

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA CAMPUS SUR

Facultad de Ingeniería



“Determinación de la eficacia de *Bacillus Thuringiensis* para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz en aldea Las Trochas, Nueva Concepción, Escuintla”

Trabajo de graduación en modalidad de Trabajo Profesional
presentado por Sara María Salguero Luna para optar al grado
académico de Licenciada en Ingeniería en Tecnología Agrícola y
Pecuaria.

Guatemala

2021

“Determinación de la eficacia de *Bacillus Thuringiensis* para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz en aldea Las Trochas, Nueva Concepción, Escuintla”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA CAMPUS SUR

Facultad de Ingeniería




“Determinación de la eficacia de *Bacillus Thuringiensis* para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz en aldea Las Trochas, Nueva Concepción, Escuintla”

Trabajo de graduación en modalidad de Trabajo Profesional
presentado por Sara María Salguero Luna para optar al grado
académico de Licenciada en Ingeniería en Tecnología Agrícola y
Pecuaria.

Guatemala

2021

Vo.Bo. :

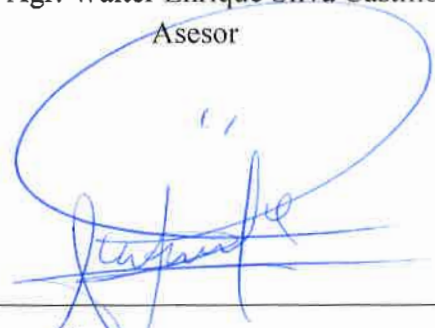
(f) 

Ing. Agr. Walter Enrique Silva Castillo
Asesor


Tribunal Examinador:

(f) 

Ing. Agr. Walter Enrique Silva Castillo
Asesor

(f) 

Ing. Agr. Susana Abigail García Escobar
Director

(f) 

Ing. Agr. Santos Danilo Carrillo Barrera
Evaluador

Fecha de aprobación: Guatemala, 07 de Diciembre de 2021

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVO	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	4
A. EL GUSANO COGOLLERO (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	4
B. BIOLOGÍA DE <i>S. frugiperda</i>	4
C. HÁBITOS	5
D. DAÑO	5
E. CONTROL QUÍMICO DEL GUSANO COGOLLERO	6
F. CONTROL BIOLÓGICO DE <i>SPODOPTERA FRUGIPERDA</i>	7
G. IMPORTANCIA DEL MAÍZ EN GUATEMALA.....	8
H. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL MAÍZ	09
I. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL MAÍZ	10
J. HÍBRIDO DE MAÍZ HB83	10
V. METODOLOGÍA.....	11
A. UBICACIÓN DEL ESTUDIO	11
B. CLIMA DE LA REGIÓN	11
C. PLAN EXPERIMENTAL	11
1. Descripción del tratamiento 1	12
2. Descripción del tratamiento 2	13
3. Descripción del tratamiento 3	13
4. Descripción del tratamiento 4	14
D. MANEJO DEL EXPERIMENTO	14
E. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	15
F. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	16
VI. RESULTADOS.....	17
A. TRATAMIENTO 1 (TESTIGO)	17

B.	TRATAMIENTO 2.....	17
C.	TRATAMIENTO 3.....	18
D.	TRATAMIENTO 4.....	18
VII.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	19
VIII.	CONCLUSIONES	23
IX.	RECOMENDACIONES.....	24
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	25
XI.	ANEXOS	27
XII.	GLOSARIO	32

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Características agrónomicas	10
Tabla 2 Resultados del tratamiento 1	17
Tabla 3 Resultados del tratamiento 2	17
Tabla 4 Resultados del tratamiento 3	18
Tabla 5 Resultados del tratamiento 4	18
Tabla 6 Análisis de Varianza	22
Tabla 7 Prueba de Tukey	22

LISTA DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1 Comparación del porcentaje de incidencia entre tratamientos.....	20
Gráfica 2 Comparación del porcentaje de infestación entre los tratamientos.....	20
Gráfica 3 Comparación del rendimiento.....	21

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Página
Ilustración 1 Tratamientos y repeticiones	12
Ilustración 2 Tratamiento 1	13
Ilustración 3 Daño posterior a aplicaciones de <i>Bacillus thuringiensis</i>	27
Ilustración 4 Daño presente antes del control biológico	27
Ilustración 5 Mazorcas del T2.....	28
Ilustración 6 Mazorcas del T1.....	28
Ilustración 7 Mazorcas del T4.....	28
Ilustración 8 Mazorcas del T3.....	28
Ilustración 9 Una planta de maíz.....	29
Ilustración 10 Muestreo de gusano cogollero.	29
Ilustración 11 Plantación en crecimiento.	29
Ilustración 12 Plantación en etapa de producción.....	30
Ilustración 13 Ubicación del ensayo en Aldea Las Trochas, Nueva Concepción.....	30
Ilustración 14 Costo de producción cultivo de maíz HB-83.....	31

RESUMEN

El cultivo de maíz es de vital importancia en la dieta de los guatemaltecos, sin embargo, aún es cultivado con controles químicos para garantizar el control de diferentes plagas que no perjudiquen las cosechas para también avalar la seguridad alimentaria dentro de varios lugares de Guatemala. Los productos químicos utilizados en la agricultura deben ser manipulados correctamente para evitar daños al medio ambiente, resistencias, intoxicaciones y otros factores de interés. Una alternativa para el control de plagas y amigable con el medio ambiente es el control biológico con el cual se obtienen resultados similares o mejores que controlar las plagas o enfermedades de manera química. Este trabajo experimental permite realizar una comparación entre los rendimientos (qq/Mz), porcentaje de incidencia e infestación del gusano cogollero mediante el control químico y biológico, los cuales se obtuvieron en cuatro tratamientos, donde se utilizaron diferentes dosis de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) y un control químico comúnmente utilizado en la costa sur de Guatemala.

Los resultados proyectan una pequeña ventaja productiva del tratamiento con control químico sobre el tratamiento con aplicaciones de control biológico, pues se obtuvo mejor control de la plaga y una pequeña diferencia en el rendimiento del cultivo.

Sin embargo, dos de los tratamientos donde se aplicaron diferentes dosis de *Bt* lograron obtener resultados muy favorables y similares al mejor tratamiento, dando lugar a poder utilizarlo para el control de gusano cogollero si el agricultor así lo prefiere.

I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto investigativo se realizó con el propósito de evaluar y determinar la eficacia que tiene *Bacillus thuringiensis*, bacteria benéfica, para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo del maíz (*Zea maíz*) híbrido HB-83 cultivado a campo abierto, en aldea Las Trochas, Nueva Concepción, Escuintla.

Según el Instituto de Investigación de Sanidad Vegetal la bacteria benéfica mencionada es uno de los organismos biológicos más eficaces para el combate del gusano cogollero. Presenta buen efecto residual y no es tóxico para mamíferos. Actúa produciendo parálisis intestinal y septicemia en las larvas que han ingerido el producto (Instituto de Investigación de Sanidad Vegetal, 2012). Cabe mencionar que otra ventaja de utilizar este microorganismo es que no tiene gran movilidad en el medio ambiente por lo tanto no puede emigrar a otros cultivos o lugares, lo cual hace eficiente tener este microorganismo.

