



Efecto de la aplicación de tres biocidas para el control del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda Smith), en el cultivo de maíz (Zea mays L.), en Santa Elena

Effect of the application of three biocides for the control of the fall armyworm (Spodoptera frugiperda Smith), in the corn crop (Zea mays L.), in Santa Elena

Efeito da aplicação de três biocidas para o controle da lagarta-do-cartucho (Spodoptera frugiperda Smith), na cultura do milho (Zea mays L.), em Santa Elena

Ariana Carolina Lascano-Montes^I
alascano@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-6810-0769>

Ginger Elena Ostaiza-Clavijo^{II}
gostaiza@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6376-0862>

Fernando Roberto Martínez-Alcívar^{III}
fmartinez@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5556-3589>

Melanny Arianna Martínez-Vasco^{IV}
melannymartinez402@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-2849-1747>

Correspondencia: alascano@uagraria.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 17 de enero de 2025 * **Aceptado:** 26 de febrero de 2025 * **Publicado:** 18 de marzo de 2025

- I. Investigador Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador.
- II. Investigador Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador.
- III. Investigador Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador.
- IV. Investigador Independiente, Ecuador.

Resumen

Las plagas pueden llegar a ser un importante factor a tomar en cuenta cuando de la productividad de un cultivo se trata, por ello el objetivo de la presente investigación fue determinar los efectos de 3 biocidas para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* S.) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Santa Elena. Este proyecto se lo realizó en la parroquia Velasco Ibarra, cantón Santa Elena provincia de Santa Elena. La metodología es de acción experimental para la cual se hizo uso de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Las variables que se tomaron en cuenta fueron: altura de plantas, longitud de mazorcas, diámetro de mazorcas, peso de 100 granos, relación grano/tusa, rendimiento, evaluación de daños y análisis económico; las cuales, si tuvieron significancia estadística. Luego de haber obtenido todos los resultados se determinó que el tratamiento T3 (*Bacillus thuringiensis*) fue de mayor promedio rendimiento con 7960 kg/ha, y el T4 (testigo absoluto) con el menor promedio de 7476 kg/ha.; así mismo, en el análisis económico, el T3 (*Bacillus thuringiensis*) y T2 (extracto de neem) obtuvieron un beneficio/costo de 1,62 y 1,59 respectivamente; equivalente a que sí hubo ganancia a la aplicación de los biocidas, mientras que, el menor valor beneficio/costo lo obtuvo el T4 (testigo absoluto) con un valor de 1,53 equivalente a que hubo menos ganancias.

Palabras clave: Biocidas; control biológico; control orgánico; gusano cogollero; maíz.

Abstract

Pests can be an important factor to consider when it comes to crop productivity, therefore the objective of this research was to determine the effects of three biocides for the control of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* S.) in corn (*Zea mays* L.) crops in Santa Elena. This project was carried out in the Velasco Ibarra parish, Santa Elena canton, Santa Elena province. The methodology is experimental, for which the Tukey test was used at 5% probability. The variables taken into account were: plant height, ear length, ear diameter, 100-grain weight, grain/cob ratio, yield, damage assessment, and economic analysis; all of which were statistically significant. After obtaining all the results, it was determined that treatment T3 (*Bacillus thuringiensis*) had the highest average yield, at 7,960 kg/ha, and T4 (absolute control), the lowest, at 7,476 kg/ha. Likewise, in the economic analysis, T3 (*Bacillus thuringiensis*) and T2 (neem extract) obtained a benefit/cost

ratio of 1.62 and 1.59, respectively, meaning a gain from the application of the biocides. While the lowest benefit/cost ratio was T4 (absolute control), at 1.53, meaning less gain.

Keywords: Biocides; biological control; organic control; fall armyworm; corn.

Resumo

As pragas podem ser um fator importante a considerar quando se trata da produtividade das culturas, por isso, o objetivo desta investigação foi determinar os efeitos de 3 biocidas para o controlo da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* S.) em plantações de milho (*Zea mays* L.) em Santa Elena. Este projeto foi realizado na paróquia de Velasco Ibarra, cantão de Santa Elena, província de Santa Elena. A metodologia é experimental, para a qual foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As variáveis tidas em conta foram: altura da planta, comprimento da espiga, diâmetro da espiga, peso de 100 grãos, relação grão/espiga, rendimento, avaliação de danos e análise económica; que teve significância estatística. Após a obtenção de todos os resultados, determinou-se que o tratamento T3 (*Bacillus thuringiensis*) apresentou a maior produtividade média com 7960 kg/ha, e o T4 (testemunha absoluta) com a menor média 7476 kg/ha. Da mesma forma, na análise económica, o T3 (*Bacillus thuringiensis*) e o T2 (extrato de nim) obtiveram um benefício/custo de 1,62 e 1,59 respetivamente; equivalente a haver lucro com a aplicação de biocidas, enquanto o menor valor benefício/custo foi obtido pelo T4 (controlo absoluto) com um valor de 1,53, equivalente a haver menor lucro.

Palavras-chave: Biocidas; controlo biológico; controlo orgânico; lagarta-do-cartucho; milho.

Introducción

Antecedentes del problema

El maíz (*Zea mays* L.), es un cultivo que se ha desarrollado con una gran importancia en los últimos años, este dato se basa en la cultura maicera de los agricultores y en la política estatal creciente de la región litoral ecuatoriana, especialmente en la provincia del Guayas. Estos datos son obtenidos provisionalmente del Plan Semilla (MAGAP). En la actualidad la siembra de este cereal supera las 500 mil hectáreas, de este modo se convierte en el principal cultivo agrícola del país (MAGAP, 2013).

El cultivo se fundamenta principalmente en la agroindustria basándose en la fabricación de productos balanceados, también se elabora para productos típicos del país, alimento entero para criar animales domésticos, tiene otros usos importantes en el Ecuador (Suárez y Piedrahita, 2015). En Ecuador, se ha visto favorecido ya que el país posee características climáticas adecuadas para este cultivo convirtiéndolo en uno de los cultivos con alta demanda en el mercado, por su alto valor nutricional, el cual genera una fuente de ingresos mejorando la calidad socioeconómica del país (Veintimilla y Cedeño, 2017).

Una de las principales plagas del cultivo de maíz es el gusano cogollero, el cual actúa en el cogollo de la planta, este gusano es hábil ya que si ya no encuentra comida en la planta que se encuentra este se traslada a otra planta para alimentarse causando de esta manera severos daños en el cultivo. Si no se controla esta plaga a tiempo causara severas perdidas al cultivo y x ende al agricultor. Esta plaga está presente en todo el ciclo del cultivo por eso se la denomina una de las principales plagas del maíz (Elizalde y Matamoros, 2016, pág. 45).

“Los biocidas son sustancias químicas, naturales o microorganismos que han sido diseñados para contrarrestar, bloquear e impedir la acción de un determinado organismo” (Álvarez y Cepeda, 2016).

“Los biocidas actúan a nivel de la membrana celular del microorganismo penetrando en ella y destruyendo aquellos sistemas que le permiten vivir a dicho microorganismo” (Sánchez y Guevara, 2014).

