



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
Maestría en Sanidad Vegetal

Trabajo de Tesis

Alternativas para el manejo de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), Chontales, 2023

Autor

Ing. Aner Rober Velázquez Rivera

Asesor

MSc. Juan Carlos Morán Centeno

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

Managua, Nicaragua
Febrero, 2024

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por Dirección de Ciencias Agrícolas, como requisito final para optar al título profesional de:

Maestro en Ciencias en Sanidad Vegetal

Miembros del Comité Evaluador

MSc. Jorge Antonio Gómez
Martínez
Presidente

MSc. Freddy Rivera Umanzor
Secretario

MSc. Luis Enrique Irías B
Vocal

Managua, Nicaragua, 28 de Febrero del 2024

DEDICATORIA

A:

Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener un logro más.

A mis padres: Rafael Velásquez Obando y Modesta Rosa Rivera Osorio, por estar conmigo, por enseñarme a crecer y a que si caigo debo levantarme, por apoyarme y guiarme, por ser las bases que me ayudaron a llegar hasta aquí.

Al Dr. Edgardo Jiménez Martínez, MSc. Juan Carlos Morán Centeno, a todos ellos que me han apoyado y han hecho que el trabajo de tesis se realice con éxito ya que me abrieron sus puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

A:

Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

Agradezco a mi asesor de tesis MSc. Juan Carlos Morán Centeno quien, con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación. A la Lic. Cristian Carolina Orozco por sus consejos, enseñanzas, apoyo y sobre todo amistad brindada en los momentos más difíciles de mi vida.

Mi agradecimiento a todos, mi familia Velásquez Rivera, mis amigos que de una u otra manera me brindaron su colaboración y se involucraron en este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Importancia y daño que ocasiona el insecto	5
3.2 Ecología de <i>Spodoptera frugiperda</i>	5
3.3 Control de <i>Spodoptera frugiperda</i>	6
3.3.1 Control biológico de <i>Spodoptera frugiperda</i>	7
3.3.2 Importancia de <i>Beauveria bassiana</i> en la protección del cultivo	7
3.3.3 Riesgo en el uso de Bioplaguicidas y extractos vegetales en la protección del cultivo	8
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	9
4.1. Ubicación del estudio y condiciones climáticas	9
4.2. Diseño metodológico	10
4.2.1. Descripción de los tratamientos	10
4.3 Manejo del ensayo y metodología de aplicación de los tratamientos	11
4.4. Variables evaluadas	12
4.5 Análisis de datos	14
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
5.1. Comportamiento de las variables	15
5.2. Altura de la planta de maíz	15
5.3. Número de plantas afectadas y larvas totales de <i>Spodoptera frugiperda</i> en el cultivo de maíz	17
5.4. Variables de mazorca y granos	19
5.5. Rendimiento por parcela útil y hectárea	20
5.6. Porcentaje de Mortalidad y eficiencia de los tratamientos	21
5.7. Comparación de tratamientos y etapas de muestreos en las variables bajo estudio en el cultivo de maíz	23
5.8. Variables reproductivas asociadas al rendimiento	25
5.9. Estimación económica de los tratamientos bajo estudio	27
VI. CONCLUSIONES	30
VII. RECOMENDACIONES	31
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
IX. ANEXOS	37

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Descripción de los tratamientos evaluados para el manejo de <i>S. frugiperda</i> en el cultivo de maíz	11
2.	Significaciones estadísticas de las variables bajo estudio en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.)	15
3.	Comparación de los tratamientos y etapas de muestreo (Tukey= 0.05), en la afectación de <i>Spodoptera frugiperda</i> en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.)	24
4.	Promedios de mortalidad e incidencia en los tratamientos y etapas de muestreo (Tukey= 0.05), de <i>Spodoptera frugiperda</i> en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.)	25
5.	Comportamiento de las variables reproductivas en los diferentes tratamientos evaluados (Tukey= 0.05), en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.)	26
6.	Presupuesto parcial en dólares (US\$) para los tratamientos evaluados en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.)	27
7.	Análisis de dominancia para los tratamientos evaluados en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.)	28
8.	Análisis de tasa de retorno marginal para los tratamientos evaluados en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.)	29

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ciclo de vida de <i>S. frugiperda</i> (Tomada de Marulanda Moreno, 2022).	6
2. Ubicación de la Finca El Limonal, comunidad El Cedral, Municipio de Juigalpa, Chontales (Fuente: Tomado de Google Maps, 2024).	9
3. Comportamiento de las precipitaciones y de la temperatura en el periodo del mes de enero a Julio del 2023 (Fuente: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales).	10
4. Comportamiento de la altura en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.), en los diferentes tratamientos y momentos de evaluación.	16
5. Comportamiento de la afectación por larvas de <i>S. frugiperda</i> en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.), en los diferentes tratamientos y momentos de evaluación.	18
6. Comportamiento de larvas muertas y vivas de <i>S. frugiperda</i> en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.), en los diferentes tratamientos y momentos de evaluación.	19
7. Característica de la mazorca y granos en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.), en los diferentes tratamientos y momentos de evaluación.	20
8. Variables de rendimiento y número de mazorcas por parcela útil en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.), en los diferentes tratamientos y momentos de evaluación.	21
9. Rendimiento ajustado al 13 % de humedad del grano en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.), en los diferentes tratamientos y momentos de evaluación.	21
10. Mortalidad e Eficiencia sobre larvas de <i>S. frugiperda</i> en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.), en los diferentes tratamientos y momentos de evaluación.	22
11. Rendimientos (kg/ha), obtenido en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.), en los diferentes tratamientos evaluados.	26

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Plano de campo de la evaluación de alternativas de manejo de <i>S. frugiperda</i> en el cultivo de maíz (<i>Z. mays</i> L.)	38
2. Formato de toma de datos en el estudio de eficacia biológica en el control de <i>Spodoptera frugiperda</i>	39

RESUMEN

El presente trabajo se efectuó en la comunidad El Cedral, en el departamento de Chontales, en la época de postrera 2023, con el objetivo de evaluar alternativas para el manejo de *Spodoptera frugiperda* (Smith), sobre el rendimiento y rentabilidad en el cultivo de maíz (*Zea mays* L). Se empleó un diseño de Bloques completos al azar con tres repeticiones, aplicando seis tratamientos *Bioeco-BA-Eco®-20 WP* (*Beauveria bassiana*) con tres dosis (1, 5 y 10 g l⁻¹ de agua), *Bioeco- Biorep ® AC ® 14 EC* (*Capsicum annuum*, *Allium sativum*), con tres dosis (1, 5 y 10 ml l⁻¹ de agua), un testigo químico (Cipermetrina (C₂₂H₁₉Cl₂NO₃) 0.70 ml l⁻¹ de agua) y un testigo absoluto, se efectuaron seis aplicaciones a partir de los 11 hasta los 46 días después de la siembra. Se evaluó la altura de planta, plantas afectadas, larvas totales, muertas y vivas, mortalidad e incidencia, así mismo se tomaron variables de rendimiento, se sometió a un análisis económico a todos los tratamientos evaluados. Los datos se transformaron (logaritmo de base 10), para su posterior análisis de varianza y separación de Tukey (0,05). El tratamiento químico y testigo absoluto fueron los que presentaron los mayores daños en el tejido foliar de la planta, larvas totales y vivas, así como la menor cantidad de mortalidad y menores rendimientos. La mayor mortalidad y menor incidencia correspondió a *Beauveria bassiana* (1 g l⁻¹ de agua), siendo los primeros 32 días de germinada la planta la etapa de mayor afectación por la plaga, al iniciar la etapa reproductiva las afectaciones se reducen hasta en un 75 %, con respecto al testigo químico. La mejor tasa de retorno correspondió al tratamiento cuatro (*Bioeco- Biorep ® AC ® 14 EC* (*Capsicum annuum*, *Alliums ativum*, 1 ml l⁻¹ de agua) y uno (*Beauveria bassiana* 1 g l⁻¹ de agua), lo que generan la mayor cantidad de retorno al final del ciclo agrícola en el cultivo de maíz.

Palabras Claves: Agroquímicos, Plagas de follaje, *Spodoptera frugiperda* (Smith), análisis económico.

ABSTRACT

The present research was carried out in the El Cedral community, in the department of Chontales, in the period of 2023, with the objective of evaluating alternatives for the management of *Spodoptera frugiperda* (Smith), on the performance and profitability in corn cultivation. (*Zea mays* L). A randomized complete block design with three repetitions was used, applying six treatments Bioeco-BA-Eco®-20 WP (*Beauveria bassiana*) with three doses (1, 5 and 10 g l⁻¹ of water), Bioeco-Biorep® AC® 14 EC (*Capsicum annuum*, *Allium sativum*), with three doses (1, 5 and 10 ml l⁻¹ of water), a chemical control (Cypermethrin (C₂₂H₁₉Cl₂NO₃) 0.70 ml l⁻¹ of water) and an absolute control, Six applications were made from 11 to 46 days after sowing. Plant height, affected plants, total larvae, dead and alive, mortality and incidence were evaluated, performance variables were also taken, and all evaluated treatments were subjected to an economic analysis. The data were transformed (log base 10) for subsequent analysis of variance and Tukey separation (0.05). The chemical treatment and absolute control were those that presented the greatest damage to the plant's leaf tissue, total and live larvae, as well as the lowest amount of mortality and lowest yields. The highest mortality and lowest incidence corresponded to *Beauveria bassiana* (1 g l⁻¹ of water), with the first 32 days after germination of the plant being the stage most affected by the pest, at the beginning of the reproductive stage the effects are reduced by up to a 75%, with respect to the chemical control. The best return rate corresponded to treatment four (Bioeco- Biorep® AC® 14 EC (*Capsicum annuum*, *Alliums ativum*, 1 ml l⁻¹ of water) and one (*Beauveria bassiana* 1 g l⁻¹ of water), which generated the greatest amount of return at the end of the agricultural cycle in corn cultivation.

Keywords: Agrochemicals, Foliage pests, *Spodoptera frugiperda* (Smith), economic analysis.

I. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de maíz (*Zea mays* L.), fue de 973.9 millones de toneladas en el periodo 2013 – 2014, es cultivado prácticamente en todos los países del mundo, la mayoría de la superficie cultivada es cosecha como grano seco. El mayor productor a nivel mundial es Estados Unidos con una superficie cultivada de 33.6 millones ha⁻¹ y una producción de 361.1 millones de toneladas, seguido de China y Brasil, con 215.7 y 78 millones de toneladas respectiva mente (Ezeta *et al.*, 2018).

El maíz representa un porcentaje alto de la alimentación humana y animal en todo el mundo, por lo cual se está en una constantemente búsqueda en incrementar sus rendimientos. Pertenece al grupo de las Poaceae más importantes como alimentos, es el cultivo de mayor importancia después del arroz (*Oryza sativa* L) y el trigo (*Triticum aestivum*). Es originario de América, se estima que apareció hace más de ocho mil años y una de las hipótesis con mayor fuerza es que comenzó a cultivarse a partir del teosinte o teocintle, una maleza silvestre que tiene cinco especies en México, Guatemala y Nicaragua (Lao *et al.*, 2017).

En Nicaragua se cultivan un estimado de 336,000 ha⁻¹, con una producción de 471, 000 toneladas y un rendimiento promedio de 1.4 toneladas ha⁻¹. Se encuentra distribuido en todo el territorio Nacional. Los departamentos de Matagalpa (17.5 %), Jinotega (17.4 %), Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (13.1 %), Nueva Segovia (11.5 %), Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (7.8 %) con el 67.3 % de la producción nacional (Betanco, 2023).

Este cultivo es afectado por diversas plagas insectiles que afectan su desarrollo vegetativo, siendo *Spodoptera frugiperda*, (Sánchez *et al.*, 2019), el principal insecto que se alimenta del tejido foliar de la planta, infestaciones del 20 %, llegan a causar reducciones del 10 al 60 % en los rendimientos del cultivo (Ngangambe & Mwatawala, 2020).

Durante las primeras etapas de crecimiento vegetativo del maíz, las larvas se alimentan consumiendo las hojas, que indirectamente afectan el rendimiento del cultivo y reducen el área fotosintética, afecta directamente el rendimiento del cultivo, lo que se traduce en reducción de los ingresos por parte de las familias productoras.