El ensayo se diseñó con cuatro tratamientos, de los cuales uno fue el testigo, donde el control utilizado fue el control químico que comúnmente utilizan los agricultores de la Costa Sur de Guatemala y los demás fueron dosis recomendadas de la bacteria benéfica *Bacillus thuringiensis*. Los rendimientos y porcentaje de eficacia (medida por la incidencia e infestación de la plaga en el cultivo), obtenidos en cada tratamiento se someterán a evaluación comparativa para comprobar mediante análisis estadístico la existencia de alguna diferencia significativa que finalmente manifieste la eficacia de utilizar el control biológico mencionado.

Al finalizar el proyecto se pretende sugerir la dosis que mayor eficacia presente en el experimento a los agricultores de la zona sur de Guatemala como también a los agricultores que siembren tal cultivo con características similares al clima que presenta la Costa Sur del país. Esto con el objetivo de no continuar contaminando el medio ambiente, que los agricultores no dañen su salud y la de sus familiares al no utilizar adecuadamente los agroquímicos y sobre todo garantizar la seguridad alimentaria.

II. OBJETIVO

A. GENERAL

Determinar la eficacia de *Bacillus thuringiensis* para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz en aldea Las Trochas, Nueva Concepción, Escuintla.

B. ESPECÍFICOS

1. Definir la dosis de *Bacillus thuringiensis* que tenga mayor control sobre el gusano cogollero.
2. Determinar el efecto de los tratamientos sobre los rendimientos obtenidos en el cultivo.

III. JUSTIFICACIÓN

Durante las etapas de crecimiento vegetativo del maíz, las larvas de *Spodoptera frugiperda* consumen principalmente las hojas que indirectamente afectan el rendimiento del cultivo y reducen el área fotosintética de ésta, el ataque a las plantas pequeñas daña o destruye el tejido meristemático, lo cual ocasiona reducción de la población de plantas o disminución de su capacidad productiva (Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, 2012).

Las costumbres de los productores para controlar las plagas generalmente han sido a través del uso de plaguicidas químicos. El uso intensivo de agroquímicos lejos de proporcionar el objetivo esperado de mejorar el nivel de vida de los productores, más bien ha sido y sigue siendo un elemento desestabilizador de la ecología, del equilibrio biológico, de la economía y salud de los productores al aplicarlos y la sociedad en general al consumir productos agrícolas contaminados.

Los plaguicidas sintéticos han sido utilizados durante muchos años en la producción agrícola ocasionando serios problemas en la salud y el ambiente, incluyendo la contaminación de los suelos y aguas, problemas con intoxicaciones, efectos adversos en la flora y aumento en los costos de producción, etc. Una de las alternativas para el manejo de plaga en la agricultura, que procura un manejo sostenible de los recursos y asegura su conservación es el uso de los bioplaguicidas. Estos son productos biológicos o de origen natural que no ocasionan los problemas de los plaguicidas tradicionales.

Con base en lo anterior el uso de bioplaguicidas se vuelve una alternativa para evitar todo el daño que irreversiblemente se está haciendo con los agroquímicos, ya que el utilizar control biológico no genera daños al medio ambiente y se garantiza la seguridad alimentaria por lo que no se estarían generando toxicidad en la planta y al consumidor final.

IV. MARCO TEÓRICO

A. EL GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda*)

El Gusano Cogollero es una de las plagas más comunes en los cultivos de granos básicos. Se debe controlar cuando se observan altas poblaciones ya que podrían destruir más de un 25% del follaje. La aplicación de polvos o granulados es efectiva (Insuagro, 2010).

B. BIOLOGÍA DE *S. frugiperda*

En estado adulto el gusano cogollero es una polilla con una expansión alar de 30 a 38 mm. Las alas anteriores son grisáceas o pardo grisáceas, en el macho más claras y con máculas más contrastantes. Las alas posteriores son prácticamente blancas, con una línea de color castaño sobre el margen externo.

A los 2 o 3 días después de la cópula la hembra inicia la ovoposición, los huevos son colocados en grupos de 300 o más, generalmente en la cara inferior de las hojas, recubiertos por abundante pilosidad que la hembra produce. Asimismo, el estrato medio e inferior de la planta son los preferidos para la ovoposición. Estas dos últimas características biológicas resultan de gran importancia al momento de seleccionar el producto y las pastillas adecuadas para realizar la aplicación. Luego de 48 horas de efectuada la puesta eclosionan las larvas, que permanecen juntas, manifestando un alto porcentaje de canibalismo, sobreviviendo unas pocas que luego se dispersan y roen las láminas de las hojas jóvenes, respetando la epidermis opuesta.

Son activas durante el día y la noche, a partir del IV estadio perforan las hojas o las destruyen desde sus bordes. En este momento mide 35 a 40 mm y posee una coloración general que varía entre el verde claro, rosado amarillento y el gris oscuro casi negro con tres líneas longitudinales amarillas. Sobre el dorso de la cabeza se observa un diseño en forma de Y muy característico. Es en este estadio donde ingresa al cogollo de la planta, resultando muy difícil su control, ya que deja de estar expuesta y además se cubre con sus deyecciones.

En general las larvas transcurren por 5 estadios, período que dura entre 15 a 30 días dependiendo de las condiciones ambientales. Cuando llegan al máximo desarrollo, las larvas descienden al suelo para empupar en una cámara de barro (CESAVEG, 2008).

C. HÁBITOS

Durante las primeras fases de desarrollo del cultivo, de 4 a 6 hojas, las masas de huevos del gusano cogollero son más abundantes en la parte baja de la planta de maíz y en el envés de la hoja. Cuando la planta tiene de 8-10 y 12-24 hojas los huevos son puestos en la región media y superior y en el haz de la hoja. El mayor número de huevos es puesto en la fase de 4-6 hojas (Beserra, T., & Parra, 2001).

Las larvas recién eclosionadas se alimentan principalmente de la misma masa de huevos a la que pertenecieron (Branderburg y Villani 1995). Durante las primeras horas, los estadíos larvarios jóvenes presentan una respuesta positiva a la luz y como resultado se mueven hacia la parte superior de la planta de maíz, donde pueden ser movidas por el viento a otras plantas. Por sí solas las larvas pueden dispersarse en un tiempo de dos horas cuando la temperatura alcanza los 35°C (Morrill & Greene, 1973).

D. DAÑO

La mayor presencia poblacional y frecuencia en lotes de sorgo y maíz se dan en las etapas vegetativas iniciales, cuando se observan larvas pequeñas, que producen roído superficial de las láminas, sin perforarla, conocido como estado de “ventanita”. Para un eficiente control de cogollero resulta crucial la detección de este estado de daño grado 1 (ventanita), momento en que la larva está aún expuesta y es susceptible al contacto con el insecticida, donde se lograría la mayor eficiencia de control (Insuagro, 2010).

Generalmente cuando la gran mayoría detecta el problema es con grado 3, donde los daños ya son evidentes y severos, observándose mucho aserrín, con una larva que ya ha profundizado y se encuentra muy protegida, lo cual obliga a tratamientos más caros, pero con resultados deficientes. Lo expuesto anteriormente indica que resultará crucial el momento de control. Es fundamental tomar decisiones antes que la larva “se proteja” (Insuagro, 2010).

El daño económico de esta plaga generalmente es importante. Una infestación no controlada de *S. frugiperda* puede ocasionar una reducción del rendimiento de 13 a 60%, debido a la pérdida de área foliar y a un retraso o inhibición en la emisión de las inflorescencias (García, 2008). Cabe resaltar que las plantas de maíz son susceptibles de ser dañadas por el gusano cogollero durante su desarrollo vegetativo, de la emergencia y hasta 55-60 días después de dicha fase; por lo tanto, es en esta etapa cuando debe muestrearse la plaga y en su caso aplicar las medidas de control (CESAVEG, 2008).

