



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PROGRAMA DE MAESTRIA EN AGRONOMÍA: MENCIÓN EN PROTECCIÓN VEGETAL

TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

Magister en Agronomía, Mención en Protección Vegetal

TEMA:

ALTERNATIVAS BIOLÓGICAS PARA EL CONTROL DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) Y DE *Helicoverpa zea* (Boddie) EN CULTIVO DE MAÍZ DULCE (*Zea mays* var. *saccharata*), EN EL CANTÓN BABAHOYO

AUTOR:

ING. AGR. SANTANA ARAGONE DANILO XAVIER

TUTOR:

ING. AGR. CAICEDO CAMPOSANO OSCAR GUIDO, PhD.

BABAHOYO – LOS RIOS - ECUADOR

2024

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado primeramente a Dios por darme las fuerzas y salud para seguir adelante, a mis padres Vidal Santana y Bella del Carmen Aragonez, quienes me enseñaron principios y valores para seguir adelante y a quienes día a día les debo lo que soy, tanto en mi vida personal como profesional; a mi esposa Katherine Cordova quien ha sido mi amiga y compañera de vida, dándome el respaldo y el apoyo incondicional en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios, por permitirme alcanzar este sueño y meta en mi vida ser Magister en Agronomía, Mención en Protección Vegetal. Agradezco a mi tutor y amigo Ing. Agr. Oscar Guido Caicedo Camposano, PhD, por su guía y ayuda profesional en todo mi trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA INTELECTUAL	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	¡Error! Marcador no definido.
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
Informe final de coincidencias aplicando el Sistema Compilatio.....	¡Error! Marcador no definido.
INDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.- CONTEXTUALIZACION DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Formulación del problema.....	3
1.2. Justificación	4
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos eespecíficos	4
CAPITULO II.- MARCO TEÓRICO	5
2.1. Origen y distribución del maíz.....	5
2.2. Descripción taxonómica del cultivo del maíz dulce	5
2.3. Variedades de maíz dulce	7
2.3.1. Endospermo estándar (su).....	7
2.3.2. Extra dulce (se).....	7
2.3.3. Shrunken-2 (sh2).....	7
2.4. Descripción botánica del maíz dulce	7
2.4.1. Raíz principal.....	8
2.4.2. Raíces adventicias.....	8
2.4.3. Tallo.....	8

2.4.4.	Hojas.....	8
2.4.5.	Inflorescencia.....	8
2.4.6.	Mazorca	8
2.4.7.	Grano	9
2.5.	Requerimientos edafoclimáticos.....	9
2.6.	Importancia económica del maíz	9
2.7.	Principales plagas que atacan el cultivo del maíz.....	10
2.7.1.	Gusano cogollero: <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith).....	11
2.7.1.1.	Clasificación del insecto	11
2.7.1.2.	Distribución geográfica del insecto	12
2.7.1.3.	Biología del insecto	12
2.1.7.4.	Daño económico.....	14
2.1.8.	Gusano de la mazorca o elotero: <i>Helicoverpa zea</i> (Boddie).....	15
2.1.8.1.	Clasificación taxonómica de <i>Helicoverpa zea</i> (Boddie).....	15
2.1.8.2.	Distribución geográfica del insecto.....	16
2.1.8.3.	Biología del insecto.....	16
2.1.8.4.	Daño económico.....	18
2.8.	Control de plagas	19
2.8.1.	Organismos y productos benéficos para el control de plagas.....	21
2.8.2.	Sustancias de origen vegetal.....	22
2.8.3.	Sustancias de origen químico	22
2.9.	Antecedentes investigativos del control biológico sobre <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith) y <i>Helicoverpa zea</i> (Boddie)	23
CAPITULO III.- METODOLÓGIA		26
3.1.	Ubicación y descripción del campo experimental	26
3.2.	Material de siembra	26
3.3.	Metodología y tipo de investigación.....	26
3.4.	Métodos	26
3.5.	Variables operacionales	27
3.6.	Población y muestra.....	27
3.7.	Técnicas	27

3.8.	Tratamientos	28
3.9.	Diseño experimental	30
3.10.	Manejo del experimento.....	30
3.10.1.	Preparación del terreno.....	30
3.10.2.	Siembra.....	30
3.10.3.	Control de malezas	30
3.10.4.	Monitoreo	30
3.10.5.	Riego.....	30
3.10.6.	Fertilización	31
3.10.7.	Cosecha.....	31
3.11.	Variables a evaluar	31
3.11.1.	Número de larvas de <i>S. frugiperda</i> : a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra.....	31
3.11.2.	Porcentaje de daños (severidad) en plantas	31
3.11.3.	Número de larvas de <i>H. zea</i> a los 5, 10, 15 y 20 días después de aparecer la inflorescencia femenina.....	31
3.11.4.	Porcentaje de mazorcas dañadas.....	32
3.11.6.	Cantidad de mazorcas cosechadas por parcela	33
3.11.7.	Altura de planta	33
3.11.8.	Rendimiento en kg/ha ⁻¹	33
3.11.9.	Análisis del Beneficio – Costo de los tratamientos.....	34
3.12.	Procesamiento estadístico	34
CAPITULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		35
4.1.	Resultados obtenidos en la Investigación	35
4.1.1.	Número de larvas de <i>S. frugiperda</i> : a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra.	35
4.1.2.	Porcentaje de daños de <i>S. frugiperda</i> (severidad) en plantas.....	36
4.1.3.	Porcentaje de eficacia de bioproductos para el control de <i>S. frugiperda</i>	37
4.1.4.	Número de larvas de <i>H. zea</i> a los 5, 10, 15 y 20 días después de aparecer la inflorescencia femenina.....	38
4.1.5.	Porcentaje de mazorcas dañadas.	40
4.1.6.	Porcentaje de eficacia de bioproductos en el control de <i>H. zea</i>	40

4.1.7. Altura de planta	41
4.1.8. Número de mazorcas por parcela	42
4.1.9. Rendimiento en kg/ha ⁻¹	43
4.1.10. Análisis económico	44
4.2. Discusión de resultados	46
CAPITULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5.1. Conclusiones	48
5.2. Recomendaciones	49
CAPITULO VI.- BIBLIOGRAFIA.....	50
Anexos	58

	Pág.
Tabla 1. Tratamientos utilizados en la investigación.....	28
Tabla 2. Escala de severidad del cogollero en el cultivo de maíz.....	31
Tabla 3. Fuentes de variación y sus grados de libertad.....	34
Tabla 4. Número de larvas de <i>S. frugiperda</i> : a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra.....	36
Tabla 5. Porcentaje de daños de <i>S. frugiperda</i> (severidad) en plantas.....	37
Tabla 6. Porcentaje de eficacia de bioproductos en el control de <i>S. frugiperda</i>	38
Tabla 7. Número de larvas de <i>H. zea</i> a los 5, 10, 15 y 20 días después de aparecer la inflorescencia femenina.....	39
Tabla 8. Porcentaje de mazorcas dañadas.....	40
Tabla 9. Porcentaje de eficacia de bioproductos en el control de <i>H. zea</i>	41
Tabla 10. Altura de planta.....	42
Tabla 11. Número de mazorcas por parcela.....	43
Tabla 12. Rendimiento en kg/ha-1.....	44
Tabla 13. Análisis económico.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo del cultivo de maíz e incidencia de diversas plagas, García et al. (2020).....	11
Figura 2. Ciclo de vida del <i>Spodoptera frugiperda</i> , (Nájera 2024).....	12
Figura 3. <i>Spodoptera frugiperda</i> en su fase adulta (Nájera 2024).....	13
Figura 4. Hojas del cultivo de maíz con presencia de huevos de <i>Spodoptera frugiperda</i> J.E. Smith, Costa et al (2021).....	13
Figura 5. Larva de <i>Spodoptera frugiperda</i> , Chatterjee et al (2023).....	14
Figura 6. Daños provocados por <i>Spodoptera frugiperda</i> en una planta de maíz, Rodríguez (2024).....	15
Figura 7. Mazorca de maíz dañada por la acción del gusano cogollero, Rodríguez (2024).....	15
Figura 8. Ciclo de vida del <i>Helicoverpa zea</i> (Dourado et al 2021).....	17
Figura 9. <i>Helicoverpa zea</i> (Boddie) en estado adulto, Ríos et al (2020).....	17
Figura 10. Daños provocados en la mazorca por <i>Helicoverpa zea</i> , (Posebom 2023).....	18
Figura 11. Esquema del Diseño de Bloques Completos al Azar.....	29
Figura 12. Criterios para la evaluación de los tratamientos según niveles de daño de <i>H. zea</i> en choclo a la cosecha.....	32

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo proponer productos de origen biológico como alternativas para el control de los gusanos cogollero y de la mazorca para el cultivo de maíz dulce en la parroquia Febres Cordero, del cantón Babahoyo. Como material de siembra se utilizó el Maíz dulce Bandit F1. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. La muestra estudiada representó un conjunto de 10 plantas seleccionadas al azar en cada parcela. En ellas se evaluaron las siguientes variables: Número de larvas de *S. frugiperda*: a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra, porcentaje de daño (severidad) en plantas, número de larvas de *H. zea* a los 5, 10, 15 y 20 días después de aparecer la inflorescencia femenina, porcentaje de daños en mazorcas, cantidad de mazorcas cosechadas por parcela, altura de planta, rendimiento en kg/ha-1 y costos por tratamientos. Mediante el análisis de los resultados se evidenció que el uso de alternativas biológicas es eficiente para el control de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) y de *Helicoverpa zea* (Boddie) en cultivo de maíz dulce (*Zea mays* var. *saccharata*). En relación a los 15, 30, 45 y 60 días de evaluación de la presencia de larvas de *S. frugiperda*, los promedios más bajos se obtuvieron en el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 4.33, 3.00, 2.67 y 1.00 larvas respectivamente. La menor severidad de daños por *S. frugiperda* se logró con el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 2.97 %. En relación a los 5, 10, 15 y 20 días de evaluación de la presencia de larvas de *H. zea* en la inflorescencia femenina, los promedios más bajos se obtuvieron en el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 4.33, 2.67, 1.33 y 0.67 larvas respectivamente. El menor porcentaje de mazorcas dañadas por *H. zea* se logró con el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 2.33 % de mazorcas dañadas. En referencia a la altura de planta y número de mazorcas por parcela el promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 1.69 cm, y 233.33 mazorcas por parcela. En relación al rendimiento por hectárea y análisis económico el promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 6266.67 kg/ha y con el mayor beneficio neto con \$ 460.20.

Palabras claves: *B. thuringiensis*, aceite vegetal, daños, rendimiento, maíz dulce.

ABSTRACT

The objective of this research was to propose products of biological origin as alternatives for the control of fall armyworms and earworms for the cultivation of sweet corn in the Febres Cordero parish, in the Babahoyo canton. Bandit F1 sweet corn was used as planting material. A randomized complete block design is used with seven treatments and three repetitions. The sample studied represents a set of 10 plants selected at random in each plot. The following variables are evaluated: Number of *S. frugiperda* larvae: at 15, 30, 45 and 60 days after sowing, percentage of damage (severity) in plants, number of *H. zea* larvae at 5, 10, 15 and 20 days after the appearance of the female inflorescence, percentage of damage to ears, number of ears harvested per plot, plant height, yield in kg/ha-1 and treatment costs. Through the analysis of the results, it is evident that the use of biological alternatives is efficient for the control of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) and *Helicoverpa zea* (Boddie) in sweet corn (*Zea mays* var. *saccharata*) crops. In relation to the 15, 30, 45 and 60 days of evaluation of the presence of *S. frugiperda* larvae, the lowest averages were obtained in the treatment *B. thuringiensis* (2 g/L) + Vegetable oil (4 drops) with 4.33, 3.00, 2.67 and 1.00 larvae respectively. The lowest severity of damage by *S. frugiperda* was achieved with the treatment *B. thuringiensis* (2 g/L) + Vegetable oil (4 drops) with 2.97%. In relation to the 5, 10, 15 and 20 days of evaluation of the presence of *H. zea* larvae in the female inflorescence, the lowest averages were obtained in the treatment *B. thuringiensis* (2 g/L) + Vegetable oil (4 drops) with 4.33, 2.67, 1.33 and 0.67 larvae respectively. The lowest percentage of ears damaged by *H. zea* was achieved with the treatment *B. thuringiensis* (2 g/L) + Vegetable oil (4 drops) with 2.33% of ears damaged. In reference to plant height and number of ears per plot, the highest average was for the treatment *B. thuringiensis* (2 g/L) + Vegetable oil (4 drops) with 1.69 cm, and 233.33 ears per plot. In relation to the yield per hectare and economic analysis, the highest average was for the treatment *B. thuringiensis* (2 g/L) + Vegetable oil (4 drops) with 6266.67 kg/ha and with the highest net benefit with \$460.20.

Keywords: *B. thuringiensis*, vegetable oil, damage, yield, sweet corn.

INTRODUCCIÓN

El maíz, cuyo nombre científico es *Zea mays* L., es originario de México y desde ese país fue diseminado por todo el continente americano, luego de la llegada de los españoles a fines del siglo XV se introdujo en Europa y otros continentes. Sus granos son muy nutritivos y los platos los que sirve de base constituyen parte de la dieta de millones de personas en el mundo. El maíz puede ser consumido por seres humanos y animales, además sirve como materia prima para la fabricación de agrocombustibles (ASERCA - Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios 2018).

El maíz dulce fue una mutación espontánea del maíz de campo silvestre y cultivado por varias naciones amerindias, y lo usaban tal como se usa en el mundo actual, la primera mención que se conoce del maíz dulce se atribuye a Thomas Jefferson en 1810 en su libro "La Huerta" (Kennett et al. 2020).

El maíz tuvo una producción de aproximadamente 348,8 millones de toneladas en 2022, Estados Unidos se mantuvo como el principal país productor de maíz del mundo. China y Brasil se situaron en segunda y tercera posición, respectivamente, ambos con cosechas superiores a los 100 millones. De hecho, entre las tres naciones englobaron casi dos terceras partes del volumen total producido de este cereal a nivel global durante el año referido (Orus 2024).

En Ecuador el maíz es uno de los principales cultivos transitorios por extensión. En el 2022 se sembraron 355 000 ha del cereal con una producción estimada 1,38 millones de toneladas, de los cuales el 78 – 80 % corresponde a maíz duro y entre 20-22 % maíz suave. En la Costa y Amazonía se siembra el maíz de amarillo duro, especialmente híbridos, que tienen un rendimiento promedio de 4,64 t ha⁻¹. En la Sierra se siembra mayoritariamente variedades de maíz de libre polinización de grano suave o blanco, que tiene un rendimiento promedio de 0,82 t ha⁻¹ (Olaya 2023).

El cultivo de maíz es uno de los productos agrícolas más diversos en formas, colores y texturas, en toda Latinoamérica. En Ecuador, el mayor nivel de rendimiento está en la provincia de Los Ríos, con 5,4 toneladas por hectárea. Le siguen de cerca Manabí y Loja (Olaya 2023).

Uno de los principales problemas que deben enfrentar los productores maiceros es el ataque de insectos nocivos que pueden llegar a convertirse en plagas, entre ellos se destacan los conocidos gusanos cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, 1797) y gusano de la mazorca (*Helicoverpa zea* Boddie, 1850). Los daños económicos que ambos ocasionan son cuantiosos, por ello su control constituye una de las atenciones culturales de primera prioridad en las plantaciones de maíz y cuya incidencia en los costos de producción es importante (García y Mero 2020).

El gusano cogollero afecta a la plantación desde los primeros estadios larvales, los daños que causa pueden ser de tal magnitud que inciden en la reducción de los rendimientos en alrededor del 60 % y la rentabilidad, si no se controla a tiempo (Blandino 2020).

Por otra parte, el gusano de la mazorca *Helicoverpa zea* Boddie, 1850, aparece una vez que el cultivo ha emitido las inflorescencias femeninas. Sus daños son causados porque en estado larvario se alimenta de los granos de la parte superior de la mazorca, afectando la calidad de la misma y disminuyendo los rendimientos hasta un 15 %, al igual que su valor comercial (Black 2021).

CAPITULO I.- CONTEXTUALIZACION DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

La incidencia de los dos insectos plaga descritos pueden destruir los esfuerzos productivos de los agricultores de las zonas maiceras del país. Además, se ha comprobado que las afectaciones son mayores si los cultivares son del denominado maíz dulce (*Zea mays* var. *saccharata*). Esta variedad de maíz es cultivada en superficies relativamente pequeñas, sin embargo, su valor comercial es relevante tanto para el consumo fresco como procesado industrialmente, debido a su alto contenido de azúcar es una fuente energética comercializada en forma de productos enlatados, congelados y verduras frescas (Otaola y Rodríguez 2019).