Planteamiento y formulación del problema

Planteamiento del problema

En la actualidad no se cuenta con mucha información de acuerdo al tema de control de plagas a base de biocidas en el maíz (*Zea mays* L.), por lo cual este trabajo de investigación probó el efecto que causan los biocidas en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) en dicho cultivo.

Formulación del problema

¿Los efectos de la aplicación de tres biocidas inciden en el control del gusano cogollero en el cultivo de maíz?

Justificación de la investigación

El cultivo de maíz en la actualidad ha sido afectado por el uso inapropiado de diferentes productos orgánicos y químicos los cuales en concentraciones elevadas perjudican al cultivo dificultando la asimilación de estos productos por la planta provocando un estrés que afecta a su desarrollo y a su productividad, dando como resultado una baja rentabilidad, obteniendo frutos pequeños, deformes y con una gran vulnerabilidad a plagas y enfermedades.

Tomando en cuenta lo antes mencionado se pretende justificar el presente trabajo de investigación: analizando y evaluando el efecto de varias dosis de biocidas para determinar cuál de estas dosis es la más recomendada para controlar gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith), en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), logrando obtener una mayor rentabilidad económica.

El uso de productos químicos para controlar gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith), es generalmente de uso básico en nuestro país, tomando en cuentas las investigaciones ya realizadas se ha pretendido reemplazar diferentes plaguicidas por productos orgánicos o naturales, según Hernández, (2014) determinó que existen diferentes productos para el manejo de gusano cogollero, por ejemplo, extracto de neem.

Delimitación de la investigación

- Espacio: Se realizó el estudio en el cantón Santa Elena – Santa Elena.
- Población: Este trabajo de investigación benefició a los productores de maíz del cantón Santa Elena – Santa Elena.

Objetivo general

Determinar el efecto de la aplicación de tres biocidas para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith), en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), Santa Elena.

Objetivos específicos

- Evaluar las características agronómicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en base a los tratamientos en estudio.
- Identificar que aplicación de biocidas es la más eficiente para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith)
- Realizar un análisis económico en la relación Beneficio-Costo de los tratamientos en estudio.

Materiales y métodos

Enfoque de la investigación

El presente trabajo estuvo enfocado en determinar el efecto de la aplicación de tres biocidas para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith), en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la provincia de Santa Elena.

Tipo de investigación

El presente estudio tiene los siguientes tipos de investigación:

- **Experimental:** Tratándose de analizar la incidencia del efecto de tres biocidas para el control del gusano cogollero en el cultivo de maíz en la provincia de Santa Elena.
- **Descriptiva:** Se evaluó y analizó cada variable para documentarla descriptivamente en todos los datos encontrados en el transcurso de esta investigación.
- **Documental:** Se visualizó textualmente todos los datos incluyendo resultados evaluados y analizados obtenidos al final de este estudio.

Diseño de investigación

La investigación se la realizó en el Humedal Velazco Ibarra, en la Provincia de Santa Elena; con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. En el estudio se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad en el programa estadístico Infostat.

Metodología

Variables

Variable independiente

Aplicación de tres biocidas en el cultivo de maíz.

Variables dependientes

- **Altura de la planta (m):**

Se tomaron 10 plantas al azar dentro del área útil y se midieron con un flexómetro, esto se realizó cuando la planta tuvo 45 días y se las midió desde el tallo hasta la última hoja.

- **Longitud de la mazorca (cm):**

Se procedió a medir con un flexómetro, desde la base de la mazorca hasta la punta de la misma.

- **Diámetro de la mazorca (cm):**

Se procedió a medir con un calibrador vernier, en tres partes la mazorca y se obtuvo un solo promedio por mazorca.

- **Peso de 100 granos (g)**

Se tomó de la mazorca escogida una muestra de 100 granos, la cual fue pesada para obtener esta variable. Los granos que se obtuvieron fueron escogidos de la parte central de la mazorca.

- **Relación grano/tusa (%)**

Al término de la cosecha se tomó el peso de 10 mazorcas por cada parcela útil, las mismas que ya habían sido previamente pesadas antes de desgranarlas, luego se adquirió el peso de los granos y se procedió a hacer una división del peso de los granos sobre el peso de la mazorca.

- **Rendimiento (kg/ha)**

Se tomó el peso de las mazorcas obtenidos de cada parcela para registrarlo y ser expresado en kg/ha.

- **Análisis económico**

Se utilizó el método de análisis de la relación Beneficio Costo usando la fórmula:

$$\text{Relación Beneficio Costo RBC} = \frac{\text{Ingreso}}{\text{Egreso}}$$

- **Evaluación de daños**

Las evaluaciones se realizaron a los 45 días; fecha en la que se finalizaron las aplicaciones de biocidas en cada tratamiento, en el estado reproductivo y vegetativo del cultivo. Se tomó en cuenta la tabla sugerida por el autor Davis en 1992, el cual se fundamenta en el método de observación de las hojas midiendo así, el porcentaje de daño causado por las larvas de (*Spodoptera frugiperda* S.).

Tabla 1. Escala para evaluación de daños basado en las hojas

| Índice % | Denominación / descripción del daño |
|-------------|--|
| 0 – 2 | Daño no visible: Ningún daño o con lesiones similares a las que produce un alfiler ("pin-hole"). Estas lesiones son causadas por larvas de primer estadio (L1) |

- 3 – 5 Daño Moderado: Lesiones circulares pequeñas (de 1 mm a 1,5 mm de diámetro aproximadamente) y/o pocas lesiones alargadas pequeñas (1,3 cm), sin membrana epidérmica perforada. Son causadas por larvas de segundo estadio (L2).
- 6 – 8 Daño muy Severo: Con muchas lesiones circulares, alargadas o irregulares y de mayor tamaño que las antes mencionadas. Son causadas por larvas de tercer estadio (L3).
- 9 – 10 Daño Grave: Con membrana epidérmica completamente perforada o desaparición de la hoja. Estas lesiones son causadas por larvas más grandes (estadios L4 a L6).

*Escala de evaluación de daños causados por larvas de (*Spodoptera frugiperda*)*

Davis, 1992

Tratamientos

Tabla 2. Tratamientos del estudio

| Trat. | Producto | Dosis/ha | Dosis/tratamiento | Frecuencia de aplicación |
|-------|-------------------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------------|
| T1 | Abono orgánico líquido (biol) | 1Lt/ha | 2 cc/20m ² | Cada 7 días hasta los 45 días |
| T2 | Extracto de neem (Neem-X) | 2L/ha | 4 cc/20m ² | Cada 7 días hasta los 45 días |
| T3 | NEW BT 2X Bacillus thuringiensis | 500 gr/ha | 1 gr/20m ² | Cada 7 días hasta los 45 días |
| T4 | Testigo absoluto | Sin aplicación | Sin aplicación | Sin aplicación |

Los Autores, 2025

Manejo del ensayo

Preparación del terreno

Para la preparación del terreno se utilizó maquinaria agrícola con la cual se removió el suelo a unos 20 cm de profundidad, luego se instaló el sistema de riego por goteo para humedecer el terreno para la siembra.