E. CONTROL QUÍMICO DEL GUSANO COGOLLERO

Algunas de las opciones disponibles en el mercado son:

1. **Productos convencionales:**

- a. Fosforados y Piretroides:** Actúan sobre los estados larvales (L1, L2, L3) por contacto e ingestión antes que ingresen al cogollo, Cipermetrina + clorpirifos, Clorpirifos, Zetametrina, Gammacealotrina Otros: IGR (Reguladores de crecimiento): Cuando se ven las primeras ovoposiciones, ya que actúan principalmente por ingestión sobre larva 1 y larva 2. O Clorfluazurón, Lufenurón, Teflubenzurón, Triflumurón, Novalurón (Insuagro, 2010).
- b. Spinosad:** (Neurotóxico, actúa por ingestión, es un producto de origen biológico obtenido a partir de la fermentación de una bacteria actinomicete).
- c. Otros de los insecticidas utilizados para su control son:** DECIS, RIENDA, RICORP; LARVIN, CONTRINO 5 SG Y VOLATON.

Para cada caso, respetar las recomendaciones y dosis indicadas en el marbete del producto seleccionado para lograr la mejor calidad de aplicación.

F. CONTROL BIOLÓGICO DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA*

El gusano cogollero es una plaga con un gran número de enemigos naturales, los cuales pueden ser parasitoides, depredadores o entomopatógenos. En el Cuadro 1 se presentan los diferentes enemigos naturales que tiene este insecto.

Cuadro 1: Enemigos naturales del gusano cogollero

Parasitoides	Depredadores	Entomopatógenos
<i>Telenomus</i> sp.	<i>Zelus</i> spp.	<i>Bacillus thuringiensis</i>
<i>Trichogramma atopovirilla</i>	<i>Orius tristicolor</i>	Virus de la poliedrosis nuclear
<i>T. pretiosum</i>	<i>Cycloneda sanguinea</i>	<i>Nomuraea rileyi</i>
<i>T. exiguum</i>	<i>Hyppodamia convergens</i>	<i>Steinernema carpocapsae</i>
<i>Chelonus insularis</i>	<i>Coleomegilla maculata</i>	
<i>Meteorus laphygmae</i>	<i>Podisus</i> sp.	
<i>Apanteles</i> sp.		
<i>Eiphosoma</i> sp.		
<i>Winthemia</i> sp.		
<i>Sarcophaga</i> sp.		
<i>Archytas marmoratus</i>		

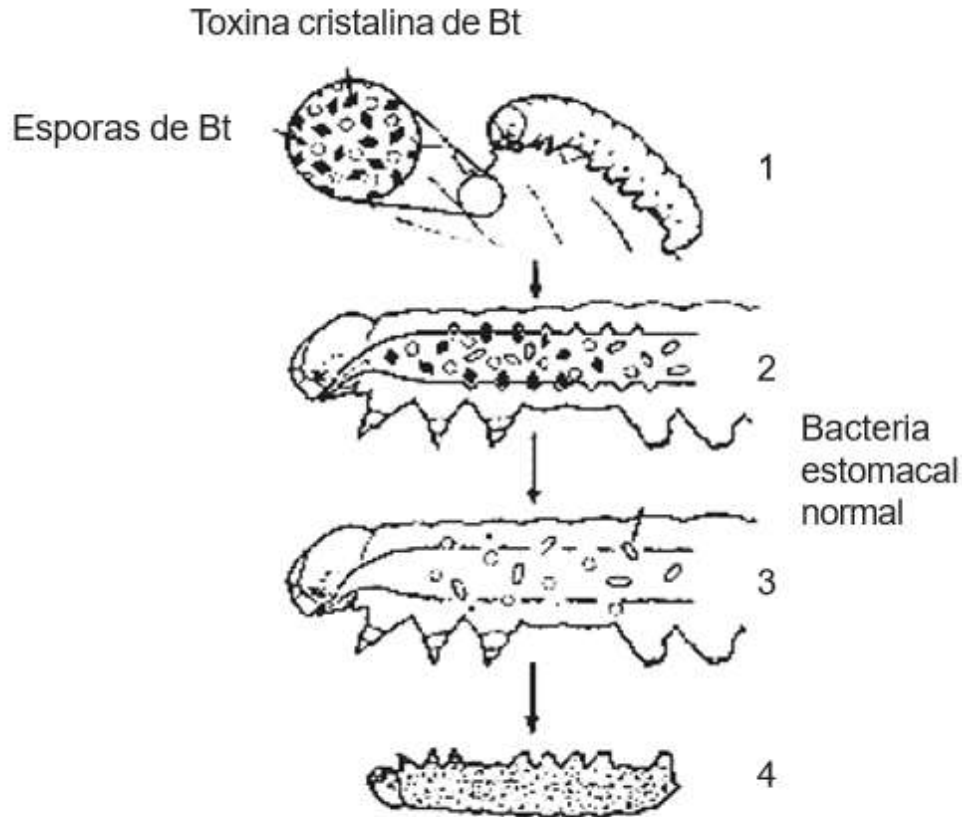
García et al (1999)

1. *Bacillus thuringiensis* (Bt)

Es una bacteria benéfica muy tóxica para larvas de algunas especies de insectos, particularmente de lepidópteros. Además, es el entomopatógeno más utilizado como agente de control biológico; es altamente selectivo para insectos benéficos. Para que esta bacteria haga efecto, esta necesita ser ingerida por la larva y así poder llevar a cabo su efecto tóxico: las larvas dejan de alimentarse, se presenta una parálisis del intestino, diarrea, parálisis total y finalmente la muerte del insecto (Soberón & Bravo, 2007).

a. Modo de acción

La larva consume el bioinsecticida después la toxina se une a los receptores específicos de la pared estomacal generando poros y la larva deja de comer, posterior las paredes se rompen permitiendo que esporas y bacterias penetren en el cuerpo de la larva y, por último, la larva muere por septicemia (Sansinenea, 2008).



G. IMPORTANCIA DEL MAÍZ EN GUATEMALA

El cultivo del maíz resulta ser de suma importancia dentro de la dieta alimenticia de la mayoría de la población guatemalteca, razón por la cual es motivo de particular atención para los productores de dicho cultivo, contar con la mayor cantidad de información sobre aspectos agronómicos, así como nutricionales del mismo (ICTA, El maíz cultivado en áreas rurales, 2014).

Además de constituir en Guatemala uno de los cultivos más importante y tradicionales, son la fuente principal de carbohidratos (65%), y de proteína (71%) en la dieta de los guatemaltecos, el cual la mayor parte de la población utiliza diariamente como base principal en su alimentación. Actualmente se está usando en la preparación de concentrados para la alimentación animal y para la extracción de aceite (ICTA, 2014). El uso de productos agrícolas por parte de grandes países para fabricar biodiesel determinará la tendencia en el cultivo de maíz de Centroamérica y de Guatemala hacia el año 2,022, según el científico investigador extranjero Hugo Córdova (Bolaños, 2007). El reto para Guatemala en los próximos años será mantener el balance entre abastecer a la industria

nacional y evitar los riesgos para proveer el consumo humano de maíz blanco y amarillo, opinó el experto. (Bolaños, 2007).

En Guatemala se produjo un total de 20, 337,694 quintales de maíz blanco en el año 2015, mientras que otros países superan grandemente esta cifra. Esto obedece a que en otros lugares se utilizan variedades e híbridos, cuyas bondades son actualmente desconocidas por una gran mayoría de pequeños y medianos agricultores de nuestro país (INE, 2015).