En el control de los gusanos del maíz se han utilizado, comúnmente, productos de origen sintético que pueden provocar impactos ambientales significativos producto de: afectaciones a la salud de los consumidores del maíz fresco por el efecto residual de sus compuestos activos, contaminación de los suelos y las aguas y pérdida de biodiversidad tanto de la flora como de la fauna, entre otros (García et al. 2020).

Una alternativa más amigable con el ambiente y de base agroecológica para controlar los insectos plaga del maíz dulce puede ser el empleo de compuestos de origen biológico como la bacteria gram-positiva que habita en el suelo conocida como *Bacillus thuringiensis* (Bt). Su efecto insecticida está dado porque produce un cristal de proteína tóxico para insectos plaga durante la esporulación. El efecto beneficioso del Bt puede ser una medida de control de los dos gusanos durante todo el ciclo vegetativo del cultivo del maíz (He et al. 2022).

Para el control del gusano de la mazorca en esta investigación se propone utilizar el aceite vegetal, que al aplicarse en los pelos de la mazorca forma una barrera que impide el ingreso de las larvas hacia los granos, además de tapar los orificios de respiración del gusano que muere por asfixia. A lo anterior se puede añadir que este aceite no es tóxico para los humanos ni provoca daños al medio ambiente (Sarwar 2023).

Se pretende proponer alternativas amigables con el ambiente, basadas en principios agroecológicos para el control integrado de plagas que afectan el cultivo del maíz dulce, a partir del empleo de *Bacillus thuringiensis* combinado con aceite vegetal. Los resultados de este

trabajo pueden constituir la base de investigaciones futuras sobre sistemas de manejo integrado de plagas.

1.2. Justificación

Las alternativas que se proponen en esta investigación (*Bacillus thuringiensis* y aceite vegetal) tienen base agroecológica, es decir, amigables con el ambiente, no provocan daños a la salud humana o animal, no afectan la biodiversidad y podrían ser parte de un sistema de Manejo Integrado de Plagas, que redundaría en producciones de maíz de mayor calidad. Otro aspecto que demuestra la actualidad de esta investigación es que contribuirá a disminuir la cantidad de productos agrotóxicos empleados en el control de las plagas que atacan el cultivo, que aun cuando son muy efectivos, su poder contaminante del medio ambiente los hace no aptos para el uso agrícola. Finalmente la sustentación teórica de la investigación está basada en los más recientes hallazgos de los estudios agroecológicos (García et al. 2020).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Proponer productos de origen biológico como alternativas para el control de los gusanos cogollero y de la mazorca para el cultivo de maíz dulce en la parroquia Febres Cordero, del cantón Babahoyo.

1.3.2. Objetivos eespecíficos

1. Identificar el nivel de dosis de *Bacillus thuringiensis* y aceite vegetal más eficiente en el control de *S. frugiperda* y *H. zea*.
2. Determinar el porcentaje de mortalidad de *S. frugiperda* y *H. zea*
3. Analizar la Relación Beneficio – Costo de cada uno de los tratamientos en estudio.

CAPITULO II.- MARCO TEÓRICO

2.1. Origen y distribución del maíz

El maíz es originario de México, científicamente se ha probado que desde ahí fue trasladado a otros lugares del continente americano. A la llegada de los españoles a América lo ven por primera vez en Cuba en 1492. Sin embargo, su aparición data entre los años 800 - 600 AC.

Existen diversas teorías sobre el origen del maíz, cada una se basa en supuestos científicos de la arqueología, la taxonomía, la morfología, análisis bioquímicos, análisis citogenéticos, entre otros. Ellas enfocan el origen en: un maíz silvestre, un teocintle silvestre, un antepasado desconocido. Esta autora afirma que la domesticación del maíz a partir de su selección produjo una especie que depende del hombre, que perdió sus características ancestrales y no es capaz de sobrevivir en la naturaleza. Existen más de 3000 razas y miles de variedades que se han adaptado a disímiles ecosistemas y a los requerimientos de los productores (Acosta 2019).

En el Ecuador el maíz fue introducido desde Mesoamérica 1500 años AC, se supone que fue un elemento básico en la alimentación durante la Fase Chorrera, desde ahí siguió extendiéndose hacia el sur por la costa del Perú. Se supone que en el territorio que hoy comprende el Ecuador el maíz fue mejorado. Como se dijo antes, llegó desde México y América Central como un grano duro, que fue transformándose en un maíz suave, harinoso. Luego volvió a México donde continuaron los cruzamientos con genotipos desarrollados en aquel país. Hoy día existen al menos 25 razas de maíz ecuatoriano. En el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, conocido mundialmente como CIMMYT, el 18 % de las colecciones provienen de Ecuador. Hay variedades adaptadas para diversas condiciones edafoclimáticas y altitudinales (Staller y Thompson 2019).

2.2. Descripción taxonómica del cultivo del maíz dulce

El maíz es una especie de cereal monocotiledóneo con un ciclo vegetativo muy variable que puede ir desde los 80 hasta los 200 días. La descripción taxonómica del maíz dulce (*Zea mays* saccharata) es la siguiente (Acosta, 2019):

- **División:** Macrophyllrophyta.
- **Sudivisión:** Magnoliophytina.
- **Clase:** Nymphaespsida.
- **Orden:** Poales.
- **Familia:** Poaceae.
- **Subfamilia:** Panicoideae.
- **Tribu:** Maydeae.
- **Género:** Zea.
- **Especie:** *Zea mays saccharata*

Zea mays saccharata, conocido como maíz dulce o chulpi, en este tipo de maíz la conversión del azúcar en almidón es retardada durante el desarrollo del endospermo. Se caracteriza también porque su maduración es temprana, tiene mazorca pequeña y un contenido elevado de azúcar en el grano (Sánchez 2024).

La presencia de genes que alteran la síntesis de almidón en el endospermo hace la diferencia entre el maíz dulce y el resto de las variedades, debido a que disminuye la conversión de azúcares en almidón y se incrementan los contenidos de fitoglucógeno. Esta característica le añade un mejor sabor y una textura cremosa, determinados por los contenidos de vitamina E, folatos y carotenos, todo ello le imprime un alto valor alimenticio (Ordás et al. 2017).

Los genes identificados como *su*, *se* o *Sh2* están presentes en las variedades de maíz dulce, ellos proveen a los granos del sabor dulce. En los cultivares de maíz considerados superdulces hay un predominio del gen *Sh2* (Ordás et al. 2017).

Las variedades híbridas de maíz dulce han sido generadas para ser sembradas en áreas temperadas de adaptación para este cultivo en el país, hay otros híbridos adaptados para climas tropicales, y cualquier cambio altera su respuesta al medio y su rendimiento. Por lo tanto, el agricultor debe seleccionar un híbrido apropiado para su zona y objetivo de producción, ya sea para producción temprana, normal o tardía, para consumo fresco o para agroindustria (Saavedra 2020).

2.3. Variedades de maíz dulce

Las variedades de maíz dulce tienden a variar según la dulzura, la calidad del grano después de la cosecha y el vigor en suelos fríos.

2.3.1. Endospermo estándar (su)

Esta variedad ha sido sembrada durante muchos años caracterizándose por el sabor y la textura tradicional a la del maíz dulce. Las mazorcas de esta variedad de maíz dulce tradicional lamentablemente solo conservan su calidad por máximo dos días. Además de que después de la cosecha en el almacenamiento no logran hacerlo sin que cambie la calidad del mismo (Seminis 2015).

2.3.2. Extra dulce (se)

El ciclo vegetativo de este maíz dulce, aunque es mayor que la convencional es relativamente corta. Generalmente es utilizado para ventas locales al por menor y en mercados al por mayor (Seminis 2015).

2.3.3. Shrunken-2 (sh2)

Esta variedad se caracteriza por contener el doble de azúcar que los tipos (SU), la conversión del azúcar en almidón es mucho más lenta, logrando así un mayor periodo de cosecha y a su vez una mayor duración del grano presentando un estado óptimo de calidad para la recolección. No presenta fitogucogeno, esto hace que la textura sea crujiente y un aspecto muy arrugado (Arcila 2015).

2.4. Descripción botánica del maíz dulce

El maíz dulce es una planta cultivada mayormente debido a su alta producción, posee características C4 lo que indica que tiene una alta tasa de actividad fotosintética, siendo así uno de los cultivos con más alto potencial para la producción de carbohidratos por unidad de superficie por día (Paliwal 2018).

2.4.1. Raíz principal

La raíz principal está representada por un grupo de una a cuatro raíces, que pronto dejan de funcionar. Se originan en el embrión y suministran nutrientes a las semillas en las dos primeras semanas (Velásquez 2018).

2.4.2. Raíces adventicias

Las raíces se desarrollan a partir del primer nudo en el extremo del mesocotilo; esto ocurre por lo general a una profundidad uniforme, sin relación con la profundidad con la que fue colocada la semilla. Este tipo de raíz es el principal sistema de fijación de la planta, además de absorber agua y nutrientes (Caicedo et al. 2019).

2.4.3. Tallo

El tallo es simple, erecto, de elevada longitud alcanzando alturas de 2 a 3m, con pocos macollos o ramificaciones, presenta nudos, entrenudos y su médula esponjosa (Kato et al. 2019).

2.4.4. Hojas

La vaina de la hoja forma un cilindro alrededor del entrenudo, pero con los extremos desunidos. Su color es usualmente verde, el número de hojas por planta varía de 8 y 25 por planta (Velásquez 2018).

2.4.5. Inflorescencia

El maíz es una planta monoica, es decir que posee flores femeninas y masculinas que se encuentran ubicados en la misma planta. Las flores son estaminadas si son masculinas y están representadas por la espiga. En cambio, las flores femeninas tienen un pistilo y este está representado por la mazorca (Parsons 2015).

2.4.6. Mazorca

Es la espiga o infrutescencia que tiene forma de cilindro la cual está conformada por el grano, la tusa, el pedúnculo y la cubierta (Izquierdo, 2012).

2.4.7. Grano

El grano de maíz es un fruto independiente llamado cariósipide y consta de tres partes principales: pericarpio, embrión y endosperma. El grosor del pericarpio es fundamental en la calidad del grano especialmente en el destinado a la industria del maíz dulce pues afecta la terneza del grano (Parera, 2017)

2.5. Requerimientos edafoclimáticos

Según Yépez y Silveira 2019, para las condiciones del Litoral centro ecuatoriano, las siembras de maíz deberán iniciarse tan pronto se inicien las lluvias, siendo inconveniente sembrar en plena estación lluviosa, porque el rendimiento disminuye apreciablemente.

En el proceso de germinación del maíz dulce las temperaturas no pueden ser menores a 4°C; durante la floración y la fructificación esta cambia desde 25°C hasta 30°C, logrando poder soportar mayores temperaturas (Segura y Andrade 2018)

La precipitación que haya durante todo el periodo vegetativo es fundamental para el crecimiento y el rendimiento del maíz; existen tres etapas donde es indispensable el recurso hídrico que es en su crecimiento, en la floración y en la fructificación (Oñate 2016).

El cultivo de maíz dulce es muy sensible a la falta de riego y a la saturación de los espacios inter específicos del mismo, es decir que los suelos saturados o sobresaturados no son idóneos para este cultivo. Los suelos francos que presentan una textura media son los más favorecedores para poder llevar a cabo el cultivo de maíz. Una vez que es realizada la siembra no puede ocurrir un aniego hasta aproximadamente los 20 días ya que esto puede dañar el cultivo debido a que el meristemo se encuentra en el suelo y esto empeora aún más si es acompañado de temperaturas altas (Deras y Serrano 2018).

2.6. Importancia económica del maíz

El maíz es un cultivo de gran importancia económica no solo por su incidencia en la dieta de humanos y animales. El maíz tuvo una producción de aproximadamente 348,8 millones de toneladas en 2022, Estados Unidos se mantuvo como el principal país productor de maíz del

mundo. China y Brasil se situaron en segunda y tercera posición, respectivamente, ambos con cosechas superiores a los 100 millones. De hecho, entre las tres naciones englobaron casi dos terceras partes del volumen total producido de este cereal a nivel global durante el año referido (Orus 2024).

El maíz dulce en la actualidad ha sido objeto de estudio debido a la alta demanda que está presentando. El consumo de este principalmente es de manera natural es decir directo de la mazorca o como productos industrializados a partir del grano mediante enlatados (Fleitas y Grabowski, 2014).

El consumo y comercio del maíz dulce en el Ecuador se da de manera principal en los mercados nacionales y la venta se realiza dependiendo de la calidad que tiene el producto (Villacis 2019).

2.7. Principales plagas que atacan el cultivo del maíz

El cultivo de maíz es atacado por diversas plagas en todos los sitios en que se desarrolla, entre las más comunes se encuentran las que a continuación se relacionan: gusano cogollero [*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)], gusano de la mazorca o elotero [*Helicoverpa zea* (Boddie)], gusano soldado [*Spodoptera exigua* (Hübner)], mosca de los estigmas [*Euxesta stigmatias* Loew], entre otras (García et al. 2020).

La incidencia del gusano cogollero se puede observar en los huecos irregulares que deja en las hojas al comérselas, posteriormente se alimenta del cogollo. Sus consecuencias pueden llegar a la destrucción del cultivo. En la Figura 1 se pueden observar las fases que componen el cultivo del maíz, así como el momento en que cada insecto plaga lo ataca. Por otra parte, los efectos del *Helicoverpa zea* se ven directamente en la mazorca, pues sus larvas se alimentan de los granos frescos (Herrera 2021).

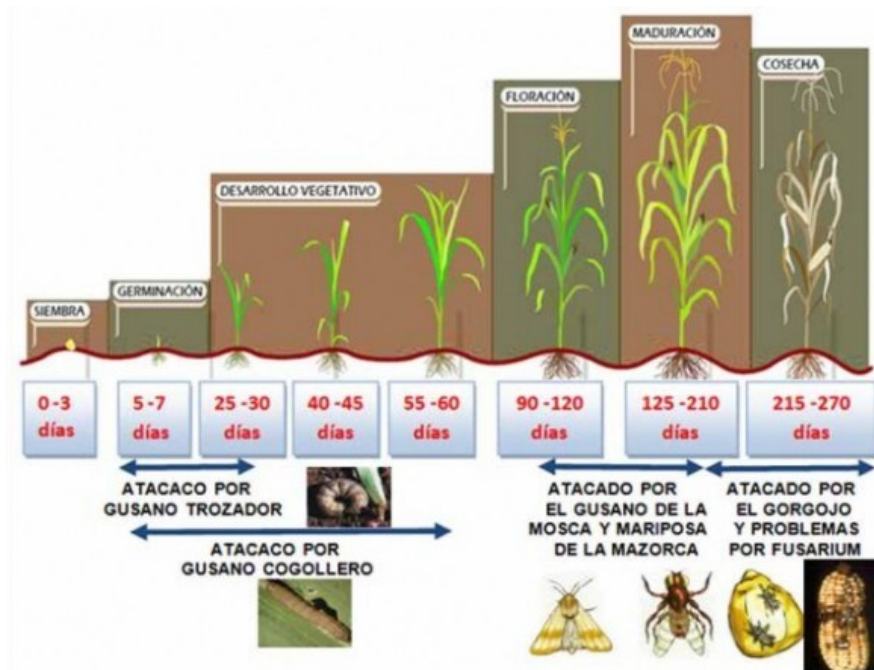


Figura 1. Ciclo del cultivo de maíz e incidencia de diversas plagas, García et al. (2020).

2.7.1. Gusano cogollero: *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)

2.7.1.1. Clasificación del insecto

El *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) es comúnmente conocido por diversos nombres entre ellos están: gusano cogollero (por su incidencia en el cultivo del maíz), oruga cogollera o militar tardía (este último por la afectación a las plantaciones tardías de maíz). Aunque es necesario aclarar que otros cultivos también son atacados por este insecto, un ejemplo de ellos es el sorgo (Pashley 2018):

La clasificación científica de este insecto se muestra a continuación (Pashley 2018):

- **Clase:** Insecta.
- **Orden:** Lepidoptera.
- **Familia:** Noctuidae.
- **Género:** Spodoptera.
- **Especie:** *S. frugiperda* J. E. Smith, 1797

2.7.1.2. Distribución geográfica del insecto

La distribución geográfica de *Spodoptera frugiperda* es amplia, ya que esta especie se encuentra principalmente en las regiones tropicales y subtropicales de América. Se ha observado su presencia en toda América del Norte, América Central, América del Sur y algunas islas del Caribe. Sin embargo, en los últimos años se ha extendido a otras regiones fuera de su distribución original, lo que ha generado preocupación en la comunidad agrícola. El gusano cogollero ha demostrado una notable capacidad de adaptación a diferentes entornos, lo que le ha permitido establecerse en una variedad de cultivos, incluyendo maíz, sorgo, arroz, algodón y pastos forrajeros (López 2021).