Siembra

Para la siembra se usó una distancia de 20cm entre planta y 90cm entre surco se hizo de forma manual con la ayuda de un espeque luego se regó el cultivo por una hora.

Riego

Se utilizó el sistema de riego por goteo de una a dos horas diarias según la luminosidad.

Fertilización

Para la fertilización se utilizó nitrato de amonio aplicado de forma edáfica y Evergreen aplicado de forma foliar cada 7 días con bomba de mochila.

Control de maleza

El control de maleza se realizó de forma manual con la ayuda de herramientas como machete y rabón durante los primeros días del cultivo.

Control de plagas

Para el control de plagas se utilizaron solos los productos evaluados en este estudio como Biol, Neem-X y NEW BT 2X, su frecuencia de aplicación fue cada 7 días.

Cosecha

Se cosechó a los 144 días de forma manual cuando los granos alcanzaron su madurez de campo con un porcentaje de humedad del 16% y se recolectaron muestras para analizar el rendimiento.

Diseño experimental

Tabla 3. Esquema de andeva

| Fuente de variación | Grados de libertad | |
|---------------------|--------------------|----|
| Repeticiones | (r-1) | 3 |
| Tratamientos | (t-1) | 3 |
| Error | (r-1)(t-1) | 9 |
| Total | N-1 | 15 |

Los Autores, 2025

Tabla 4. Características de las parcelas experimentales

| | |
|---------------------------------|--------------------|
| Tipo de diseño | DBCA |
| Número de tratamientos | 4 |
| Número de repeticiones | 4 |
| Número de las parcelas | 16 |
| Número de hileras | 6 |
| Número de plantas/ metro lineal | 5 |
| Número de plantas por hilera | 20 |
| Número de plantas por parcela | 100 |
| Número de plantas del ensayo | 1600 |
| Área de las parcelas | 20m ² |
| Área útil de las parcelas | 12 m ² |
| Distancia entre repeticiones | 1m |
| Distancia entre hileras | 0.90 |
| Distancia entre plantas | 0.20 |
| Área total del ensayo | 525 m ² |
| Area útil del ensayo | 320 m ² |

Los Autores, 2025

Recolección de datos

Recursos

- **Recursos materiales:** Los materiales que se utilizaron para recopilar la información de carácter descriptivo son: bolígrafos, instrumentos de medición, cámara fotográfica, computadora, impresora, mapa de ubicación, flexómetro, balanza, cuaderno, lápiz, etc.
- **Recursos humanos:** Tesista, tutor.
- **Recursos económicos:** El presente trabajo de investigación fue financiado por recursos propios del tesista.

Tabla 5. Recursos económicos

| Implementos | Cantidad | Valor unitarios | Total dólares |
|-------------|----------|-----------------|---------------|
| Biol | 1 lt | \$2.00 | \$2 |
| Neem-X | 2 ltrs | \$29.70 | \$59.40 |
| NEW BT 2X | 500 g/ha | \$15.40 | \$15.40 |
| Jornales | 1 | \$20.00 | \$320.00 |
| Transporte | | | \$100 |

| | |
|--------------|----------|
| Alimentos | \$100 |
| Herramientas | \$170 |
| Total | \$778.80 |

Los Autores, 2025

Métodos y técnicas

- **Método deductivo:** parte de los datos generales aceptados como valederos, para deducir por medio del razonamiento lógico, varias suposiciones, es decir; parte de verdades previamente establecidas como principios generales.
- **Método inductivo:** Este método permitió observar los resultados obtenidos con la finalidad de cumplir los objetivos e hipótesis planteada.
- **Experimental de campo:** por medio del análisis en campo, se busca estudiar las variables experimentales, en las condiciones de alimentación vegetal y suelo encontradas en el área de estudio, con el fin de relatar y expresar en datos estadísticos, la manera en la cual actúan las diferentes aplicaciones de biocidas para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* S.) en el cultivo de maíz.
- **Técnica:** La técnica utilizada fue la observación directa en el campo de trabajo, lo que permitió la observación de las necesidades de nuevas técnicas para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* S.) en el cultivo de maíz., por ser un cultivo con mayor demanda en la zona de estudio se necesita implementar nuevas técnicas para obtener resultados rentables.

Análisis estadístico

Diseño estadístico

Para el estudio se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con un análisis de la varianza de Tukey al 5% de probabilidad; compuesto de 4 tratamientos con 4 repeticiones.

Hipótesis estadística

- **Ho:** Ninguno de los tratamientos tendrá efecto a la aplicación de 3 biocidas para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* S.) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).
- **Ha:** Algún tratamiento tendrá efecto a la aplicación de 3 biocidas para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* S.) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

Resultados

Evaluación de las características agronómicas del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en base a los tratamientos en estudio

Altura de la planta (m)

En la tabla 6 se muestran las medias obtenidas al evaluar la altura de las plantas a los 45 días; de acuerdo con el análisis de la varianza, y con un coeficiente de variación de 1,20%; se determinó un p-valor entre tratamientos de: $<0,0001 < 0.05$ de probabilidad; por lo que se acepta la hipótesis alterna, en la que si se encontró significancia estadística entre tratamientos; siendo el T3 (*Bacillus thuringiensis*) el de mayor promedio con 2,62 metros, y T4 (testigo absoluto) con el menor promedio de 2,39 metros.

Tabla 6. Altura de planta (m) Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-----------------------|----|----------------|-------------------|------|
| ALTURA DE PLANTAS (m) | 16 | 0.94 | 0.90 | 1.20 |

| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
|---|------|----|---------|-------|---------|
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo | 0,13 | 6 | 0,02 | 23,66 | <0,0001 |
| TRAT. | 0,12 | 3 | 0,04 | 44,03 | <0,0001 |
| REPET. | 0,01 | 3 | 3,0E-03 | 3,29 | 0,0720 |
| Error | 0,01 | 9 | 9,1E-04 | | |
| Total | 0,14 | 15 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06673

Error: 0,0009 gl: 9

| TRAT. | Medias n | E.E. | | | |
|-------|----------|------|------|---|---|
| T3 | 2,62 | 4 | 0,02 | A | |
| T2 | 2,59 | 4 | 0,02 | A | B |
| T1 | 2,52 | 4 | 0,02 | | B |
| T4 | 2,39 | 4 | 0,02 | | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

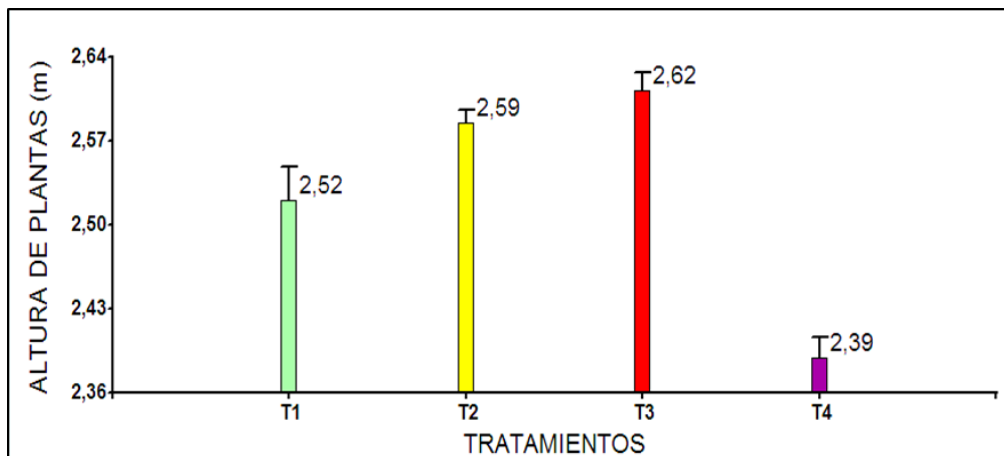


Figura 1. Altura de plantas (m)

