

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

**“INFLUENCIA DE DOS BIOINSECTICIDAS COMERCIALES A BASE
Bacillus thuringiensis Y UN INHIBIDOR DE QUITINA EN EL
CONTROL DEL COGOLLERO (*Spodóptera frugiperda*)
EN EL CULTIVO DEL MAÍZ (*Zea mays* L) OPACO
MALPASO EN LA ZONA DE LA YARADA –
REGIÓN TACNA”**

TESIS

Presentada por:

Bach. Rosa Cecilia Zegarra Farah

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA - PERÚ

2012

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

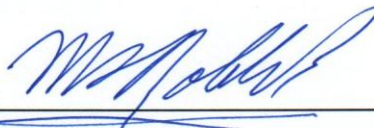
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Escuela Profesional de Agronomía

**“INFLUENCIA DE DOS BIOINSECTICIDAS COMERCIALES A BASE
Bacillus thuringiensis Y UN INHIBIDOR DE QUITINA EN EL
CONTROL DEL COGOLLERO (*Spodóptera frugiperda*)
EN EL CULTIVO DEL MAIZ (*Zea mays* L) OPACO
MALPASO EN LA ZONA DE LA YARADA –
REGIÓN TACNA”**

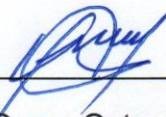
Tesis aprobada y sustentada el 12 de diciembre del 2012; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:



MSc. Magno Santos Robles Tello

SECRETARIO:



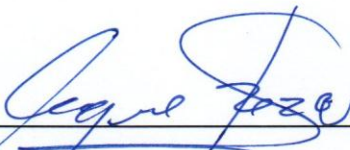
Ph.D. Oscar Octavio Fernández Cutire

MIEMBRO:



Ing. Rodi David Alferez García

ASESOR:



MSc. Julián Enrique Deza Quiñones

Dedicatoria

A mi creador, mi único Dios por haberme permitido tener este momento de vida, en este mundo terrenal y que toda acción y obra que yo haga sea para bien.

A mis padres, mi hermana, mi pequeño hijo y a ti...personas de bien, seres que ofrecen amor, bienestar y los finos deleites de la vida.

AGRADECIMIENTO

Familia, amigos y personas especiales en mi vida, no son nada más y nada menos que un solo conjunto: seres queridos y maravillosos que suponen benefactores de importancia inimaginable en mis circunstancias de humano. No podría sentirme más feliz con la confianza puesta sobre mi persona, especialmente cuando he contado con su mejor apoyo desde que tengo memoria...

Este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes; he logrado concluir con éxito un proyecto que en un principio parecía una labor titánica e interminable.

Muchas gracias a todos aquellos seres queridos, tanto en el cielo como en la tierra, que siempre guardo en mi alma...

CONTENIDO

RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del problema	4
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	6
1.2.1. Problema principal.....	6
1.2.1. Problemas secundarios	6
1.3. Delimitación de la investigación	6
1.3.1. Temporal:	6
1.3.2. Espacial:.....	7
1.4. Justificación	7

1.5. Limitaciones.....	8
------------------------	---

CAPÍTULO II: OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos.....	9
---------------------	---

2.1.1. Objetivo general	9
-------------------------------	---

2.1.2. Objetivos específicos:.....	9
------------------------------------	---

2.2. Hipótesis.....	10
---------------------	----

2.2.1. Hipótesis general.....	10
-------------------------------	----

2.2.1. Hipótesis específicas	10
------------------------------------	----

2.3. Variables.....	10
---------------------	----

2.3.1. Diagrama de variables.....	10
-----------------------------------	----

2.3.2. Indicadores de variables.....	11
--------------------------------------	----

2.3.3. Operacionalización de variables	12
--	----

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1. Conceptos generales y definiciones.....	13
--	----

3.1.1. Aspectos generales de <i>Spodoptera frugiperda</i>	13
---	----

3.1.2. Posición taxonómica.....	13
3.1.3. Origen y distribución geográfica de la plaga	14
3.1.4. Descripción y biología	16
3.1.5. Plantas hospederas	19
3.1.6. Daños	20
3.1.7. Características del cogollero del maíz (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	21
3.2. Enfoques teóricos – técnicos	23
3.2.1. Control biológico.....	23
3.2.2. Características generales del control biológico	24
3.2.3. Incidencia	25
3.2.4. Severidad:	26
3.2.5. <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bth)	26
3.2.6. Mecanismo de acción de <i>Bacillus thuringiensis</i> L.	28
3.2.7. Resistencia varietal	31