Su distribución geográfica también se ve influenciada por factores climáticos, ya que prefiere las zonas cálidas y húmedas para su desarrollo y reproducción. Además, la movilidad de esta plaga, tanto a través del vuelo como del transporte humano, ha contribuido a su dispersión a nuevas áreas. Esta amplia distribución geográfica representa un desafío para los programas de manejo y control de plagas en la agricultura, lo que subraya la importancia de la colaboración internacional en la vigilancia y gestión de *Spodoptera frugiperda* (Álvarez et al. 2022).

2.7.1.3. Biología del insecto

En la Figura 2, se puede apreciar el ciclo de vida del *Spodoptera frugiperda*, que oscila entre 24 y 40 días. La fase en que causa los mayores daños al cultivo de maíz es la de larva que comprende un período de 14 – 22 días (Nájera 2024).

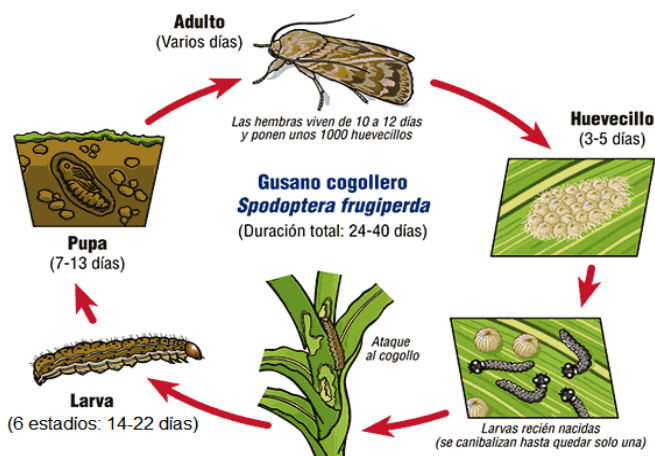


Figura 2. Ciclo de vida del *Spodoptera frugiperda*, (Nájera 2024).

En la Figura 3, se puede observar el gusano cogollero en su fase adulta, el cual es una mariposa de hábitos nocturnos, con una longitud de 40-45 mm que puede tener una envergadura en sus alas de 17-18 mm (Nájera 2024).



Figura 3. *Spodoptera frugiperda* en su fase adulta (Nájera 2024).

Costa et al (2021) expresan que la hembra de este gusano deposita grupos de 100 a 200 huevos en el haz y en el envés de las hojas, acción que realiza casi siempre durante las noches. Los huevos depositados son cubiertos con escamas para protegerlos, aunque también pueden aparecer sin ellas como se aprecia en la Figura 4.



Figura 4. Hojas del cultivo de maíz con presencia de huevos de *Spodoptera frugiperda* J.E.

Smith, Costa et al (2021)

Chatterjee et al (2023) manifiestan que las larvas en su etapa inicial son de color verde-amarillento, con tonos claros longitudinales en forma de bandas, en tanto que la cabeza es de color oscuro. Posteriormente su color está relacionado con los alimentos que ingieren, de

cualquier manera, predomina el color oscuro con unas listas amarillentas, en los costados es más oscuro, casi negro. La cabeza es de un tono carmelita, con una Y de color blanco (Figura 5).



Figura 5. Larva de *Spodoptera frugiperda*, Chatterjee et al (2023)

Las larvas se alimentan, desde muy pequeñas, de tejidos vegetales, cuando alcanzan su máximo desarrollo se entierran en el suelo hasta transformarse en pupas que pasados de 7-13 días se convierten en las mariposas o polillas nocturnas del estado adulto. Si las infestaciones comienzan tempranamente y llegan a tener altas poblaciones, se pueden presentar de dos a tres generaciones del gusano cogollero, desde la emergencia de las plántulas hasta la floración (Maruthadurai y Ramesh 2020).

2.1.7.4. Daño económico

El daño a la planta de maíz puede comenzar prácticamente desde que la planta nace y unos días después del nacimiento de la larva. En esa etapa la planta puede ser cortada o defoliada, lo cual puede llegar a producirle la muerte (Pepa, 2019).

Rodríguez (2024), expresa que después que las plantas tienen más de seis hojas y que el gusano llega al tercer instar la larva se introduce en el cogollo de las plantas, por lo que es difícil de observar y por tanto de combatir. Sus efectos se observan una vez que las hojas se abren. Los mayores daños se producen debido a que las perforaciones realizadas por las larvas debilitan y quiebran las hojas de la planta de maíz por lo que pierden su parte distal (Figura 6). Las mazorcas

también son atacadas por el gusano que puede comer granos y disminuir el valor comercial del producto cosechado (Figura 7).



Figura 6. Daños provocados por *Spodoptera frugiperda* en una planta de maíz, Rodríguez (2024)



Figura 7. Mazorca de maíz dañada por la acción del gusano cogollero, Rodríguez (2024)

2.1.8. Gusano de la mazorca o elotero: *Helicoverpa zea* (Boddie)

2.1.8.1. Clasificación taxonómica de *Helicoverpa zea* (Boddie)

Moreira et al (2020), manifiestan que este insecto es conocido comúnmente como gusano de la mazorca, gusano elotero, del fruto o bellotero. Los dos primeros provienen de sus efectos en el cultivo del maíz, mientras que los otros son por su incidencia en tomate, berenjena, chile, haba y algodón, por solo mencionar algunas de las casi 100 especies que son sus hospederas. Responde al nombre científico de *Helicoverpa zea* (Boddie), aunque también se conoce como *Heliothis zea*. Su clasificación es la siguiente:

- **Clase:** Insecta.
- **Orden:** Lepidoptera.
- **Familia:** Noctuidae.
- **Género:** *Helicoverpa*.
- **Especie:** *H. zea* (Boddie).

2.1.8.2. Distribución geográfica del insecto

La distribución de *Helicoverpa zea*, también conocida como gusano elotero del maíz o gusano del algodón, está muy extendida en todo el continente americano, desde Canadá hasta Argentina. Esta plaga es muy adaptable y prospera en una variedad de climas, incluidas regiones templadas, subtropicales y tropicales. En Estados Unidos, es particularmente frecuente en los estados del Medio Oeste y del Sur, donde causa daños importantes a los cultivos de maíz y algodón (Hernandez 2020).

La distribución de *Helicoverpa zea* está influenciada por factores como la temperatura, la humedad y la disponibilidad de plantas hospedantes. Además, la capacidad de la polilla para migrar largas distancias contribuye aún más a su extenso rango geográfico. Comprender la distribución de este insecto es crucial para implementar estrategias efectivas de manejo de plagas y minimizar el impacto económico en la producción agrícola (Zhao 2022).

2.1.8.3. Biología del insecto

En la Figura 8 se puede observar el ciclo de vida del *Helicoverpa zea*, el cual tiene entre 28 y 45 días. En la fase de larva, que dura entre 14 y 25 días, es en la que se producen los mayores daños al cultivo de maíz dado que se introduce en las espigas luego de que aparecen las inflorescencias femeninas, evitando de esa manera la acción de insecticidas y de enemigos biológicos (Dourado et al 2021).

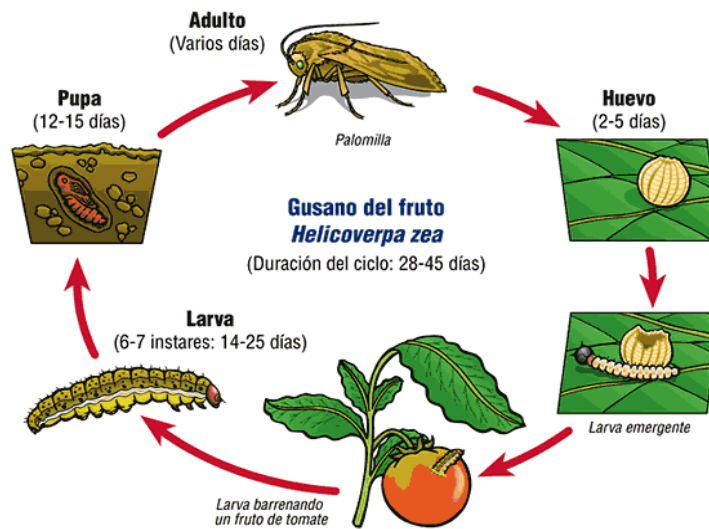


Figura 8. Ciclo de vida del *Helicoverpa zea* (Dourado et al 2021).

En correspondencia con sus hábitos alimenticios se registra como polífago, pues ataca diversas especies como se dijo en el párrafo anterior, sin embargo, las mazorcas de maíz están en sus preferencias, especialmente del maíz dulce. En cada mazorca solo se encuentra un individuo producto del canibalismo que caracteriza a esta especie (Murúa et al. 2021).

Ríos et al (2020) mencionan que en estado adulto el insecto se puede reconocer porque mide de 30 a 40 mm al extender sus alas. El macho tiene las alas anteriores de color amarillo pajizo a pardo verdoso con una mancha cerca del centro del ala. Por su parte la hembra tiene en esas alas un color pardo amarillento y las manchas se ven menos por estar cubiertas por una línea delgada (Figura 9).



Figura 9. *Helicoverpa zea* (Boddie) en estado adulto, Ríos et al (2020)

La hembra del *Helicoverpa zea* (Boddie) es capaz de depositar entre 1000 y 1500 huevos en las inflorescencias femeninas del maíz, en los brotes terminales (Ríos et al. 2020).

2.1.8.4. Daño económico

Esta es una de las principales plagas que ataca el cultivo del maíz. Es difícil que una plantación pueda escapar de su ataque. Si el mismo llega a la categoría de severo, es probable, que todas las mazorcas se encuentren dañadas. La ovoposición se realiza luego del inicio de la aparición de las inflorescencias femeninas, los huevos son puestos en los estigmas de la mazorca. Desde pequeñas las larvas dañan los pelos y reducen la polinización. Posteriormente las larvas van penetrando en las mazorcas para alimentarse de los granos en especial de los de la parte apical. La magnitud de los daños económicos son apreciados durante la cosecha (Chi Serrano 2019).

La alimentación de las larvas es de granos. Ellas alcanzan a destruir los estigmas y penetrar por el extremo de la mazorca. Por lo general el daño se limita a la parte apical (Bentancourt y Scatoni 2018).

Los daños no solo son los provocados por el gusano de la mazorca, sino por los causados por otros insectos y microorganismos que penetran en las perforaciones de las larvas y como consecuencia aparecen pudriciones secundarias (Possebom 2023). Figura 10.



Figura 10. Daños provocados en la mazorca por *Helicoverpa zea*, (Possebom 2023).

2.8. Control de plagas

El control de las plagas antes mencionadas generalmente ha sido con insecticidas químicos con un efecto de amplio espectro, que provocan un impacto negativo en la fauna y la flora de los suelos y el ambiente. Ellos causan la muerte de organismos nocivos, pero también de los benéficos que hay en los suelos y las aguas. Estos agrotóxicos pueden causar daños a la salud de las personas, a través de intoxicaciones, enfermedades de la piel, cáncer (FAO, 2018).

La efectividad del control de *Spodoptera frugiperda* está dada por la aplicación oportuna de los productos empleados. Si ésta se realiza en las edades tempranas del insecto, es decir, en los dos primeros de los 6 o 7 instares por los que pasa el insecto, con gotas pequeñas que penetren en las partes aéreas y terrestres de las plantas, así como en el cogollo, la efectividad es alta. Sin embargo, si se hace cuando las orugas son de gran tamaño y poseen resistencia, además de estar protegidas de la acción de los plaguicidas, el control de poco eficiente (Pepa, 2019).

La vigilancia para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo del maíz debe ser desde la emergencia y hasta la floración, es decir desde los 5 hasta los 60 días aproximadamente. El monitoreo debe hacerse por lo menos una vez por semana. Durante todo ese período puede ser combatido por diversos medios. Luego de aparecer las mazorcas el gusano se introduce en ellas y no es posible controlarlos pues los plaguicidas no los afectarían. En los muestreos se debe buscar la presencia de huevos y larvas, daños en las hojas o el tallo (plantas pequeñas). Si se encuentran larvas se identifica el estadio de desarrollo en que se encuentran y la cantidad. Una planta se considera atacada si en ellas se observa alguno de los elementos señalados en el párrafo anterior. Por cada parcela se calcula el porcentaje de plantas afectadas (Villanueva 2024).

El nivel de daños se puede determinar por la escala de (Davis et al., 1992), citado por Pepa (2019), cuyas escalas se exponen brevemente a continuación:

0-1: Lesiones provocadas durante el primer instar de las larvas (L1). El daño no se ve, o las lesiones son muy parecidas a las que causa un alfiler.

2-3: Las larvas que causan estas lesiones son del segundo instar (L2). Se pueden apreciar lesiones como las de los estadios anteriores, además de otras pequeñas en forma de

círculos de 1-1,5 mm o alargadas pequeñas de 1,3 cm, sin que se perfora la membrana epidérmica.

4-9: Los instares del 3-6 son los que los provocan. Las lesiones pueden ser de cualquier forma y tamaño, en todos los casos la membrana epidérmica está perforada.

Los productos más eficaces para el control son los aceitosos, pues en ellos las gotas tienen mayor peso y pueden penetrar en el cogollo, de manera que las hojas son “tocadas” y la protección se hace mayor en el tiempo (Riaz 2021).

Wang et al (2023) propusieron una escala para evaluar los daños causados por el gusano de la mazorca y con ellos hallar un índice promedio, para ello se contabiliza la cantidad de mazorcas afectadas, las gradaciones son las siguientes:

Grado 1: Sin daño.

Grado 2: Solo los pistilos son afectados.

Grado 3: Las afectaciones llegan hasta 2 cm. desde la punta de la mazorca.

Grado 4: Hasta 4 cm. desde la punta de la mazorca presentan daños.

Grado 5: Los daños superan los 4 cm. hacia el interior de mazorca.

El índice promedio de daños propuesto por Wang et al (2023) se calcula con la siguiente ecuación:

$$ID = \frac{N_1(1) + N_2(2) + N_3(3) + N_4(4) + N_5(5)}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5}$$

Donde:

ID: es el índice promedio de daños a las mazorcas.

$N_1 \dots N_5$: cantidad de mazorcas en cada grado de afectación.

El índice de daños se incrementa según aumentan las afectaciones a las mazorcas, mientras más cercano esté al valor de 1,00 menor será el efecto del gusano de la mazorca.

2.8.1. Organismos y productos benéficos para el control de plagas

La referencia a organismos y productos benéficos para controlar las plagas está dada por el empleo de los enemigos naturales o de productos de origen biológico. Para que esta forma de control sea efectiva se deben seguir algunos pasos como son: identificar el organismo plaga que ataca el cultivo; reconocer sus enemigos naturales; estimar las poblaciones de ambos. Si los enemigos naturales tienen una población mejor que la del insecto plaga, el control será lento o inefectivo (Peña 2017).

Sarwar (2023) menciona que las ventajas que tiene el control de plagas con organismos y productos benéficos son las siguientes:

1. Se respeta el medio ambiente al no emplear productos tóxicos que pueden afectar la fauna edáfica y la salud de los seres humanos.
2. Se impide la aparición de grandes poblaciones de insectos plaga, trayendo como consecuencias que disminuyendo las pérdidas en la producción del cultivo.
3. Los productos aplicados no causan daño a los insectos que son benignos para el desarrollo del cultivo.

La principal desventaja de estos organismos y productos es que no actúan rápidamente, sino que es un proceso lento, “natural” dirigido a ciertos tipos de insecto, contrario a todo lo que ocurre con los insecticidas de origen químico que actúan sobre un amplio espectro de organismos, tanto perjudiciales como benéficos. Uno de los medios biológicos más empleados y eficientes para el control del *Spodoptera frugiperda* es el *Bacillus thuringiensis*, que es capaz de reducir las poblaciones y reducir los daños que provoca el gusano cogollero (Avilés 2020).