Los Autores, 2025

Longitud de la mazorca (cm)

En la tabla 7 se observan las medias obtenidas al evaluar la longitud de las mazorcas a la cosecha; de acuerdo con el análisis de la varianza, y con un coeficiente de variación de 5,94%; se determinó un p-valor entre tratamientos de: $0,0013 < 0,05$ de probabilidad; por lo que se acepta la hipótesis alterna, en la que si se encontró significancia estadística entre tratamientos; siendo el T3 (*Bacillus thuringiensis*) el de mayor promedio con 19,50 cm, y T1 (biol) con el menor promedio de 15,43 cm.

Tabla 7. Longitud de la mazorca (cm) Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| LONGITUD DE MAZORCA (cm) | 16 | 0.82 | 0.70 | 5.94 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------|-------|----|-------|-------|---------|
| Modelo | 43,47 | 6 | 7,24 | 6,88 | 0,0057 |
| TRAT. | 40,88 | 3 | 13,63 | 12,95 | 0,0013 |
| REPET. | 2,58 | 3 | 0,86 | 0,82 | 0,5159 |
| Error | 9,47 | 9 | 1,05 | | |
| Total | 52,94 | 15 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,26465

Error: 1,0525 gl: 9

| TRAT. | Medias n | E.E. | | | |
|-------|----------|------|------|---|---|
| T3 | 19,50 | 4 | 0,51 | A | |
| T2 | 18,00 | 4 | 0,51 | A | B |
| T4 | 16,13 | 4 | 0,51 | B | C |
| T1 | 15,43 | 4 | 0,51 | C | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

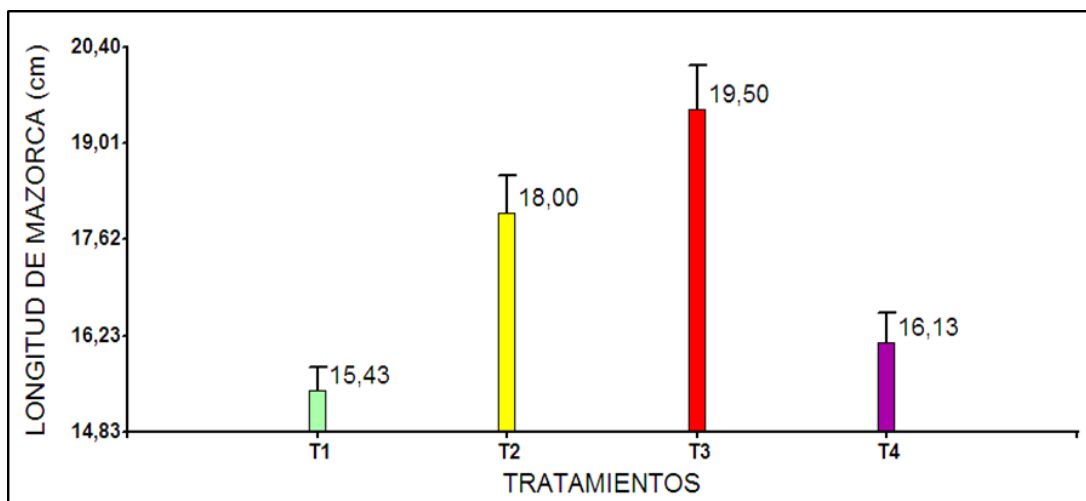


Figura 2. Longitud de las mazorcas (cm)

Los Autores, 2025

Diámetro de la mazorca (cm)

La tabla 8 refleja las medias obtenidas al evaluar el diámetro de las mazorcas a la cosecha; de acuerdo con el análisis de la varianza, y con un coeficiente de variación de 4,24%; se determinó un p-valor entre tratamientos de: $0,0001 < 0,05$ de probabilidad; por lo que se acepta la hipótesis alterna, en la que si se encontró significancia estadística entre tratamientos; siendo el T3 (*Bacillus thuringiensis*) el de mayor promedio con 5,10 cm, y T4 (testigo absoluto) con el menor promedio de 3,98 cm.

Tabla 8. Diámetro de la mazorca (cm) Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| DIÁMETRO DE MAZORCA (cm) | 16 | 0.90 | 0.83 | 4.24 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo | 3,03 | 6 | 0,50 | 13,65 | 0,0005 |
| TRAT. | 2,98 | 3 | 0,99 | 26,91 | 0,0001 |
| REPET. | 0,04 | 3 | 0,01 | 0,38 | 0,7676 |
| Error | 0,33 | 9 | 0,04 | | |
| Total | 3,36 | 15 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,42429

Error: 0,0369 gl: 9

| TRAT. | Medias n | E.E. | |
|-------|----------|------|--------|
| T3 | 5,10 | 4 | 0,10 A |
| T2 | 4,78 | 4 | 0,10 A |
| T1 | 4,30 | 4 | 0,10 B |
| T4 | 3,98 | 4 | 0,10 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

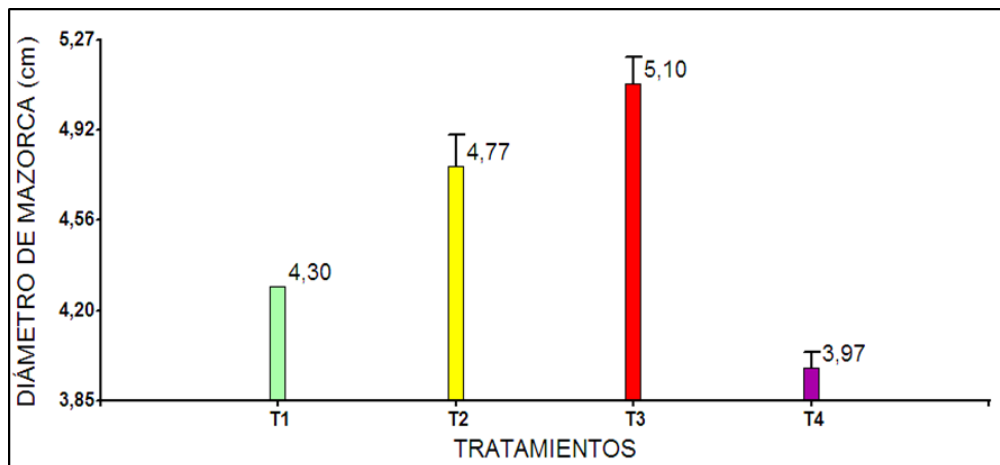


Figura 3. Diámetro de las mazorcas (cm)

Los Autores, 2025

Peso de 100 granos (g)

En la tabla 9 se muestran las medias obtenidas al evaluar el peso de 100 granos tomados de la parte central de la mazorca; de acuerdo con el análisis de la varianza, y con un coeficiente de variación de 1,83%; se determinó un p-valor entre tratamientos de: $<0,0001 < 0.05$ de probabilidad; por lo que se acepta la hipótesis alterna, en la que si se encontró significancia estadística entre tratamientos; siendo el T3 (*Bacillus thuringiensis*) el de mayor promedio con 35,83 gramos, y T4 (testigo absoluto) con el menor promedio de 31,43 gramos.