3.2.8. Tipos de <i>Bacillus thuringiensis</i>	34
3.2.10. Bioinsecticidas.....	37
3.3. Marco referencial	44
3.3.1. Aspectos generales del cultivo de maíz.....	44
3.3.2. Antecedentes de investigación	50

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo de investigación	53
4.2. Población y muestra	53
4.2.1. Análisis de suelo	53
4.2.2. Condiciones meteorológicas.....	55
4.2.3. Material experimental	56
4.2.4. Características del maíz opaco malpaso	56
4.2.5. Descripción de los tratamientos:.....	58
4.2.6. Diseño experimental:.....	60
4.3. Técnicas aplicadas en la recolección de la información.	61

4.3.1. Parámetros evaluados.....	61
4.3.2. Características del campo experimental:	63
4.3.3. Conducción del experimento:	65
4.4. Instrumentos de medición	67
4.5. Métodos estadísticos utilizados	68
CAPÍTULO V: TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS	
5.1. Resultados y discusión	69
5.2. Análisis de regresión y correlación lineal	85
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS	102

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Operacionalización de variables.	12
Cuadro 2.	Croquis del campo experimental.	64
Cuadro 3.	ANVA de altura de planta evaluar la incidencia de <i>Spodoptera frugiperda</i> a los 70 días en Maíz Opaco Malpaso.	69
Cuadro 4.	Prueba de significación de Duncan al 95 % de altura de planta.	70
Cuadro 5.	ANVA de altura de planta a los 100 días opaco Malpaso.	71
Cuadro 6.	Prueba de significación de Duncan al 95 % de altura de planta a los 120 días.	72
Cuadro 7.	ANVA diámetro del tallo de maíz opaco malpaso.	73
Cuadro 8.	Prueba de significación de Duncan al 95 % de grosor del tallo.	74
Cuadro 9.	ANVA de longitud de la mazorca de Maíz Opaco malpaso.	75

Cuadro 10.	Prueba de significación de Duncan al 95 % de longitud de la mazorca.	76
Cuadro 11.	ANVA incidencia de <i>Spodoptera frugiperda</i> en maíz opaco malpaso.	77
Cuadro 12.	Prueba de significación de Duncan al 95 % de incidencia	78
Cuadro 13.	ANVA severidad de <i>Spodoptera frugiperda</i> en maíz opaco malpaso.	79
Cuadro 14.	Prueba de significación de Duncan al 95 % de severidad	80
Cuadro 15.	ANVA de rendimiento (t/ha) en maíz opaco Malpaso.	83
Cuadro 16.	Prueba de significación de Duncan al 95 % de rendimiento (t/ha).	84

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Altura de planta.	71
Gráfico 2.	Altura de planta.	73
Gráfico 3.	Grosor del tallo (cm).	75
Gráfico 4.	Longitud de la mazorca (cm).	77
Gráfico 5.	Porcentaje de incidencia.	79
Gráfico 6.	Porcentaje de severidad.	82
Gráfico 7.	Regresión lineal: Altura de planta vs % de Severidad.	85
Gráfico 8.	Regresión lineal: Longitud de la mazorca vs % de Severidad.	86
Gráfico 9.	Regresión lineal: grosor del tallo vs % de severidad.	87
Gráfico 10.	Regresión lineal: Altura de planta vs % de incidencia.	88

Gráfico 11.	Regresión lineal: Grosor del tallo vs % de incidencia.	89
Gráfico 12.	Regresión lineal: Longitud de la mazorca vs % de Incidencia.	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ciclo de vida de este insecto	19
Figura 2.	Mecanismo de acción de <i>Bacillus thuringiensis</i>	36

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Influencia de dos bioinsecticidas comerciales a base *Bacillus thuringiensis* y un inhibidor de quitina en el control del cogollero (*Spodóptera frugiperda*) en el cultivo del maíz (*Zea mays L*) opaco malpaso en la zona de la Yarada- región Tacna”, Se utilizó como material experimental la variedad de maíz Opaco Malpaso y dos bioinsecticidas: Biobit: (T₁); Biospore: (T₂) y un inhibidor de quitina Sorba: (T₃). Se utilizó el diseño de bloques completos aleatorios con 3 tratamientos más un testigo y cuatro repeticiones. Los resultados más importantes fueron los siguientes: La evaluación de incidencia señaló que el menor porcentaje de *Spodoptera frugiperda* ocurrió con los tratamientos Biobit: (T₁) y Biospore: (T₂) con 15,12 % y 9,25 % respectivamente. La evaluación de severidad, demostró que el menor porcentaje de *Spodoptera frugiperda* ocurrió en el tratamiento biobit: (T₁) y Biospore: (T₂) con promedios de 8,35 y 7,50 % respectivamente. Para la variable rendimiento del forraje (t/ha) el tratamiento con BIOBIT: (T₁) tuvo el mayor rendimiento con 54,65 t/ha seguido de Biospore: (T₂) y Sorba: (T₃) con 49,36 y 47,57 t/ha respectivamente.