Además, la variabilidad y adaptabilidad del maíz, ha permitido la creación de materiales para diversos tipos de condiciones climatológicas y edáficas. El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, mediante el sub-programa de maíz, se ha dado a la tarea de generar y promocionar variedades e híbridos que poseen una gran demanda dentro del mercado nacional y extranjero, debido al incremento del potencial nutritivo de los materiales generados por el ICTA (Fuentes, 2002).

Ante la posible limitante de proveer para biodiesel y la posibilidad de que otros países reduzcan sus exportaciones de maíz amarillo, Guatemala deberá ocuparse de producir para abastecer a la industria nacional de concentrados, porcina y avícola (Bolaños, 2007).

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación Actualmente, 78 % de la producción anual de maíz es blanco y 22 % es amarillo (MAGA, 2014).

H. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL MAÍZ

El maíz es una gramínea anual, erecta, robusta de 0.6 a 3.0 m o más de altura en su madurez. Los tallos son ligeramente comprimidos, gruesos. Las hojas son de 30 a 100 cm. de largo y de 3 a 12 cm. de ancho, la base es redondeada, el ápice más angosto y agudo y los márgenes frecuentemente ásperos o irregulares. Son de color verde en la parte superior, finamente pilosos o glabros en ambas superficies. Las espigas son unisexuales-monoicas, las masculinas terminales solitarias en grupos de 2 a 26, las femeninas en las axilas de una o más hojas generalmente solitarias.

La inflorescencia femenina se encuentra envuelta entre 8 o 13 brácteas largas, duras y finamente pubescentes, los estilos son largos, morados o blanco negruzco y penduloso, con un estigma morado bífido que sobresale considerablemente de las brácteas. Las semillas (frutos), son ovoides con un ápice agudo obtuso redondeado y comprimido (ICTA, Investigación y desarrollo de maíz de alta calidad de proteína, 2013).

I. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL MAÍZ

Cuadro 1 Clasificación taxonómica del maíz

Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Clase	Angiospermae
Sub clase	Monocotiledoneae
Grupo	Glumiflora
Orden	Graminales
Familia	Gramineae
Género	Zea
Especie	Z. mays

(Jungenheimer, 1980)

J. HÍBRIDO DE MAÍZ HB83

El híbrido de maíz HB83 es uno de los más utilizados por los productores de la costa sur de Guatemala y presenta las siguientes ventajas (Orellana, 2014).

1. Adaptación a todas las zonas maiceras de Guatemala
2. Disponibilidad de semilla en el mercado
3. Tiene buena aceptación por los compradores de grano
4. Tolerante al acame provocado por vientos

En la Tabla 1 se describen las características que tiene el híbrido de maíz HB83.

Tabla 1 Características agrónomicas

Variedad/ Híbrido	Altura de la planta (m)*	Altura a mazorca (m)*	Floración (días)	Madurez fisiológica (días)	Cosecha (días)	Cantidad semilla a utilizar	Rendimiento quintales por manzana	Zona de adaptación
ICTA B-7	2.15	1.20	53	85-90	115-120	25-30 libras por manzana	50	Menores de 1400 msnm, (zona maicera del país).
ICTA HB- 83	2.30	1.25	54				70	
ICTA MAYA ^{QPM}	2.40	1.20	56				80	

V. METODOLOGÍA

A. UBICACIÓN DEL ESTUDIO

El experimento del trabajo profesional se realizó en aldea Las Trochas, Nueva Concepción, Escuintla a una altura de 30 msnm.

B. CLIMA DE LA REGIÓN

El lugar presenta un clima tropical con temperatura promedio anual de 27.5°C y una precipitación pluvial anual de 1398 mm (ICC, 2016).

Los suelos del área donde se estableció la investigación experimental pertenecen al grupo de los Fluvisoles, presentan una textura franco arenoso y son de origen aluviales por lo que sobre su superficie hay presencia de una buena cantidad de materia orgánica lo que lo convierte en suelo bueno para cultivar (CENGICAÑA, 2010).

C. PLAN EXPERIMENTAL

Para la parte estadística el diseño experimental fue diseño completamente al azar donde se utiliza el análisis de la varianza (ANOVA) para comprobar si existen diferencias en las medias. Fundamentalmente este análisis consiste en separar la contribución de cada fuente de variación en la variación total observada, el software utilizado para la tabulación de los datos fue Excel.

La evaluación estuvo conformada por cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento en $731.25 m^2$, la descripción de los tratamientos se presenta en el Cuadro 2.

El híbrido de maíz utilizado en el experimento fue el HB83, ya que es uno de los materiales genéticos que utiliza la mayor cantidad de agricultores de la zona costera sur de Guatemala.

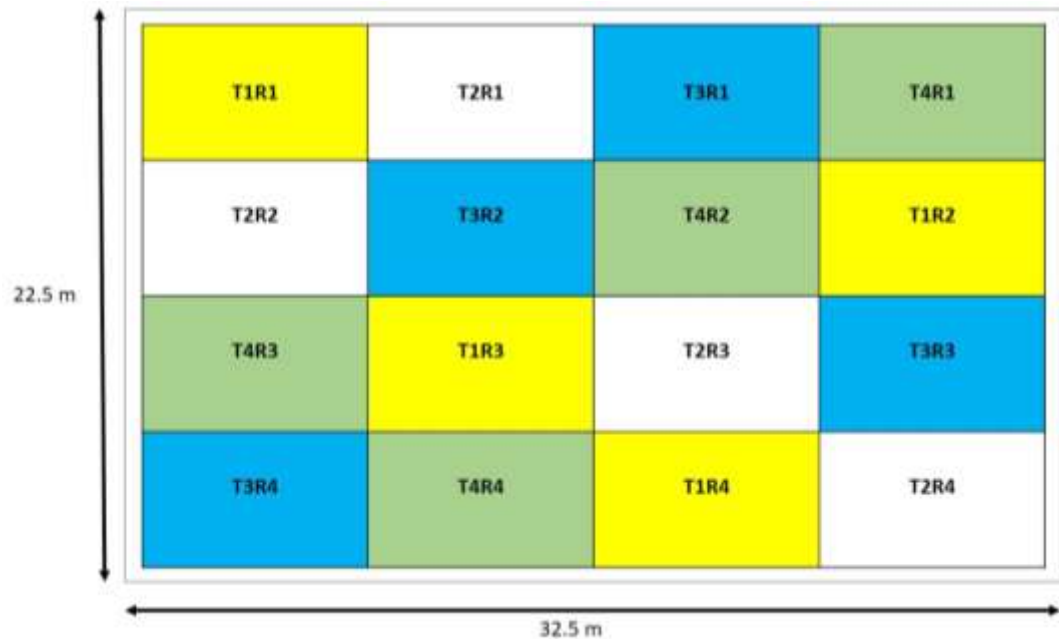
Para la siembra de maíz de todos los tratamientos se utilizaron dos semillas por postura a una distancia de $0.25 m$ entre postura y $0.75 m$ entre surcos, haciendo un total de 40 plantas por surco y 400 plantas por unidad experimental.

Posteriormente se realizó un raleo dejando 20 plantas por surco y 200 plantas unidad experimental.