Tabla 9. Peso de 100 granos (g) Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|---------------------|----|----------------|-------------------|------|
| PESO 100 GRANOS (g) | 16 | 0.94 | 0.89 | 1.83 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------|-------|----|-------|-------|---------|
| Modelo | 49,32 | 6 | 8,22 | 21,72 | 0,0001 |
| TRAT. | 46,13 | 3 | 15,38 | 40,64 | <0,0001 |
| REPET. | 3,19 | 3 | 1,06 | 2,81 | 0,1004 |
| Error | 3,41 | 9 | 0,38 | | |
| Total | 52,72 | 15 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,35790

Error: 0,3784 gl: 9

| TRAT. | Medias n | E.E. | |
|-------|----------|--------|---|
| T3 | 35,83 | 4 0,31 | A |
| T2 | 34,58 | 4 0,31 | A |
| T1 | 32,65 | 4 0,31 | B |
| T4 | 31,43 | 4 0,31 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

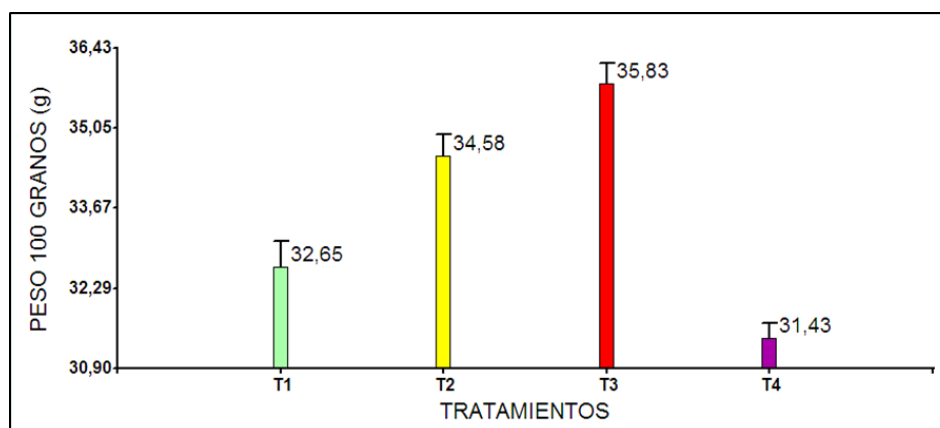


Figura 4. Peso de 100 granos (g)

Los Autores, 2025

Relación grano/tusa (%)

La tabla 10 representa las medias obtenidas al evaluar la relación grano/tusa; de acuerdo con el análisis de la varianza, y con un coeficiente de variación de 2,35%; se determinó un p-valor entre tratamientos y repeticiones de: $<0,0001 < 0,05$ de probabilidad; por lo que se acepta la hipótesis alterna, en la que si se encontró significancia estadística entre tratamientos y repeticiones; siendo el T3 (*Bacillus thuringiensis*) el de mayor promedio con 6,68%, y T4 (testigo absoluto) con el menor promedio de 4,93%.

Tabla 10. Relación grano/tusa (%) Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-------------------|----|----------------|-------------------|------|
| R. GRANO/TUSA (g) | 16 | 0,98 | 0,97 | 2,35 |

| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
|---|------|----|------|--------|---------|
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo | 8,72 | 6 | 1,45 | 76,69 | <0,0001 |
| TRAT. | 6,56 | 3 | 2,19 | 115,37 | <0,0001 |
| REPET. | 2,16 | 3 | 0,72 | 38,01 | <0,0001 |
| Error | 0,17 | 9 | 0,02 | | |
| Total | 8,89 | 15 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,30394

Error: 0,0190 gl: 9

| TRAT. | Medias n | E.E. | | | |
|-------|----------|------|------|---|---|
| T3 | 6,68 | 4 | 0,07 | A | |
| T2 | 6,15 | 4 | 0,07 | | B |
| T1 | 5,73 | 4 | 0,07 | | C |
| T4 | 4,93 | 4 | 0,07 | | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

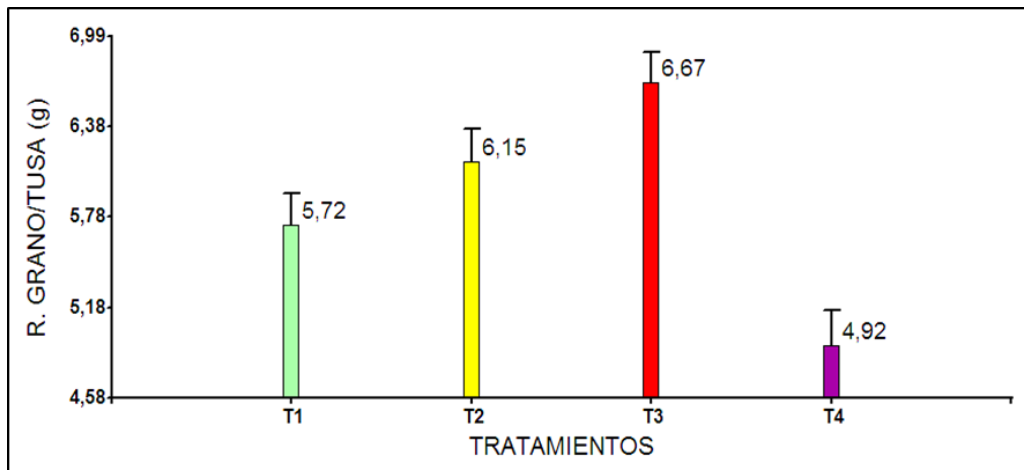


Figura 5. Relación grano/tusa (%)

Los Autores, 2025

Rendimiento (kg/ha)

En la tabla 11 se observan las medias obtenidas al evaluar el rendimiento del cultivo; de acuerdo con el análisis de la varianza, y con un coeficiente de variación de 0,10%; se determinó un p-valor entre tratamientos y repeticiones de: $<0,0001 < 0.05$ de probabilidad; por lo que se acepta la hipótesis alterna, en la que si se encontró significancia estadística entre tratamientos y repeticiones; siendo el T3 (*Bacillus thuringiensis*) el de mayor promedio con 7960 kg/ha, y T4 (testigo absoluto) con el menor promedio de 7476 kg/ha.