Esta plaga ha sido la causante de cuantiosas pérdidas, por ende, existen centenares de investigaciones sobre su fisiología, manejo y control, donde los productores han empleado el uso de insecticidas desde hace décadas para manejarla, sin embargo, estos productos químicos provocan daños en el agroecosistema por lo que su manejo de forma biológica es de gran interés (Ezeta *et al.*, 2018). El control botánico y biológico que emplea hongos entomopatógenos ha sido considerado una alternativa de control, los cuales afectan diferentes estadios del insecto (huevos, larvas y pupas), en diferentes concentraciones (Reséndiz *et al.*, 2016).

Los hongos tienen ventajas ya que son capaces de infestar al hospedero por contacto, adhesión de la espora, por lo cual la ingesta es innecesaria, a nivel mundial los más utilizados son *Metarhizium anisopliae* (33.9 %), *Beauveria bassiana* (33.9 %), *Paecilomyces fumosoroseus* (5.8 %) y *Beauveria brongniartii* (4.1 %) (Ramos *et al.*, 2020). Considerando la importancia del control de esta plaga, se planificó la presente investigación para determinar el efecto de productos botánicos y biológicos en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith), en el cultivo de maíz (*Zea mays* L).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar alternativas para el manejo de *Spodoptera frugiperda* (Smith), sobre el rendimiento y rentabilidad en el cultivo de maíz (*Zea mays* L).

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar el tratamiento de mayor eficacia en las poblaciones de larvas de *Spodoptera frugiperda* (Smith), en el cultivo de maíz.

- ✓ Estimar la rentabilidad de los diferentes tratamientos evaluados en el manejo de *Spodoptera frugiperda* (Smith), en el cultivo de maíz.

III. MARCO DE REFERENCIA

El gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) de origen estadounidense (Firake & Behere, 2020), es considerada como una plaga clave del maíz (Ngangambe & Mwatawala, 2020) y considerada también como plaga invasora con serias amenazas en la producción de los alimentos, especialmente del maíz, es una plaga de importancia económica en diferentes países (González-Maldonado et al., 2015; Rodríguez-Soto et al., 2018).

Para el control del gusano cogollero del maíz, desde hace décadas, el agricultor dispuso de una gama completa de insecticidas de síntesis química pertenecientes a las familias de piretroides, fosforados y carbamatos, con los cuales pudo convivir con la plaga; sin embargo, el uso de insecticidas químicos para el control del gusano cogollero puede ocasionar diversos daños al ecosistema, por lo que es de gran interés la búsqueda de agentes alternativos de control, entre los que se encuentran los hongos entomopatógenos como son el *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* e extractos vegetales.

El proceso de control del insecto por el hongo entomopatógeno ocurre cuando las esporas depositadas en la superficie del cuerpo del insecto. La adhesión ocurre en tres etapas sucesivas: adsorción de la espora a la superficie mediante el reconocimiento de receptores específico de naturaleza glicoproteína en el insecto, la adhesión o consolidación de la interfase entre la espora pregerminada y la epicutícula, finalmente la germinación y desarrollo hasta la formación del apresorio para comenzar la fase de penetración (Ramanujam et al., 2020).

El proceso de adhesión, esta mediado por la presencia de moléculas sintetizadas por el hongo denominadas adhesinas. En el entomopatógeno se ha descrito un tipo de adhesina denominada MAP1 la cual se localiza en la superficie de los conidios.

La penetración es posible gracias a la acción combinada de dos mecanismos uno físico y uno químico, el primero consiste en la presión ejercida por una estructura fúngica denominada haustorio, la cual deforma primeramente la capa cuticular rompiendo luego las áreas esclerosadas y membranosas de la cutícula (Ramanujam et al., 2020).

3.1. Importancia y daño que ocasiona el insecto

El daño económico de esta plaga generalmente es importante (Sánchez *et al.*, 2019); ya que reduce el valor de las cosechas al destruir el cogollo de la planta, afectar los órganos florales, debilitar los tallos y al disminuir la calidad de los granos (Coveña, 2015). Las pérdidas son considerables, pudiendo reducir los rendimientos en 0.8 t/ha de maíz seco, lo que equivale al 40 % de la producción (Candell, 2018).

El daño causado por esta plaga puede ocasionar una reducción en la producción, hasta la pérdida total del cultivo, si la plaga ataca en periodos cercanos a la etapa de floración. Este insecto se mantiene presente en el cultivo desde la fase de semilla hasta el momento de la cosecha por lo que afecta al cultivo durante todo su ciclo, convirtiéndose en una plaga de gran importancia económica (Arias et al., 2019).

3.2. Ecología de *Spodoptera frugiperda*

El adulto del insecto tiene comportamiento nocturno, efectuando el vuelo durante la noche, este es atraído por la luz, su coloración en gris oscura, las hembras poseen alas traseras de color blancuzco, el macho tiene arabescos en las alas delanteras. Los huevos los deposita la hembra en las primeras horas de la noche en el haz y envés de la hoja en grupos o masas, la cual cubre con segregaciones del aparato bucal y escamas de su cuerpo (Figura 1). La larva al nacer se alimenta del córeón y posteriormente se traslada a diferentes partes de la planta (Arias et al., 2019).

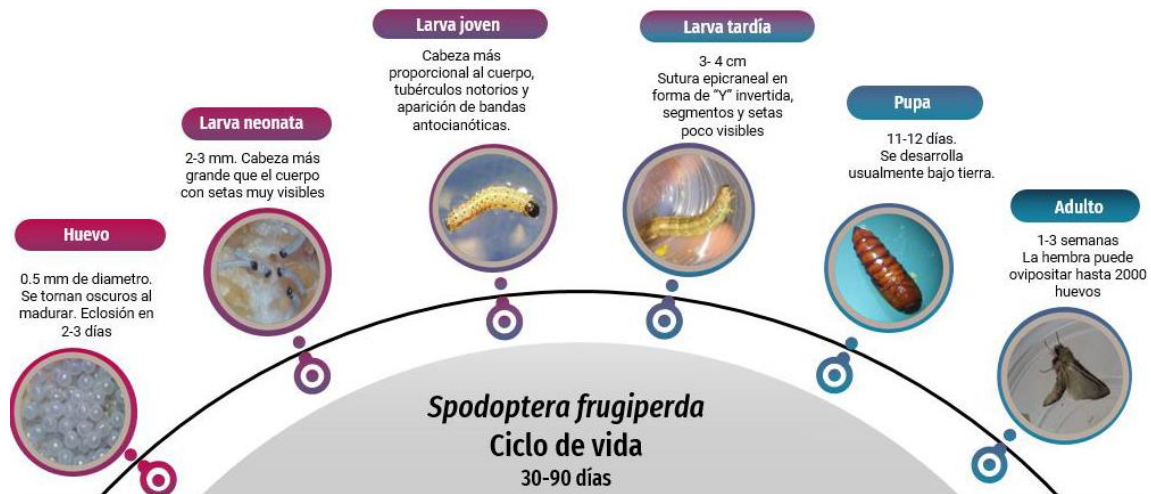


Figura 1. Ciclo de vida de *S. frugiperda* (Tomada de Marulanda Moreno, 2022).

3.3. Control de *Spodoptera frugiperda*

El control de *S. frugiperda* en la agricultura moderna se basa específicamente en el uso frecuente de plaguicidas; esto sin tener en cuenta los desastres ecológicos y cómo puede afectar la salud del agricultor (Sánchez *et al.*, 2019), con esta plaga la aplicación de insecticidas químicos se vuelve insostenible ya que la especie tiende a desarrollar resistencia a los insecticidas, además el uso de pesticidas afectan a los enemigos naturales y generan peligros ambientales, así como los riesgos para la salud (Ramanujam *et al.*, 2020). Es por esto por lo que surge la necesidad de buscar nuevos métodos de control, más eficaces, y sobre todo más amigables con el ambiente, que permitan el desarrollo de una agricultura sostenible.

El desarrollar tecnologías de Manejo Integrado de Plagas (MIP) sostenibles es cada vez más frecuente contra *S. frugiperda*, respetando el ambiente (Reséndiz *et al.*, 2016). Esta disminuye los niveles de infestación de plagas a una proporción que no causen daño económico, disminuir el espectro de acción y además no generan contaminación al ambiente. (Hernández-Trejo *et al.*, 2019)

3.3.1. Control biológico de *Spodoptera frugiperda*

Se considera como microorganismos entomopatógenos a diferentes cepas de hongos, bacterias y virus altamente virulentos a diversas especies de insectos plagas. El grupo de los hongos entomopatógenos constituyen el de mayor importancia. El empleo de plaguicidas biológicos se ha venido incorporando en los procesos productivo con mayor frecuencia en las últimas décadas esto producto de los daños ocasionado por el manejo convencional de plaga. Muñoz et al. (2017), mencionan que el empleo de hongos entomopatógenos tiene efectividad en el manejo de esta plaga (Gandarilla et al., 2017).

El uso de los entomopatógenos puede ser una alternativa viable, ya que su eficiencia ha sido demostrada en varios estudios, Akutse et al. (2019) demostraron que *Beauveria bassiana* causó una mortalidad moderada del 30 % en las larvas de segundo estadio de *S. frugiperda*, mientras que *Metarhizium anisopliae* la mortalidad de las oviposturas fue de 87 %, por su parte Ramos et al. (2020) reportaron mortalidades en el rango de 31.7 % y 83.3 %. En tanto González-Maldonado et al. (2015) registraron una eficacia de 49.33 % en las larvas de este mismo insecto.

3.3.2. Importancia de *Beauveria bassiana* en la protección del cultivo

Es de importancia mencionar que alrededor de 750 especies de hongos entomopatógenos conocidos, son pocas las que son empleadas en el control biológico de plagas en la actualidad (Ordoñez et al., 2015), destacando *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (Liu et al., 2017).

Estos hongos son empleados para el control de plagas de insectos pueden llegar a controlar cerca de 200 especies de insectos como *Spodoptera frugiperda*, llegan a alcanzar un control del 60 al 70 % en defoliadores, (Mantzoukas, 2021; Wang & Feng ,2014), actualmente existen diversas formulaciones comerciales que son distribuidas por las empresas comercializadoras de agroquímicos. Su uso está ampliamente difundido como controlador de plagas, así mismo su efecto saprofítico, endofítico y promotor de crecimiento en las plantas (González-Pérez et al., 2022).

Colonizan local y sistemáticamente la planta, llegando a formar una relación mutualista con el cultivo al ser inoculados al suelo o asperjado en el tejido vegetal de la planta (Vega, 2018; Jaber & Enkerli, 2017; Jaber & Ownley, 2018), de esta manera se reduce el uso de insecticidas químicos que a nivel mundial se emplean aproximadamente 40 mil millones de dólares, considerándose su uso extensivo con el objetivo de proteger la cosecha sin importar los daños ocasionados al ambiente y la salud (Liu et al., 2020; Sharma et al., 2020).

3.3.3. Riesgo en el uso de Bioplaguicidas y extractos vegetales en la protección del cultivo

Aunque el uso de los organismos biológicos en el control de plagas está incrementando en las últimas décadas, debido a su eficiencia en el control de organismos, sin embargo, esta eficiencia se podría considerar una amenaza seria para aquellos organismos vivos que no se desea controlar en los sistemas productivos, al ser estos generalista afectando a toda la entomofauna que entra en contacto con el hongo. Convirtiéndose en una alternativa importante en la conformación de un espectro más amplio de insecticidas, dentro de los esquemas contemporáneos de manejo de insectos plagas.

El uso de extractos de origen vegetal cada vez está ganando mayor importancia en el sector agrícola y en el ámbito científico, esto en la búsqueda de encontrar nuevas estrategias de manejo de plagas de importancia económica, sin tener que recurrir al uso de plaguicidas u otras sustancias tóxicas (Figueroa Gualteros et al., 2019). Este mismo autor menciona que existen ejemplos exitosos del uso de extractos vegetales para el manejo de plagas como los reportados por Lizarazo et al. (2008) usando *Polygonum hydropiperoides*, *Solanum nigrum* y *Calliandra pittieri*, el de Prates & Waquil, (2003), que evaluaron la actividad biológica del extracto acuoso de las hojas de *Azadirachta indica* sobre *S. frugiperda* o el de Celis et al., (2008), que usaron extractos vegetales de la familia Piperaceae para el control de arvenses, plagas y enfermedades en el sector agrícola.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del estudio y condiciones climáticas

La investigación se estableció en la época de postrera, 2023, en la comunidad El Cedral, en el departamento de Chontales, en la finca El Limonal la cual se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 648022 de latitud y 1351496 de longitud (Figura 2), a una altitud de 117 msnm (metros sobre el nivel del mar), con temperaturas promedios de 28 °C y precipitaciones promedio anual de 383 mm al año (Figura 3).