Cuadro 2 Tratamientos

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo
T2	<i>Bacillus thuringiensis</i> con Dosis de 100 cc por mochila aspersora de 16 lt
T3	<i>Bacillus thuringiensis</i> con Dosis de 150 cc por mochila aspersora de 16 lt
T4	<i>Bacillus thuringiensis</i> con Dosis de 200 cc por mochila aspersora de 16 lt

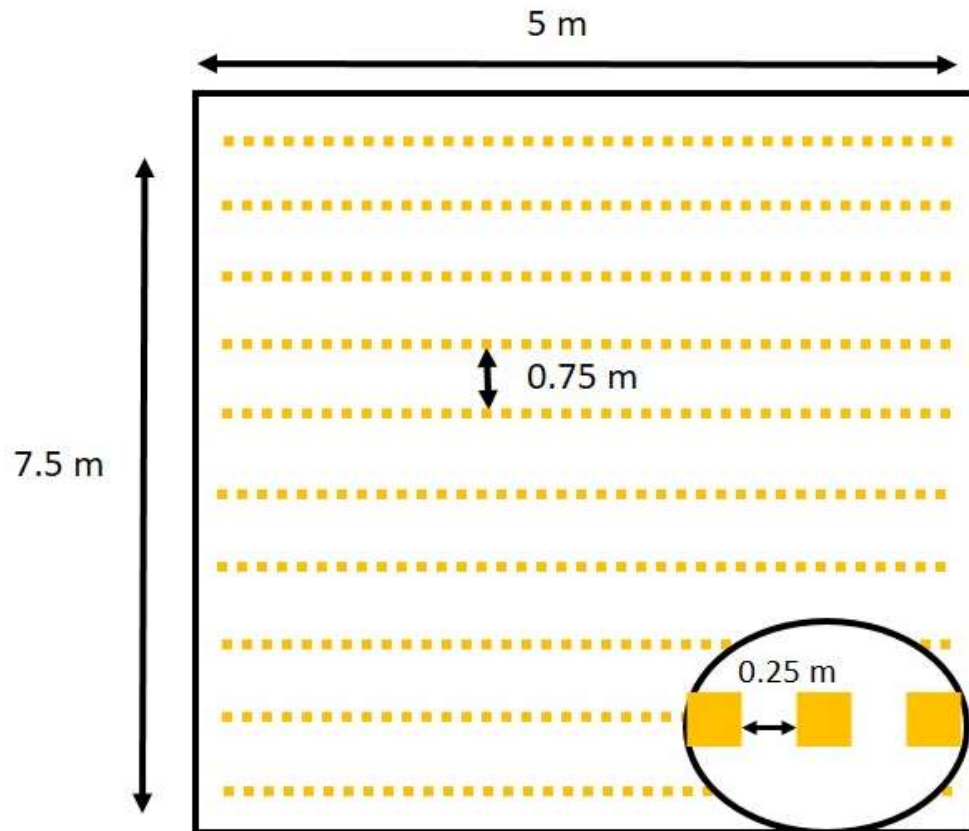
Ilustración 1 Tratamientos y repeticiones



1. Descripción del tratamiento 1

Cada tratamiento con su repetición tuvo 7.5 m de ancho, albergando diez surcos de 5 m de largo ($37.5 m^2$), a cada planta se le hizo una aplicación en la fase de desarrollo, cuando ya se encontró presente la plaga en el cultivo, 8 gramos del agroquímico denominado Contrino 5 SG por mochila aspersora de 16 lt, para el control del gusano cogollero.

Ilustración 2 Tratamiento 1



2. Descripción del tratamiento 2

Este tratamiento tiene la peculiaridad de que el control para el gusano cogollero fue por medio de un bioplaguicida, siendo el componente la bacteria benéfica llamada *Bacillus thuringiensis*, la dosis aplicada fue de 100 cc por mochila aspersora de 16 lt. La dosis mencionada es recomendada por una empresa productora de este microorganismo (Vista Volcanes S. A.), y esta dosis en conjunto con la del tratamiento 3 y 4, son las que recomiendan o dosis comerciales que manejan en ensayos en diferentes puntos del país, cabe resaltar que esta bacteria no ha sido evaluada en maíz en la costa sur de Guatemala.

3. Descripción del tratamiento 3

Lo que hace diferente a este tratamiento de los demás es la dosis del bioplaguicida utilizado, siendo esta de 150 cc del producto que contiene *Bacillus thuringiensis* por mochila aspersora de 16 lt.

4. Descripción del tratamiento 4

En este tratamiento se evaluó una dosis de 200 cc de *Bacillus thuringiensis* por mochila aspersora de 16 lt. Las dimensiones de la parcela que albergó este tratamiento y la densidad de siembra fueron igual a la de los demás tratamientos.

D. MANEJO DEL EXPERIMENTO

1. Preparación del terreno

En el área donde se estableció el experimento se procedió a la eliminación de malezas de manera mecánica, utilizando herramienta agrícola para tal labor, posterior a este procedimiento se pasó dos veces una Rastra a una profundidad de 20 cm.

2. Siembra

La siembra se realizó con un distanciamiento de 0.75 metros entre surcos y 0.25 metros entre planta de forma manual.

3. Aplicación de control para gusano cogollero

Para el tratamiento uno se utilizó el producto llamado Contrino 5 SG, una aplicación en el cogollo a las cuatro semanas después de germinada la semilla. En los demás tratamientos se aplicó *Bacillus thuringiensis* con la dosis indicada en cada tratamiento, se hicieron tres aplicaciones alternadas por una semana entre cada una. Las aplicaciones del control biológico iniciaron en la tercera semana después de germinada la semilla.

El procedimiento de mezcla para su realización fue el siguiente:

Medir dureza y pH del agua, en el sitio donde se llevó a cabo el ensayo, la dureza se encuentra en 350ppm con un pH de 7 por lo que se utilizó el producto Penta Suavizador (corrector de dureza y pH del agua) a una dosis de 1.59gr/lt de agua utilizada en la aplicación, con esta dosis se logró obtener el rango adecuado para la estabilidad de la mezcla. Luego se agregó el insecticida y por último el coadyuvante (Locker) para que exista una mejor penetración y dispersión de la gota al momento de la pulverización.

4. Control de malezas

Con el propósito de que las malezas no sean hospederas de plagas, competencia para el cultivo de maíz, en espacio y nutrientes, se efectuó la primera eliminación de malezas con el método mecánico a los 20 días después de la siembra, la segunda se realizó a los 35 días después de la siembra.

5. Riego

El experimento se estableció en la época lluviosa de Guatemala siendo esta de junio a septiembre por lo tanto la parcela no tuvo riego programado o alguna lámina de riego específica.

6. Aplicación de fertilizante

La nutrición de la planta se realizó con las mismas aplicaciones que realizan los agricultores de la costa sur de Guatemala para obtener resultados apegados a las condiciones que ellos manejan en sus cultivos. A los 8 días después de la siembra se aplicó una fórmula balanceada N-P-K (15-15-15-), luego se realizó una segunda aplicación de fertilizante granulado a los 20 días después de siembra de Sulfato de amonio y la última fertilización granulada se hizo a los 35 días después de la siembra con la fórmula a base de nitrógeno (Urea perlada).

7. Cosecha

A los 100 días después de la siembra se hizo la fase de doblar la caña de maíz y cuando los granos se encontraron en estado seco se cosechó toda la producción del cultivo maíz separando la cosecha de cada tratamiento para posteriormente tomar los datos

E. RECOLECCIÓN DE DATOS

Las variables que dieron los resultados del experimento realizado fueron dos: Porcentaje de eficacia del control biológico y el rendimiento del cultivo por cada tratamiento.