Tabla 11. Rendimiento (kg/ha) Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|---------------------|----|----------------|-------------------|------|
| RENDIMIENTO (kg/ha) | 16 | 1.00 | 1.00 | 0.10 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------|-----------|----|-----------|---------|---------|
| Modelo | 572736,00 | 6 | 95456,00 | 1491,50 | <0,0001 |
| TRAT. | 544384,00 | 3 | 181461,33 | 2835,33 | <0,0001 |
| REPET. | 28352,00 | 3 | 9450,67 | 147,67 | <0,0001 |
| Error | 576,00 | 9 | 64,00 | | |
| Total | 573312,00 | 15 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=17,65956

Error: 64,0000 gl: 9

| TRAT. | Medias n | E.E. | |
|-------|----------|------|--------|
| T3 | 7960,00 | 4 | 4,00 A |
| T2 | 7776,00 | 4 | 4,00 B |
| T1 | 7588,00 | 4 | 4,00 C |
| T4 | 7476,00 | 4 | 4,00 D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

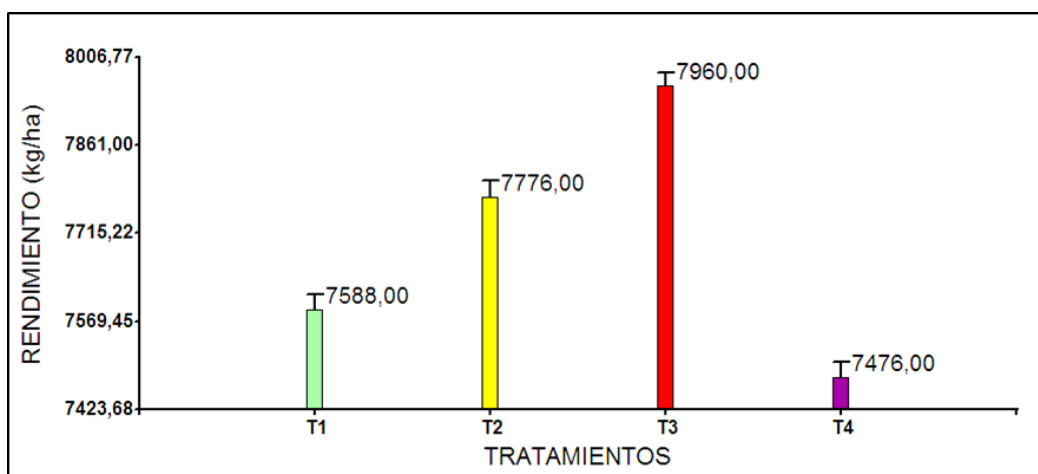


Figura 6. Rendimiento (kg/ha)

Los Autores, 2025

Identificación de que aplicación de biocidas es la más eficiente para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith)

Evaluación de daños (%)

En la tabla 12 se reflejan las medias obtenidas al realizar la evaluación de daños; de acuerdo con el análisis de la varianza, y con un coeficiente de variación de 19,35%; se determinó un p-valor entre tratamientos de: $<0,0001 < 0.05$ de probabilidad; por lo que se acepta la hipótesis alterna, en la que si se encontró significancia estadística entre tratamientos; siendo el T4 (testigo absoluto) el de mayor promedio con 6,50% equivalente a “daño muy severo”, y T3 (*Bacillus thuringiensis*) con el menor promedio de 1% equivalente a “daño no visible” según la tabla de evaluación de daños causados por larvas de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* S.) citada por Davis, 1992.

Tabla 12. Evaluación de daños (%) Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-------------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| EVALUACIÓN DE DAÑOS (%) | 16 | 0.92 | 0.87 | 19.35 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------|-------|----|-------|-------|---------|
| Modelo | 67,38 | 6 | 11,23 | 18,17 | 0,0001 |
| TRAT. | 65,19 | 3 | 21,73 | 35,16 | <0,0001 |
| REPET. | 2,19 | 3 | 0,73 | 1,18 | 0,3707 |
| Error | 5,56 | 9 | 0,62 | | |
| Total | 72,94 | 15 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,73542

Error: 0,6181 gl: 9

| TRAT. | Medias n | E.E. | | | |
|-------|----------|------|------|---|---|
| T4 | 6,50 | 4 | 0,39 | A | |
| T1 | 5,00 | 4 | 0,39 | A | B |
| T2 | 3,75 | 4 | 0,39 | | B |
| T3 | 1,00 | 4 | 0,39 | | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

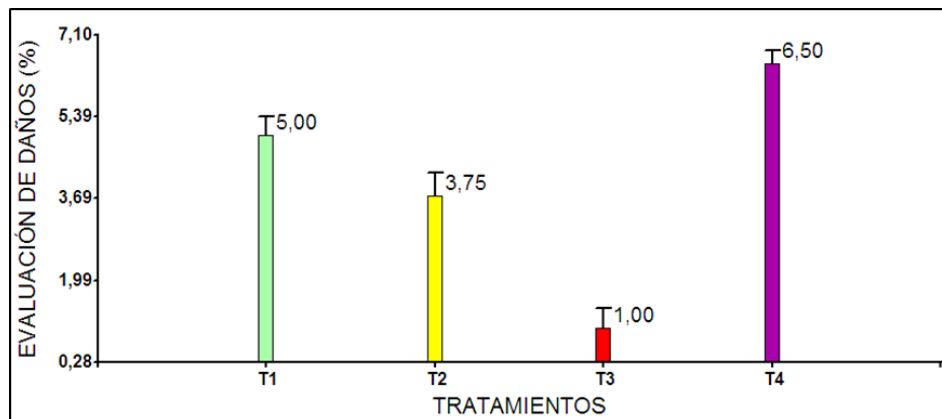


Figura 7. Evaluación de daños (%)

Los Autores, 2025

Realización de un análisis económico de los tratamientos en estudio en base a la relación beneficio/costo

Análisis económico

Se realizó el análisis económico tabla 13, para determinar el tratamiento con mejor resultado en la productividad basados en el control del gusano cogollero en el cultivo de maíz, donde según los datos de los rendimientos en cada tratamiento y con relación beneficio/costo se logró observar que los tratamientos que predominaron en el estudio fueron el T3 (*Bacillus thuringiensis*) y T2 (extracto de neem) con un beneficio/costo de 1,62 y 1,59 respectivamente; equivalente a que sí hubo ganancia a la aplicación de los biocidas, mientras que, el menor valor beneficio/costo lo obtuvo el T4 (testigo absoluto) con un valor de 1,53 equivalente a que hubo menos ganancias.

Tabla 13. Análisis económico

| TRATAMIENTOS | REND. kg/ha 16% Hum. | REND. 2% Hum. | REND. AL 14% Hum. | PRECIO COM. (\$/Kg) | BIEN BRUTO \$ | COSTO DE PROD \$ | BIEN NETO \$ | RELACION B/C |
|----------------|-------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|--------------------|-----------------|
| T1 BIOL | 7588 | 151,76 | 7436,24 | 0,25 | 1859,06 | 1200 | 659,06 | 1,55 |
| T2 NEEM | 7776 | 155,52 | 7620,48 | 0,25 | 1905,12 | 1200 | 705,12 | 1,59 |
| T3 BACILLUS T. | 7960 | 159,20 | 7800,80 | 0,25 | 1950,20 | 1200 | 750,20 | 1,62 |
| T4 T. ABSOLUTO | 7476 | 149,52 | 7326,48 | 0,25 | 1831,62 | 1200 | 631,62 | 1,53 |

Relación beneficio/costo en el cultivo de maíz

Los Autores, 2025

El T3 (*Bacillus thuringiensis*) por cada dólar obtuvo 0,62 centavos siendo el mejor tratamiento económicamente; Así mismo, el T4 (testigo absoluto) por cada dólar obtuvo 0,53 centavos siendo el de menor promedio entre tratamientos, valores expresados gráficamente en la figura 8.