Este autor recomienda el empleo de una dosis de $2,5 \times 10^9$ esporas/mL, lo cual implica 1-5 L/ha. La acción del *Bacillus thuringiensis* se debe a que en la esporulación produce una proteína cristalina, tóxica, conocida como delta-endotoxina, que afecta el tracto digestivo de las larvas hasta que provoca una parálisis, debido a que se detiene el proceso alimentario, es especialmente efectivo en los primeros estadios del gusano (Lizárraga 2019).

2.8.2. Sustancias de origen vegetal

Los productos de origen biológicos han sido empleados desde hace muchos años. Un ejemplo de ellos son sustancias obtenidas de extractos de semillas del árbol del neem (*Azadirachta indica* A. Juss) que son efectivas en el control de muchas plagas. Por su baja toxicidad para los seres humanos y los organismos benéficos el aceite de neem es un producto ecológico de grandes posibilidades para el control de *Helicoverpa zea*, según Gruber (1992) citado por Chi Serrano (2019).

El aceite vegetal comestible se ha empleado en Ecuador para el control de gusanos de la mazorca con resultados muy favorables. Según estos autores el aceite actúa como una barrera que impide el ingreso de las larvas en el interior de la mazorca y por otra parte taponea los orificios por donde respira el insecto que finalmente muere por asfixia. Las dosis empleadas son tres gotas por mazorca, por lo que requieren de 1,5 a 2,0 litros por hectárea. Las aplicaciones se pueden realizar con goteros, esponjas o motas de algodón en el orificio por donde salen los estigmas o pelos (Dobronski et al. 2017).

2.8.3. Sustancias de origen químico

Para controlar *Spodoptera frugiperda* y *Helicoverpa zea* se emplean diversos insecticidas cuyos principios activos tienen su base en: Lufenuron, Clorpirifos, Cipermetrina, Diflubensuron, Spinetoram, Deltametrina, Carbaryl, Lambdacialotrina, Metomil y Endosulfán. A continuación, se exponen detalles de algunos de ellos. El Lufenuron es el compuesto activo de insecticidas comerciales como el Match, que se considera inhibidor de la síntesis de quitina, en realidad el más rápido. Es eficiente en el control de las larvas de cualquier edad que ingiera el producto. Las ventajas que se le reconocen son que su largo tiempo de control, la acción rápida, su no incidencia sobre los organismos benéficos pues no actúa por contacto, sino por ingestión. Se categoriza como Medianamente Tóxico (categoría III). La acción del clorpirifos es variada, puede ser contacto, ingestión e inhalación. Además, su eficacia radica en que penetra en los tejidos de las hojas, por esas razones facilita el control de minadores, masticadores y chupadores (Agroquim, 2015).

La cipermetrina es otro de los compuestos activos de varios insecticidas comerciales de origen químico. Su acción es neurotóxica, de forma inmediata y persiste en el ambiente, es efectiva en insectos a adultos y larvas, por contacto e ingestión. Clorpirifos y cipermetrina se combinan en varios insecticidas comerciales que son clasificados en la categoría toxicológica de moderadamente peligrosos (categoría II). Su efectividad va más allá que la mera suma de los dos compuestos, provocando alteración de las funciones nerviosas y musculares de los insectos (Agroquim, 2015).

El diflubensuron contrala las larvas al interferir en el metabolismo de la quitina, esto hace que se impida la muda causa su muerte. La efectividad es por ingestión y contacto. Se considera que no es tóxico para las lombrices del suelo y poco tóxico para abejas y otros organismos benéficos (Agrochem, 2015).

El momento de establecer las aplicaciones puede identificarse con el empleo de trampas de luz. De cualquier manera, es común que la primera aplicación se realice una vez que aparecen las inflorescencias femeninas o estigmas, luego se debe hacer otra aplicación pasada una semana (Agrochem, 2015).

2.9. Antecedentes investigativos del control biológico sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) y *Helicoverpa zea* (Boddie)

Vázquez et al (2015) en un estudio evaluaron y caracterizaron cinco cepas mexicanas de *Bacillus thuringiensis* con actividad hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* mediante bioensayos, perfiles proteicos, patrones de DNA plasmídico, y PCR. Los bioensayos mostraron que dos de las cinco cepas estudiadas, LBIT- 13 y LBIT-418, mostraron alta toxicidad hacia *S. frugiperda*, con CL50 de 137,2 y 197,2ng·cm⁻², respectivamente, al compararse con el estándar comercial HD-1 (CL50 de 142ng·cm⁻²). Asimismo, las cepas LBIT-44, LBIT-383 y LBIT-428 mostraron menores niveles de toxicidad con CL50 de 338,2; 474,5; y 523,8ng·cm⁻²; respectivamente.

Se evaluó la actividad insecticida de las cepas M3001, M3003, M3004, M3007, M3008, M4001, M2006, M5002, M5004 y M28005 de *Bacillus thuringiensis* Bt. contra *Spodoptera frugiperda* las cuales provienen de suelos de Funza y Sylvania (Cundinamarca) Tunja

(Boyacá) en cultivos de frijol, arveja, maíz y naranja, comparadas con un testigo comercial HD1 (Subsp. Kurstaki), contra *S. frugiperda*. Los resultados indicaron que los aislamientos M3008 y M4001 presentaron mayores promedios de mortalidad, de 75 % y 71,65 % respectivamente, en las larvas en dieta purificada, comparada con la mortalidad de la CL50 del testigo comercial (Díaz 2016).

Drouet (2018), mediante un estudio sobre la aplicación de *Bacillus thuringiensis* en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) del híbrido de Maíz, se demostró que las dosis altas (1500 y 1250 cc/ha) de *Bacillus thuringiensis* tienen una efectividad similar a la alcanzada en el tratamiento con cipermetrina, sin diferencias significativas en la mayoría de las variables evaluadas. También se evidenció que el testigo absoluto fue el tratamiento más atacado y que las aplicaciones de BT y de cipermetrina no permitieron que se llegara al umbral de daño económico del cultivo. Se recomienda emplear el BT como una alternativa tecnológica limpia para el control del gusano cogollero, con el fin de disminuir la contaminación de los suelos y las aguas, así como evitar que se introduzcan sustancias nocivas en la cadena alimenticia.

Ramírez et al (2020) mencionan en su estudio sobre “Evaluación de bioinsecticidas para el control de larvas de *Spodoptera frugiperda*, en condiciones de laboratorio”, que la mayor tasa de mortalidad se presentó con la aplicación de T7 (*Bacillus thuringiensis* en dosis 3.0g/L) en larvas de *S. frugiperda* del tercer y quinto estadio con una efectividad 86.7 y 73.3% respectivamente. Por último, se concluyó que todos los bioinsecticidas demostraron una mayor eficacia para combatir larvas de gusano cogollero al emplearse en dosis altas (3.0 g/L) que al emplearse dosis medias o bajas.

Terrones et al (2018) mencionan en su estudio que el Benzoato de emamectina (0.150 L ha^{-1}) aplicado sólo o en combinación con los biológicos *B. thuringiensis* (0.512 kg ha^{-1}) y *B. bassiana* (0.750 L ha^{-1}), fueron los tratamientos más consistentes de mejor efecto, en general con una significativa ($P \leq 0.05$) menor incidencia y severidad de daños, repercutiendo en una mayor altura y vigor de planta. Producto de este efecto se obtuvo una mayor producción de maíz, con un promedio de 7.45 t ha^{-1} . La longitud y diámetro de la mazorca y el peso de grano por planta, fueron los componentes más directamente relacionados al efecto de rendimiento.

Rutte et al (2020) demostraron con su estudio que las cepas IN-24, IN-30 e IN-34 ocasionaron 100% de mortalidad en *S. frugiperda* y las cepas IN-19, IN-24 e IN-25 ocasionaron 100 % de mortalidad en *A. argillacea*, mientras que la cepa IN-24 ocasionó 100% de mortalidad en ambas especies. Por otra parte, la prueba de la dieta artificial reveló que las cepas IN-34, IN-01 e IN-31 ocasionaron los mayores porcentajes de mortalidad en *S. frugiperda* y *A. argillacea*, respectivamente. Se concluyó que existe varias cepas nativas de *B. thuringiensis* que pueden controlar *S. frugiperda* y *A. argillacea*.

Ezeta et al (2018) mencionan en su estudio sobre control biológico contra *S. frugiperda* y *H. zea* en cultivo de maíz, que la mayor eficacia insecticida se alcanzó con *Bacillus thuringiensis* con 3 y 5 cc/l. *Metarhizium anisopliae* con 3 cc/l logro el mejor rendimiento en variables como, altura de planta, peso de mazorcas y rendimiento kg/ha. Los productos biológicos aplicados mostraron su efecto controlador en poblaciones de larvas de *S. frugiperda* y *H. zea*.

Guevara (2018) en su estudio demostró que los tratamientos con el extracto acuoso de hojas de *S. molle* (200 ml) y *Bacillus thuringiensis* (1.8 g/L), solos y en mezcla, disminuyeron significativamente el número de larvas de *Helicoverpa zea* detectadas a la cosecha de mazorcas frescas en el campo.

Pacheco y Gabriel (2021), demostraron en su estudio que la mejor dosis en toda la fenología del cultivo de maíz fue de 900 gr de Dipel (*Bacillus thuringiensis*) reduciendo a un 20% a 25% de incidencia y daño de *Helicoverpa zea*.

CAPITULO III.- METODOLÓGIA

3.1. Ubicación y descripción del campo experimental

El estudio se realizó bajo condiciones de estación seca en la Hacienda María Italia, ubicada en el sector Febres Cordero, cantón Babahoyo, provincia Los Ríos. Las coordenadas planas de un punto en el centro del área de investigación son: 664582, 9827756 de la zona 18, según la proyección UTM de la cartografía WGS84.

La estación meteorológica ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo es la más cercana al área de estudio, reporta para la zona un clima Tropical húmedo según la clasificación de Köppen, con una temperatura media anual de 25,5°C, precipitación anual 2.329 mm, humedad relativa de 80 % mensual, heliofanía promedio mensual de 74 horas de brillo solar. Estas condiciones son propicias para el desarrollo del cultivo de maíz dulce.

3.2. Material de siembra

Como material de siembra se utilizó el Maíz dulce Bandit F1, cuyas características son: Maíz dulce de color amarillo. Amplia área de adaptación, con buen potencial productivo con endospermo sh2. Las plantas son de 229 cm de alto con mazorca de 19 cm de largo por 5 cm de diámetro. Los granos están dispuestos en 16 a 18 hileras en la mazorca. Apto para mercado fresco e industria. Ciclo de 80 días. Presenta resistencia inmediata a virus de enanismo del maíz (MDMV), roya común (Ps): Pst - UM

3.3. Metodología y tipo de investigación

Se realizó una investigación correlacional, cuantitativa de tipo experimental en la que se conformaron diversos tratamientos para probar la efectividad de diferentes productos en el control de los gusanos cogollero y de la mazorca. Los resultados obtenidos sirvieron para ofrecer recomendaciones para el manejo de estas plagas.

3.4. Métodos

Los métodos que se utilizaron son: Deductivos - Inductivos, Inductivos - Deductivos y el Método Documental.

Los métodos de investigación Deductivos – Inductivos e Inductivos – Deductivos fueron empleados en la identificación de los tratamientos a desarrollar, así como en el análisis de los resultados de las mediciones de las variables estudiadas y su comportamiento a lo largo del ciclo del cultivo.

El método de investigación Documental se utilizó en la elaboración del marco teórico que fundamenta la investigación, por otra parte, fue utilizado para discutir los resultados y fundamental para apoyar la discusión de los resultados al hacer la comparación con los obtenidos en investigaciones anteriores.

3.5. Variables operacionales

- **Variables independientes:** productos empleados para el control de los gusanos y sus dosis.
- **Variables dependientes:** efecto de los productos empleados en el control de los gusanos cogollero y de la mazorca.

3.6. Población y muestra

La población objeto de estudio estuvo compuesta por las plantas de maíz dulce que se establecieron en las parcelas de la investigación y las mazorcas que las mismas produzcan.

La muestra estudiada represento un conjunto de 10 plantas seleccionadas al azar en cada parcela. En ellas se evaluaron todas las variables consideradas en la investigación.

3.7. Técnicas

En cada tratamiento y sus réplicas se seleccionaron 10 plantas al azar, en las hileras centrales de las parcelas y dejando un metro al inicio y final de cada una para evitar el efecto de borde.

En las plantas seleccionadas se realizaron las siguientes mediciones:

- Número de larvas de *S. frugiperda*: a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra.
- Porcentaje de daño (severidad) en plantas.

- Número de larvas de *H. zea* a los 5, 10, 15 y 20 días después de aparecer la inflorescencia femenina.
- Porcentaje de daños en mazorcas.
- Porcentaje de eficacia de bioproductos
- Cantidad de mazorcas cosechadas por parcela.
- Altura de planta
- Rendimiento en kg/ha⁻¹.
- Costos por tratamientos.

3.8. Tratamientos

Tabla 1. Tratamientos utilizados en la investigación.

Tratamientos	Descripción
T1	<i>Bacillus thuringiensis</i> 1 g/L
T2	<i>Bacillus thuringiensis</i> 2 g/L
T3	<i>Bacillus thuringiensis</i> 1 g/L + aceite vegetal (4 gotas)
T4	<i>Bacillus thuringiensis</i> 2 g/L + aceite vegetal (4 gotas)
T5	<i>Bacillus thuringiensis</i> 1 g/L hasta la inflorescencia femenina
T6	<i>Bacillus thuringiensis</i> 2 g/L hasta la inflorescencia femenina
T7	Producto químico (testigo comercial)

Nota: La cepa de *Bacillus thuringiensis* fue adquirida del Laboratorio INIAP Pichilingue

Elaborado por: Autor

Los tratamientos 1 y 2 consideran el empleo de *Bacillus thuringiensis* durante todo el ciclo vegetativo, o sea, para el control de los gusanos cogolleros y de la mazorca.

En los tratamientos 3 y 4 el control del gusano cogollero se realizó con *Bacillus thuringiensis*, luego de aparecer las inflorescencias femeninas se aplicó aceite vegetal para combatir el gusano de la mazorca.

En los tratamientos 5 y 6 se usó *Bacillus thuringiensis* para enfrentar la presencia de *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, como “tratamientos absolutos”, para cuantificar los efectos del gusano de la mazorca al emplear *Bacillus thuringiensis* solo hasta la aparición de la inflorescencia femenina.

El tratamiento 7 fue una especie de testigo comercial pues durante todo el ciclo vegetativo se utilizó productos químicos para el control de ambos gusanos.

Las aplicaciones se realizaron a los 7 días después de la siembra (dds). Dependiendo del grado de afectación el control de *Spodoptera frugiperda* se realizó a los 15 y 30 dds.

El control de *Helicoverpa zea*, comenzó cuando aproximadamente el 30 % de las plantas presentaron mazorcas con pelos, luego se realizaron otras dos aplicaciones ocho y 15 días después de la primera. Las aplicaciones se ejecutaron directamente en los estigmas.

El tratamiento 7 (testigo comercial) consistió de la siguiente manera: (i) a los 7 dds se aplicó 1,25 mL/L de agua de clorpirifos más cipermetrina; (ii) a los 15 dds se aplicaron 0,75 g/L de agua de diflubensuron más lambdacialotrina; (iii) a los 30 dds se preparó lo que comúnmente se conoce como cebo con la mezcla de 400 mL de clorpirifos más cipermetrina disueltos 3 L de agua y mezclados con arena (volumen de un balde de 20 L) que se fue depositando en el cogollo de cada planta. Por último, para controlar el *Helicoverpa zea* se utilizó Spinetoram a razón de 0.5 centímetros cúbicos por litro de agua.

El esquema de distribución de los tratamientos y réplicas se puede observar en la Figura 11.

T2	T4	T6	T5	T1	T2	T7
T5	T1	T4	T7	T2	T6	T3
T2	T5	T1	T6	T3	T7	T4

Figura 11. Esquema del Diseño de Bloques Completos al Azar.

Elaborado por: Autor

3.9. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. Las parcelas tuvieron 6,00 metros de largo por 5,40 metros de ancho, de manera que considerando un marco de plantación de 90 cm entre hileras y 25 cm entre plantas; fueron seis hileras, las mediciones se realizaron en las cuatro hileras del centro.

3.10. Manejo del experimento

Se utilizaron todas las labores culturales que requiera el cultivo del maíz dulce durante el desarrollo de la investigación.

3.10.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó con discos de arado para remover la capa superior permitiendo que el suelo quede suelto al momento de sembrar.

3.10.2. Siembra

Se realizó una siembra directa con 1 semillas por hueco.