Figura 2. Ubicación de la Finca El Limonal, comunidad El Cedral, Municipio de Juigalpa, Chontales (Fuente: Tomado de Google Maps, 2024).

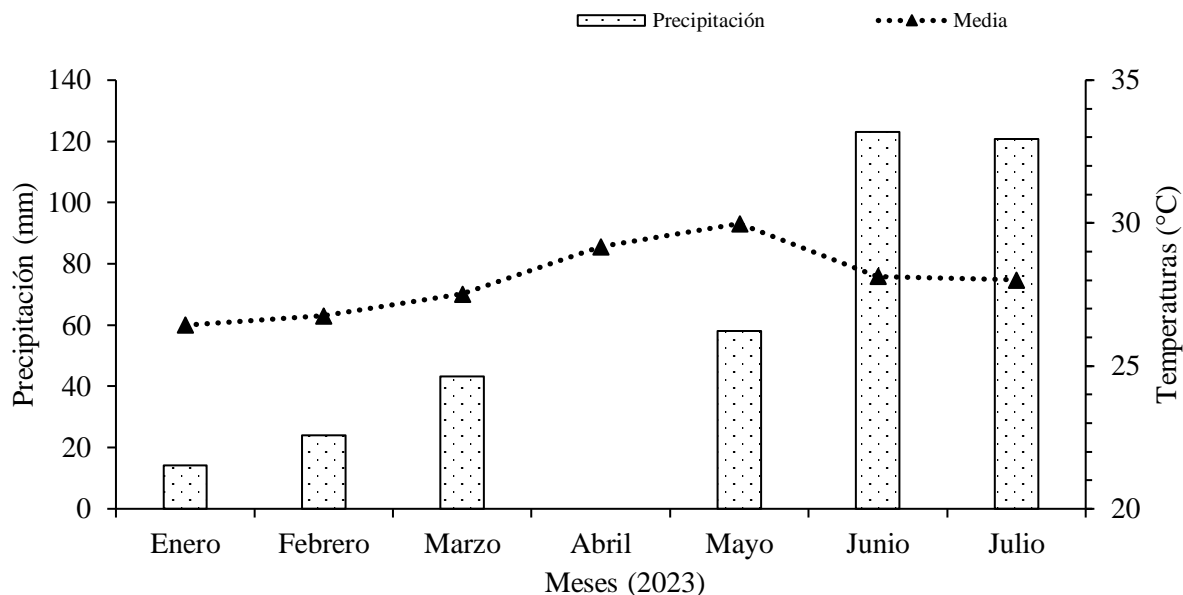


Figura 3. Comportamiento de las precipitaciones y de la temperatura en el periodo del mes de enero a Julio del 2023 (Fuente: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, 2023).

4.2. Diseño metodológico

El experimento se efectuó en campo en un diseño de Bloques Completos al Azar con ocho tratamientos y tres repeticiones. El área total del ensayo fue de 1 334 m², cada parcela fue de 56 m² (7 m * 8 m), con una parcela útil de 16 m², (3.2 m * 5 m), el cultivo se estableció a 0.2 metros entre plantas (20 cm) y 0.8 metros entre hileras (80 cm). Se estableció en el mes de septiembre 2023, esto debido a la regulación previstas de las precipitaciones en el área. Se empleó la variedad de maíz NB-6, debido a que es la variedad de mayor aceptación por los productores, en el departamento.

4.2.1. Descripción de los tratamientos

Se evaluó el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* a concentraciones de 1×10^9 conidias a tres diferentes dosis, un producto derivado de extractos vegetales (*Capsicum annuum* y *Allium sativum*) a tres diferentes dosis, los cuales se compararán con un testigo comercial y un control absoluto, todos ellos fueron comprados en los agro servicios de la ciudad de Juigalpa, los cuales se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados para el manejo de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz

Tratamientos	Nombre comercial	Descripción de ingrediente activo	Dosis
T1	<i>Bioeco-BA-Eco®-20 WP</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	1 g l ⁻¹ de agua
T2		1 x 10 ⁹ conidias	5 g l ⁻¹ de agua
T3			10 g l ⁻¹ de agua
T4	<i>Bioeco- Biorep® AC® 14 EC</i>	<i>Capsicum annuum</i> ,	1 ml l ⁻¹ de agua
T5		<i>Alliums sativum</i>	5 ml l ⁻¹ de agua
T6			10 ml l ⁻¹ de agua
T7	Cipermetrina	Control químico (C ₂₂ H ₁₉ Cl ₂ NO ₃)	0.70 ml l ⁻¹ de agua
T8	Control absoluto	Agua (H ₂ O)	Sin aplicación

4.3. Manejo del ensayo y metodología de aplicación de los tratamientos

Las actividades de manejo del ensayo se realizaron, de tal manera que las unidades experimentales no difieran en las actividades, siendo la única diferencia los tratamientos evaluados.

Preparación del suelo: La preparación del suelo fue empleada labranza mínima, con limpieza del terreno, posteriormente se delimito el ensayo.

Siembra: El surcado fue a una distancia de 0.80 metros entre surco y 0.20 metros entre planta, empleando siembra al espeque.

Fertilización: Se aplicó fertilizante NPK (12-30-10), al momento de la siembra con dosis de 129.53 kg por hectárea, a los 44 días después de la siembra se realizó fertilización con Urea (46 – 0 – 0), a razón de 129.53 kg por hectárea.

Control de malezas: Se efectuó en dos momentos durante el ciclo vegetativo del cultivo, la primera limpieza a los 40 días y la segunda a los 65 días después de la siembra, de manera manual.

Control de plagas: El manejo de plagas durante el ciclo vegetativo del cultivo se realizó mediante seis aplicaciones de bioplaguicidas e insecticidas botánico y químico con intervalos de siete días entre cada aplicación, estas se iniciaron a partir del día 11 hasta el día 46 de edad del cultivo (Ezeta et al., 2018), dirigidas al cogollo de la planta de maíz, siendo el lugar donde afecta la larva de *Spodoptera frugiperda* (Smith).

La aplicación de los tratamientos se llevó a cabo empleando aspersores de mochila con capacidad de 20 litros, con boquillas de cono sólido, procurando realizar una buena cobertura del cultivo, las aspersiones se realizaron en horas de la tarde, empleando pantallas para evitar la dispersión sobre otros tratamientos, de esta manera se evitó la contaminación cruzada de los tratamientos evaluados.

4.4. Variables evaluadas

Altura de la planta de maíz: Se evaluó desde los 11 hasta los 46 días después de la siembra tomando 20 plantas de la parcela útil, midiendo desde la superficie del suelo hasta el último nudo de la planta (cm), en cada tratamiento bajo estudio, esto se efectuó con una frecuencia semanal (Cada ocho días), se tomó esta variable como indicador para determinar el grado de afectación por las larvas de *S. frugiperda*.

Plantas afectadas y larvas totales (Incidencia), en el cultivo de maíz

Se realizó evaluaciones periódicas, en donde se registraron el número total de plantas infestada con larvas de *S. frugiperda*, en el área de la parcela útil, de esta manera se determinó el porcentaje de incidencia, así mismo con esta información se empleó la fórmula de González et al. (1995, citado por Muñoz et al. 2017), para calcular el porcentaje de afectación de la plaga.

$$%I = \text{NBI} / \text{NTB} * 100$$

Donde:

%I: Porcentaje de Incidencia

NBI: Plantas infestada

NTB: Total de plantas

Variables de mazorca y grano

Se efectuó el conteo de mazorcas y se midió la Longitud y ancho (cm), al momento de la cosecha, midiendo todas las espigas o mazorca en la parcela útil, para cada uno de los tratamientos evaluados. Así mismo, se contabilizaron el número de hileras y granos.

Rendimiento por parcela útil y hectárea

La cosecha se realizó a los 120 días después de la siembra, en la parcela útil, se registró el número de mazorca, peso de mazorca (kg), longitud de mazorca (cm), peso de grano (g) y rendimiento (kg por parcela y hectárea), se empleó la siguiente formula:

$$R = \frac{R * (100 - Ha)}{100 - Hr(13\%)}$$

Donde:

R= Rendimiento (kg por parcela)

Ha= Humedad actual

Hr= Humedad requerida al 13 %

Porcentaje de Mortalidad y eficiencia de los tratamientos

Se efectuó una toma de datos inicial a los 11 días después de la germinación, previo a la aplicación inicial de los tratamientos, como un conteo inicial de las afectaciones de *S. frugiperda* en el cultivo.

Después de la aplicación de los tratamientos, a los seis días se cuantificó el número de larvas presentes y el número de larvas muertas de *S. frugiperda* para determinar la mortalidad de larva por tratamientos se empleó la ecuación propuesta por Abbott, (1925) citado por Muñoz et al. (2017).

$$\%M = \text{NIMT} / \text{NTIT} * 100$$

Donde:

%M= Porcentaje de mortalidad

NIMT= Número de insectos muertos en el tratamiento

NTIT= Número total de insectos en el tratamiento

Eficiencia de los tratamientos, se midió empleando la fórmula de (Muñoz et al. 2017).

$$\% \text{ eficiencia} = (1 - \text{TdCa} / \text{TaCd}) * 100$$

Donde:

Ta= Infestación de la parcela tratada antes del tratamiento

Td= Infestación de la parcela tratada después del tratamiento

Ca= Infestación de la parcela testigo antes del tratamiento

Cd= Infestación de la parcela testigo después del tratamiento

Estimación económica

Para determinar la rentabilidad y brindar recomendaciones se realizó un análisis de presupuesto parcial, análisis marginal de tratamientos dominantes, empleando la metodología del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y trigo (CIMMYT, 1988), y obtener los costos variables de cada tratamiento y los beneficios netos obtenidos.

4.5. Análisis de datos

La ruta analítica fue mediante un análisis descriptivo para las variables porcentuales. Las variables que no se ajustaron a la normalidad se transformaron con escala logarítmica en base diez (\log_{10}), el análisis de varianza se realizó mediante modelos lineales generalizados, seleccionando el modelo con el menor AIC, los promedios con significación estadística se le aplicó separación de medias mediante la prueba de Tukey (0.05), coeficiente de variación, determinación empleando el programa estadístico R. v. 4.30 (R Core Team, 2023).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Comportamiento de las variables

El análisis de varianza efectuado indicó que existe diferencias altamente significativas. En el Cuadro 2, se puede observar que los factores evaluados (Bloqueo, Tratamientos y Días después de la germinación), presentaron efectos altamente significativa ($Pr \leq 0.01$), en todas las variables. Esto indica que las poblaciones de larvas e insectos adultos de *S. frugiperda* varía en dependencia de las etapas fenológicas del cultivo y tratamientos evaluados. Muñoz et al. (2017), mencionan que el comportamiento de la plaga esta influenciada por la etapa de desarrollo de la planta, la estrategia de manejo (tratamientos evaluados), así mismo indican que una adecuada decisión del manejo de la plaga reduce las pérdidas en el rendimiento al final del ciclo agrícola.

Cuadro 2. Significaciones estadísticas de las variables bajo estudio en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.)

Variables	R ²	CV	Pr ≤ 0,05	Sig.
Plantas afectadas	0.72	29.69	0.0001	**
Larvas totales	0.65	44.16	0.0009	**
Larvas muertas	0.71	42.98	0.0001	**
Larvas vivas	0.86	61.50	0.0001	**
Mortalidad	0.73	41.13	0.0001	**
Incidencia	0.72	29.69	0.0001	**
Longitud de mazorca	0.63	17.31	0.0001	**
Ancho de mazorca	0.61	10.35	0.0001	**
Número de hileras por mazorca	0.60	23.69	0.0001	**
Número de grano por mazorca	0.63	17.89	0.0001	**

**R²= Coeficiente de determinación, CV= Coeficiente de variación, Pr= Probabilidad (0.05), Sig= Significación estadística (0.01)

5.2. Altura de la planta de maíz

La altura de la planta es una característica de importancia agronómica, al ser una variable relacionada con el rendimiento. En la Figura 4, se muestra la distribución de los valores promedios, en los diferentes tratamientos evaluados el 50 % de las plantas de maíz, mostraron alturas cercanas a los 90 cm, siendo el tratamiento cuatro en donde se observaron las plantas de mayor tamaño.

