

CIENCIA DE LAS PLANTAS

Alternativas biológicas y botánicas para el manejo de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

Management alternatives for *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in corn (*Zea mays* L.) crops

Juan Carlos Morán Centeno¹, Aner Rober Velázquez Rivera²

¹ MSc. Agroecología y Desarrollo Sostenible, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6135-7271> / juan.moran@ci.una.edu.ni
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.

² MSc. en Sanidad Vegetal, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8951-0272> / riverarober188@gmail.com
Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria, Nicaragua.

Autor para correspondencia: juan.moran@ci.una.edu.ni



RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) constituye el tercer cultivo de importancia a nivel mundial, el cual es empleado en la alimentación humana y animal, esto se debe a su amplia adaptación a las condiciones ecológicas y ambientales, así como su alto valor nutritivo e industrial. El objetivo de esta investigación fue evaluar alternativas de manejo de *Spodoptera frugiperda* y su influencia en el rendimiento y rentabilidad en el cultivo de maíz. La investigación se efectuó en la comunidad El Cedral, departamento de Chontales, Nicaragua; se usó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, aplicando ocho tratamientos: *Beauveria bassiana*, con tres dosis (1, 5 y 10 g l⁻¹), *Capsicum annuum* [chile] y *Allium sativum* [ajo], con tres dosis (1, 5 y 10 ml l⁻¹), un testigo químico (cipermetrina con dosis de 0.70 ml l⁻¹) y un testigo absoluto (H₂O); se realizaron seis aplicaciones, desde los 11 hasta los 46 días después de la siembra. Se evaluó la altura de la planta (cm) y afectación de planta, larvas totales, muertas y vivas, mortalidad e incidencia de *Spodoptera frugiperda*, rendimiento (kg ha⁻¹), así como un análisis económico. Previo al análisis de varianza los datos se transformaron (log 10) y separación de medias con Tukey al 5 % de margen de error. El tratamiento químico y testigo absoluto presentaron los mayores daños en el tejido foliar, larvas totales y vivas, así como la

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is the third most important crop worldwide, which is used for human and animal feed, due to its wide adaptation to ecological and environmental conditions, as well as its high nutritional and industrial value. The objective of this research was to evaluate management alternatives for *Spodoptera frugiperda* and its influence on yield and profitability in corn cultivation. The research was carried out in the El Cedral community, department of Chontales, Nicaragua; a randomized complete block design with three replications was used, applying eight treatments: *Beauveria bassiana*, with three doses (1, 5 and 10 g l⁻¹), *Capsicum annuum* [chili] and *Allium sativum* [garlic], with three doses (1, 5 and 10 ml l⁻¹), a chemical control (cypermethrin with a dose of 0.70 ml l⁻¹) and an absolute control (H₂O); Six applications were made, from 11 to 46 days after sowing. Plant height (cm) and plant damage, total, dead and live larvae, mortality and incidence of *Spodoptera frugiperda*, yield (kg ha⁻¹), as well as an economic analysis were evaluated. Prior to the variance analysis, the data were transformed (log 10) and the means were separated with Tukey at a 5% margin of error. The chemical treatment and absolute control showed the greatest damage to leaf tissue, total and live larvae, as well as

Recibido: 10 de mayo del 2024
Aceptado: 2 de diciembre del 2024



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo donauld.juarez@ci.una.edu.ni

© Copyright 2024. Universidad Nacional Agraria (UNA).

CIENCIA DE LAS PLANTAS

menor cantidad de mortalidad y rendimientos. La mayor mortalidad y menor incidencia correspondió al tratamiento uno *Beauveria bassiana* (1 g l⁻¹). La mejor tasa de retorno correspondió a los tratamientos a base de *Capsicum annum* [chile] y *Allium sativum* [ajo] con dosis de 5 y 10 ml l⁻¹, respectivamente.

Palabras clave: Agroquímicos, plagas de follaje, análisis económico, control biológico.

the lowest mortality and yield. The highest mortality and lowest incidence corresponded to treatment one *Beauveria bassiana* (1 g l⁻¹). The best return rate corresponded to the treatments based on *Capsicum annum* [chili] and *Allium sativum* [garlic] with doses of 5 and 10 ml l⁻¹, respectively.