3.10.3. Control de malezas

Se controló las malezas con ayuda de machetes de forma manual dentro de cada parcela experimental.

3.10.4. Monitoreo

Se realizó un monitoreo de forma directa en la cual se tomaron 10 muestras por cada tratamiento antes y después de cada aplicación en una forma aleatoria, la misma que permitió utilizar un umbral de 2 organismos para la toma decisión, se lo ejecuto cada 10 días.

3.10.5. Riego

El riego se lo realizó de acuerdo a sus estados fenológicos, mediante sistema por aspersión, en la cual el agua se la distribuyo por todas las parcelas estudiadas.

3.10.6. Fertilización

La fertilización se la efectuó con la utilización de dos tipos de fertilizantes. Uno que contiene 3 elementos esenciales e indispensables para lograr un crecimiento óptimo en las plantas que son el nitrógeno, el fósforo y el potasio, es decir el fertilizante 8-20-20, en donde con ayuda de un espeque se procedió a colocar 100 kg/ha de este fertilizante. Además, se aplicó 250 kg de urea a los 15-25-35 días después de la siembra.

3.10.7. Cosecha

Se procedió a cosechar en cada parcela de forma manual.

3.11. Variables a evaluar

3.11.1. Número de larvas de *S. frugiperda*: a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra

Para la determinación de número de larvas de *S. frugiperda*, se realizó un monitoreo de forma directa en 10 plantas por cada tratamiento en una forma aleatoria.

3.11.2. Porcentaje de daños (severidad) en plantas

Para determinar el porcentaje de daños en las 10 plantas por cada tratamiento se tomó como referencia la tabla de Sánchez y Sarmiento (2012) descrita de la siguiente manera:

Tabla 2. Escala de severidad del cogollero en el cultivo de maíz

Grado	% área foliar	Descripción
1	0%	plantas sin raspaduras ni comeduras en las hojas.
2	1-10%	plantas con raspaduras y comeduras pequeñas
3	11-25%	plantas con comeduras por los bordes de las hojas y agujeros irregulares
4	26-50%	plantas con apreciables daños en las hojas
5	51-100%	plantas fuertemente dañadas.

Fuente: Sánchez y Sarmiento (2012).

3.11.3. Número de larvas de *H. zea* a los 5, 10, 15 y 20 días después de aparecer la inflorescencia femenina.

Para determinar el número de larvas de *H. zea*, se realizó a partir de floración un monitoreo de forma directa en las mazorcas de 10 plantas por cada tratamiento.

3.11.4. Porcentaje de mazorcas dañadas.

Simultáneamente, para evaluar el daño de larvas de *H. zea* en mazorcas en las parcelas experimentales, se examinó y se registró el daño de las 10 mazorcas de cada repetición según los criterios de evaluación (Figura 12).

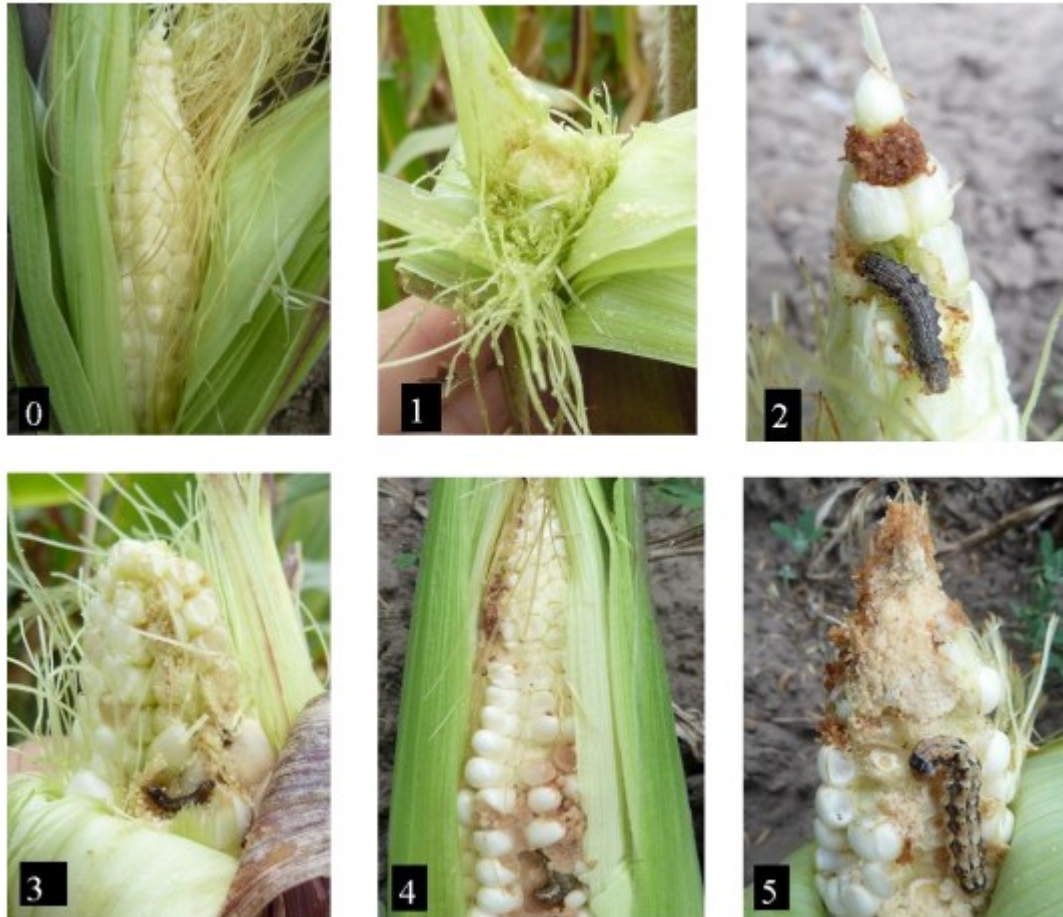


Figura 12. Criterios para la evaluación de los tratamientos según niveles de daño de *H. zea* en choclo a la cosecha. Nivel 0: Mazorca sin daño (0%). Nivel 1: daño leve del estilo, penetra hasta 1 cm desde el ápice, no alcanza a afectar granos (0%). Nivel 2: daño moderado de la mazorca, penetra hasta 2 cm desde el ápice, galería pequeña, logra afectar 1 a 3 granos (1-10%). Nivel 3: daño medio de la mazorca, penetra hasta 3 cm desde el ápice, galería grande, afecta 4 a 6 granos (11-25%). Nivel 4: daño severo de la mazorca, penetra hasta 4 cm, afecta 7 a 9 granos (26-50%). Nivel 5: daño muy severo de la mazorca, penetra más de 5 cm, afecta 10 o más granos (51-100%). Escala modificada desde Arretz et al. (1976).

En la evaluación del porcentaje de mazorcas dañadas se consideró los niveles 2 hasta 5, el nivel 1 no se considera pues sólo afecta al estilo, sin dañar a los granos y por tanto no representa una disminución del valor comercial. En el porcentaje de mazorcas dañadas y penetradas se incluyó los niveles 1 hasta 5, dado que las larvas llegan a afectar el estilo, y además los granos (Figura 12).

3.11.5. Porcentaje de eficacia de bioproductos

Para obtener el grado de eficacia por tratamiento se aplicó la siguiente fórmula empleada por Henderson y Tilton (1955).

$$\%Eficacia = \frac{N_t - N_f}{N_t} * 100$$

Donde:

Nf: número de individuos en el tratamiento final

Nt: número de individuos en el testigo

3.11.6. Cantidad de mazorcas cosechadas por parcela

En cada unidad experimental se realizó el conteo respectivo de las mazorcas.

3.11.7. Altura de planta

Se seleccionaron diez plantas al azar de cada parcela experimental y se midió desde el nivel del suelo hasta la inserción de la panoja. Sus resultados se expresaron en cm.

3.11.8. Rendimiento en kg/ha⁻¹

El rendimiento se determinó dentro del área útil de cada parcela experimental y se desgranaron las mazorcas con la ayuda de una desgranadora con el 14 % de humedad. Los rendimientos se determinaron bajo la siguiente fórmula:

$$Pu = Pa(100 - Ha)/(100 - Hd)$$

Pu: Peso uniforme

Pa: Peso actual

Ha: Humedad actual

Hd: Humedad deseada

3.11.9. Análisis del Beneficio – Costo de los tratamientos.

En cada tratamiento se contabilizaron los costos de todas las labores culturales que se realizaron, así como de los insumos utilizados. Los datos de costos recopilados fueron comparados con los ingresos resultantes de la producción y los precios del maíz dulce en el mercado a partir de indicadores económicos como la relación Beneficio – Costos.

3.12. Procesamiento estadístico

Los datos recopilados en cada variable fueron procesados estadísticamente, se determinaron parámetros de estadística descriptiva: media, desviación estándar, coeficiente de variación. Además, se realizó un análisis de varianza para comparar los tratamientos de acuerdo con las fuentes de variación que se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Fuentes de variación y sus grados de libertad.

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Tratamientos (n-1)	6
Repeticiones (m-1)	2
Error (n-1)*(m-1)	12
Total (sumatoria)	20

Elaborado por: El Autor

Las pruebas de significación entre tratamientos se realizaron con la prueba de Tukey al 5 %. Para todos los análisis se empleó en el software de análisis estadístico *Infostat*.

CAPITULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos en la Investigación

4.1.1. Número de larvas de *S. frugiperda*: a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra.

En la Tabla 4 se muestran todos los promedios obtenidos al evaluar el número de larvas de *S. frugiperda* a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra.

En relación a los 15 días mediante el análisis de varianza se obtuvo significancia estadística, con un coeficiente de variación 8.10 % y un promedio de 6.95 larvas de *S. frugiperda*. El promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (1 g/L) con 8.67 larvas, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 4.33 larvas.

En la evaluación a los 30 días mediante el análisis de varianza se obtuvo significancia estadística, con un coeficiente de variación 17.07 % y un promedio de 4.95 larvas de *S. frugiperda*. El promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (1 g/L) con 6.33 larvas, seguido por el tratamiento *B. thuringiensis* hasta la inflorescencia (2 g/L) con 5.67 larvas, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 3.00 larvas.

En relación a los 45 días mediante el análisis de varianza no se obtuvo significancia estadística, con un coeficiente de variación 17.75 % y un promedio de 3.95 larvas de *S. frugiperda*. El promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (1g/L) con 4.67 larvas, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (2g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 2.67 larvas.

En referencia a los 60 días mediante el análisis de varianza se obtuvo significancia estadística, con un coeficiente de variación 18.64 % y un promedio de 2.19 larvas de *S. frugiperda*. El promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (1g/L) con 2.67 larvas, seguido por el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) con 2.67 larvas, tratamiento *B. thuringiensis* hasta la inflorescencia (1 g/L) con 2.33 larvas y el tratamiento testigo comercial con 2.67 larvas, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (2g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 1.00 larvas.

Tabla 4. Número de larvas de *S. frugiperda*: a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra.

Tratamientos	Dosis	Larvas <i>S. frugiperda</i> (15 días)	Larvas <i>S. frugiperda</i> (30 días)	Larvas <i>S. frugiperda</i> (45 días)	Larvas <i>S. frugiperda</i> (60 días)
<i>B. thuringiensis</i>	1 g/L	8.67 a	6.33 a	4.67 a	2.67 a
<i>B. thuringiensis</i>	2 g/L	6.67 b	5.00 ab	4.00 a	2.67 a
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	1 g/L + 4 gotas	7.33 ab	5.00 ab	4.00 a	2.00 ab
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	2 g/L + 4 gotas	4.33 c	3.00 b	2.67 a	1.00 b
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	1 g/L	6.67 b	4.33 ab	4.00 a	2.33 a
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	2 g/L	8.00 ab	5.67 a	4.33 a	2.00 ab
Producto químico	Testigo comercial	7.00 b	5.33 ab	4.00 a	2.67 a
Promedio		6.95	4.95	3.95	2.19
Significancia estadística		*	*	ns	*
Coeficiente de variación %		8.10	17.07	17.75	18.64

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

Ns: no significancia estadística

*: significancia estadística

4.1.2. Porcentaje de daños de *S. frugiperda* (severidad) en plantas

En la Tabla 5 se muestran los promedios obtenidos al evaluar la severidad de daño del insecto *S. frugiperda* durante el ensayo, de acuerdo con el análisis de la varianza se obtuvo significancia estadística, con un coeficiente de variación 4.32 % y un promedio de 3.88 % de severidad de daños. El promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (1 g/L) con 4.62 % de severidad de daños, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 2.97 % de severidad de daños.

Tabla 5. Porcentaje de daños de *S. frugiperda* (severidad) en plantas

Tratamientos	Dosis	Porcentaje de daños (severidad) en plantas (%)
<i>B. thuringiensis</i>	1 g/L	4.62 a
<i>B. thuringiensis</i>	2 g/L	3.60 c
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	1 g/L + 4 gotas	3.73 c
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	2 g/L + 4 gotas	2.97 d
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	1 g/L	3.70 c
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	2 g/L	4.07 bc
Producto químico	Testigo comercial	4.50 ab
Promedio		3.88
Significancia estadística		*
Coefficiente de variación %		4.32

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

Ns: no significancia estadística

*: significancia estadística

4.1.3. Porcentaje de eficacia de bioproductos para el control de *S. frugiperda*

En la Tabla 6 se muestran los promedios obtenidos al evaluar el porcentaje de eficacia de bioproductos para el control de *S. frugiperda*, de acuerdo con el análisis de la varianza no se obtuvo significancia estadística, con un coeficiente de variación 6.13 % y un promedio de 76.72 %. El promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 90.11 % de eficacia, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (1 g/L) con 67.86 % de eficacia.

Tabla 6. Porcentaje de eficacia de bioproductos en el control de *S. frugiperda*

Tratamientos	Dosis	Porcentaje eficacia de bioproductos (%)
<i>B. thuringiensis</i>	1 g/L	67.86 b
<i>B. thuringiensis</i>	2 g/L	72.25 b
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	1 g/L + 4 gotas	80.16 ab
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	2 g/L + 4 gotas	90.11 a
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	1 g/L	75.40 b
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	2 g/L	78.86 ab
Producto químico	Testigo comercial	72.47 b
Promedio		76.72
Significancia estadística		*
Coefficiente de variación %		6.13

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

Ns: no significancia estadística

*: significancia estadística

4.1.4. Número de larvas de *H. zea* a los 5, 10, 15 y 20 días después de aparecer la inflorescencia femenina.

En la Tabla 7 se muestran todos los promedios obtenidos al evaluar el número de larvas de *H. zea* a los 5, 10, 15 y 20 días después de aparecer la inflorescencia femenina.

En relación a los 5 días mediante el análisis de varianza se obtuvo significancia estadística, con un coeficiente de variación 10.22 % y un promedio de 6.52 larvas de *H. zea*. El promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 7.67 larvas, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 4.33 larvas.

En la evaluación a los 10 días mediante el análisis de varianza se obtuvo significancia estadística, con un coeficiente de variación 11.92 % y un promedio de 3.80 larvas de *H. zea*. El promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (1 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 2.67 larvas, seguido por el tratamiento *B. thuringiensis* hasta la inflorescencia (1 g/L) con 2.67

larvas, y el tratamiento *B. thuringiensis* (1 g/L) con 4.33 larvas, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 2.67 larvas.

En relación a los 15 días mediante el análisis de varianza no se obtuvo significancia estadística, con un coeficiente de variación 20.79 % y un promedio de 2.14 larvas de *H. zea*. El promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (1 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 2.67 larvas, seguido del tratamiento *B. thuringiensis* hasta la inflorescencia (1 g/L) con 2.67 larvas, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (2g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 1.33 larvas.

En referencia a los 20 días mediante el análisis de varianza se obtuvo significancia estadística, con un coeficiente de variación 26.78 % y un promedio de 1.30 larvas de *H. zea*. El promedio más alto lo tuvo el tratamiento *Testigo comercial* con 2.00 larvas, seguido por el tratamiento *B. thuringiensis* (1 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 1.83 larvas, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (2g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 0.67 larvas.

Tabla 7. Número de larvas de *H. zea* a los 5, 10, 15 y 20 días después de aparecer la inflorescencia femenina.