En términos generales a los 46 días las plantas alcanzaron su máximo desarrollo con altura cercana a los 200 cm, esto es un indicativo que la fase de desarrollo a finalizado e iniciado la fase reproductiva del cultivo. Estudio efectuado por Figueroa Gualteros et al. (2019), reportaron alturas máximas de 118 cm cuando se maneja la plaga con sustancias biológicas o extractos vegetales. Considerando la planteado por Montezano et al. (2018), donde manifiesta que esta plaga es destructiva para los cultivos de la familia Poaceae, afectando el tejido foliar de la planta lo que conlleva a reducir la altura de la planta y los rendimientos (Kenis, 2023).

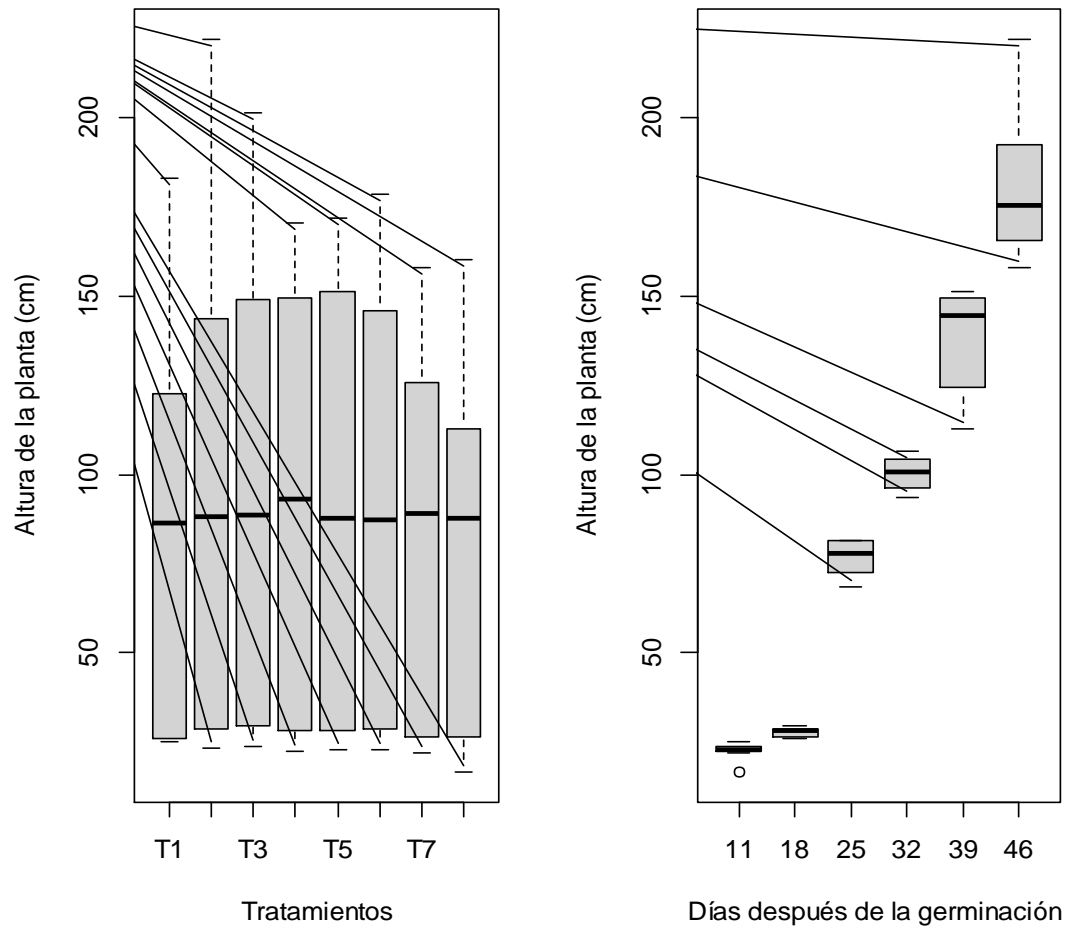


Figura 4. Comportamiento de la altura en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.), en los diferentes tratamientos y momentos de evaluación.

5.3. Número de plantas afectadas y larvas totales de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz

Un aspecto de gran importancia en analizar es la cantidad de plantas afectadas y la cantidad de larvas del insecto plaga, se determinó que el tratamiento químico (Testigo) y testigo absoluto se contabilizaron la mayor cantidad de afectaciones y por ende mayor cantidad de larvas, probablemente esto obedezca a la resistencia adquirida por el insecto a estas moléculas químicas. Las menores afectaciones se registraron en los tratamientos que se empleó *Beauveria bassiana* a concentración de 1 g l⁻¹ de agua, en el caso de los momentos de afectación al cultivo fue en las primeras etapas de desarrollo desde los 11 hasta los 25 días, con la mayor presencia de larvas en los cogollos de la planta de maíz ($\mu = 1.25$ larvas por planta), es en esta fase en donde se debe realizar un manejo oportuno de la plaga para evitar pérdidas económicas (Figura 5). El bajo rendimiento es asociado al daño ocasionado a la planta llegando a causar pérdidas del 15 al 75 %, por lo cual se debe manejar la plaga en los primeros estados de desarrollo de la planta (Marulanda-Moreno, 2022; Chuan, 2023).

El efecto de los tratamientos en el manejo de larvas de *S. frugiperda*, se determinó mediante la presencia de larvas muertas del insecto, siendo el tratamiento uno (T1= *Beauveria bassiana* 1 g l⁻¹ de agua), donde se contabilizó el mayor número de larvas muertas con presencia de micelio del hongo en el cuerpo del insecto, así mismo, para este tratamiento se registró la menor cantidad de larvas vivas, seguido por Bioeco- Biorep® AC® 14 EC (*Capsicum annuum*, *Alliums sativum*), a concentración de 1 ml l⁻¹ de agua. En cuanto al desarrollo de la planta a los 25 días fue donde se registraron la mayor cantidad de larvas muertas, esto posiblemente obedezca a la acción de los tratamientos al haberse realizado dos aplicaciones previas al conteo (Figura 6).

Es notorio observar que durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo las afectaciones por *S. frugiperda* son mayores donde registraron una mayor cantidad de larvas vivas (11 días después de germinada la planta). Estudio realizado por Akutse et al. (2019), hacen mención que dentro de las estrategias de manejo de esta plaga se encuentra el biocontrol con hongos entomopatógenos con un potencial para reducir las aplicaciones de plaguicidas en el ambiente.

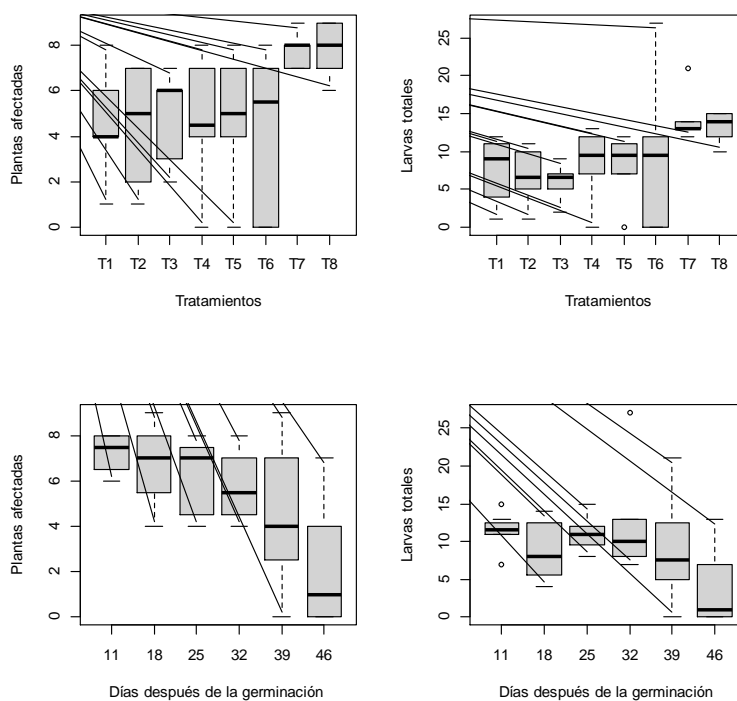


Figura 5. Comportamiento de la afectación por larvas de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.), en los diferentes tratamientos y momentos de evaluación.

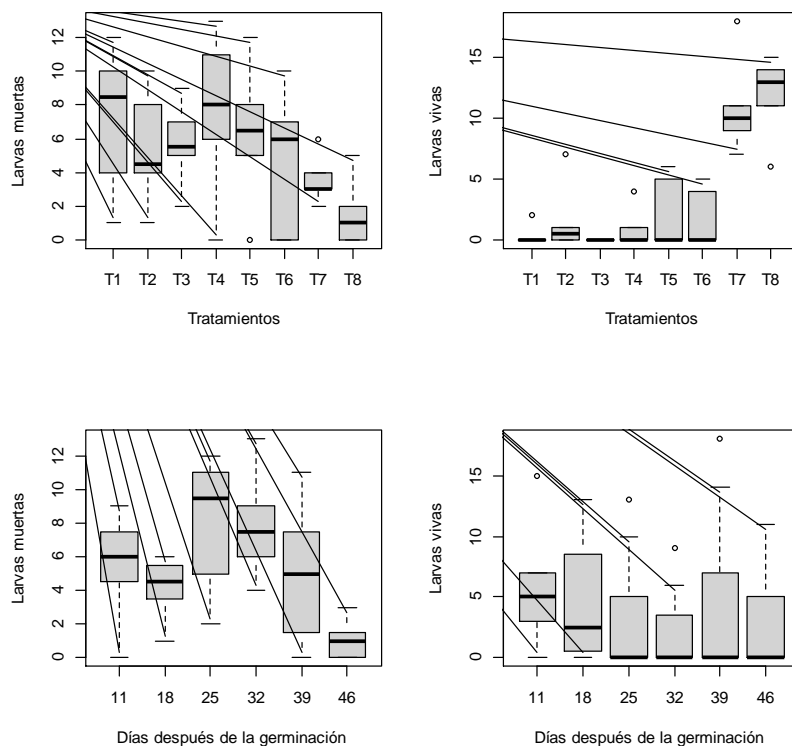


Figura 6. Comportamiento de larvas muertas y vivas de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.), en los diferentes tratamientos y momentos de evaluación.

5.4. Variables de mazorca y granos

Al analizar las mayores longitudes de las mazorcas se encontró que en los tratamientos T1, T2 y T3 (*Bioeco-BA-Eco*®-20 WP (*Beauveria bassiana* 1, 5 y 10 g l⁻¹ de agua)), este mismo comportamiento se encontró en el ancho de mazorca, en el caso del número de hileras sobresalieron los tratamientos T4, T5 y T6 (*Bioeco- Biorep* ® AC ® 14 EC (*Capsicum annum*, *Alliums sativum*, 1, 5 y 10 ml l⁻¹ de agua), en lo referente al número de granos todos los tratamientos biológico superaron al testigo y testigo absoluto (Figura 7).

Estudio efectuado por Muñoz et al. (2017), hacen mención que las evaluaciones periódicas del daño ocasionado por este insecto es una estrategia para reducir sus afectaciones, esto debido a que la larva inicia a realizar daños a los siete días después de la siembra, con daños significativos hasta los 21 días, sin embargo, este daño se puede prolongar hasta el inicio de la etapa reproductiva, lo que afecta directamente la calidad de la producción.