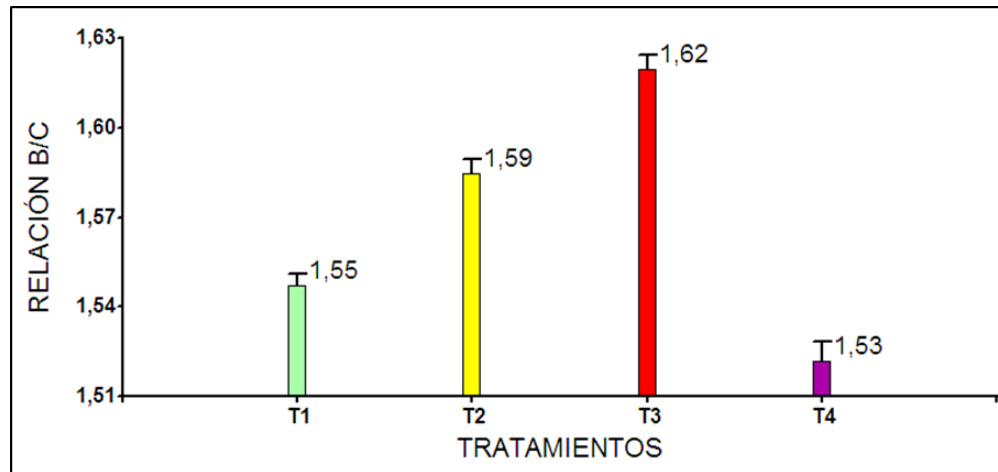


Figura 8. Análisis económico en relación al beneficio/costo

Los Autores, 2025

Discusión

El propósito de la investigación presentada fue de evaluar el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* S.) por medio de la aplicación de 3 biocidas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

Después de haber llevado a cabo el análisis e interpretación de datos en el cultivo de maíz se pudo observar que hubo significancia estadística entre tratamientos en todas las variables del comportamiento agronómico: altura de plantas, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, peso de 100 granos, relación grano/tusa y rendimiento, en las cuales predominó el T3 (*Bacillus thuringiensis*) y que acordé con Padilla, (2009), establece que *Bacillus thuringiensis* (o Bt) es una bacteria grampositiva que habita en el suelo, y que se utiliza comúnmente como una alternativa biológica al plaguicida. También se le puede extraer la toxina Cry y utilizarla como plaguicida. *B. thuringiensis* también aparece de manera natural en el intestino de las orugas de diferentes tipos de polillas y de mariposas, así como en las superficies poco iluminadas de las plantas. Y concuerdo con Hurtado (2016), indica que muchas cepas de Bt producen cristales proteínicos, conocidos como δ -endotoxinas, que poseen propiedades insecticidas. Por esta razón se ha empleado el Bt como insecticida y, más recientemente, para producir organismos genéticamente modificados.

Los resultados obtenidos en la investigación y su respectiva tabulación estadística nos indica que se obtuvieron mejores resultados en lo que respecta a evaluación de daños al follaje del cultivo de maíz por larvas de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* S.), en el T3 (*Bacillus thuringiensis*),

siendo este el tratamiento de menor daño a las hojas equivalente a “daño no visible” según tabla de Davis (1992), en el que indica que valores de 0 a 2 equivale a “daño no visible”; de 3 a 5 “daño moderado”; de 6 a 8 equivalente a “daño muy severo” y finalmente valores de 9 o 10 “daño grave”. Por lo que concuerdo con ARM internacional (s/f), quien indica que la larva del lepidóptero deja de alimentarse entre 30 minutos y dos horas después de haber ingerido el follaje tratado, por la acción de los cristales delta endotoxina del *Bacillus thuringiensis*, el cual ataca las paredes epiteliales del intestino de la larva y su contenido se vierte en la cavidad corporal produciendo la muerte de la larva rápidamente.

Según las variables analizadas se obtuvieron los mejores resultados en el análisis económico para los tratamientos T3 (*Bacillus thuringiensis*) y T2 (extracto de neem), siendo estos los tratamientos sobresalientes en todas las variables, por lo que concuerdo con Vessey (2012), quien indica que en la actualidad la producción de maíz decrece debido a la degradación de los suelos con niveles bajos de fertilidad, aunado a altos costos de producción y que además las técnicas de producción y las condiciones ambientales favorecen la presencia de plagas y enfermedades, que impacta negativamente sobre la producción. Y acorde con Montiel (2012), quien afirma que los biocidas son de origen natural o están compuestos por microorganismos los mismos que actúan de manera eficaz ante la aparición de diferentes plagas en diferentes cultivos, a su vez ayudan y aportan con un valor nutritivo a la planta para su ideal desarrollo y crecimiento protegiéndolas de diferentes plagas que causan daños leves como severos a los cultivos, además son complementos, son de origen natural propicios para no contaminar al medio ambiente y a su vez impactan de manera positiva al desarrollo de la mazorca y por ende se obtienen mejores resultados con producciones altas y bajos costos de producción.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos de la investigación se concluye lo siguiente:

En base a los objetivos se logró: evaluar el comportamiento agronómico; se puede indicar que en todas estas variables como lo son: altura de plantas, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, peso de 100 granos, relación grano/tusa y rendimiento, si se encontró significancia estadística entre tratamientos, siendo el de mejores resultados el T3 (*Bacillus thuringiensis*) y el de menores promedio el T4 (testigo absoluto).

Así mismo, se realizó una evaluación de daños al follaje por acción de las larvas del gusano cogollero, en el que se determinó que el mejor tratamiento fue el T3 (*Bacillus thuringiensis*), siendo este el tratamiento de menor daño a las hojas equivalente a “daño no visible” según tabla de Davis (1992).

También, se obtuvieron datos del análisis económico en relación beneficio/costo en el que se demuestran dos tratamientos sobresalientes los cuales fueron el T3 (*Bacillus thuringiensis*) y el T2 (extracto de neem).

Por lo tanto, la identificación de que biocida fue el mejor en control de gusano cogollero, comportamiento agronómico y análisis económico fue la aplicación de (*Bacillus thuringiensis*).

Recomendaciones

De acuerdo con la presente investigación se puede recomendar:

Más investigaciones en diferentes condiciones climáticas, edáficas en el cultivo de maíz con el manejo del ensayo utilizado, para corroborar lo que se concluye en el presente trabajo de investigación.

Tomar en consideración otras variables o parámetros a medir para diagnosticar el control de gusano cogollero en varios estadios de crecimiento del insecto.