Keywords: Agrochemicals, Foliage pests, economic analysis, biological control.

El maíz representa un porcentaje alto en la alimentación humana y animal, por lo que se está en constante búsqueda en incrementar sus rendimientos. 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 crecimiento y desarrollo, siendo *Spodoptera frugiperda* (Sánchez *et al.*, 2019), el principal insecto que se alimenta del tejido foliar de la planta, con infestaciones del 20 % que llegan a causar reducciones entre el 10 % y el 60 % en los rendimientos del cultivo (Ngangambe y 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 al reducir el área fotosintética, afecta directamente el rendimiento, lo que se traduce en menores ingresos para las familias productoras. Esta plaga ha sido la causante de cuantiosas pérdidas, por lo que existen investigaciones sobre su fisiología y manejo, 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 manejo botánico y biológico que emplea hongos entomopatógenos y extractos botánicos a sido considerado una alternativa de manejo, 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 y 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, la búsqueda de alternativas de manejo amigables con el ambiente es cada vez más relevante, por lo cual se planificó esta investigación con el objetivo de determinar el efecto de productos botánicos y biológicos en el manejo de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y condiciones del área de estudio. La investigación se efectuó de agosto a diciembre 2023, en la comunidad El Cedral, departamento de Chontales, en la finca El Limonal en las coordenadas UTM 648022 de latitud Norte y 1351496 de longitud Oeste, 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 (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER], 2023).

Diseño metodológico. El experimento fue unifactorial empleando 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 de 56 m² (7 m * 8 m), con una parcela útil de 16 m², (3.2 m * 5 m), la distancia de siembra fue 0.2 metros entre planta y 0.8 metros entre hileras. Se estableció en el mes de septiembre 2023, esto debido a la regulación prevista de las precipitaciones en el área. Se empleó la variedad de maíz NB-6, siendo la variedad de mayor aceptación por los productores, en la zona de estudio.

Descripción de los tratamientos. Se evaluó el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* a concentraciones de 1 x 10⁹ conidias con tres dosis, un producto derivado de extractos vegetales (*Capsicum annum* + *Allium sativum*) a tres dosis, quienes fueron comparados con un testigo comercial y un control absoluto (Cuadro 1).

Las actividades de manejo del ensayo se realizaron, de tal manera que las unidades experimentales no difieran, siendo la única diferencia los tratamientos evaluados. La preparación del suelo fue con labranza mínima y con limpieza manual del terreno, posteriormente se delimitó el ensayo. El surcado (líneas de siembra), fue a una distancia de 0.80 metros entre surco y 0.20 metros entre planta. Se aplicó fertilizante

CIENCIA DE LAS PLANTAS

NPK (12-30-10), al momento de la siembra (129.53 kg ha⁻¹) y a los 44 días después de la siembra se realizó fertilización con Urea (46 %), a razón de 129.53 kg ha⁻¹.

Donde:

%I: Porcentaje de incidencia

NBI: Plantas infestada por larvas de *Spodoptera frugiperda*

NTB: Total de plantas

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

Tratamientos	Descripción de ingrediente activo	Dosis
T1	<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias	1 g l ⁻¹ de agua
T2	<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias	5 g l ⁻¹ de agua
T3	<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias	10 g l ⁻¹ de agua
T4	<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i>	1 ml l ⁻¹ de agua
T5	<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i>	5 ml l ⁻¹ de agua
T6	<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i>	10 ml l ⁻¹ de agua
T7	Cipermetrina (Químico)	0.70 ml l ⁻¹ de agua
T8	Control absoluto (H ₂ O)	Sin aplicación

Variables de rendimiento. La cosecha se realizó a los 120 días después de la siembra, se registró el número de mazorca, peso de mazorca (kg), longitud de mazorca (cm), peso de grano (g) y rendimiento (kg ha⁻¹), este último ajustado a 13 % de humedad según la fórmula propuesta por González *et al.* (1995),

como lo cita Muñoz *et al.* (2017).

$$R = \frac{R*(100-Ha)}{100-Hr(13\%)} [2]$$

Donde:

R= Rendimiento (kg por parcela)

Ha= Humedad inicial del grano (a la cosecha)

Hr= Humedad requerida al 13 %

El manejo de malezas se efectuó de manera manual en dos momentos; durante el ciclo vegetativo del cultivo, a los 40 días y a los 65 días después de la siembra. El manejo de plagas se realizó mediante seis aplicaciones de bioplaguicidas e insecticidas botánico y químico con intervalos de ocho días entre cada aplicación, estas se iniciaron a partir del día 11 hasta el día 46 de edad del cultivo según la metodología descrita por Muñoz *et al.* (2017), 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 realizó 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 (después de las 5:00 pm), empleando pantallas para evitar la dispersión sobre otros tratamientos, de esta manera se evitó la contaminación cruzada de los tratamientos evaluados.

Variables evaluadas. Todas las variables se registraron seleccionando un total de 15 plantas establecidas dentro de la parcela útil en cada tratamiento evaluado.

Altura de planta (cm). Se evaluó desde los 11 hasta los 46 días después de la siembra seleccionando 20 plantas ubicadas en la parcela útil; la medición se realizó desde la superficie del suelo hasta el último nudo de la planta, la lectura se efectuó con una frecuencia semanal (cada ocho días).

Plantas afectadas y larvas totales (Incidencia). Se registró el número total de plantas infestadas con larvas de *Spodoptera frugiperda* en 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), como lo cita Muñoz *et al.* (2017) para calcular el porcentaje de afectación de la plaga.

$$\%I = \frac{NBI}{NTB} * 100 [1]$$

Porcentaje de mortalidad y eficiencia de los productos. A los 11 días después de la germinación y previo a la primera aplicación de los tratamientos, se realizó un conteo inicial de las afectaciones de *Spodoptera frugiperda*.

Después de la aplicación de los tratamientos, a los seis días se cuantificó el número de larvas presentes y el número de larvas muertas para determinar la mortalidad de larva por tratamiento, aplicando la ecuación propuesta por Abbott, (1925).

$$\%M = \frac{NIMT}{NTIT} * 100 [3]$$

Donde:

%M= Porcentaje de mortalidad

NIMT= Número de insectos muertos en el tratamiento

NTIT= Número total de insectos en el tratamiento

En el caso de la medición de la eficiencia de los productos aplicados, se registró según la fórmula de Muñoz *et al.* (2017), quienes indican que:

$$\% \text{ eficiencia} = \frac{1-TdCa}{TaCd} * 100 [4]$$

CIENCIA DE LAS PLANTAS

Donde:

Td= Infestación de la parcela después de la aplicación del tratamiento

Ta= Infestación de la parcela antes de la aplicación del tratamiento

Ca= Infestación de la parcela testigo antes de la aplicación del tratamiento

Cd= Infestación de la parcela testigo después de la aplicación del tratamiento

Estimación económica. Para determinar la rentabilidad y brindar recomendaciones se realizó un análisis de presupuesto parcial y 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.

Análisis de datos. Las variables se ajustaron a la normalidad mediante la transformación a escala logarítmica en base diez (log10), el análisis de varianza se realizó mediante modelos lineales generalizados, seleccionando el modelo con el menor AIC (índice de Akaike), a los promedios con significación estadística se les aplicó separación de medias mediante la prueba de Tukey al 5 % de margen de error, empleando el programa estadístico R. v. 4.30 (R Core Team, 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existen diferencias altamente significativas ($p \leq 0.0001$), en todas las variables. Esto indica que las poblaciones de larvas e insectos adultos de *Spodoptera frugiperda* varía en dependencia de las etapas fenológicas del cultivo y los tratamientos. Muñoz *et al.* (2017), mencionan que el comportamiento de esta especie esta influenciada por la etapa de desarrollo de la planta y las alternativas de manejo, y que una adecuada decisión del manejo de la plaga reduce las pérdidas en el rendimiento al final del ciclo agrícola.