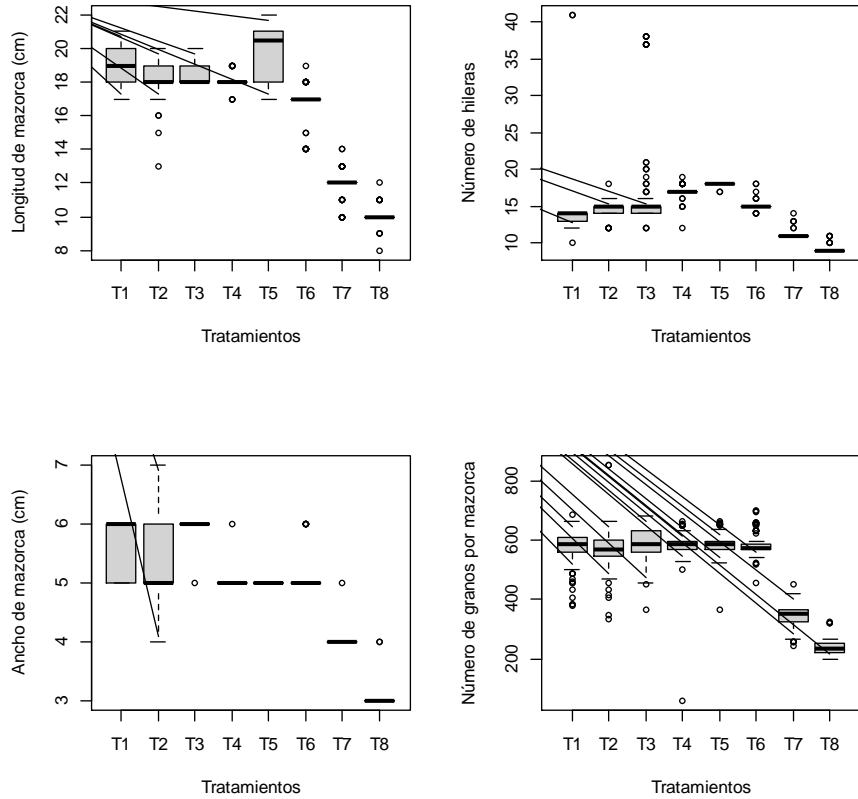


Figura 7. Característica de la mazorca y granos en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.), en los diferentes tratamientos y momentos de evaluación.

5.5. Rendimiento por parcela útil y hectárea

El peso del grano seco al 13 % de humedad, se encontró que los mayores rendimientos tanto para la parcela útil y por hectárea correspondió al tratamiento tres T3 (*Bioeco-BA-Eco®-20 WP (Beauveria bassiana 10 g l⁻¹ de agua)*, seguido del tratamiento seis (*Bioeco-Biorep® AC® 14 EC (Capsicum annum, Alliums sativum, 10 ml l⁻¹ de agua)*), los menores rendimientos se registraron para el testigo absoluto y control químico (Figura 8 y 9). Con una diferencia bien marcada de 800 kg entre mayor tratamiento (T3) y el control absoluto, lo que se traduce en una reducción del 46.67 % en la producción, Muñoz et al. (2017); Marulanda-Moreno, (2022), reportan una reducción de hasta el 73.3 % en la producción cuando no se maneja adecuadamente esta plaga.

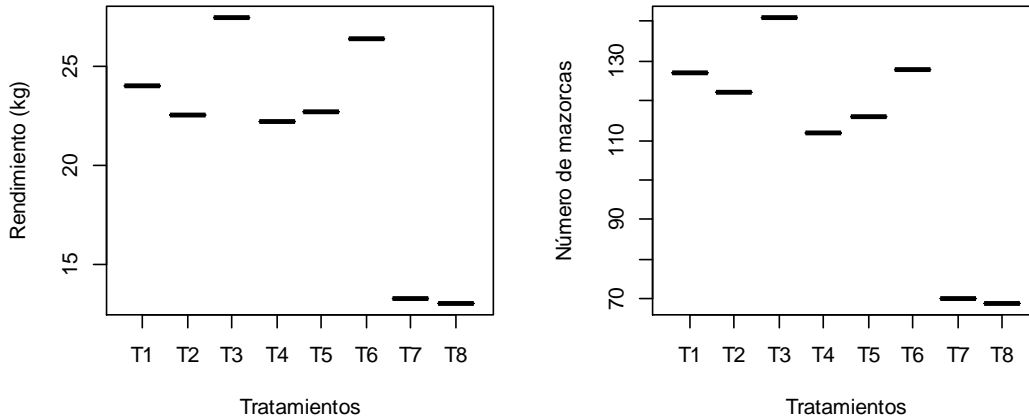


Figura 8. Variables de rendimiento y número de mazorcas por parcela útil en el cultivo de maíz (*Z. mays L.*), en los diferentes tratamientos y momentos de evaluación.

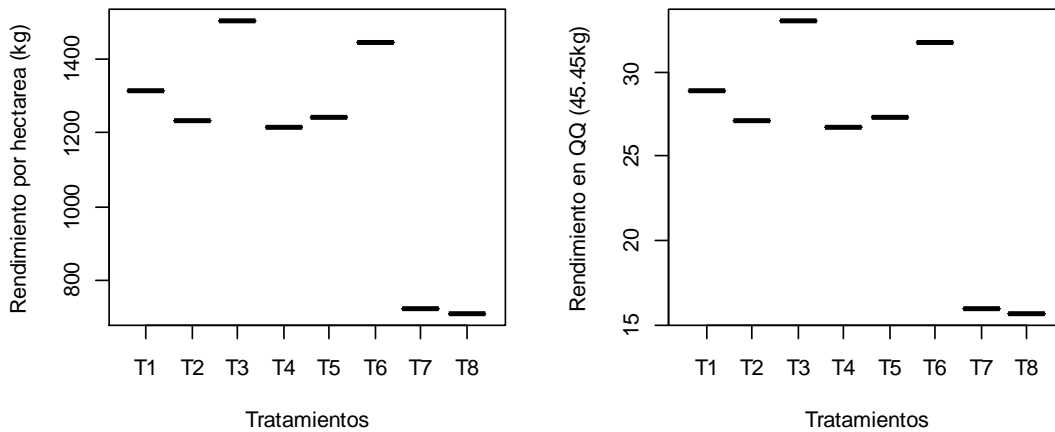


Figura 9. Rendimiento ajustado al 13 % de humedad del grano en el cultivo de maíz (*Z. mays L.*), en los diferentes tratamientos y momentos de evaluación.

5.6. Porcentaje de Mortalidad y Eficiencia de los tratamientos

La efectividad de los tratamientos se cuantificó mediante el porcentaje de mortalidad registrado y la incidencia de la plaga, siendo los tratamientos a base de *Beauveria bassiana* con dosis de 1, 5 y 10 g l⁻¹ de agua, quienes mostraron una mortalidad próxima al 100 %, la eficiencia fue menor al 40 %, en el tratamiento uno (*Beauveria bassiana* 1 g l⁻¹ de agua), seguido del tratamiento dos y tres (*Beauveria bassiana* 5 y 10 g l⁻¹ de agua).

Las mayores mortalidades se contabilizaron desde los 25 hasta los 39 días después de la germinación, al analizar la incidencia este reflejo una reducción del 70 % al 10 % al final de la fase de desarrollo, correspondiente a los 46 días (Figura 10). El uso de estrategias de manejo de plagas alternativas es cada vez gana mayor importancia, sin embargo, su uso debe ser acompañado por otras estrategias de manejo que garanticen la producción agrícola, y preservación de la diversidad (Pavela, 2016), otros autores como Figueroa Gualteros et al. (2019), reportaron controles de larvas de esta plaga del 80 %, demostrando la eficiencia del uso de alternativas biológica en el manejo de la plaga.

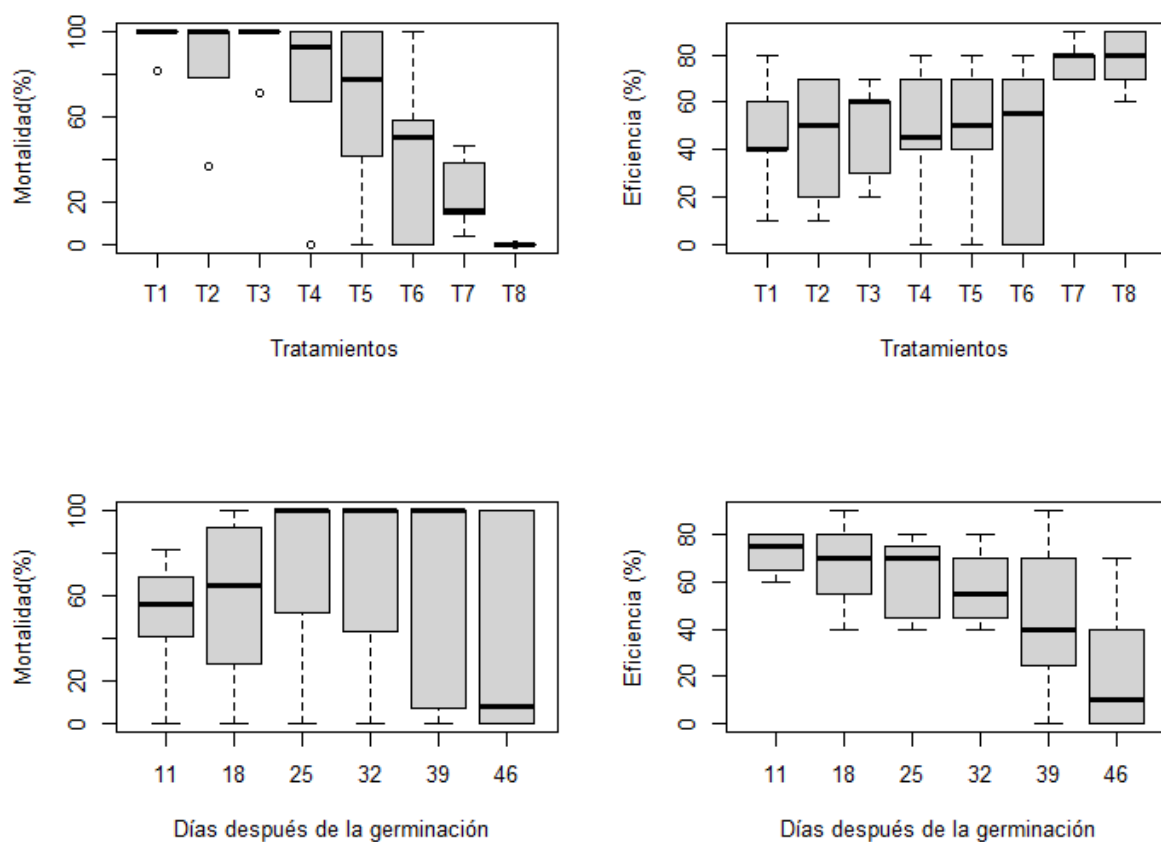


Figura 10. Mortalidad e Eficiencia sobre larvas de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.), en los diferentes tratamientos y momentos de evaluación.

5.7. Comparación de tratamientos y etapas de muestreos en las variables bajo estudio en el cultivo de maíz

Los datos obtenidos demostraron que al analizar las plantas afectada por *S. frugiperda*, las mayores afectaciones correspondieron al tratamiento testigo químico y absoluto, así mismo, las mayores afectaciones fueron en los primeros 32 días después de germinada la planta. Estos resultados demuestran que las mayores afectaciones en el cultivo de maíz son en las primeras etapas de desarrollo de la planta por lo cual la aplicación de estrategias de manejo debe ser oportuna desde los primeros días de germinada la planta.

En cuanto a la cantidad de larvas cuantificada en los diferentes tratamientos, fue menor en los tratamientos en donde se aplicó *Beauveria bassiana* en sus diferentes dosis, con una distribución constante hasta los 39 días de germinada la planta. Considerando la importancia de la plaga es importante determinar una estrategia adecuada de control, aquellos tratamientos con *Beauveria bassiana*; 1 g l⁻¹ de agua, *Bioeco- Biorep*® AC®14 EC (*Capsicum annuum*, *Alliums sativum*, 1 y 5 ml l⁻¹ de agua), tuvieron una mayor efectividad en el control de larva al compararse con el testigo absoluto, desde los 11 hasta los 39 días, por lo tanto, el comportamiento de larvas vivas fue mayor en los testigos tanto químico como absoluto, siendo el muestreo a los 32 días en donde se registraron las menores cantidades de larvas (Cuadro 3). De acuerdo con Muñoz et al. (2017), la mortalidad se relaciona con la estrategia de control, el momento y calidad de la aplicación quien reporta mortalidades del 92.14 % al emplear combinación de productos químicos y biológicos en el control de *S. frugiperda*.

Cuadro 3. Comparación de los tratamientos y etapas de muestreo (Tukey= 0.05), en la afectación de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.)