Tratamientos	Dosis	Larvas <i>H. zea</i> (5 días)	Larvas <i>H. zea</i> (10 días)	Larvas <i>H. zea</i> (15 días)	Larvas <i>H. zea</i> (20 días)
<i>B. thuringiensis</i>	1 g/L	7.00 ab	4.33 a	2.00 ab	1.00 ab
<i>B. thuringiensis</i>	2 g/L	7.33 ab	4.67 a	2.33 ab	1.17 ab
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	1 g/L + 4 gotas	7.67 a	4.67 a	2.67 a	1.83 a
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	2 g/L + 4 gotas	4.33 c	2.67 b	1.33 b	0.67 b
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	1 g/L	6.33 ab	3.67 ab	2.67 a	1.00 ab
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	2 g/L	7.33 ab	3.67 ab	2.00 ab	1.50 ab
Producto químico	Testigo comercial	5.67 bc	3.00 b	2.00 ab	2.00 a
Promedio		6.52	3.80	2.14	1.30
Significancia estadística		*	*	*	*
Coeficiente de variación %		10.22	11.92	20.79	26.78

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

Ns: no significancia estadística

*: significancia estadística

4.1.5. Porcentaje de mazorcas dañadas.

En la Tabla 8 se muestran los promedios obtenidos al evaluar el porcentaje de mazorcas dañadas por el insecto *H. zea*, de acuerdo con el análisis de la varianza se obtuvo significancia estadística, con un coeficiente de variación 8.74 % y un promedio de 4.29 % de mazorcas dañadas. El promedio más alto lo tuvo el tratamiento *Testigo comercial* con 6.00 % de mazorcas dañadas, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 2.33 % de mazorcas dañadas.

Tabla 8. Porcentaje de mazorcas dañadas.

Tratamientos	Dosis	Mazorcas dañadas (%)
<i>B. thuringiensis</i>	1 g/L	5.00 ab
<i>B. thuringiensis</i>	2 g/L	2.67 c
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	1 g/L + 4 gotas	4.67 b
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	2 g/L + 4 gotas	2.33 c
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	1 g/L	5.17 ab
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	2 g/L	4.23 b
Producto químico	Testigo comercial	6.00 a
Promedio		4.29
Significancia estadística		*
Coeficiente de variación %		8.74

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

Ns: no significancia estadística

*: significancia estadística

4.1.6. Porcentaje de eficacia de bioproductos en el control de *H. zea*

En la Tabla 9 se muestran los promedios obtenidos al evaluar el porcentaje de eficacia de bioproductos para el control de *H. zea*, de acuerdo con el análisis de la varianza no se obtuvo significancia estadística, con un coeficiente de variación 3.69 % y un promedio de 97.86 %. El

promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 99.32 % de eficacia, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (1 g/L) con 93.44 % de eficacia.

Tabla 9. Porcentaje de eficacia de bioproductos en el control de *H. zea*

Tratamientos	Dosis	Porcentaje eficacia de bioproductos (%)
<i>B. thuringiensis</i>	1 g/L	93.44 a
<i>B. thuringiensis</i>	2 g/L	98.72 a
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	1 g/L + 4 gotas	98.14 a
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	2 g/L + 4 gotas	99.32 a
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	1 g/L	98.99 a
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	2 g/L	98.48 a
Producto químico	Testigo comercial	97.97 a
Promedio		97.86
Significancia estadística		ns
Coefficiente de variación %		3.69

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

Ns: no significancia estadística

*: significancia estadística

4.1.7. Altura de planta

En la Tabla 10 se muestran los promedios obtenidos al evaluar la altura de planta, de acuerdo con el análisis de la varianza se obtuvo significancia estadística, con un coeficiente de variación 1.72 % y un promedio de 1.62 cm de altura de planta. El promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 1.69 cm, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) con 1.57 cm.

Tabla 10. Altura de planta

Tratamientos	Dosis	Altura de planta (cm)
<i>B. thuringiensis</i>	1 g/L	1.62 ab
<i>B. thuringiensis</i>	2 g/L	1.57 b
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	1 g/L + 4 gotas	1.61 ab
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	2 g/L + 4 gotas	1.69 a
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	1 g/L	1.63 ab
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	2 g/L	1.61 ab
Producto químico	Testigo comercial	1.63 ab
Promedio		1.62
Significancia estadística		*
Coefficiente de variación %		1.72

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

Ns: no significancia estadística

*: significancia estadística

4.1.8. Número de mazorcas por parcela

En la Tabla 11 se muestran los promedios obtenidos al evaluar el número de mazorcas por parcela, de acuerdo con el análisis de la varianza se obtuvo significancia estadística, con un coeficiente de variación 3.89 % y un promedio de 186.57 mazorcas por parcela. El promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 233.33 mazorcas por parcela, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *Testigo comercial* con 148.33 mazorcas por parcela.

Tabla 11. Número de mazorcas por parcela

Tratamientos	Dosis	Número de mazorcas por parcela
<i>B. thuringiensis</i>	1 g/L	180.33 bc
<i>B. thuringiensis</i>	2 g/L	197.67 b
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	1 g/L + 4 gotas	185.00 bc
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	2 g/L + 4 gotas	233.33 a
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	1 g/L	184.67 bc
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	2 g/L	176.67 c
Producto químico	Testigo comercial	148.33 d
Promedio		186.57
Significancia estadística		*
Coefficiente de variación %		3.89

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

Ns: no significancia estadística

*: significancia estadística

4.1.9. Rendimiento en kg/ha⁻¹

En la Tabla 12 se muestran los promedios obtenidos al evaluar el rendimiento por hectárea, de acuerdo con el análisis de la varianza se obtuvo significancia estadística, con un coeficiente de variación 0.75 % y un promedio de 5475.90 kg/ha. El promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 6266.67 kg/ha, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento Testigo comercial con 5060 kg/ha.

Tabla 12. Rendimiento en kg/ha⁻¹

Tratamientos	Dosis	Rendimiento en kg/ha ⁻¹
<i>B. thuringiensis</i>	1 g/L	5158.33 d
<i>B. thuringiensis</i>	2 g/L	6016.67 b
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	1 g/L + 4 gotas	5353.33 c
<i>B. thuringiensis</i> + Aceite vegetal	2 g/L + 4 gotas	6266.67 a
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	1 g/L	5326.33 c
<i>B. thuringiensis</i> hasta la inflorescencia femenina	2 g/L	5150.00 d
Producto químico	Testigo comercial	5060.00 d
Promedio		5475.90
Significancia estadística		*
Coefficiente de variación %		0.75

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

Ns: no significancia estadística

*: significancia estadística

4.1.10. Análisis económico

En el análisis económico se determinó que en todos los tratamientos se obtuvieron beneficios netos positivos, debido a la producción obtenida, siendo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con el mayor beneficio neto con \$ 460.20 (Tabla 13).

Tabla 13. Análisis Beneficio - Costo

N°	Tratamientos		Rendimiento		Costos de producción			Costo fijo	Costo Total	Beneficio Bruto	Beneficio Neto	
	Productos		kg/ha	Sacos 45 kg/ha	Productos	Aplicación	Cosecha + Transporte					Total
T1	<i>B. thuringiensis</i> 1 g/L		5158.33	114.62	255	60	171.93	229,8	962	1191.8	1375.44	183.64
T2	<i>B. thuringiensis</i> 2 g/L		6016.67	133.70	255	60	200.55	273,6	962	1235.6	1604.4	368.80
T3	<i>B. thuringiensis</i> 1 g/L + Aceite vegetal (4 gotas)		5353.33	118.96	255	60	178.44	292,9	962	1254.9	1427.52	172.62
T4	<i>B. thuringiensis</i> 2 g/L + Aceite vegetal (4 gotas)		6266.67	139.25	255	60	208.87	248,8	962	1210.8	1671	460.20
T5	<i>B. thuringiensis</i> 1 g/L hasta la inflorescencia femenina		5326.33	118.36	255	60	177.54	194,7	962	1156.7	1420.32	263.62
T6	<i>B. thuringiensis</i> 2 g/L hasta la inflorescencia femenina		5150.00	114.44	255	60	171.66	218,1	962	1180.1	1373.28	193.18
T7	Producto químico (testigo comercial)		5060.00	112.44	255	60	168.66	184,5	962	1146.5	1349.28	202.78

Costos

Jornal: \$ 10,00

Cosecha + Transporte (Saco): \$ 1,50

Venta Saco (45 kg): \$ 12,0

4.2. Discusión de resultados

Basado en los resultados obtenidos en la presente investigación se puede indicar que el uso de alternativas biológicas es eficiente para el control de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) y de *Helicoverpa zea* (Boddie) en cultivo de maíz dulce (*Zea mays* var. *saccharata*). En relación a los 15, 30, 45 y 60 días de evaluación de la presencia de larvas de *S. frugiperda*, los promedios más bajos se obtuvieron en el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 4.33, 3.00, 2.67 y 1.00 larvas respectivamente, al igual que la menor severidad de daños en los tratamientos se logró con el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 2.97 %, lo que concuerda con los autores Ramírez et al (2020) quienes mencionan en su estudio sobre “Evaluación de bioinsecticidas para el control de larvas de *Spodoptera frugiperda*, en condiciones de campo y laboratorio”, que la mayor tasa de mortalidad se presentó con la aplicación de T7 (*Bacillus thuringiensis* en dosis 3.0g/L) en larvas de *S. frugiperda* del tercer y quinto estadio con una efectividad 86.7 y 73.3 % respectivamente, reduciendo el porcentaje de severidad de daños en el cultivo; determinando que todos los bioinsecticidas demostraron una mayor eficacia para combatir larvas de gusano cogollero al emplearse en dosis altas (3.0 g/L) que al emplearse dosis medias o bajas.

En lo que respecta a los 5, 10, 15 y 20 días de evaluación de la presencia de larvas de *H. zea* en la inflorescencia femenina, los promedios más bajos se obtuvieron en el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 4.33, 2.67, 1.33 y 0.67 larvas respectivamente, al igual que el menor porcentaje de mazorcas dañadas en los tratamientos se logró con el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 2.33 % de mazorcas dañadas, lo que se asemeja con lo descrito por Guevara (2018) en su estudio quien demostró que los tratamientos con el extracto acuoso de hojas de *S. molle* (200 ml) y *Bacillus thuringiensis* (1.8 g/L), solos y en mezcla, disminuyeron significativamente el número de larvas de *Helicoverpa zea* detectadas a la cosecha de mazorcas frescas en el campo. También Pacheco y Gabriel (2021), demostraron en su estudio que la mejor dosis en toda la fenología del cultivo de maíz fue de 900 gr de Dipel (*Bacillus thuringiensis*) reduciendo a un 20 % a 25% de incidencia y daño de *Helicoverpa zea*.

En relación a la eficacia de los bioproductos en el control de *S. frugiperda* el promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 90.11 % de eficacia,

mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (1 g/L) con 67.86 % de eficacia. También la eficacia de los bioproductos en el control de *H. zea* demostró que el promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 99.32 % de eficacia, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (1 g/L) con 93.44 % de eficacia; esto en concordancia con el trabajo de investigación realizado por Ramírez et al (2022), quienes lograron resultados demostrando que la mayor tasa de mortalidad se presentó con la aplicación de T7 (*Bacillus thuringiensis* en dosis 3.0 g/L + aceite vegetal) en larvas de *S. frugiperda* del tercer y quinto estadio con una efectividad 86.7 y 73.3% respectivamente, al igual que en larvas de *H. zea* del segundo y tercer estadio con una efectividad del 85.4 y 89.6 % respectivamente.

Con respecto a la altura de planta, el promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 1.69 cm, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) con 1.57 cm. Al evaluar el número de mazorcas por parcela, el promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 233.33 mazorcas por parcela, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *Testigo comercial* con 148.33 mazorcas por parcela. En relación al rendimiento por hectárea, el promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 6266.67 kg/ha, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *Testigo comercial* con 5060 kg/ha; en relación a las variables mencionadas anteriormente Ezeta et al (2018) expresan en su estudio sobre control biológico contra *S. frugiperda* y *H. zea* en cultivo de maíz, que la mayor eficacia insecticida se alcanzó con *Bacillus thuringiensis* con 3 y 5 cc/l. *Metarhizium anisopliae* con 3 cc/l logro el mejor rendimiento en variables como, altura de planta, peso de mazorcas y rendimiento kg/ha. Los productos biológicos aplicados mostraron su efecto controlador en poblaciones de larvas de *S. frugiperda* y *H. zea*.

En el análisis económico se determinó que en todos los tratamientos se obtuvieron beneficios netos positivos, debido a la producción obtenida, siendo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con el mayor beneficio neto con \$ 460.20.

CAPITULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En base al análisis e interpretación estadística de los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se expone las siguientes conclusiones:

- El uso de alternativas biológicas es eficiente para el control de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) y de *Helicoverpa zea* (Boddie) en cultivo de maíz dulce (*Zea mays* var. *saccharata*).
- En referencia a la altura de planta, el promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 1.69 cm, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) con 1.57 cm.
- Al evaluar el número de mazorcas por parcela, el promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 233.33 mazorcas por parcela, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *Testigo comercial* con 148.33 mazorcas por parcela.
- Del rendimiento por hectárea, el promedio más alto lo tuvo el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 6266.67 kg/ha, mientras que el promedio más bajo fue el tratamiento *Testigo comercial* con 5060 kg/ha.
- En relación a los 15, 30, 45 y 60 días de evaluación de la presencia de larvas de *S. frugiperda*, los promedios más bajos se obtuvieron en el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 4.33, 3.00, 2.67 y 1.00 larvas respectivamente.
- La menor severidad de daños por *S. frugiperda* se logró con el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 2.97 %.
- En cuanto a los 5, 10, 15 y 20 días de evaluación de la presencia de larvas de *H. zea* en la inflorescencia femenina, los promedios más bajos se obtuvieron en el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 4.33, 2.67, 1.33 y 0.67 larvas respectivamente.
- La mayor eficacia de control de *S. frugiperda* y *H. zea* se reportó con el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 90.11 % y 99.32 % respectivamente.
- El menor porcentaje de mazorcas dañadas por *H. zea* se logró con el tratamiento *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con 2.33 % de mazorcas dañadas.

- En el análisis económico se determinó que en todos los tratamientos se obtuvieron beneficios netos positivos, debido a la producción obtenida, siendo el tratamiento dos *B. thuringiensis* (2 g/L) + Aceite vegetal (4 gotas) con el mayor beneficio neto con \$ 460.20.

5.2. Recomendaciones

- Realizar investigaciones con otros bioinsecticidas de origen microbiano, en otras épocas, zonas y en dosis diferentes para el control de *S. frugiperda* (J. E. Smith) y de *H. zea* (Boddie) en cultivo de maíz dulce.
- Aplicar combinaciones de origen botánicos más microbianos para evidenciar el efecto de control sobre *S. frugiperda* (J. E. Smith) y de *H. zea* (Boddie) en cultivo de maíz dulce.
- Es importante adicionar aceite vegetal a las mezclas de bioinsecticidas para mejorar el efecto de control sobre *S. frugiperda* (J. E. Smith) y de *H. zea* (Boddie).