Los datos demuestran que al analizar las plantas afectadas por *Spodoptera frugiperda*, los mayores daños

correspondieron al tratamiento químico (cipermetrina) y testigo absoluto, así mismo, se registran valores altos en los primeros 32 días después de la germinación. Estos resultados demuestran que los daños en el cultivo de maíz ocurren en las primeras etapas, por lo cual la aplicación de estrategias de manejo debe ser oportuna desde los primeros días después de la gherminación. En cuanto a la cantidad de larvas cuantificadas, fue menor en los tratamientos con aplicación de *Beauveria bassiana* en sus diferentes dosis, con una distribución constante hasta los 39 días después de la germinación.

El tratamiento con *Beauveria bassiana* (1 g l⁻¹), y *Capsicum annuum* + *Alliums sativum*, con dosis de 1 y 5 ml l⁻¹, tuvieron una mayor efectividad en el manejo 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 el testigo y el químico, siendo el muestreo a los 32 días donde se registran las menores cantidades de larvas (Cuadro 2). De acuerdo con Muñoz *et al.* (2017), la mortalidad se relaciona con la estrategia de control, el momento y calidad de la aplicación y reportan mortalidades del 92.14 % al emplear combinación de productos químicos y biológicos en el control de *Spodoptera frugiperda*.

Cuadro 2. Larvas totales, muertas y vivas en función de los tratamientos y momento de muestreo

Tratamiento	Plantas afectadas	Larvas totales					
		Larvas muertas		Larvas vivas		Promedios	
<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (1 g l ⁻¹)	4.50 b	7.66 b	7.33 a	0.33 b	7.33 a	0.33 b	7.66 b
<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (5 g l ⁻¹)	4.50 b	6.66 b	5.33 ab	1.50 b	5.33 ab	1.50 b	6.66 b
<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (10 g l ⁻¹)	5.00 ab	6.00 b	5.66 ab	0.33 b	5.66 ab	0.33 b	6.00 b
<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (1 ml l ⁻¹)	4.66 b	8.50 ab	7.66 a	0.83 b	7.66 a	0.83 b	8.50 ab
<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (5 ml l ⁻¹)	4.83 ab	8.16 ab	6.33 a	1.83 b	6.33 a	1.83 b	8.16 ab
<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (10 ml l ⁻¹)	4.33 b	9.66 ab	4.83 ab	1.50 b	4.83 ab	1.50 b	9.66 ab
Cipermetrina (Químico)	7.83 a	14.33 a	3.50 ab	10.83 a	3.50 ab	10.83 a	14.33 a
Control absoluto (H ₂ O)	7.83 a	13.33 ab	1.50 b	12.00 a	1.50 b	12.00 a	13.33 ab
Días después de la germinación							
	11	7.25 a	11.50 a	5.62 ab	5.62 ab	5.62 a	11.50 a
	18	6.75 ab	8.75 ab	4.25 bc	4.25 bc	4.25 ab	8.75 ab
	25	6.25 ab	11.00 a	8.12 a	2.87 ab	2.87 ab	11.00 a
	32	5.75 ab	12.00 a	7.75 a	2.00 b	2.00 b	12.00 a
	39	4.50 bc	8.87 ab	4.87 bc	4.00 ab	4.00 ab	8.87 ab
	46	2.12 c	3.62 b	1.00 c	2.62 ab	2.62 ab	3.62 b
	R ²	0.72	0.65	0.71	0.86	0.86	0.65
	CV (%)	29.69	44.16	42.98	61.50	61.50	44.16
	$p \leq 0.05$	0.0001	0.0009	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente al 95 % de confianza, R² = coeficiente de determinación,

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, donde se calculó una mortalidad entre 85.80 y 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

CIENCIA DE LAS PLANTAS

en el rango de 22 % a 75 %, exceptuando al control absoluto; las mayores incidencia son registradas en las primeras etapas de crecimiento de la planta (Cuadro 3). Estudio de Akutse *et al.* (2019), determinaron que al emplear *Beauveria bassiana* sobre diferentes estadios de *Spodoptera frugiperda*, causó mortalidades mayores al 30 % siendo considerado efectivo para el manejo de esta plaga.