Tratamientos	Plantas afectadas		Larvas Totales		Larvas Muertas		Larvas vivas	
Promedios								
T1	4.50	b	7.66	b	7.33	a	0.33	b
T2	4.50	b	6.66	b	5.33	ab	1.50	b
T3	5.00	ab	6.00	b	5.66	ab	0.33	b
T4	4.66	b	8.50	ab	7.66	a	0.83	b
T5	4.83	ab	8.16	ab	6.33	a	1.83	b
T6	4.33	b	9.66	ab	4.83	ab	1.50	b
T7	7.83	a	14.33	a	3.50	ab	10.83	a
T8	7.83	a	13.33	ab	1.50	b	12.00	a
Días después de la germinación								
11	7.25	a	11.50	a	5.62	ab	5.62	a
18	6.75	ab	8.75	ab	4.25	bc	4.50	ab
25	6.25	ab	11.00	a	8.12	a	2.87	ab
32	5.75	ab	12.00	a	7.75	a	2.00	b
39	4.50	bc	8.87	ab	4.87	bc	4.00	ab
46	2.12	c	3.62	b	1.00	c	2.62	ab

*Promedios con letras en común no difieren estadísticamente al 95 % de confianza (Tukey= 0,05).

La mortalidad está determinada por la relación existente entre la cantidad de larvas totales encontradas y la cantidad de larvas muertas registradas (Arellano-Reyes, 2023), en cada uno de los tratamientos, en donde se calculó una mortalidad 85.80 al 96.97 % en los tratamientos que contenían *Beauveria bassiana*, con mortalidades mayores e incidencia menores al 50 % en todas las fases de desarrollo del cultivo, los demás tratamientos mostraron mortalidades en el rango de los 22 a 75 %, exceptuando al control absoluto, las mayores incidencia son registradas en las primeras etapas de crecimiento de la planta (Cuadro 4).

Cuadro 4. Promedios de mortalidad e incidencia en los tratamientos y etapas de muestreo (Tukey= 0.05), de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.)

Tratamientos	Mortalidad		Incidencia	
	Porcentaje (%)			
T1	96.97	a	45.00	b
T2	85.80	ab	45.00	b
T3	95.23	a	50.00	ab
T4	75.21	ab	46.66	b
T5	65.96	abc	48.33	ab
T6	43.10	bcd	43.33	b
T7	22.37	cd	78.33	a
T8	0.06	d	78.33	a
Días después de la germinación				
11	51.91	a	72.50	a
18	58.98	a	67.50	ab
25	75.49	a	62.50	ab
32	73.32	a	57.50	ab
39	64.28	a	45.00	bc
46	39.51	a	21.25	c

*Promedios con letras en común no difieren estadísticamente al 95 % de confianza (Tukey= 0,05).

5.8. Variables reproductivas asociadas al rendimiento

Las plagas de follaje ejercen un efecto directo sobre la producción, esto se debe a la afectación directa en la capacidad fotosintética de la planta, la longitud de mazorca estuvo en el rango de los 10 a los 19.70 cm, siendo el tratamiento T6 (*Bioeco- Biorep*® AC® 14 EC 10 ml l⁻¹ de agua), seguido del tratamiento uno *Bioeco-BA-Eco*®-20 WP (*Beauveria bassiana*; 1 g l⁻¹ de agua), donde se registraron las mazorcas (Espiga) de mayor tamaño (Cuadro 5).

En cuanto al ancho de mazorca el tratamiento tres supero a los demás tratamientos evaluados, en cambio el número de hileras por mazorca fue mayor en los tratamientos cuatro y cinco (*Bioeco- Biorep*® AC® 14 EC a 5 y 10 ml l⁻¹ de agua), en lo referente a la cantidad de granos por mazorca todos los tratamientos superaron al químico y testigo absoluto (Cuadro 5).

Se ajustó el rendimiento al 20 % de lo obtenido en campo, se determinó que los tratamientos tres y seis mostraron los mayores rendimientos y los menores rendimientos los tratamientos siete y ocho (Figura 11). Estudio efectuado por Figueroa-Gulteros et al. (2018), mencionan que los bioplaguicidas y extractos vegetales protegen al cultivo reduciendo el daño hasta en un 85 %, lo que se traduce en mejor producción al final del ciclo agrícola.

Cuadro 5. Comportamiento de las variables reproductivas en los diferentes tratamientos evaluados (Tukey= 0.05), en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.)

Tratamientos	Longitud de mazorca (cm)		Ancho de mazorca (cm)		Número de hilera por mazorca		Número de granos por mazorca	
T1	18.87	ab	5.68	b	13.81	d	577.00	a
T2	18.38	b	5.45	c	14.73	d	575.55	a
T3	18.98	ab	5.99	a	16.32	bc	591.26	a
T4	18.04	bc	5.00	d	17.03	ab	585.75	a
T5	19.70	a	5.00	d	17.98	a	587.02	a
T6	16.86	c	5.04	d	15.05	cd	585.52	a
T7	11.87	d	4.01	e	11.15	e	341.86	b
T8	10.04	e	3.02	f	9.17	f	238.41	c

*Promedios con letras en común no difieren estadísticamente al 95 % de confianza (Tukey= 0.05).

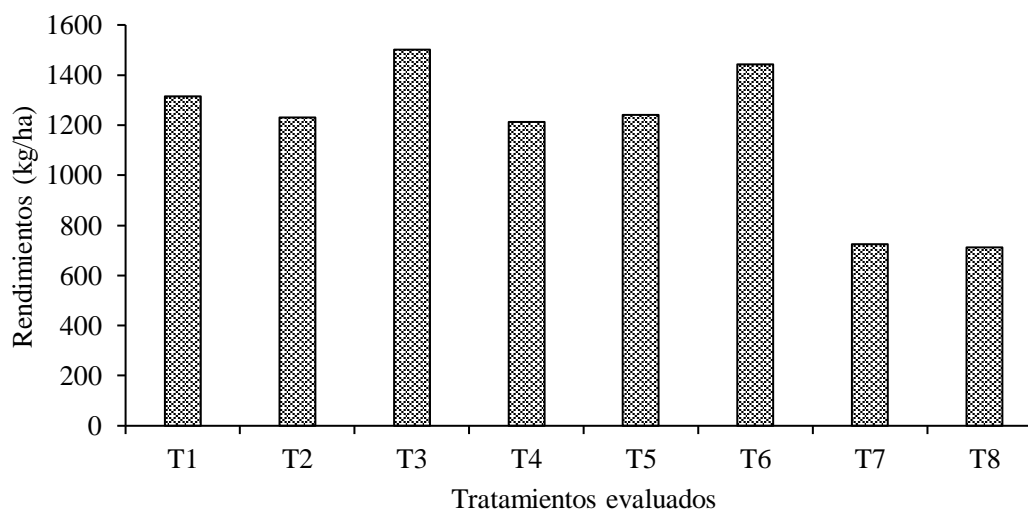


Figura 11. Rendimientos (kg/ha), obtenido en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.), en los diferentes tratamientos evaluados.

5.9. Estimación económica de los tratamientos bajo estudio

La evaluación de parámetros económicos es de gran importancia al darle un seguimiento a los cambios en la introducción de una tecnología en el campo del manejo agrícola, para ellos se empleó la metodología propuesta por el CIMMYT (1988), mediante el análisis de presupuesto parcial efectuado se encontraron los mayores beneficios netos en los tratamientos seis y tres respectivamente, tomando como precio de venta en campo de US\$ 0.74 el kg de maíz seco y limpio. El mayor costo variable lo obtuvo el tratamiento tres, seguido del tratamiento seis, es notorio observar que estos tratamientos, aunque reflejaron los mayores beneficios son los que muestran también los mayores costos (Cuadro 6). Autores como Avalo-Cerdas & Villalobos-Monge (2018), mencionan que existen variables económicas que deben ser analizadas para tomar decisiones, sobre la estrategia que se adoptará en el manejo de una plaga agrícola.

Cuadro 6. Presupuesto parcial en dólares (US\$) para los tratamientos evaluados en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.)

Tratamiento	Descripción	Rendimiento	Beneficio Bruto	Costos Variables	Costos fijos	Beneficio Neto
		Kg/ha		(US\$)		
T1	<i>Bioeco-BA-Eco</i> ®-20 (<i>Beauveria bassiana</i> ; 1 g l ⁻¹ de agua)	WP 1,313.79	972.20	49.59	213.27	758.62
T2	<i>Bioeco-BA-Eco</i> ®-20 (<i>Beauveria bassiana</i> , 5 g l ⁻¹ de agua)	WP 1,230.87	910.84	495.96	213.27	694.50
T3	<i>Bioeco-BA-Eco</i> ®-20 (<i>Beauveria bassiana</i> ; 10 g l ⁻¹ de agua)	WP 1,502.46	1,111.82	743.95	213.27	893.94
T4	<i>Bioeco- Biorep</i> ® AC ® 14 EC (<i>Capsicum annuum</i> , <i>Alliums sativum</i> , 1 ml l ⁻¹ de agua)	1,213.35	897.88	33.60	213.27	684.40
T5	<i>Bioeco- Biorep</i> ® AC ® 14 EC (<i>Capsicum annuum</i> , <i>Allium sativum</i> , 5 ml l ⁻¹ de agua)	1,241.59	918.78	336.02	213.27	703.43
T6	<i>Bioeco- Biorep</i> ® AC ® 14 EC (<i>Capsicum annuum</i> , <i>Allium sativum</i> ; 10 ml l ⁻¹ de agua)	1,442.25	1,067.26	504.03	213.27	850.87
T7	Control químico (C ₂₂ H ₁₉ Cl ₂ NO ₃ , 0.70 ml l ⁻¹ de agua)	723.91	535.70	19.93	213.27	322.38
T8	Control absoluto (Sin aplicación)	713.19	527.76	11.14	213.27	314.42

**0.74 dólares americanos el kg; Rendimiento ajustado al 13 % de humedad, kg/ha=
Kilogramos por hectárea, US\$= Dólares Americanos

Los resultados obtenidos en el análisis de presupuesto parcial se sometieron a un análisis de dominancia, en donde los tratamientos T1, T3, T4 y T6, resultaron no dominado, el mayor beneficio neto lo obtuvo el tratamiento tres (893,94 dólares americanos) y el menor beneficio fue para el testigo absoluto (U\$\$322.38) y químico (U\$\$ 314.42), los precios de los tratamientos varían en dependencia de las dosis empleadas, el valor del jornal fue de ocho dólares (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de dominancia para los tratamientos evaluados en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.)

Tratamiento	Descripción	Costo Variable (US\$/ha)	Beneficio Neto (US\$/ha)	Observación
T8	Control absoluto (Sin aplicación)	11.14	314.42	---
T7	(C ₂₂ H ₁₉ Cl ₂ NO ₃ ,0.70 ml l ⁻¹ de agua)	19.93	322.38	De T8 a T7 D
T4	<i>Bioeco- Biorep</i> ® AC® 14 EC (<i>Capsicum annuum</i> , <i>Alliums sativum</i> , 1 ml l ⁻¹ de agua)	33.60	684.40	De T7 a T4 ND
T1	<i>Bioeco-BA-Eco</i> ®-20 WP (<i>Beauveria bassiana</i> ; 1 g l ⁻¹ de agua)	49.59	758.62	De T4 a T1 ND
T5	<i>Bioeco- Biorep</i> ® AC® 14 EC (<i>Capsicum annuum</i> , <i>Allium sativum</i> , 5 ml l ⁻¹ de agua)	336.02	703.43	De T1 a T5 D
T2	<i>Bioeco-BA-Eco</i> ®-20 WP (<i>Beauveria bassiana</i> , 5 g l ⁻¹ de agua)	495.96	694.50	De T5 a T2 D
T6	<i>Bioeco- Biorep</i> ® AC® 14 EC (<i>Capsicum annuum</i> , <i>Allium sativum</i> ; 10 ml l ⁻¹ de agua)	504.03	850.87	De T2 a T6 ND
T3	<i>Bioeco-BA-Eco</i> ®-20 WP (<i>Bioeco-BA-Eco</i> ®-20 WP (<i>Beauveria bassiana</i> ; 10 g l ⁻¹ de agua)	743.95	893.94	De T6 a T3 ND

D=Dominado; ND= No dominados, US\$/ha= Dólares Americanos por hectárea

Según el análisis de dominancia, se sometieron cuatro tratamientos a un análisis de la tasa de retorno marginal en donde el tratamiento cuatro, expresó la mayor tasa de retorno (1,647.28%), seguido del tratamiento uno (1,041.08 %), lo que indica que por cada dólar invertido se esperar obtener 16.47 dólares para el tratamiento seis y 10.41 para el tratamiento uno (Cuadro 8).