CAPITULO VI.- BIBLIOGRAFIA

- Acosta, Rosa. 2019. “El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba.” *Cultivos Tropicales* 30 (2): 113–20.
- Agrochem. 2015. “Diflubenzurón.” Consultado agosto 23. <http://www.agrochem.es/es/productos/tipo/control-plagas-enfermedades/insecticidas/diflubenzuron>.
- Agroquim. 2015. “Kañón.” Consultado agosto 23. http://www.agroquim.com/texto1.php?id_menu=10&id_submenu1=26.
- Avilés, C. M. 2020. Manejo agroecológico del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz. Quevedo – Los Ríos – Ecuador. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Estatal de Quevedo. Ecuador. 94 p.
- Arcila, A. 2015. Rendimiento y calidad en tres híbridos de maíz dulce (*Zea mays* L var. Saccharata) en el municipio de Pedro Escobedo, Querétaro (en línea). Consultado 09 sept. 2024. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6913/rendimientoycalidadentreshibridosdemaizdulce.pdf?Sequence=1&isallowed=y>
- Arias, J., Caicedo, O., & Macías, C. 2020. Sistemas de labranza y su incidencia sobre híbridos de maíz cultivado. *Revista Killkana Técnica*, 4(2).
- Álvarez, M., Sanchez, B., Yojhana, N. 2022. Fluctuación poblacional del gusano Cogollero *Spodoptera Frugiperda* (JE Smith), en tres subsistemas de maíz, en la vereda Puerto Nuevo, municipio Fuente de Oro, Meta (en línea). Consultado 09 sept. 2024. Disponible en unipamplona.edu.co
- Arretz, P., Maddaleno, F., Araya, J. 1976. Evaluación de insecticidas, antialimentarios, repelentes y microorganismos en el control de *Heliothis zea* (Boddie) en maíz. *Investigación Agrícola* 2(1): 27-32.
- Dourado, P. M., Pantoja-Gomez, L. M., Horikoshi, R. J., Carvalho, R. A., Omoto, C., Corrêa, A. S., Head, G. P. 2021. Host plant use of *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) in the Brazilian agricultural landscape. *Pest Management Science* 77(2): 780-794.
- ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios, México). 2018. Alimento, forraje y materia prima para la industria (en línea). Consultado 24 jul. 2024. Disponible en

- <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico>. Consultado 23-08-2023.
- Black, J. L. 2021. *Helicoverpa zea* (Boddie)(Lepidoptera: Noctuidae) Immune System Responses to Variation in Nutritional and Plant Defensive Environments. Doctoral dissertation, Texas A&M University. 168 p.
- Bentancourt, Carlos M., y Iris B. Scatoni. 2018. *Guía de Insectos y Acaros de importancia agrícola y forestal en el Uruguay*. Tercera Edición. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República, Fac. de Agronomía.
- Blandino, B., Suárez, B., Calero, M., Carcache, M., Urbina, M., Romero, P., Chamorro, E. 2020. Analysis of the proximal composition and insecticidal potential of the soursop seed (*Annona muricata* L.) for the control of the corn cogollero worm (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith). *Revista Torreón Universitario* 9(24): 120-137. <https://camjol.info/index.php/torreon/article/download/9722/11122?inline=1>
- Caicedo, O., Cadena, D., Galarza, E., Solórzano, D. 2019. Permisibilidad del maíz (*Zea mays* L.) Sometido a diferentes condiciones de inundación: Determinación del tiempo de drenaje en Babahoyo, Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE* 6(2). <https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/472/445>
- Costa, E., Fernandes, M., Medeiros, P. 2021. Maize resistance to *Spodoptera frugiperda* and its relationship to landrace variety, plant stage, and larval origin. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 169(8): 711-720.
- Chatterjee, D., Lesko, T., Peiffer, M., Elango, D., Beuzelin, J., Felton, G. W., Chopra, S. 2023. Sorghum and maize flavonoids are detrimental to growth and survival of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Pest Science* 96(4): 1551-1567.
- Chi Serrano, L. 2019. “Manejo Integrado de Plagas para *Helicoverpa zea* y *Euxesta major* en maíz dulce (*Zea mays* L. var. *rugosa*) en Zamorano.” Tesis de Grado, Honduras: Zamorano.
- Dobronski, J., E. Silva, J. Vásquez, y J. Heredia. 2017. “Control de gusanos de la mazorca de maíz mediante el uso de aceite vegetal.” *Plegable Divulgativo-Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Quito (Ecuador)*, núm. 166. <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Control%20de%20gusano%20de%2>

01a%20mazorca%20de%20ma%C3%ADz%20mediante%20el%20uso%20de%20aceite%20vegetal..pdf.

- Diaz, J. 2016. Acción de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* (Berliner), como control biológico de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *Lepidoptera: Noctuidae. Revista Temas Agrarios* 21(2): 86-91. <https://doi.org/10.21897/rta.v21i2.904>
- Drouet, A. 2018. Efecto de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. 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. DOI: 10.26423/rctu.v5i1.312
- Deras , H., Serrano, R. 2018. Guía técnica de maíz . Guía, (en línea). Consultado 09 sept. 2024. Disponible en http://centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Centa_Ma%C3%ADz%202019.pdf
- Ezeta, J., García, O., Gordillo, 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>.
- Fleitas, A., Grabowski, C. 2014. Control biológico del complejo de hongos causantes de la mancha foliar en maíz dulce (*Zea mays* var. *Saccharata*) con bacterias benéficas. *Investigación Agraria* 16(2): 84. <http://www2.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/264/268>
- FAO. 2018. Los plaguicidas, en cuanto contaminantes del agua (en línea). Consultado 09 sept. 2024. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s06.htm>.
- García, C., González, M., Cortez, E. 2020. “Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz.” *Ra Ximhai* 8 (3): 57–70.
- Guevara, D. 2018. Efecto de extractos de *Schinus molle* (L.) Y *Artemisia absinthium* (L.), solos y en mezcla con *Bacillus thuringiensis* (Berliner), sobre *Heliothis zea* (Boddie). Tesis de Maestría. Universidad de Chile. Chile. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/148009/Guevara-%20Efecto%20de%20extractos%20%282014%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Grande Tovar, Carlos David, y Brigitte Sthepani Orozco Colonia. 2013. "Producción y procesamiento del maíz en Colombia." *Revista Científica Guillermo de Ockham* 11 (1): 97–110.
- García, J., Mero, Y. 2020. Incidencia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) e identificación de enemigos naturales en el cultivo de maíz, Rocafuerte- Sucre 2019. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí. Ecuador. 52 p.
- García, D., Tamayo, F., Pineda, S., de la Rosa, J., Lasa, R., Chavarrieta, J., Martínez, A. 2020. Biological characterization of two *Spodoptera frugiperda* nucleopolyhedrovirus isolates from Mexico and evaluation of one isolate in a small-scale field trial. *Biological Control* 149: 104316.
- He, L., Zhao, S., Gao, X., Wu, K. 2021. Ovipositional responses of *Spodoptera frugiperda* on host plants provide a basis for using Bt-transgenic maize as trap crop in China. *Journal of Integrative Agriculture* 20(3): 804-814. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63334-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63334-2)
- Herrera, J. 2021. efectos de los controladores biológicos sobre *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maiz (*Zea mays* L.) JIPIJAPA- MANABI. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria del Ecuador. Ecuador. 79 p.
- Hernández, U. 2020. Resistencia del maíz genéticamente modificado al daño por *Helicoverpa zea* (Boddie) y su interacción con pudrición de mazorca por *Fusarium*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 85 p.
- Kennett, D. J., Prufer, K. M., Culleton, B. J., George, R. J., Robinson, M., Trask, W. R., Gutierrez, S. M. 2020. Early isotopic evidence for maize as a staple grain in the Americas. *Science Advances* 6(23): 3245. science.org
- Kato, M., Mera, L., Serratos, J., Bye, J. 2019. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Artículo científico, México: Universidad Nacional Autónoma de México (en línea). Consultado 09 sept. 2024. Disponible en https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitales/Origen_demaiz.pdf
- López, P. 2021. Distribución geográfica de *Spodoptera frugiperda* (Smith) en Ecuador y su relación con parámetros climáticos. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Cotopaxi. utc.edu.ec

- Lizárraga, G. 2019. “Manejo biorracional de la pudrición de mazorcas (*Fusarium* spp) y del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) en Sinaloa.” Tesis de Maestría, Guasave, Sinaloa, México: Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional, unidad Sinaloa. <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/10200>.
- Ordás, Bernardo, María Cinta Romay, y Pedro Revilla. 2017. “Maíz dulce ¿por qué no?” *Horticultura*, núm. 202 (octubre): 14–18.
- Orus, A. (2024). Ranking de los principales productores de maíz a nivel mundial en 2022 (en línea). Consultado 09 sept. 2024. Disponible en <https://es.statista.com/estadisticas/613419/principales-productores-de-maiz-en-el-mundo/>
- Olaya, G. (2023). Evaluación Agronómica del cultivo de maíz dulce (*Zea mays*) con aplicación de reguladores de crecimiento en estados fenológicos en la zona de Babahoyo. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 68 p.
- Otahola, Víctor, y Zulay Rodríguez. 2019. “Comportamiento agronómico de maíz (*Zea mays* L.) tipo dulce bajo diferentes densidades de siembra en condiciones de sabana.” *Revista Científica UDO Agrícola* 1 (1): 18–24.
- Pashley, Dorothy P. 2018. “Current Status of Fall Armyworm Host Strains.” *The Florida Entomologist* 71 (3): 227–34. doi:10.2307/3495425.
- Parsons, D. 2015. Maíz. Manuales para Educación Agropecuaria. México: Trillas
- Possebom, T. 2023. Helicoverpa zea (Boddie)(Lepidoptera: Noctuidae) within-plant egg and neonate distribution and influence on yield in soybeans with determinate and Indeterminate Growth Habits. 89 p.
- Pepa, M. 2019. “Oruga militar tardía: ‘un bicho muy peligroso en Maíz’.” *Córdoba Times*. El Campo. Consultado 09 sept. 2024. Disponible en: <http://www.cordobatimes.com/el-campo/2013/12/04/oruga-militar-tardia-un-bicho-muy-peligroso-en-maiz/>.
- Peña, E. 2017. Control biológico del cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y mazorquero (*Heliothis zea*) en el cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en la localidad de Mucacalle Abancay - Apurímac. Abancay – Apurímac. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Tecnológica de los Andes. 105 p.

- Pérez, E. 2018. “Control biológico de *Spodoptera frugiperda* Smith en maíz.” Instituto de Sanidad Vegetal, Cuba.
- Paliwal, R. L. 2018. Introducción al maíz y su importancia. Informe, (en línea). Consultado 09 sept. 2024. Disponible en <http://www.fao.org/3/x7650s02.htm>
- Murúa, M., Fogliata, S., Herrero, M., Vera, M., Casmuz, A., Sosa, D. 2021. Biological and reproductive parameters of *Helicoverpa armigera* and *Helicoverpa zea* reared on artificial diet in Argentina. *Bulletin of Insectology* 74(1). bulletinofinsectology.org
- Moreira, S. C. S., Silva, I. F., Ávila, C. J., & Oliveira, H. N. 2020. Anticontaminantes alternativos como substitutos ao formaldeído na dieta artificial para criação de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomological Communications* 2: ec02015. <https://doi.org/10.37486/2675-1305.ec02015>
- Maruthadurai, R. Ramesh, R. 2020. Occurrence, damage pattern and biology of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on fodder crops and green amaranth in Goa, India. *Phytoparasitica* 48(15): 44-56.
- Najera, A. 2024. Aspectos biológicos de especies de *Trichogramma* como agente de control biológico del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo. utb.edu.ec
- Rodríguez, K. 2024. Uso de bacterias fitopatógenas (*Bacillus subtilis*:(Ehrenberg) Cohn) para el control del cogollero *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador. Consultado 09 sept. 2024. Disponible en <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6278>
- Ramírez, A. 2021. Evaluación de bioinsecticidas para el control del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, en condiciones de laboratorio. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador. 85 p.
- Rios, D., Specht, A., Roque, V., Sosa, D., Fochezato, J., Malaquias, J. V., Moreira, G. 2022. *Helicoverpa armigera* and *Helicoverpa zea* hybridization: constraints, heterosis, and implications for pest management. *Pest Management Science* 78(3): 955-964.
- Riaz, S., Johnson, J. B., Ahmad, M., Fitt, G. P., & Naiker, M. 2021. A review on biological interactions and management of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied Entomology* 145(6): 467-498.

- Rutte, R., Aguilar, R., Maldonado, R., Ruiz, M. 2020. Cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* contra *Spodoptera frugiperda* y *Alabama argillacea* en el cultivo de algodón (*Gossypium barbadens*) en Piura, Perú. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 36(1), 52-62. <https://dx.doi.org/10.29393/chjaas36-2s30002>
- Ramírez, A., Bautista P., Molina, R., Pinargote, J. 2020. Evaluación de bioinsecticidas para el control de larvas de *Spodoptera frugiperda*, en condiciones de laboratorio. *UTCiencia* 9(2): 77-88. <http://investigacion.utc.edu.ec/index.php/utciencia/article/view/456/522>
- Staller, John E., y Robert G. Thompson. 2019. “Reconsiderando la introducción del maíz en el occidente de América del Sur.” *Bull. Inst. fr. études andines* 30 (1): 123–56.
- Sarwar, M. 2023. Startup of Climate-Smart Integrated Pest Management Against Corn Earworm *Helicoverpa zea* (Boddie) in Maize (*Zea mays* L.) for Altering Insect Risk. *Global Research in Environment and Sustainability* 1(8): 1-19.
- Saavedra, G. 2020. Suelo y clima. En Saavedra, G. y González, M., *El Cultivo de Maíz Choclero y Dulce*, Boletín INIA N°303. Santiago de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 21-24 p.
- Sánchez, M. 2024. Estrategias naturales para el manejo del carbón de la espiga (*Ustilago maydis*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el Ecuador. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador.
- SEMINIS. 2015. Selección de variedades de maíz dulce. Informe (en línea). Consultado 09 sept. 2024. Disponible en <https://www.seminis.mx/recursos/agronomicspotlights/seleccion-de-variedades-de-maiz-dulce/>
- Segura, M., y Andrade, L. 2018. Efecto de las condiciones agrometeorológicas sobre un cultivar criollo y dos híbridos de maíz en cuatro fechas de siembra” (en línea). Consultado 09 sept. 2024. Disponible en <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3827/1/t-espe-iasa%20ii002348.pdf>
- Sánchez V. G., Sarmiento M. J. 2012. Evaluación de insectos, Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento de entomología, Lima, 126 p.
- Sarwar, M. 2023. Startup of Climate-Smart Integrated Pest Management Against Corn Earworm *Helicoverpa zea* (Boddie) in Maize (*Zea mays* L.) for Altering Insect Risk. *Global Research in Environment and Sustainability* 1(8): 54-68. hspublishing.org

- Terrones, J., Pedroza, A., García, F., Marban, N., Michel, A. 2018. Control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith.) En el Cultivo del maíz (*Zea mays* L.). Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Chapingo. México. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/1e32b0a0-3db2-4df6-a7bc-53509201c279/content>
- Townsend, G. y J. Heuberger. 1945. Methods for estimating losses caused by diseases in Fungicides. *Plant Dis* 27: 340-345.
- Villacis, I. 2019. Análisis de importación del Maíz dulce (*Zea mays* var. *Saccharata*) (en línea). Consultado 09 sept. 2024. Disponible en <http://comunidad.todocomercioexterior.com.ec/m/blogpost?Id=2927438%3a blogpost%3A305359>
- Villanueva, C. 2024. Efecto de bioestimulantes orgánicos en el rendimiento y calidad de maíz choclero (*Zea mays* L.) en condiciones de Huariaca Pasco. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. 89 p.
- Vázquez, M., Rangel, J., Ibarra J., Del Rincón, M. 2015. Evaluación como agentes de control biológico y caracterización de cepas mexicanas de *Bacillus thuringiensis* contra el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) *Interciencia* 40 (6): 397-402.
- Velásquez, C. 2018. Detección no destructiva de los periodos críticos (en línea). Consultado 09 sept. 2024. Disponible en https://www.ctrl.cinvestav.mx/~moises/tesismaestria/tm_carolina310504.pdf
- Wang, L., He, L., Zhu, X., Zhang, J., Li, N., Fan, J., ... & Wu, K. 2023. Large-area field application confirms the effectiveness of toxicant-infused bait for managing *Helicoverpa armigera* (Hübner) in maize fields. *Pest Management Science* 79(12): 5405-5417.
- Yépez, A., Silveira, M. 2019. Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global (revisión). Artículo científico, *Colombia forestal* 14(2): 213. <https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939616005.pdf>
- Zhao, H., Xian, X., Zhao, Z., Zhang, G., Liu, W., & Wan, F. (2022). Climate Change Increases the Expansion Risk of *Helicoverpa zea* in China According to Potential Geographical Distribution Estimation. *Insects* 2022, 13(1), 79; <https://doi.org/10.3390/insects13010079>

Anexos

Anexo 1. Cronograma De Actividades

Actividades	J	J	A	S	O	N
Revisión bibliográfica						
Inscripción del tema						
Aprobación del tema						
Presentación y aprobación del proyecto						
Desarrollo del experimento de campo						
Procesamiento de la información						
Redacción de la Tesis						
Sustentación de la Tesis						

Anexo 2. Presupuesto

Materiales y Herramientas			
Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
	Instalación de la parcela		
1	Semilla	\$15,00	\$15,00
4	Jornales	\$10,00	\$40,00
	Primera aplicación		
3	<i>Bacillus thuringiensis</i> 1 g/L	\$15,00	\$45,00
3	<i>Bacillus thuringiensis</i> 1 g/L + aceite vegetal	\$25,00	\$75,00
3	Clorpirifos + cipermetrina	\$15,00	\$45,00
3	Diflubensuron + Lambdacialotrina	\$15,00	\$45,00
3	Spinetoram	\$15,00	\$45,00
2	Jornales	\$10,00	\$20,00
	Segunda aplicación		
3	<i>Bacillus thuringiensis</i> 1 g/L	\$15,00	\$45,00
3	<i>Bacillus thuringiensis</i> 1 g/L + aceite vegetal	\$25,00	\$75,00
3	Clorpirifos + cipermetrina	\$15,00	\$45,00
3	Diflubensuron + Lambdacialotrina	\$15,00	\$45,00
3	Spinetoram	\$15,00	\$45,00
2	Jornales	\$10,00	\$20,00
	Tercera aplicación		
3	<i>Bacillus thuringiensis</i> 1 g/L	\$15,00	\$45,00
3	<i>Bacillus thuringiensis</i> 1 g/L + aceite vegetal	\$25,00	\$75,00
3	Clorpirifos + cipermetrina	\$15,00	\$45,00
3	Diflubensuron + Lambdacialotrina	\$15,00	\$45,00

3	Spinetoram	\$15,00	\$45,00
2	Jornales	\$10,00	\$20,00
	Control de malezas		
2	Nicosulfuron metil	\$10,00	\$20,00
1	Jornales	\$10,00	\$10,00
	Fertilización		
1	Programa de fertilización completo	\$120	\$120
	Cosecha		
4	Jornales	\$10,00	\$40,00
	Total	\$370	\$962



Anexo 3. Germinación de semillas de maíz dulce



Anexo 4. Desarrollo del cultivo de maíz dulce en el ensayo



Anexo 5. Riego del cultivo de maíz dulce en el ensayo



Anexos 6. Daños de *S. frugiperda* grado 1



Anexo 7. Daños de *S. frugiperda* grado 2



Anexo 8. Daños de *H. zea* en mazorcas de maíz dulce

Anexo 9. Análisis de varianza de las variables evaluadas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de larvas de S. fru..	21	0.91	0.84	8.10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	37.14	8	4.64	14.63	<0.0001
Bloques	3.52	2	1.76	5.55	0.0197
Tratamientos	33.62	6	5.60	17.65	<0.0001
Error	3.81	12	0.32		
Total	40.95	20			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.80348

Error: 0.3175 gl: 12

Bloques Medias n E.E.