1. Eficacia del control utilizado

La magnitud del daño ocasionado por la plaga se determinó evaluando el porcentaje de infestación y el de incidencia.

- a. **El porcentaje de infestación:** Es la proporción de individuos en la planta u órgano vegetal evaluado y multiplicado por cien. Para determinarlo, se aplica la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de infestación} = \frac{\text{Número de individuos}}{\text{Número de organos evaluados}} * 100$$

- b. **Porcentaje de incidencia:** Es el número de unidades de plantas, hojas, tallos, frutos o raíces afectadas por surco, parcela o lote, expresada en porcentaje. La incidencia puede ser equivalente a severidad cuando una lesión es fatal o casi fatal como sucede para los patógenos sistémicos o vasculares como virus, ciertas bacterias y hongos. Para determinarlo, se aplicará la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{Número de plantas afectadas}}{\text{Número de plantas evaluados}} * 100$$

La eficacia se evaluó a partir de la sexta semana después de germinada la semilla, ya que a partir de esta semana inicia el periodo donde aparece el gusano cogollero

2. Rendimiento

Para esta variable se pesó el maíz cosechado de cada tratamiento y se hizo la equivalencia con las unidades de medida Quintales por manzana (qq/mz). Cabe mencionar que el maíz se pesó en estado seco, es decir una semana después de la dobla de la caña de maíz.

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de datos se sacaron las medias de las variables medidas, para realizar el análisis de varianza que corresponde al diseño experimental, para este caso se realizó el ANOVA para verificar si había diferencia estadística significativa, posterior al conocer que si lo había se procedió a realizar una prueba de Tukey para conocer que tratamientos eran diferentes estadísticamente, con lo cual se procedió a sacar las debidas conclusiones del experimento el software utilizado para el análisis de datos fue el programa Excel.

VI. RESULTADOS

A. TRATAMIENTO 1 (TESTIGO)

Se determinó el tamaño de la muestra por cada repetición por medio de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N Z^2 p q}{(N - 1)e^2 + Z^2 p q} =$$

Donde el resultado obtenido fue de 14.08 plantas por cada repetición, con 95% de confianza y el 5% de error. En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos de las variables medidas fueron los siguientes para todas las repeticiones del tratamiento 1:

Tabla 2 Resultados del tratamiento 1

Tratamiento	Plantas evaluadas	gusanos encontrados	Plantas afectadas	libras de maíz en seco	% infestación	% incidencia	Proyección de Rendimiento ton/Ha
R1	20	4	3	3.8	20	15	4.60
R2	20	3	2	4.05	15	10	4.90
R3	20	3	3	3.95	15	15	4.78
R4	20	2	1	4	10	5	4.84
Promedio	20	3	2.25	3.95	15	11.25	4.78

B. TRATAMIENTO 2

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos de las variables medidas fueron los siguientes para todas las repeticiones del tratamiento 2:

Tabla 3 Resultados del tratamiento 2

Bloque	Plantas evaluadas	Gusanos encontrados	Plantas afectadas	Libras de maíz en seco	Porcentaje de infestación	Porcentaje de incidencia	Proyección de Rendimiento ton/Ha
R1	20	8	5	3.04	40	25	3.67
R2	20	6	6	3.4	30	30	4.11
R3	20	4	6	2.96	20	30	3.58
R4	20	5	7	3.2	25	35	3.87
Promedio	20	5.75	6	3.15	28.75	30	3.81

C. TRATAMIENTO 3

En la Tabla 4 se exhiben los resultados obtenidos de las variables medidas fueron los siguientes para todas las repeticiones del tratamiento 3:

Tabla 4 Resultados del tratamiento 3

Bloque	Plantas evaluadas	Gusanos encontrados	Plantas afectadas	Libras de maíz en seco	Porcentaje de infestación	Porcentaje de incidencia	Proyección de Rendimiento ton/Ha
R1	20	5	4	3.5	25	20	4.23
R2	20	4	5	3.9	20	25	4.72
R3	20	2	3	4	10	15	4.84
R4	20	3	5	3.7	15	25	4.48
Promedio	20	3.5	4.25	3.775	17.5	21.25	4.57

D. TRATAMIENTO 4

En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos de las variables medidas fueron los siguientes para todas las repeticiones del tratamiento 4:

Tabla 5 Resultados del tratamiento 4

Bloque	Plantas evaluadas	Gusanos encontrados	Plantas afectadas	Libras de maíz en seco	Porcentaje de infestación	Porcentaje de incidencia	Proyección de Rendimiento ton/Ha
R1	20	4	5	3.55	20	25	4.29
R2	20	3	3	3.77	15	15	4.56
R3	20	4	4	3.89	20	20	4.71
R4	20	2	3	3.9	10	15	4.72
Promedio	20	3.25	3.75	3.7775	16.25	18.75	4.57

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Bacillus thuringiensis (Bt) es una bacteria benéfica muy tóxica para larvas de algunas especies de insectos, particularmente de lepidópteros. Además, es el entomopatógeno más utilizado como agente de control biológico; es altamente selectivo para insectos benéficos. Para que esta bacteria haga efecto, esta necesita ser ingerida por la larva y así poder llevar a cabo su efecto tóxico: las larvas dejan de alimentarse, se presenta una parálisis del intestino, diarrea, parálisis total y finalmente la muerte del insecto (Soberón & Bravo, 2007).

En el experimento realizado se logró conocer el efecto que tiene las aplicaciones de Bt para el control de gusano cogollero en el cultivo de maíz.

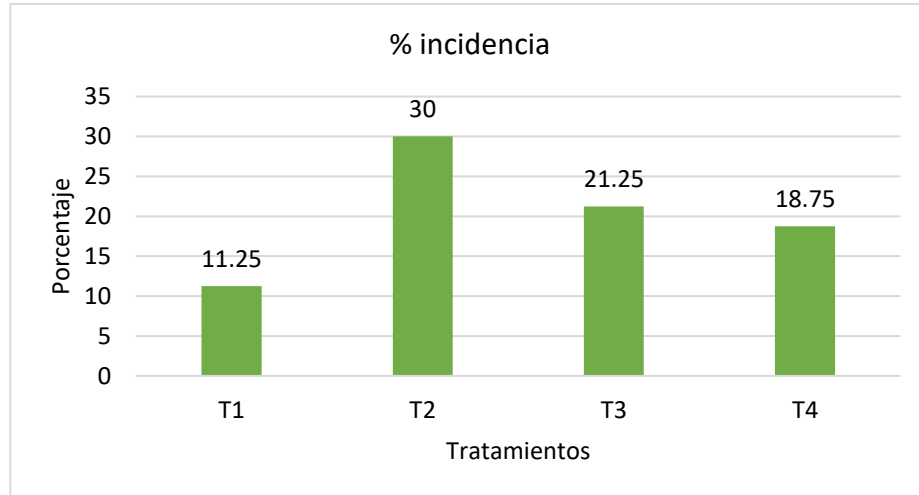
A. INCIDENCIA DE LA PLAGA

En la Gráfica 1 se muestra la comparación del comportamiento del porcentaje de incidencia del gusano cogollero en los tratamientos realizados, donde se puede observar que el tratamiento 2 fue el que mayor daño de la plaga obtuvo, mientras que el tratamiento testigo, donde se utilizó el control químico fue el que menor incidencia de la plaga obtuvo.

Dentro de las tres diferentes dosis utilizadas de Bt para el control de la plaga mencionada, la que mejor resultado presentó fue la del tratamiento 4 con respecto a los demás tratamientos.