Cuadro 3. Mortalidad e incidencia según tratamientos y etapas de muestreo

Tratamientos	Mortalidad		Incidencia	
	Porcentaje			
<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (1 g l ⁻¹)	96.97	a	45.00	b
<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (5 g l ⁻¹)	85.80	ab	45.00	b
<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (10 g l ⁻¹)	95.23	a	50.00	ab
<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (1 ml l ⁻¹)	75.21	ab	46.66	b
<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (5 ml l ⁻¹)	65.96	bc	48.33	ab
<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (10 ml l ⁻¹)	43.10	bcd	43.33	b
Cipermetrina (Químico)	22.37	cd	78.33	a
Control absoluto	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
R ²	0.73		0.72	
CV (%)	41.13		29.69	
p < 0.05	0.0001		0.0001	

Promedios con letras iguales difieren estadísticamente al 95 % de confianza, R² = coeficiente de determinación, CV = coeficiente de variación.

Las plagas de follaje ejercen un efecto 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 10 cm a 19.70 cm, siendo el tratamiento *Capsicum annuum* + *Alliums sativum* (10 ml l⁻¹), seguido de *Beauveria bassiana* 1 x 10⁹ conidias (1 g l⁻¹), donde se registran las mazorcas (Espiga) de mayor tamaño. En cuanto al ancho de mazorca, el tratamiento con *Beauveria bassiana* 1 x 10⁹ conidias (1 g l⁻¹) supero a los demás, en cambio el número de hileras por mazorca fue mayor en los

tratamientos con *Capsicum annuum* + *Alliums sativum* (1 y 5 ml l⁻¹), y para la cantidad de granos por mazorca todos los tratamientos superaron al químico y testigo absoluto (Cuadro 4). El rendimiento obtenido en campo, se cuantificó con una humedad del 20 %, determinando que los tratamientos con *Beauveria bassiana* 1 x 10⁹ conidias (10 g l⁻¹) y *Capsicum annuum* + *Alliums sativum* (10 ml l⁻¹) mostraron los mayores rendimientos, y los menores con cipermetrina y testigo (Figura 1). Figueroa-Gulteros *et al.* (2019), 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.

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, en este caso se utilizó la metodología del CIMMYT (1988); el análisis de presupuesto parcial indica mayores beneficios netos y costos variables en los tratamientos *Capsicum annuum* + *Alliums sativum* (10 ml l⁻¹) y *Beauveria*

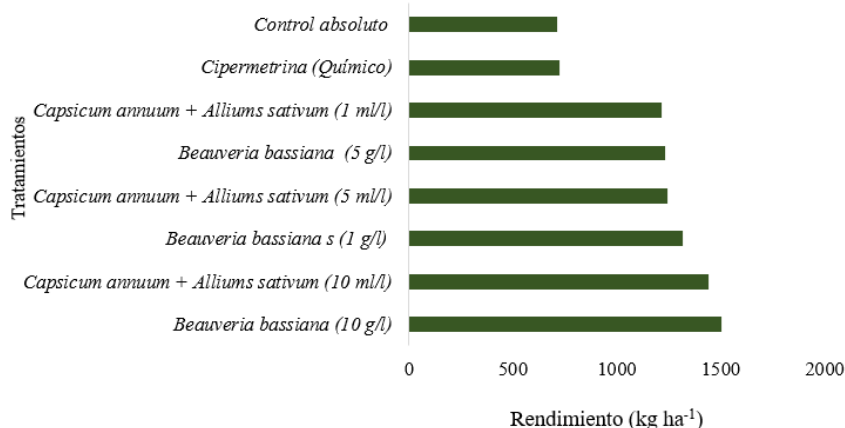


Figura 1. Rendimientos (kg ha⁻¹) según tratamientos.