Muñoz et al. 2017 expresa que aquellos tratamientos que no son dominados por el testigo deben someterse a un análisis de retorno marginal, así mismo expresa que al usar productor biológico el productor puede obtener una tasa mayor al 1,047 % lo que indica que el productor puede recibir 10.47 dólares por cada dólar que invierte en el proceso de producción de maíz al controlar *S. frugiperda* con hongos entomopatógenos, con resultados similares a los encontrados en la presente investigación.

Cuadro 8. Análisis de tasa de retorno marginal para los tratamientos evaluados en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.)

Tratamiento	Descripción	Costo Variable (US\$/ha)	Beneficio Neto (US\$/ha)	IMBN	IMCV	Tasa de Retorno Marginal %
T3	<i>Bioeco-BA-Eco</i> ®-20 WP (<i>Beauveria bassiana</i> ; 10 g l ⁻¹ de agua)	743.95	893.94	43.07	239.92	17.95
T6	<i>Bioeco- Biorep</i> ® AC ® 14 EC (<i>Capsicum annuum</i> , <i>Allium sativum</i> ; 10 ml l ⁻¹ de agua)	504.03	850.87	92.25	454.44	20.29
T1	<i>Bioeco-BA-Eco</i> ®-20 WP (<i>Beauveria bassiana</i> ; 1 g l ⁻¹ de agua)	49.59	758.62	166.47	15.99	1,041.08
T4	<i>Bioeco- Biorep</i> ® AC ® 14 EC (<i>Capsicum annuum</i> , <i>Alliums sativum</i> , 1 ml l ⁻¹ de agua)	33.60	684.40	369.98	22.46	1,647.28

* *IMBN* = Diferencia del beneficio neto de los tratamientos / ** *IMCV* = Diferencia en los costos variables de los tratamientos, *US\$/ha*= *Dólares Americanos por hectárea*

VI. CONCLUSIONES

Al aplicar *Beauveria bassiana* (1 g l⁻¹ de agua), se logró mayor mortalidad de larvas de *S. frugiperda*, y menor incidencia de esta en el cultivo de maíz, siendo los primeros 32 días de germinada la planta la etapa de mayor afectación por la plaga, al iniciar la etapa reproductiva las afectaciones se reducen hasta en un 75 %, el testigo químico fue poco eficiente para controlar larvas de este insecto.

Con el resultado del rendimiento obtenido en cada tratamiento y mediante el ajuste del 20 %, la mejor tasa de retorno correspondió al tratamiento cuatro (*Bioeco- Biorep*® AC® 14 EC (*Capsicum annuum*, *Alliums sativum*, 1 ml l⁻¹ de agua)) y uno (*Beauveria bassiana* 1 g l⁻¹ de agua), lo que generan la mayor cantidad de retorno al final del ciclo agrícola en el cultivo de maíz.

VII. RECOMENDACIONES

Emplear estrategias de manejo de *S. frugiperda* a base de *B. bassiana* a dosis de 1 g l⁻¹ de agua, eliminando el uso de productos químicos en el proceso de producción de maíz, llevando un monitoreo constante de la plaga en todas las etapas fenológicas.

Combinar extractos vegetales y hongos entomopatógenos para obtener una mayor tasa de mortalidad de larvas de *S. frugiperda* iniciando desde los 11 días de germinada la planta las aplicaciones, hasta los 90 días.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. econ. Entomol*, 18(2), 265-267.
- Akutse, K.S., Kimemia, J.W., Ekese, S., Khamis, F.M., Ombura, O.L., y Subramanian, S. (2019). Ovicidal effects of entomopathogenic fungal isolates on the invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied Entomology*, 143(6): 626-634. <https://doi.org/10.1111/jen.12634>.
- Arellano Reyes, J. C. (2023). Determinación de la esperanza de vida del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) en el agroecosistema de maíz. http://repositorio.uas.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/DGB_UAS/517/Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20esperanza%20de%20vida%20del%20gusano%20cogollero%20Spodoptera%20frugiperda%20%28J.%20E.%20Smith%29%20en%20el%20agroecosistema%20de%20ma%C3%ADz.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arias, O., Cordeiro, E., Corrêa, A. S., Domingues, F. A., Guidolin, A. S., & Omoto, C. (2019). Population genetic structure and demographic history of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae): implications for insect resistance management programs. *Pest Management Science*, 75(11), 2948-2957.
- Ávalos-Cerdas, J. M., & Villalobos-Monge, A. (2018). Análisis económico: un estudio de caso en *Jatropha curcas* L. mediante la metodología de presupuestos parciales. *Agron. Mesoam*, 29, 95-104. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v29n1/1659-1321-am-29-01-00101.pdf>
- Betanco, N. A. T. (2023). Precipitaciones y precios de granos básicos en Nicaragua. Foro de Investigadores de Bancos Centrales del Consejo Monetario Centroamericano, 17.
- Candell, A. D. (2018). Efecto de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) del híbrido de Maíz (*Zea mays*) INIAP H-551 en la comuna Río Verde provincia de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 5 (1): 47-56. <https://doi.org/10.26423/rctu.v5i1.312>.
- Celis, Á., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., & Cuca, L. E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agronomía colombiana*, 26(1), 97-106. Disponible en: <https://www.proquest.com/openview/6cf8339eae243b4934f50a62130d810d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2035748>
- Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo MX [CIMMYT]. (1998). La formulación de recomendaciones a partir de datos económicos. Un manual metodológico de evolución económica. ME. DF. 79 p.

- Chuan Carhuajulca, F. C. (2023). Efecto de insecticidas biológicos en el control de Gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en maíz, La Guayaba, Jaén, 2022 (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica Amazónica). https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/207/TESIS_CHUAN_CARHUAJULCA_FLAVIO_CESAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Coveña, S. R. (2015). Respuesta del maíz *Zea mays* al bioinsecticida de cedro rojo *Cedrela odorata* en cebo y aspersión para controlar al cogollero *Spodoptera frugiperda*. Tesis de grado. Universidad de Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/7399>
- Ezeta León, J., García Brito, O., & Gordillo Manssur, F. (2018). La evaluación del control biológico de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz: Control biológico de *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e investigación*, 3(11), 18-23. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3iss11.2018pp18-23p>.
- Figuroa Gualteros, A. M., Castro Triviño, E. A., & Castro Salazar, H. T. (2019). Efecto bioplaguicida de extractos vegetales para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays*). *Acta biológica colombiana*, 24(1), 58-66. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n1.69333>
- Firake, D. M.; Behere, G. T. (2020). Natural mortality of invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize agroecosystems of northeast India. *Biological Control*, 148-104303. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104303>.
- Gandarilla-Pacheco, F. L., Morales-Ramos, L. H., Pereyra-Alfárez, B., Elías-Santos, M., & Quintero-Zapata, I. (2018). Producción de unidades infectivas de *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae) a partir de aislados nativos del noreste de México mediante 3 estrategias de propagación. *Revista argentina de microbiología*, 50(1), 81-89.
- González-Maldonado, M. B.; Gurrola-Reyes, J. N. y Chaírez-Hernández, L. (2015). Biological products for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista colombiana de Entomología*, 41(2): 200-204. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882015000200009.
- González-Pérez, E., Ortega-Amaro, M. A., Bautista, E., Delgado-Sánchez, P., & Jiménez-Bremont, J. F. (2022). The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* enhances Arabidopsis, tomato, and maize plant growth. *Plant Physiology and Biochemistry*, 176, 34-43.

- Hernández-Trejo, A.; Estrada-Drouaillet, B.; Rodríguez-Herrera, R.; García-Giron, J. M.; Patiño-Arellano, S. A.; Osorio-Hernández, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays L.*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4):803-813. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665>.
- Instituto Nicaragüense de estudios territoriales [INETER]. 2023. Datos climáticos del departamento de Chontales. Disponible en <https://www.ineter.gob.ni/>
- Jaber, L. R. & Enkerli, J. (2017). Fungal entomopathogens as endophytes: Can they promote plant growth?. *Biocontrol Sci. Technol.* **27**, 28–41. <https://doi.org/10.1080/09583157.2016.1243227>
- Jaber, L. R. & Ownley, B. H. (2018). Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? *Biol. Control* **116**, 36–45. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.01.018>
- Kenis, M. (2023). Prospects for classical biological control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in invaded areas using parasitoids from the Americas. *Journal of Economic Entomology*, 116(2), 331-341. <https://doi.org/10.1093/jee/toad029>
- Lao, F., Sigurdson, G. T., y Giusti, M. M. (2017). Health benefits of purple corn (*Zea mays L.*) phenolic compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2), 234-246. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12249>.
- Liu, F., Huang, W., Wu, K., Qiu, Z., Huang, Y., & Ling, E. (2017). Exploiting innate immunity for biological pest control. *Advances in insect physiology*, 52, 199-230.
- Liu, J. F., Zhang, Z. Q., Beggs, J. R., Paderes, E., Zou, X., & Wei, X. Y. (2020). Lethal and sublethal effects of entomopathogenic fungi on tomato/potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) in capsicum. *Crop Protection*, 129, 105023.
- Lizarazo, K., Mendoza, C., & Carrero, R. (2008). Efecto de extractos vegetales de *Polygonum hydropiperoides*, *Solanum nigrum* y *Calliandra pittieri* sobre el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). *Agronomía colombiana*, 26(3), 427-434. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-99652008000300007&script=sci_arttext
- Mantzoukas, S. *et al.* *Beauveria bassiana* endophytic strain as plant growth promoter: The case of the grape vine *Vitis vinifera*. *J. Fungi* **7**, 142. <https://doi.org/10.3390/jof7020142> (2021).