Para el resultado del T2 se puede mencionar que las larvas del gusano cogollero no lograron consumir el bioinsecticida en altas cantidades lo que provocó que la toxina generada por Bt fuera muy poca para lograr que dichos insectos murieran por septicemia (Sansinenea, 2008).

Gráfica 1 Comparación del porcentaje de incidencia entre tratamientos

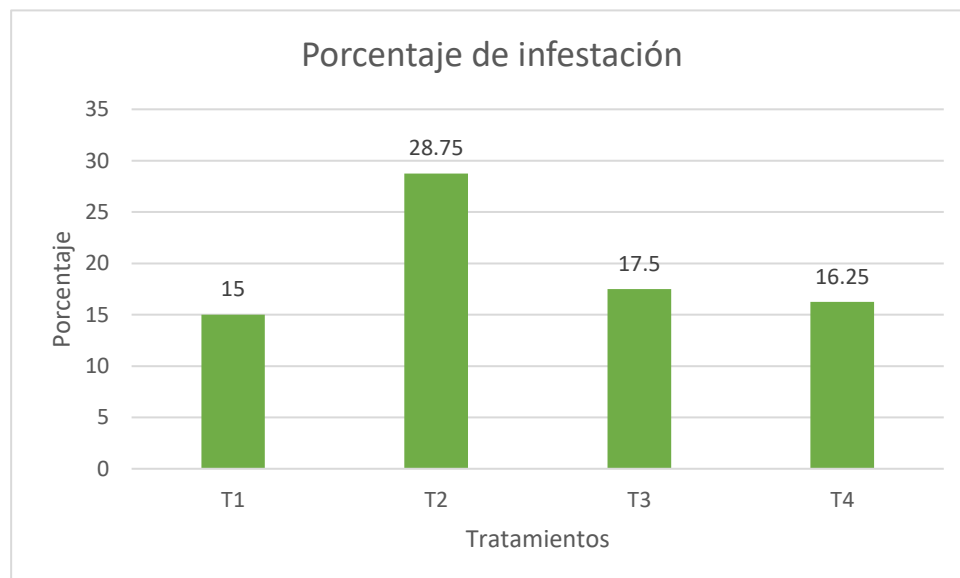


B. INFESTACIÓN DE LA PLAGA

Al realizar la comparación del porcentaje de infestación que tuvo el gusano cogollero en los tratamientos se puede evidenciar en la Gráfica 2 que la menor dosis aplicada de Bt no logró controlar eficazmente la plaga por lo cual fue el tratamiento 2 el que presentó mayor daño de infestación.

El tratamiento 1 fue el que menor porcentaje de infestación obtuvo, logrando favorecer al control químico para controlar las larvas de los insectos mencionados.

Gráfica 2 Comparación del porcentaje de infestación entre los tratamientos



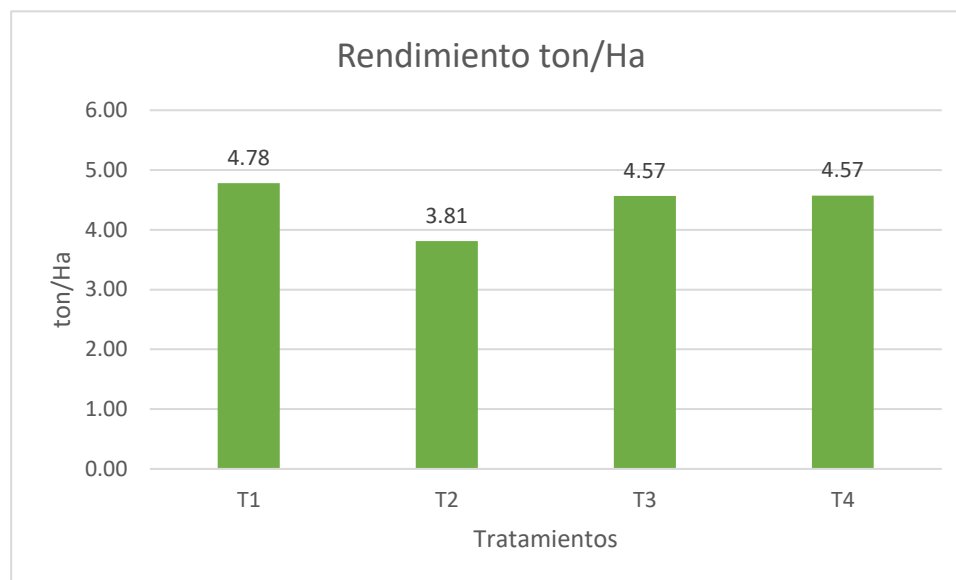
C. RENDIMIENTO DEL CULTIVO

Este es un dato muy importante y relevante dentro del experimento ya que el agricultor busca un mayor rendimiento dentro de su cultivo y en la Gráfica 3 se encuentra la comparación de los resultados obtenidos de esta variable.

El tratamiento que mayor rendimiento obtuvo recae en aquel donde el gusano cogollero fue controlado de manera química, pero cabe resaltar que el tratamiento 3 y 4 obtuvieron rendimientos muy similares al generado por el T1.

A demás se puede apreciar que a una menor dosis de Bt el control del gusano cogollero no es tan eficaz y perjudica directamente el rendimiento del cultivo de maíz, provocando pérdidas al agricultor.

Gráfica 3 Comparación del rendimiento



Para esta variable se efectuó un análisis de varianza en el programa Excel, el cual se presenta en la Tabla 6 donde queda demostrado que hay diferencia estadística significativa en los tratamientos ya que el valor F es mayor al Valor crítico para F, por lo tanto, los tratamientos efectuados son diferentes estadísticamente.

Tabla 6 Análisis de Varianza

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2.198475	3	0.732825	182.82536	2.7988E-10	3.4902948
Dentro de los grupos	0.0481	12	0.004008333			
Total	2.246575	15				

Debido a que en el análisis de varianza mostró una diferencia estadística significativa se procedió a realizar una prueba de Tukey para los tratamientos, con el fin de conocer que tratamientos son diferentes.

Los resultados de la prueba de Tukey se muestran en la Tabla 7, la cual muestra que los únicos tratamientos que no tienen diferencia estadística significativa son entre el tratamiento 3 y 4, mientras que la relación entre los demás es diferentes estadísticamente.

Tabla 7 Prueba de Tukey

PRUEBA TUKEY								
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	T1	T2	T3	T4
T1	4	19.13	4.7825	0.0010917		0.975	0.88	0.21
T2	4	15.23	3.8075	0.0112917			-0.755	-0.765
T3	4	18.25	4.5625	0.0025583				-0.01
T4	4	18.29	4.5725	0.0010917				
HSD=		0.1329539						

Con el análisis anterior queda demostrado que la aplicación de dosis de 150 cc y 200 cc por mochila aspersora de 16 litros da resultados iguales estadísticamente, mientras que aplicando la dosis común de un tratamiento químico específicamente Contrino 5 SG para el control del gusano cogollero da resultados diferentes a aplicar el control biológico mencionado.

A demás cabe resaltar que una aplicación con dosis de 100 cc/16 lt de agua, no es funcional para el control de la plaga mencionada, ya que por la incidencia e infestación que esta provoca, trae bajos rendimientos en la producción del cultivo de maíz.