La realización de otros trabajos experimentales usando diferentes dosis de los productos utilizados, para determinar mediante el análisis comparativo de los resultados, la viabilidad de implementar nuevas técnicas para el control de este insecto.

En base a este proyecto de investigación se recomienda llevar a cabo un control biológico como método de conservación de suelos y como insecticida mediante la aplicación de (*Bacillus thuringiensis*) en dosis de 500 g/ha. para el control de gusano cogollero en el cultivo de maíz.

Referencias

1. Álvarez, (2016). Los biocidas. Biblioteca virtual. Universidad Agraria del Ecuador.
2. Anderson, (2013). Crecimiento vegetativo. Scielo, 150.
3. Angulo, (2011). Características de huevos de *spodoptera frugiperda*. Universidad central de Chile.
4. Arriola, J., (2013). Época y modo de aplicación. En Tesis. Guayaquil.

5. Asamblea Nacional de la República del Ecuador, (2016) políticas agrarias.
6. Asamblea Nacional de la República del Ecuador, (2016) protección y recuperación de la fertilidad de la tierra.
7. Balladares, (2016). Tipos de arados. Scielo, 141
8. Barahona, J., (2012). Elaboración de biocidas. Universidad de Central de Chile.
9. Capitata, J., (2013). Siembra. Agronomía Costarricense, 39-51.
10. Carranza, D., (2014). Tipo de suelo. Bogotá, Colombia: Pontifica Universidad Javeriana.
11. Castro. (2014). Polinización del cultivo de maíz. Dirección de Educación Agraria. Ecuador.
12. Cedeño, E., (2017). Calidad socioeconómica. Scielo, 233- 239.
13. Cepeda J., (2016). Sustancias protectoras del cultivo de maíz. En Tesis. Guayaquil.
14. Chóez, (2016). Tallo del cultivo de maíz. Scielo, 141
15. Clemente, (2015). Mudas o estadios de *spodoptera frugiperda*. Universidad Técnica de Manabí.Ecuador.
16. Código Orgánico de la Producción Comercio e Inversiones, (2010) Democratización productiva.
17. Código Orgánico de la Producción Comercio e Inversiones, (2010) Reconoce el derecho de vivir sano y ecológico.
18. Davis J., (1996). Escala de evaluación de daños.
19. Elizalde, (2016). Plagas del cultivo de maíz. Obtenido de <http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/dia/GUIA-de-BPA-MAÍZ.pdf>
20. Estrada, L., (2012). Mecanismo de acción del biol. Obtenido de <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com>
21. Fernández, (2015). Destrucción de microorganismos. tesis de grado. Universidad Politécnica del Litoral. Guayaquil - Ecuador.
22. Fuentes, J., (2011). Plagas del cultivo de maíz. Arequipa, Peru: Universidad Nacional de san Agustín de Arequipa.
23. García, (2016). Recolección de mazorca. Ecuador.
24. Gavilanéz, (2013). Fertilización. Manual técnico inia. Chile.
25. Gehrke, P., (2013). Material vegetal del cultivo de maíz. Iniap.
26. González. (2014). Floración del cultivo de maíz. Ecuador.
27. Guerra. (2013). Tipo de maíz. Universidad de Palermo.

28. Guevara, (2014). Destrucción de microorganismos. tesis de grado. Universidad Politécnica del Litoral. Guayaquil - Ecuador.
29. Guía técnica del cultivo de maíz (2016). Origen del maíz. Lima, Perú: Ediciones Ripalme E.I.R.L.
30. Gutiérrez, J., (2014). Características de la larva. En tesis. Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo.
31. Hernández, R., (2014). Extracto de Neem, Scielo, 1.
32. Herrera, H., (2015). Temperatura optima del cultivo de maíz. Lima-Perú.
33. Hurtado, (2016). Esporulación de bacillus thuringiensis. Biblioteca virtual. Universidad Agraria del Ecuador.
34. Ibañez, (2011). Características de pupa. Scielo, 85-91.
35. Jijón, (2015). Temperatura minima del cultivo de maíz. Universidad Central de Quito. Ecuador.
36. Ley Orgánica del régimen de la soberanía alimentaria, (2014) soberanía alimentaria.
37. Lezaun, (2012). Plaga polífaga. Biblioteca virtual. Universidad Agraria del Ecuador.
38. Loaiza, R., (2014). Ph del suelo. Scielo, 85-91.
39. López, M., (2012). Descripción de la semilla. Granma Ciencia, 1-10.
40. MAGAP, (2013). Importancia del cultivo de maíz. GUAYAQUIL, EC., 11.
41. Maridueña, E., (2012). Granos de maíz. Agronomía Costarricense, 39-51.
42. Matamoros V., (2016). Gusano cogollero. En Tesis. Cotopaxi: Universidad técnica de Cotopaxi.
43. Mendoza, R., (2012). Número de granos por maíz. Scielo, 85-91.
44. Merino, E., (2015). Raíces del cultivo de maíz. Peru: Agrobanco.
45. Morales, R., (2012). Reacciones bioquímicas de los organismos. Granma Ciencia, 1-10.
46. Ordeñana, N., (2014). Riego. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
47. Pachucho. (2016). Tamaño de las hojas del cultivo de maíz. Universidad de Loja. Ecuador.
48. Padilla. (2009). Bacillus thuringiensis. En Tesis. Cotopaxi: Universidad técnica de Cotopaxi.
49. Parada, (2014). Cosecha del maíz. Scielo, 85-91.
50. Peralta, (2014). Mecanismo de acción del neem. Obtenido de <http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/dia/GUIA-de-BPA-MAÍZ.pdf>

51. Pérez, E., (2016). Características de adulto. Scielo, 233- 239.
52. Piedrahita, (2015). Elaborados del maíz. Universidad Técnica de Manabí.Ecuador.
53. Porcuna, L., (2011). Características del biol, Bolivia. Agrociencias Amazonia, 2 - 3.
54. Preciado, D., (2015). Raíz principal del maíz. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. E.E. Boliche. Manual N°. 66. GUAYAQUIL, EC., 11.
55. Quezada, (2013). Tipo de daños del gusano cogollero.
56. Rojas. (2016). Hojas del cultivo de maíz. Boletín Divulgatorio N° 420, 2.
57. Ruíz, T., (2016). Descripción del cultivo de maíz. Granma Ciencia, 1-10.
58. Salgado, E., (2018). Características del Neem. Scielo, 233- 239.
59. Sánchez, (2014). Modo de acción de los biocidas . Biblioteca virtual. Universidad Agraria del Ecuador.
60. Suárez, J., (2015). Agroindustria. En tesis. Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo.
61. Tobar, M., (2012). Semilla DKB-399. Lima-Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina.
62. Toledo, C., (2016). Labores culturales. Scielo, 233- 239.
63. Veintimilla, (2017). Características climáticas del cultivo de maíz. Scielo, 85-91.
64. Vessey, I.,
65. (2012). Producción del maíz. Granma Ciencia, 1-10.
66. Villegas, (2013). Clasificación taxonómica del maíz. Manual técnico. Ecuador.
67. Zamora, (2011). Enfermedades del maíz. Scielo, 140