo de sílice soluble, Silicato de Potasio en polvo), carbono orgánico (derivado de la caña de azúcar no OMG cultivados en la India)

Proceso de Fabricación: **Ólea Esencial** → Se extrae el carbono orgánico de la caña de azúcar no OMG mediante un proceso Patentado. Este proceso de mezcla patentado se lleva a cabo dentro de un ambiente estéril → Aceites esenciales, ingredientes inertes y minerales están mezclados y calentado a una temperatura específica durante un período de tiempo específico → Proceso de enfriamiento y mantenimiento de consistencia → Control de Calidad & Pruebas

Composición / Análisis:
Silica (SiO₂): .265%
Potasio (K₂O): .127%
pH: 7.0 +-

Producto	Silica % SiO ₂	Potasio % K ₂ O	Aceite de Neem %	Aceite de menta %	Aceite de Citronela %	Extracto de Ajo %	Sacate de limón %	Ingredientes Inertes %
Insecta Pro	.265%	.127%	.007%	0.007%	0.007%	0.007%	0.007%	0.42%

Harmful ingredients: No Aplica

Finished product: Líquido opaco

Instrucciones / dilución:


- 1) Mezclar 1-2 onzas (30-60 ml) de Insecta Pro en 5 galones (20 litros) de agua limpia.
- 2) Añada agua al depósito antes de agregar Insecta Pro.
- 3) Aplicar la mezcla líquida diluida Insecta Pro a hojas y o suelo cada 30-45 días durante el inicio de la siembra, según el objetivo de control, hasta 2 veces por semana, en crecimiento temprano, y en la formación de frutos. También se aplican a los cultivos y árboles para eliminar la cal, el moho y los residuos químicos. Insecta Pro es lo suficientemente segura como para enjuagar las cosechas, el equipo y los recipientes antes de transporte para reducir cualquier presencia de plagas y prolongar la vida de arancel.

Tasa de aplicación:

Cultivos agronómicos - 8-10 onzas (0.24 - 0,30 litros) de Insecta Pro en 40 - 50 galones (152 - 190 litros) de agua limpia por acre /por 0.40 hectárea.

Pastos - 8-10 onzas (0.24 - 0,30 litros) Insecta Pro en 40 - 50 galones (152 - 190 litros) de agua limpia por acre /por 0.40 hectárea.


Almacenamiento Almacenar en un lugar fresco fuera de la luz directa del sol.




MADE IN THE USA

www.renaixinternational.com

Anexo 15. Etiqueta de producto biológico Ecobiol



Universidad Nacional Agraria

ECOBIOI 5 PM

INSECTICIDA MICROBIAL DE CONTACTO
Beauveria bassiana

Composición:

Conidias de <i>B. bassiana</i>	5% (p/p)
Ingredientes inertes:	95% (p/p)
Total:	100% (p/p)

Contenido neto: 300 gramos

Contiene: 50 gramos de ingrediente (s) activo(s) por kilogramo de producto comercial

PRECAUCION
¡ANTES DE COMPRAR Y USAR ESTE PRODUCTO
PROTEJA EL AMBIENTE CON BUENAS PRÁCTICAS AGRICOLAS,
CUMPLA CON LAS RECOMENDACIONES DEL PANFLETO.

PRECAUCIONES Y ADVERTENCIAS DE USO:

NO ALMACENE ESTE PRODUCTO EN CASA DE HABITACION.

MANTENGANSE BAJO LLAVE FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS.

UTILICE EL SIGUIENTE EQUIPO DE PROTECCION AL MANIPULAR EL PRODUCTO, DURANTE LA PREPARACION DE LA MEZCLA, CARGA Y APLICACION.

NO COMER, FUMAR O BEBER DURANTE EL MANEJO Y APLICACION DE ESTE PRODUCTO

BAÑESE DESPUES DE TRABAJAR Y PONGASE ROPA LIMPIA

EN CASE DE INTOXICACION LLEVE EL PACIENTE AL MEDICO Y DELE ESTE ETIQUETA O EL PANFLETO

SINTOMAS DE INTOXICACION: Por su naturaleza biológica este producto no causa intoxicación, pero puede provocar cuadros leves de alergias, dolor de cabeza o náuseas en pacientes susceptibles

PRIMEROS AUXILIOS:

Ingestión: En caso de ingestión inducir al vómito

Contacto con la piel: Lavar con abundante agua y jabón

Inhalación: Retire al paciente del área de contaminación

Contacto con los ojos: Lavar con abundante agua y jabón

NUNCA DAR DE BEBER NI INDUZCA AL VOMITO A PERSONAS EN ESTADO DE INCOSNSCENCIA

TRATAMIENTO MEDICO: En caso de síntomas asociados a la exposición de este producto consulte inmediatamente al médico

AVISO DE GARANTIA:

El fabricante de este producto garantiza el contenido del mismo, así mismo garantiza su efectividad si su uso es de acuerdo a las indicaciones contenidas en el parfleto.

PAÍS: NICARAGUA **NUMERO DE REGISTRO:** **FECHA DE REGISTRO:**

Producido y Formula do por:
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA, KM 12 ½ C. NORTE, MANAGUA NICARAGUA; APDO. 453, TELEFONO: 505 - 2263 2609; E-mail: Dpaf@una.edu.ni