ABSTRACT

This research paper entitled "Influence of two commercial bio-insecticides based *Bacillus thuringiensis* and chitin inhibitor control armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in the cultivation of maize (*Zea mays* L) opaque malpaso in the area of the region Yarada- Tacna " Opaque corn variety was used as experimental Malpaso material and two bioinsecticides: Biobit: (T₁); Biospore: (T₂) and a chitin inhibitor Sorba: (T₃). the design of randomized complete blocks with 3 treatments plus a control and four replications. The most important results were: The impact assessment indicated that the lowest percentage of *Spodoptera frugiperda* occurred with Biobit treatments: (T₁) and Biospore: (T₂) with 15,12 % and 9,25 % respectively. The assessment of severity, showed that the lowest percentage of *Spodoptera frugiperda* occurred in Biobit treatment (T₁) and Biospore: (T₂) with averages of 8,35 and 7,50 % respectively. For the variable forage yield (t /ha) treatment Biobit: (T₁) had the highest yield with 54,65 t / ha followed by Biospore: (T₂) and Sip (T₃) with 49,36 and 47, 57 t /ha respectively.

INTRODUCCION

El gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (S.) ha sido señalado como la plaga más importante en dicho cultivo, en nuestro país, sin embargo y aun cuando no se ha llegado a cuantificar experimentalmente cómo sus poblaciones afectan los rendimientos de maíz, (cuando actúa en la forma de "cogollero"), la mayoría de los productores, utilizan el control químico como principal método de control y la mayoría de los estudios realizados hasta ahora sobre esta plaga, hacen referencia de un control mediante el uso de insecticidas químicos. Constituye la plaga de mayor importancia que afecta al cultivo del maíz en el Perú, razón por la cual se hace necesario disponer de bioinsecticidas que controlen eficientemente y por un periodo prolongado de tiempo a este insecto.

Los plaguicidas sintéticos han sido utilizados durante años en la producción agrícola ocasionado serios problemas a la salud y el ambiente incluyendo la contaminación de los suelos y aguas, etc. Una de las alternativas para el manejo de plagas en la agricultura, que procura un

manejo sostenible de los recursos y asegura su conservación en el uso de insecticidas biológicos que no ocasionan los problemas de los plaguicidas tradicionales. La presente investigación consta de los siguientes capítulos:

El Capítulo I define el problema a ser Investigado con claridad y exactitud, con sus causas y efectos, delimitando el tiempo y espacio, lo cual permite detallar los objetivos generales y específicos que se requiere alcanzar con esta investigación. El Capítulo II define los objetivos puntualiza la hipótesis general, específicas y las variables con sus respectivos indicadores los que indican donde se produce el problema y su operacionalización. El Capítulo III, contiene el marco teórico conceptual con el apoyo de textos científicos que tratan sobre el mismo problema, esto sustenta el trabajo de investigación realizado a través de enfoques teóricos técnicos, así como el marco referencial referente al tema. El capítulo IV detalla la metodología de investigación empleada, incluyendo el tipo de investigación, las técnicas aplicadas en la recolección de la información, En el Capítulo V consta de los tratamientos de los resultados, asimismo contiene la discusión de los resultados. La investigación contiene las conclusiones extraídas luego del respectivo análisis de los

resultados y por ende las recomendaciones como posible solución al problema. Finalmente la bibliografía consultada y los anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La plaga *Spodoptera frugiperda*, también conocida como el “gusano cogollero del maíz”, está entre las más dañinas para varios cultivos. Su acción en campos de maíz ocasiona grandes pérdidas para el agricultor; una alta inversión en insecticidas comerciales; daños ambientales y resistencia del insecto a estos productos (Galarza, 1996).

Los principales problemas del cultivo de maíz en la región Tacna están asociados con su baja producción y los bajos niveles de nutrientes del suelo, la erosión, el escaso uso de fertilizantes y la inadecuada utilización de pesticidas. Los estudios de las poblaciones de larva en el sector de acuerdo al desarrollo del cultivo es muy severa ya que el aumento del ataque es alto por el ataque las larvas gusano cogollero y que las cosechas bajan un 100 % de la producción.