VIII. CONCLUSIONES

1. El control químico con el producto Contrino 5 SG tiene mayor eficacia para el control del gusano cogollero versus las aplicaciones de *Bacillus thuringiensis*.
2. El tratamiento 1 donde se utilizó un control químico fue el que mejores resultados obtuvo logrando tener el menor porcentaje de incidencia e infestación de gusano cogollero en el cultivo de maíz.
3. Aplicaciones entre el rango de 150 a 200 cc de *Bacillus thuringiensis* por mochila de 16 litros logra controlar el gusano cogollero sin afectar gravemente el rendimiento del cultivo.
4. Dosis por debajo de 100 cc de *Bacillus thuringiensis* no se recomiendan para controlar el gusano cogollero en el cultivo de maíz debido a que perjudica gravemente el rendimiento del cultivo.

IX. RECOMENDACIONES

1. Para futuras investigaciones en el tema es factible evaluar aplicaciones más tempranas de *Bacillus thuringiensis* en el cultivo de maíz para el control del gusano cogollero.
2. Evaluar dosis arriba de 200 cc de *Bacillus thuringiensis* para el control del gusano cogollero para lograr definir si a mayor cantidad de producto el control de la plaga es mejor.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Beserra, E. B., T., D. C., & Parra, J. (2001). *Distribution and natural parasitism of Spodoptera frugiperda eggs at different phenological stages of corn*. Obtenido de Florida Entomologist.
2. Bolaños, A. (Enero de 2014). *Cultivo de maíz como alimento humano*. Obtenido de Biblioteca Agrícola.
3. CENGICAÑA. (2010). *Caracterización de los suelos de la costa sur de Guatemala*. Obtenido de www.cengicaña.com.
4. CESAVEG. (octubre de 2008). *Campaña de manejo fitosanitario de maíz*. Obtenido de Comité Estatal de Sanidad Vegetal Guanajuato.
5. Fuentes Gonzales, M. (Diciembre de 2012). *Varietades de Maíz*. Obtenido de Cultivos de subsistencia .
6. ICC. (2016). *Resumen anual de datos de las estaciones meteorológicas del ICC, Cengicaña*. Obtenido de Sistema meteorológico del ICC: <http://redmet.icc.org.gt/>
7. ICTA. (diciembre de 2013). *Investigación y desarrollo de maíz de alta calidad de proteína*. Obtenido de ICTA.
8. ICTA. (Marzo de 2014). *El maíz cultivado en áreas rurales*. Obtenido de ICTA.
9. INE. (Octubre de 2013). *El Agro en Cifras*. Obtenido de INE.
10. Insuagro. (mayo de 2010). *Manejo integrado y control del gusano cogollero en Maíz*. . Obtenido de Insuagro.com: www.insuagro.com.ar
11. MAGA. (2014). *Producción de maíz*. Obtenido de maga.com.gt: [http://maga.com.gt/La%producción%de%maíz/](http://maga.com.gt/La%producci3n%de%ma3z/)
12. Ministerio de Agricultura y Ganadería, S. J. (1991). *Mag.go.cr*. Obtenido de www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_soya.pdf
13. Morrill, W., & Greene, G. (1973). *Distribution of fall armyworm larvae. Influence of biology and behavior of larvae on selection of feeding sites*. Obtenido de Environ.Entomol.
14. Orellana, J. A. (Diciembre de 2014). *Recomendaciones técnicas para el cultivo de maíz para zonas de producción comprendidas entre 0 -1400 msnm*. Obtenido de www.icta.gob.gt.
15. Sansinenea, R. (2008). *Bacillus thuringiensis: una alternativa biotecnológica a los insecticidas*. Obtenido de Hosting: www.hosting.udlap.mx
16. Soberón, M., & Bravo, A. (2007). *Las toxinas cry de Bacillus thuringiensis: modo de acción y consecuencias de su aplicación*. Obtenido de Biotecnología.

17. ZAMORANO, CATIE, COSUDE, & INTA. (1996). *Manejo integrado de plagas en el cultivo de maíz*. Obtenido de www.zamorano.com/documentos%maíz.

XI. ANEXOS

A. DAÑO CAUSADO POR GUSANO COGOLLERO

*Ilustración 3 Daño posterior a aplicaciones de
Bacillus thuringiensis*



*Ilustración 4 Daño presente antes
del control biológico*



B. FRUTOS OBTENIDOS DE LOS TRATAMIENTOS

Ilustración 6 Mazorcas del T1



Ilustración 5 Mazorcas del T2



Ilustración 8 Mazorcas del T3



Ilustración 7 Mazorcas del T4



C. DESARROLLO DEL CULTIVO DE MAÍZ

Ilustración 9 Una planta de maíz.



Ilustración 10 Muestreo de gusano cogollero.



Ilustración 11 Plantación en crecimiento.



Ilustración 12 Plantación en etapa de producción.



Ilustración 13 Ubicación del ensayo en Aldea Las Trochas, Nueva Concepción.



Ilustración 14 Costo de producción cultivo de maíz HB-83

COSTO DE PRODUCCIÓN CULTIVO DE MAÍZ HB-83 PARA 1 MZ

Actividad	Cantidad	Costo Unitario (Q)	Costo Total (Q/Mz)
Renta del terreno			
1 Mz para 5 meses	1	Q2,083.00	Q2,083.00
Semilla de maíz (lb)	20	Q13.00	Q260.00
Preparación del terreno			
Rastra	2	Q250.00	Q500.00
Siembra			
Jornales	6	Q60.00	Q360.00
Fertilización			
A la siembra			
15-15-15 qq	3	Q285.00	Q855.00
1era Fertilización			
Sulfato de amonio qq	3	Q160.00	Q480.00
2da Fertilización			
Urea (N 46%) qq	3	Q235.00	Q705.00
Aplicación (jornales)	6	Q60.00	Q360.00
Control de maleza			
Cultivadora	2	Q125.00	Q250.00
Control de plagas			
Tratamiento a semilla 100cc	1	Q240.00	Q240.00
Corrector de dureza y pH (kg)	0.5	Q92.00	Q46.00
Coadyuvante (lt)	0.3	Q210.00	Q63.00
Contrino 5 SG (100gr)	1	Q170.00	Q170.00
Aplicación (jornales)	2	Q60.00	Q120.00
Cosecha			
Dobla (jornales)	6	Q60.00	Q360.00
Tapisca (saco)	98	Q12.00	Q1,176.00
Desgrana (saco)	80	Q4.00	Q320.00
Total			8,348.00
Venta de quintales de maíz por Mz	80	Q160.00	12,800.00
Utilidad			4,452.00
Tasa de rentabilidad			53%

Vista Bacillus T2 (lt)	1.25	Q180.00	Q225.00
Vista Bacillus T3 (lt)	1.875	Q180.00	Q337.50
Vista Bacillus T4 (lt)	2.5	Q180.00	Q450.00

XII. GLOSARIO

1. ***Bacillus thuringiensis***: Es una bacteria benéfica muy tóxica para larvas de algunas especies de insectos, particularmente de lepidópteros.
2. **Características morfológicas**: Se entiende como morfología al estudio de las características físicas de alguna cosa.
3. **Condiciones edáficas**: Factores ambientales determinados por las características del suelo y sus condiciones físicas, químicas y biológicas.
4. **Gusano cogollero**: Es una de las plagas más comunes en los cultivos de granos básicos.
5. **Incidencia**: Es el número de unidades de plantas, hojas, tallos, frutos o raíces afectadas por surco, parcela o lote.
6. **Infestación**: Es la proporción de individuos en la planta u órgano vegetal evaluado y multiplicado por cien.
7. **Rendimiento**: Es la relación de la producción total de un cierto cultivo cosechado por hectárea de terreno utilizada.