II	7.43	7	0.21	A
III	7.00	7	0.21	A B
I	6.43	7	0.21	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.61010

Error: 0.3175 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
B. thuringiensis 1 g/L	8.67	3	0.33 A
B. thuringiensis 2 g/L (IF..	8.00	3	0.33 A B
B. thuringiensis 1 g/L + A..	7.33	3	0.33 A B
Producto químico (testigo ..	7.00	3	0.33 B
B. thuringiensis 2 g/L	6.67	3	0.33 B
B. thuringiensis 1 g/L (IF..	6.67	3	0.33 B
B. thuringiensis 2 g/L + A..	4.33	3	0.33 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de larvas de S. fru..	21	0.70	0.51	17.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20.38	8	2.55	3.57	0.0237
Bloques	0.10	2	0.05	0.07	0.9359
Tratamientos	20.29	6	3.38	4.73	0.0107
Error	8.57	12	0.71		
Total	28.95	20			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.20522

Error: 0.7143 gl: 12

Bloques Medias n E.E.

II	5.00	7	0.32	A
I	5.00	7	0.32	A

III 4.86 7 0.32 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.41515

Error: 0.7143 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
B. thuringiensis 1 g/L	6.33	3	0.49	A
B. thuringiensis 2 g/L (IF..	5.67	3	0.49	A
Producto químico (testigo ..	5.33	3	0.49	A B
B. thuringiensis 2 g/L	5.00	3	0.49	A B
B. thuringiensis 1 g/L + A..	5.00	3	0.49	A B
B. thuringiensis 1 g/L (IF..	4.33	3	0.49	A B
B. thuringiensis 2 g/L + A..	3.00	3	0.49	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de larvas de S. fru..	21	0.54	0.24	17.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.05	8	0.88	1.79	0.1751
Bloques	0.10	2	0.05	0.10	0.9085
Tratamientos	6.95	6	1.16	2.35	0.0974
Error	5.90	12	0.49		
Total	12.95	20			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.00032

Error: 0.4921 gl: 12

Bloques Medias n E.E.

III	4.00	7	0.27	A
II	4.00	7	0.27	A
I	3.86	7	0.27	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.00456

Error: 0.4921 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
B. thuringiensis 1 g/L	4.67	3	0.40	A
B. thuringiensis 2 g/L (IF..	4.33	3	0.40	A
Producto químico (testigo ..	4.00	3	0.40	A
B. thuringiensis 2 g/L	4.00	3	0.40	A
B. thuringiensis 1 g/L + A..	4.00	3	0.40	A
B. thuringiensis 1 g/L (IF..	4.00	3	0.40	A
B. thuringiensis 2 g/L + A..	2.67	3	0.40	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de larvas de S. fru..	21	0.78	0.64	18.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.24	8	0.90	5.43	0.0047
Bloques	0.67	2	0.33	2.00	0.1780
Tratamientos	6.57	6	1.10	6.57	0.0029
Error	2.00	12	0.17		
Total	9.24	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.58218

Error: 0.1667 gl: 12

Bloques Medias n E.E.

I	2.43	7	0.15	A
II	2.14	7	0.15	A
III	2.00	7	0.15	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.16663

Error: 0.1667 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Producto químico (testigo ..	2.67	3	0.24 A
B. thuringiensis 2 g/L	2.67	3	0.24 A
B. thuringiensis 1 g/L	2.67	3	0.24 A
B. thuringiensis 1 g/L (IF..	2.33	3	0.24 A
B. thuringiensis 2 g/L (IF..	2.00	3	0.24 A B
B. thuringiensis 1 g/L + A..	2.00	3	0.24 A B
B. thuringiensis 2 g/L + A..	1.00	3	0.24 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de larvas de S. fru..	21	0.78	0.64	18.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.24	8	0.90	5.43	0.0047
Bloques	0.67	2	0.33	2.00	0.1780
Tratamientos	6.57	6	1.10	6.57	0.0029
Error	2.00	12	0.17		
Total	9.24	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.58218

Error: 0.1667 gl: 12

Bloques Medias n E.E.

I	2.43	7	0.15	A
II	2.14	7	0.15	A
III	2.00	7	0.15	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.16663

Error: 0.1667 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Producto químico (testigo ..	2.67	3	0.24	A
B. thuringiensis 2 g/L	2.67	3	0.24	A
B. thuringiensis 1 g/L	2.67	3	0.24	A
B. thuringiensis 1 g/L (IF..	2.33	3	0.24	A
B. thuringiensis 2 g/L (IF..	2.00	3	0.24	A B
B. thuringiensis 1 g/L + A..	2.00	3	0.24	A B
B. thuringiensis 2 g/L + A..	1.00	3	0.24	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Daños por S. frugiperda	21	0.95	0.91	4.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.00	8	0.75	26.67	<0.0001
Bloques	0.21	2	0.11	3.73	0.0549
Tratamientos	5.79	6	0.97	34.32	<0.0001
Error	0.34	12	0.03		
Total	6.34	20			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.23921

Error: 0.0281 gl: 12

Bloques Medias n E.E.

III	3.96	7	0.06	A
II	3.94	7	0.06	A
I	3.74	7	0.06	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.47935

Error: 0.0281 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
B. thuringiensis 1 g/L	4.62	3	0.10	A
Producto químico (testigo ..	4.50	3	0.10	A B
B. thuringiensis 2 g/L (IF..	4.07	3	0.10	B C
B. thuringiensis 1 g/L + A..	3.73	3	0.10	C
B. thuringiensis 1 g/L (IF..	3.70	3	0.10	C
B. thuringiensis 2 g/L	3.60	3	0.10	C
B. thuringiensis 2 g/L + A..	2.97	3	0.10	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje de eficacia	21	0.90	0.83	6.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2349.43	8	293.68	13.27	0.0001
Bloques	1407.30	2	703.65	31.80	<0.0001
Tratamientos	942.13	6	157.02	7.10	0.0021
Error	265.50	12	22.13		
Total	2614.93	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.70771

Error: 22.1253 gl: 12

Bloques Medias n E.E.

III	84.07	7	1.78	A
II	80.81	7	1.78	A
I	65.31	7	1.78	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=13.44168**

Error: 22.1253 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
B. thuringiensis 2 g/L + A..	90.11	3	2.72 A
B. thuringiensis 1 g/L + A..	80.16	3	2.72 A B
B. thuringiensis 2 g/L (IF..	78.86	3	2.72 A B
B. thuringiensis 1 g/L (IF..	75.40	3	2.72 B
Producto químico (testigo ..	72.47	3	2.72 B
B. thuringiensis 2 g/L	72.25	3	2.72 B
B. thuringiensis 1 g/L	67.86	3	2.72 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de larvas de H. zea..	21	0.84	0.73	11.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12.76	8	1.60	7.73	0.0010
Bloques	1.52	2	0.76	3.69	0.0563
Tratamientos	11.24	6	1.87	9.08	0.0007
Error	2.48	12	0.21		
Total	15.24	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.64779

Error: 0.2063 gl: 12

Bloques Medias n E.E.

I	4.00	7	0.17	A
III	4.00	7	0.17	A
II	3.43	7	0.17	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.29811**

Error: 0.2063 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
B. thuringiensis 2 g/L	4.67	3	0.26 A
B. thuringiensis 1 g/L + A..	4.67	3	0.26 A

B. thuringiensis 1 g/L	4.33	3	0.26	A
B. thuringiensis 2 g/L (IF..	3.67	3	0.26	A B
B. thuringiensis 1 g/L (IF..	3.67	3	0.26	A B
Producto químico (testigo ..	3.00	3	0.26	B
B. thuringiensis 2 g/L + A..	2.67	3	0.26	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de larvas de H. zea..	21	0.64	0.40	20.79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.19	8	0.52	2.64	0.0631
Bloques	0.29	2	0.14	0.72	0.5066
Tratamientos	3.90	6	0.65	3.28	0.0379
Error	2.38	12	0.20		
Total	6.57	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.63521

Error: 0.1984 gl: 12

Bloques Medias n E.E.

III	2.29	7	0.17	A
II	2.14	7	0.17	A
I	2.00	7	0.17	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.27290

Error: 0.1984 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
B. thuringiensis 1 g/L + A..	2.67	3	0.26 A
B. thuringiensis 1 g/L (IF..	2.67	3	0.26 A
B. thuringiensis 2 g/L	2.33	3	0.26 A B
Producto químico (testigo ..	2.00	3	0.26 A B
B. thuringiensis 2 g/L (IF..	2.00	3	0.26 A B
B. thuringiensis 1 g/L	2.00	3	0.26 A B
B. thuringiensis 2 g/L + A..	1.33	3	0.26 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de larvas de H. zea..	21	0.74	0.57	26.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.26	8	0.53	4.33	0.0116
Bloques	0.02	2	0.01	0.10	0.9085
Tratamientos	4.24	6	0.71	5.74	0.0051

Error	1.48	12	0.12
Total	5.74	20	

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.50016

Error: 0.1230 gl: 12

Bloques	Medias	n	E.E.
I	1.36	7	0.13 A
III	1.29	7	0.13 A
II	1.29	7	0.13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.00228

Error: 0.1230 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Producto químico (testigo ..	2.00	3	0.20 A
B. thuringiensis 1 g/L + A..	1.83	3	0.20 A
B. thuringiensis 2 g/L (IF..	1.50	3	0.20 A B
B. thuringiensis 2 g/L	1.17	3	0.20 A B
B. thuringiensis 1 g/L (IF..	1.00	3	0.20 A B
B. thuringiensis 1 g/L	1.00	3	0.20 A B
B. thuringiensis 2 g/L + A..	0.67	3	0.20 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje de mazorcas dañ..	21	0.95	0.92	8.74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32.52	8	4.07	28.87	<0.0001
Bloques	0.10	2	0.05	0.37	0.6992
Tratamientos	32.42	6	5.40	38.37	<0.0001
Error	1.69	12	0.14		
Total	34.21	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.53508

Error: 0.1408 gl: 12

Bloques	Medias	n	E.E.
II	4.39	7	0.14 A
I	4.29	7	0.14 A
III	4.21	7	0.14 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.07226

Error: 0.1408 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Producto químico (testigo ..	6.00	3	0.22 A
B. thuringiensis 1 g/L (IF..	5.17	3	0.22 A B
B. thuringiensis 1 g/L	5.00	3	0.22 A B
B. thuringiensis 1 g/L + A..	4.67	3	0.22 B
B. thuringiensis 2 g/L (IF..	4.23	3	0.22 B

B. thuringiensis 2 g/L	2.67	3	0.22	C
B. thuringiensis 2 g/L + A..	2.33	3	0.22	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Eficacia de bioproductos	21	0.39	0.00	3.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	101.50	8	12.69	0.97	0.5007
Bloques	28.98	2	14.49	1.11	0.3616
Tratamientos	72.51	6	12.09	0.92	0.5111
Error	156.88	12	13.07		
Total	258.38	20			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.15612

Error: 13.0733 gl: 12

Bloques	Medias	n	E.E.
III	98.70	7	1.37 A
II	98.70	7	1.37 A
I	96.21	7	1.37 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=10.33242

Error: 13.0733 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
B. thuringiensis 2 g/L + A..	99.32	3	2.09 A
B. thuringiensis 1 g/L (IF..	98.99	3	2.09 A
B. thuringiensis 2 g/L	98.72	3	2.09 A
B. thuringiensis 2 g/L (I..	98.48	3	2.09 A
B. thuringiensis 1 g/L + A..	98.14	3	2.09 A
Producto químico (testigo ..	97.97	3	2.09 A
B. thuringiensis 1 g/L	93.44	3	2.09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de mazorcas por par..	21	0.95	0.92	3.89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11810.29	8	1476.29	28.08	<0.0001
Bloques	65.14	2	32.57	0.62	0.5545
Tratamientos	11745.14	6	1957.52	37.24	<0.0001
Error	630.86	12	52.57		
Total	12441.14	20			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=10.33962

Error: 52.5714 gl: 12

Bloques	Medias	n	E.E.
---------	--------	---	------

III	188.57	7	2.74	A
II	186.86	7	2.74	A
I	184.29	7	2.74	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=20.71972

Error: 52.5714 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
B. thuringiensis 2 g/L + A..	233.33	3	4.19	A
B. thuringiensis 2 g/L	197.67	3	4.19	B
B. thuringiensis 1 g/L + A..	185.00	3	4.19	B C
B. thuringiensis 1 g/L (IF..	184.67	3	4.19	B C
B. thuringiensis 1 g/L	180.33	3	4.19	B C
B. thuringiensis 2 g/L (IF..	176.67	3	4.19	C
Producto químico (testigo ..	148.33	3	4.19	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de planta (cm)	21	0.71	0.51	1.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.02	8	2.8E-03	3.64	0.0220
Bloques	4.7E-04	2	2.3E-04	0.30	0.7462
Tratamientos	0.02	6	3.7E-03	4.75	0.0105
Error	0.01	12	7.8E-04		
Total	0.03	20			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03977

Error: 0.0008 gl: 12

Bloques	Medias	n	E.E.
II	1.63	7	0.01
III	1.62	7	0.01
I	1.62	7	0.01

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.07970

Error: 0.0008 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
B. thuringiensis 2 g/L + A..	1.69	3	0.02	A
Producto químico (testigo ..	1.63	3	0.02	A B
B. thuringiensis 1 g/L (IF..	1.63	3	0.02	A B
B. thuringiensis 1 g/L	1.62	3	0.02	A B
B. thuringiensis 1 g/L + A..	1.61	3	0.02	A B
B. thuringiensis 2 g/L (IF..	1.61	3	0.02	A B
B. thuringiensis 2 g/L	1.57	3	0.02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de planta (cm)	21	0.71	0.51	1.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.02	8	2.8E-03	3.64	0.0220
Bloques	4.7E-04	2	2.3E-04	0.30	0.7462
Tratamientos	0.02	6	3.7E-03	4.75	0.0105
Error	0.01	12	7.8E-04		
Total	0.03	20			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03977

Error: 0.0008 gl: 12

Bloques Medias n E.E.

II	1.63	7	0.01	A
III	1.62	7	0.01	A
I	1.62	7	0.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.07970

Error: 0.0008 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
B. thuringiensis 2 g/L + A..	1.69	3	0.02 A
Producto químico (testigo ..	1.63	3	0.02 A B
B. thuringiensis 1 g/L (IF..	1.63	3	0.02 A B
B. thuringiensis 1 g/L	1.62	3	0.02 A B
B. thuringiensis 1 g/L + A..	1.61	3	0.02 A B
B. thuringiensis 2 g/L (IF..	1.61	3	0.02 A B
B. thuringiensis 2 g/L	1.57	3	0.02 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)