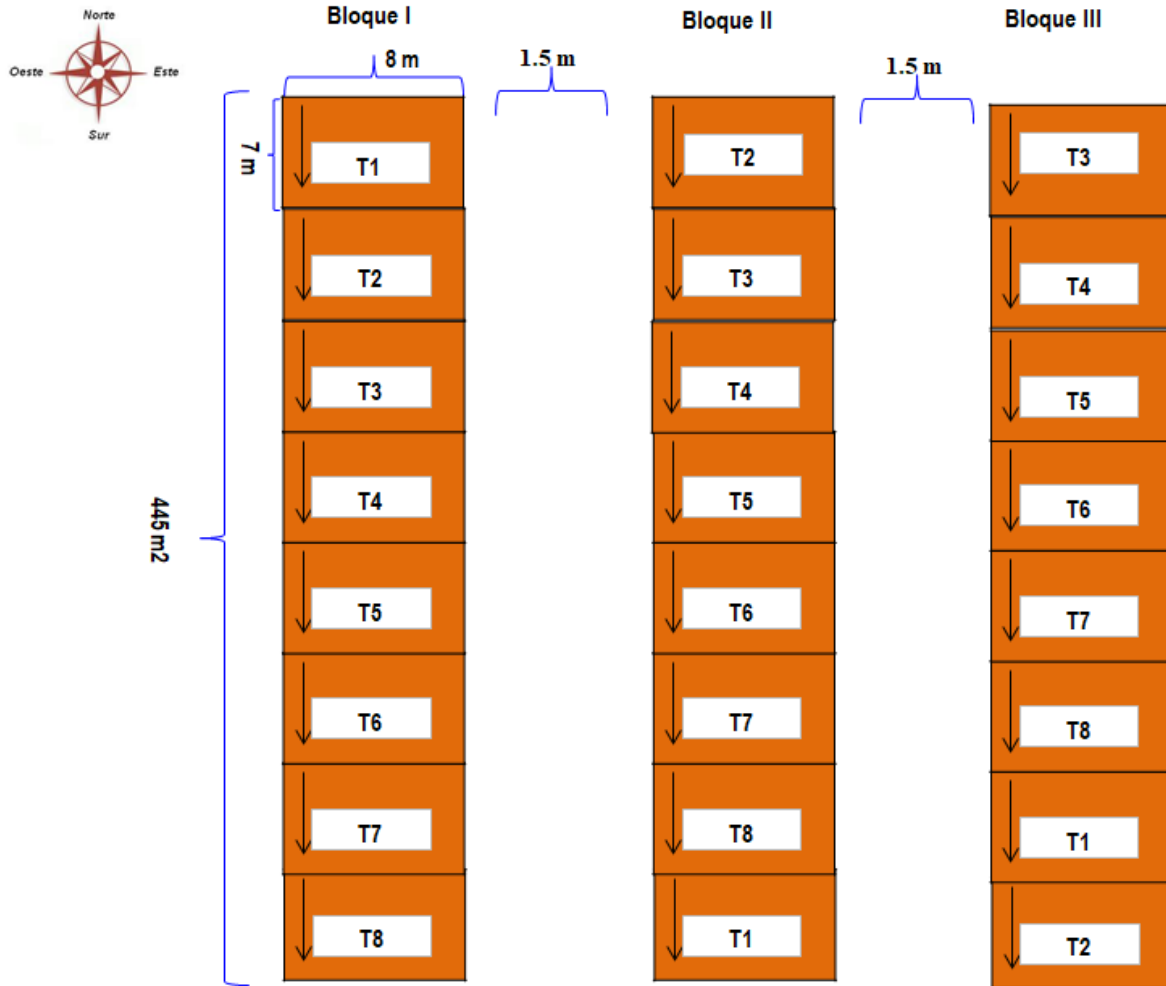
- Ministerio Agropecuario y Forestal [MAGFOR]. Programa nacional fortalecimiento al sistema nacional de semilla. Evaluación social de territorios. 2009. Ampliación proyecto de Tecnología Agropecuaria II. Componente I: Innovación y Adopción de Tecnología agrícola y Forestal, SubComponente 1.3, Producción de Semilla y Certificación. MAGFOR. 68p.
- Marulanda Moreno, S. M. (2022). Caracterización de la microbiota asociado a los biotipos de *Spodoptera frugiperda* SMITH (Lepidoptera: Noctuidae) (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia). Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/84755/43158521.2022.pdf?sequence=2>
- Montezano DG, Specht A, Sosa-Gómez DR, Roque-Specht VF, Sousa-Silva JC, de Paula-Moraes SV, Peterson JA, Hunt T. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology* 2018;26(2):286–300. <https://doi.org/10.4001/003.026.0286>
- Muñoz Conforme, X. C., Comboza Quijano, W. F., Lara Obando, E. J., Mendoza García, M. V., Mejía Zambrano, N. N., López Mendoza, J. C., & Moran Sánchez, N. L. (2017). Insecticidas biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* Smith, su incidencia en el rendimiento. *Centro Agrícola*, 44(3), 20-27.
- Ngangambe, M. H., y Mwatawala, M. W. (2020). Effects of entomopathogenic fungi (EPFs) and cropping systems on parasitoids of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) on maize in eastern central, Tanzania. *Biocontrol Science and Technology*, 30(5): 418-430. <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1726878>.
- Ordoñez, G. M.; Ríos, V. C.; Berlanga, R. D. I.; Acosta, M. C. H.; Salas, M. M. A. y Cambero, C. O. J. (2015). Reporte preeliminar de entomopatogenos del ‘gusano cogollero’ *Spodoptera Frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en Chihuahua, México. *Entomol. Mex.* 2:241-246.
- Pavela R, Benelli G. Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. *Trends Plant Sci.* 2016; 21(12):1000-1007. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.10.005>.
- Prates, H. T., Viana, P. A., & Waquil, J. M. (2003). Atividade de extrato aquoso de folhas de nim (*Azadirachta indica*) sobre *Spodoptera frugiperda*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38, 437-439. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/pab/a/ckfw4Jws9sK6xZBnThXjnXr/?format=pdf&lang=pt>
- R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- Ramanujam, B., Poornesha, B., y Shylesha, A. N. (2020). Effect of entomopathogenic fungi against invasive pest *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1): 1-5. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00291-4>.
- Ramos, Y., Taibo, A. D., Jiménez, J. A., y Portal, O. (2020). Endophytic establishment of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in maize plants and its effect against *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1): 1-6. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00223-2>.
- Reséndiz, R. Z., López, S. J. A., Osorio, H. E., Estrada D. B., Pecina, M. J. A., Mendoza, C. M. C. y Reyes, M. C. A. (2016). Importancia de la resistencia del maíz nativo al ataque de larvas de lepidópteros. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 20(59):3-14. http://mixteco.utm.mx/edi_anteriores/temas59/T59_0Indice.pdf.
- Rodríguez-Soto, J.; Salazar-Castillo, M., y Contreras-Quiñones, M. (2018). Efecto de diferentes surfactantes sobre larvas III de *Spodoptera frugiperda* Smith bajo condiciones de laboratorio y de campo. *Arnaldoa*, 25(3):1041-1052. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25315>
- Sánchez, J. J., Valle, D. J., Pérez, T. E., Neira, M., y Calderón A.A (2019). Control biológico de *Spodoptera frugiperda* en cultivo de *Zea mays*: Uso de nematodos entomopatógenos. *Scientia Agropecuaria*, 10(4): 551-557. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.12>
- Sharma, A., Shukla, A., Attri, K., Kumar, M., Kumar, P., Suttee, A., ... & Singla, N. (2020). Global trends in pesticides: A looming threat and viable alternatives. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 201, 110812.
- Vega, F. E. The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: A review. *Mycologia* **110**, 4–30. <https://doi.org/10.1080/00275514.2017.1418578> (2018).
- Wang, C. & Feng, M.-G. Advances in fundamental and applied studies in China of fungal biocontrol agents for use against arthropod pests. *Biol. Control* **68**, 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.06.017> (2014).

IX. ANEXOS

Anexo 1. Plano de campo de la evaluación de alternativas de manejo de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.)

Plano de campo



Anexo 2. Formato de toma de datos en el estudio de eficacia biológica en el control de *Spodoptera frugiperda*

Fecha	Tratamiento	Plantas	Bloque	Plantas afectadas	Larvas totales	Larvas muertas	Larvas vivas	Altura de planta	Número de mazorca por parcela útil (se tomará hasta los 120 días)	Número de mazorcas dañada (se tomará hasta los 120 días)	Peso de grano seco (se tomará hasta los 120 días)	Longitud de mazorca (se tomará hasta los 120 días)	Rendimiento
	1	1	1										
	1	2	1										
	1	3	1										
	1	4	1										
	1	5	1										
	1	6	1										
	1	7	1										
	1	8	1										
	1	9	1										
	1	10	1										
	2	1	1										
	2	2	1										
	2	3	1										
	2	4	1										
	2	5	1										
	2	6	1										
	2	7	1										
	2	8	1										
	2	9	1										
	2	10	1										
	3	1	1										
	3	2	1										
	3	3	1										
	3	4	1										
	3	5	1										
	3	6	1										
	3	7	1										
	3	8	1										
	3	9	1										
	3	10	1										
	4	1	1										
	4	2	1										
	4	3	1										
	4	4	1										
	4	5	1										
	4	6	1										
	4	7	1										
	4	8	1										
	4	9	1										
	4	10	1										
	5	1	1										
	5	2	1										
	5	3	1										
	5	4	1										
	5	5	1										
	5	6	1										
	5	7	1										
	5	8	1										

Fecha	Tratamiento	Plantas	Bloque	Plantas afectadas	Larvas totales	Larvas muertas	Larvas vivas	Altura de planta	Número de mazorca por parcela útil (se tomará hasta los 120 días)	Número de mazorcas dañada (se tomará hasta los 120 días)	Peso de grano seco (se tomará hasta los 120 días)	Longitud de mazorca (se tomará hasta los 120 días)	Rendimiento
	5	9	1										
	5	10	1										
	6	1	1										
	6	2	1										
	6	3	1										
	6	4	1										
	6	5	1										
	6	6	1										
	6	7	1										
	6	8	1										
	6	9	1										
	6	10	1										
	7	1	1										
	7	2	1										
	7	3	1										
	7	4	1										
	7	5	1										
	7	6	1										
	7	7	1										
	7	8	1										
	7	9	1										
	7	10	1										
	8	1	1										
	8	2	1										
	8	3	1										
	8	4	1										
	8	5	1										
	8	6	1										
	8	7	1										
	8	8	1										
	8	9	1										
	8	10	1										
	1	1	2										
	1	2	2										
	1	3	2										
	1	4	2										
	1	5	2										
	1	6	2										
	1	7	2										
	1	8	2										
	1	9	2										
	1	10	2										
	2	1	2										
	2	2	2										
	2	3	2										
	2	4	2										
	2	5	2										
	2	6	2										
	2	7	2										
	2	8	2										
	2	9	2										
	2	10	2										

Fecha	Tratamiento	Plantas	Bloque	Plantas afectadas	Larvas totales	Larvas muertas	Larvas vivas	Altura de planta	Número de mazorca por parcela útil (se tomará hasta los 120 días)	Número de mazorcas dañada (se tomará hasta los 120 días)	Peso de grano seco (se tomará hasta los 120 días)	Longitud de mazorca (se tomará hasta los 120 días)	Rendimiento
	3	1	2										
	3	2	2										
	3	3	2										
	3	4	2										
	3	5	2										
	3	6	2										
	3	7	2										
	3	8	2										
	3	9	2										
	3	10	2										
	4	1	2										
	4	2	2										
	4	3	2										
	4	4	2										
	4	5	2										
	4	6	2										
	4	7	2										
	4	8	2										
	4	9	2										
	4	10	2										
	5	1	2										
	5	2	2										
	5	3	2										
	5	4	2										
	5	5	2										
	5	6	2										
	5	7	2										
	5	8	2										
	5	9	2										
	5	10	2										
	6	1	2										
	6	2	2										
	6	3	2										
	6	4	2										
	6	5	2										
	6	6	2										
	6	7	2										
	6	8	2										
	6	9	2										
	6	10	2										
	7	1	2										
	7	2	2										
	7	3	2										
	7	4	2										
	7	5	2										
	7	6	2										
	7	7	2										
	7	8	2										

Fecha	Tratamiento	Plantas	Bloque	Plantas afectadas	Larvas totales	Larvas muertas	Larvas vivas	Altura de planta	Número de mazorca por parcela útil (se tomará hasta los 120 días)	Número de mazorcas dañada (se tomará hasta los 120 días)	Peso de grano seco (se tomará hasta los 120 días)	Longitud de mazorca (se tomará hasta los 120 días)	Rendimiento
	7	9	2										
	7	10	2										
	8	1	2										
	8	2	2										
	8	3	2										
	8	4	2										
	8	5	2										
	8	6	2										
	8	7	2										
	8	8	2										
	8	9	2										
	8	10	2										
	1	1	3										
	1	2	3										
	1	3	3										
	1	4	3										
	1	5	3										
	1	6	3										
	1	7	3										
	1	8	3										
	1	9	3										
	1	10	3										
	2	1	3										
	2	2	3										
	2	3	3										
	2	4	3										
	2	5	3										
	2	6	3										
	2	7	3										
	2	8	3										
	2	9	3										
	2	10	3										
	3	1	3										
	3	2	3										
	3	3	3										
	3	4	3										
	3	5	3										
	3	6	3										
	3	7	3										
	3	8	3										
	3	9	3										
	3	10	3										
	4	1	3										
	4	2	3										
	4	3	3										
	4	4	3										
	4	5	3										
	4	6	3										
	4	7	3										
	4	8	3										
	4	9	3										
	4	10	3										

Fecha	Tratamiento	Plantas	Bloque	Plantas afectadas	Larvas totales	Larvas muertas	Larvas vivas	Altura de planta	Número de mazorca por parcela útil (se tomará hasta los 120 días)	Número de mazorcas dañada (se tomará hasta los 120 días)	Peso de grano seco (se tomará hasta los 120 días)	Longitud de mazorca (se tomará hasta los 120 días)	Rendimiento
	5	1	3										
	5	2	3										
	5	3	3										
	5	4	3										
	5	5	3										
	5	6	3										
	5	7	3										
	5	8	3										
	5	9	3										
	5	10	3										
	6	1	3										
	6	2	3										
	6	3	3										
	6	4	3										
	6	5	3										
	6	6	3										
	6	7	3										
	6	8	3										
	6	9	3										
	6	10	3										
	7	1	3										
	7	2	3										
	7	3	3										
	7	4	3										
	7	5	3										
	7	6	3										
	7	7	3										
	7	8	3										
	7	9	3										
	7	10	3										
	8	1	3										
	8	2	3										
	8	3	3										
	8	4	3										
	8	5	3										
	8	6	3										
	8	7	3										
	8	8	3										
	8	9	3										
	8	10	3										