Cuadro 4. Comportamiento de las variables reproductivas según tratamientos

Tratamiento	Longitud de mazorca (cm)	Ancho de mazorca (cm)	Número de hilera por mazorca	Número de granos por mazorca
<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (1 g l ⁻¹)	18.87 ab	5.68 b	13.81 d	577.00 a
<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (5 g l ⁻¹)	18.38 b	5.45 c	14.73 d	575.55 a
<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (10 g l ⁻¹)	18.98 ab	5.99 a	16.32 bc	591.26 a
<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (1 ml l ⁻¹)	18.04 bc	5.00 d	17.03 ab	585.75 a
<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (5 ml l ⁻¹)	19.70 a	5.00 d	17.98 a	587.02 a
<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (10 ml l ⁻¹)	16.86 c	5.04 d	15.05 cd	585.52 a
Cipermetrina (Químico)	11.87 d	4.01 e	11.15 e	341.86 b
Control absoluto	10.04 e	3.02 f	9.17 f	238.41 c
R ²	0.63	0.61	0.60	0.63
CV (%)	17.31	10.35	23.69	17.89
p < 0.05	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

R² = coeficiente de determinación, CV = coeficiente de variación.

CIENCIA DE LAS PLANTAS

bassiana 1 x 10⁹ conidias (10 g l⁻¹), tomando como precio de venta en campo USD 0.74 el kg de maíz seco y limpio, por lo cual se ajustó al 13 % de humedad (Cuadro 5). Ávalo-Cerdas y 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 5. Presupuesto parcial (USD) según los tratamiento

Tratamiento	Rendimiento	Beneficio Bruto	Costos Variables	Costos fijos	Beneficio Neto
	(kg ha ⁻¹)			(USD)	
<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (1 g l ⁻¹)	1 313.79	972.20	49.59	213.27	758.62
<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (5 g l ⁻¹)	1 230.87	910.84	495.96	213.27	694.50
<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (10 g l ⁻¹)	1 502.46	1 111.82	743.95	213.27	893.94
<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (1 ml l ⁻¹)	1 213.35	897.88	33.60	213.27	684.40
<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (5 ml l ⁻¹)	1 241.59	918.78	336.02	213.27	703.43
<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (10 ml l ⁻¹)	1 442.25	1 067.26	504.03	213.27	850.87
Cipermetrina (Químico)	723.91	535.70	19.93	213.27	322.38
Control absoluto	713.19	527.76	11.14	213.27	314.42

Rendimiento ajustado al 13 % de humedad, kg ha⁻¹ = Kilogramos por hectárea, USD = dólares americanos.

Los resultados obtenidos en el análisis de presupuesto parcial se sometieron a un análisis de dominancia, siendo los tratamientos a base de *Beauveria bassiana* 1 x 10⁹ conidias con dosis de 1 y 10 g l⁻¹ así como,

Cuadro 6. Análisis de dominancia según tratamientos

Tratamiento	Descripción	Costo Variable (USD ha ⁻¹)	Beneficio Neto (USD ha ⁻¹)	Observación
T8	Control absoluto (Sin aplicación)	11.14	314.42	---
T7	Cipermetrina (Químico)	19.93	322.38	De T8 a T7 D
T4	<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (1 ml l ⁻¹)	33.60	684.40	De T7 a T4 ND
T1	<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (1 g l ⁻¹)	49.59	758.62	De T4 a T1 ND
T5	<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (5 ml l ⁻¹)	336.02	703.43	De T1 a T5 D
T2	<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (5 g l ⁻¹)	495.96	694.50	De T5 a T2 D
T6	<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (10 ml l ⁻¹)	504.03	850.87	De T2 a T6 ND
T3	<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (10 g l ⁻¹)	743.95	893.94	De T6 a T3 ND

D = Dominado, ND = No dominados, USD ha⁻¹ = dólares americanos por hectárea.

Cuadro 7. Tasa de retorno marginal para los tratamientos no dominados

Tratamiento	Descripción	Costo Variable (USD ha ⁻¹)	Beneficio Neto (USD ha ⁻¹)	IMBN	IMCV	Tasa de Retorno Marginal (%)
T3	<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (10 g l ⁻¹)	743.95	893.94	43.07	239.92	17.95
T6	<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (10 ml l ⁻¹)	504.03	850.87	92.25	454.44	20.29
T1	<i>Beauveria bassiana</i> 1 x 10 ⁹ conidias (1 g l ⁻¹)	49.59	758.62	166.47	15.99	1 041.08
T4	<i>Capsicum annuum</i> + <i>Alliums sativum</i> (1 ml l ⁻¹)	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, USD ha⁻¹ = Dólares americanos por hectárea.

CONCLUSIONES

La aplicación de *Beauveria bassiana* (1 g l⁻¹), logró mayor mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* y menor incidencia de esta en el cultivo de maíz, siendo a los primeros 32 días después de la germinación la etapa de mayor afectación por la plaga, al iniciar la etapa reproductiva las afectaciones se reducen hasta en un 75 %. La aplicación de cipermetrina

los que contenían *Capsicum annuum* + *Alliums sativum* a razón de 1 y 10 ml l⁻¹, resultaron no dominado, el mayor beneficio neto lo obtuvo el tratamiento con *Beauveria bassiana* 1 x 10⁹ conidias (10 g l⁻¹) y el menor beneficio fue para el testigo absoluto (USD 322.38) y químico (USD 314.42). Los precios de los tratamientos varían en dependencia de las dosis empleadas; el valor del jornal fue de ocho dólares (Cuadro 6).

Según el análisis de dominancia, se sometieron cuatro tratamientos al análisis de tasa de retorno marginal, siendo el tratamiento *Capsicum annuum* + *Alliums sativum* (1 ml l⁻¹), expresó la mayor tasa de retorno (1 647.28 %), seguido del tratamiento *Beauveria bassiana* 1 x 10⁹ conidias (1 g l⁻¹) con 1 041.08 %, esto indica que por cada dólar invertido se espera obtener 16.47 dólares para el tratamiento *Capsicum annuum* + *Alliums sativum* (10 ml l⁻¹) y 10.41 para *Beauveria bassiana* 1 x 10⁹ conidias (1 g l⁻¹) (Cuadro 7). Muñoz *et al.* 2017 expresan que aquellos tratamientos que no son dominados por el testigo deben someterse a un análisis

de retorno marginal, así mismo expresa que al usar productos biológicos, el productor puede obtener una tasa mayor al 1 047 % lo que indica que puede recibir 10.47 dólares por cada dólar que invierte en el proceso de producción de maíz al controlar *Spodoptera frugiperda* con hongos entomopatógenos, con resultados similares a los encontrados en esta investigación.

fue poco eficiente para controlar larvas de este insecto. El rendimiento obtenido en cada tratamiento y mediante el ajuste del 13 %, la mejor tasa de retorno correspondió al tratamiento *Capsicum annuum* + *Alliums sativum*, 1 ml l⁻¹ y *Beauveria bassiana* 1 g l⁻¹, lo que generan la mayor cantidad de retorno al final del ciclo agrícola en el cultivo de maíz.

CIENCIA DE LAS PLANTAS

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., Ekesi, S., Khamis, F.M., Ombura, O.L., & 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%20frugiper-da%20%28J.%20E.%20Smith%29%20en%20el%20agroecosistema%20de%20ma%C3%ADz.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ávalos-Cerdas, J. M. y 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.
- Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo [CIMMYT]. (1998). *La formulación de recomendaciones a partir de datos económicos. Un manual metodológico de evolución económica*.
- Ezeta León, J., García Brito, O. y 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://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/343>
- Figuerola Gualteros, A. M., Castro Triviño, E. A. y 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://doi.org/10.15446/abc.v24n1.69333>
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER]. (2023). *Datos climáticos del departamento de Chontales*. <https://www.ineter.gob.ni/>
- Muñoz Conforme, X. C., Comboza Quijano, W. F., Lara Obando, E. J., Mendoza García, M. V., Mejía Zambrano, N. N., López Mendoza, J. C. y 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., & Mwatawala, M. W. (2020). Effects of entomopathogenic fungi (EPFs) and crop-ping 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>.
- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing* (versión 4.3.1) [software]. <https://www.R-project.org/>
- Ramos, Y., Taibo, A. D., Jiménez, J. A., & 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_antiores/temas59/T59_0Indice.pdf
- Sánchez, J., Valle, J., Pérez, E., Neira de Perales, M. y Calderón, C. (2019). Control biológico de *Spodoptera frugiperda* en cultivo de *Zea mays*: Uso de nematodos entomopatógenos. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 551-557. <http://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.12>