La protección de los cultivos contra el ataque de plagas y enfermedades es una preocupación constante del agricultor, en cultivos hortícola florales y frutales y de forma especial para aquellos cultivos que

dan cosechas de valor. El principal problema que tienen los productores en el campo con el cultivo de maíz es el gusano cogollero, ya que esta larva acaba con el follaje tierno, logrando con esto que no tenga un desarrollo completo y afectando en la productividad.

La producción de maíz chala en la provincia de Tacna durante el año 2010 fue 72 386 t. con un total de 1 931 ha cosechadas, y un rendimiento 37 486 t/ha. Con respecto al maíz amiláceo en la provincia de Tacna durante el año 2010 la producción fue de 86 077 t. con un total de 269 ha cosechadas, y un rendimiento 2 381 t/ha, sin embargo para el maíz duro la producción fue de 72 t. con un total de 23 ha cosechadas, y un rendimiento 3 130 t/ha, en lo que respecta al maíz choclo la producción fue 547 t. con un área cosechada 65 ha, con un rendimiento de 8 415 kg/ha.

La mayor producción de maíz se registró en la región La Libertad durante el 2010, impulsada por precios favorables en chacra, que en el año registraron un incremento de 24,80 por ciento y por una mayor dotación de agua. Según el MINAG (2010) La variedad de maíz opaco malpaso es una buena fuente de alimentación para vacas lecheras en áreas de irrigación de la costa sur del Perú. En distintas pruebas de

campo se ha comprobado que es el mejor complemento de alimentación junto con la alfalfa.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema principal

¿Cuál será el comportamiento del maíz (*Zea mays*) Opaco Malpaso en la zona de La Yarada - Región Tacna, ante la aplicación de bioinsecticidas e inhibidores de quitina?

1.2.1. Problemas secundarios

¿Cuál será el mejor bioinsecticida sobre el control de cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz?

¿Cuánto será el grado de incidencia y severidad del cogollero (*Spodoptera frugiperda*)?

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Temporal:

La ejecución de la investigación corresponde al periodo 2012, específicamente desde los meses de abril a setiembre respectivamente

1.3.2. Espacial:

El alcance de este estudio se realizó en la zona de la Yarada, en el Asentamiento 4, parcela 19, Pozo IRHS 112 perteneciente a la provincia y región Tacna. Las coordenadas geográficas son:

Latitud sur:	18° 09' 62''
Longitud oeste	70° 28' 08,15''
Altura	95 msnm

1.4. Justificación

Uno de los cultivos de importancia en el distrito en la zona de la Yarada es el maíz que es cosechada para consumo fresco, ante esta situación muchas veces el agricultor no posee híbridos de maíz para la producción de grano, por lo tanto para la alimentación de aves, asimismo la existencia de varias granjas que facilitarían su comercialización y venta por parte del agricultor, por otra parte también lo utilizaría como forraje para la alimentación del ganado. En los últimos años la economía del Perú, ha cobrado mayor auge debido a muchos factores, entre éstos se considera muy importante el papel que juega la minería y los precios internacionales de los minerales; y por otro lado con mayor sustento y aportando a la cadena de esfuerzos como fuente de empleo a mayor

cantidad de peruanos, la agricultura, y en éste aspecto, la agricultura dinamizada por las exportaciones, en el mundo globalizado que tenemos hoy en día, no debe ser ignorada. El objetivo fundamental de este tipo de agricultura, es el control racional y eficaz de las plagas y enfermedades, reduciendo la cantidad de residuos de los productos que se van a recolectar. También se puede hablar de Lucha Biológica o Lucha Natural, que es la manipulación deliberada por el hombre de parasitoides, depredadores y patógenos de las especies plaga, dentro del agrosistema, diseñada o proyectada para reducir la población plaga a un nivel que no produzca daños económicamente importantes. En la localidad de existe deficiencia en cuanto a la producción de forraje durante todo el año, una opción para resolver la deficiencia de forraje de calidad durante el invierno y verano es la producción de reservas mediante la siembra de cultivos anuales de verano.

1.5. Limitaciones

La principal limitación de la presente investigación es la escasa información referente al tema investigativo, no existe trabajos realizados anteriormente, el trabajo fue autofinanciado.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de dos bioinsecticidas comerciales a base *Bacillus thuringiensis* y un inhibidor de quitina, en el control del cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) en la variedad Opaco Malpaso en la zona de la Yarada- Región Tacna.

2.1.2. Objetivos específicos:

Determinar el mejor bioinsecticida sobre el control de cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz.

Evaluar el grado de incidencia y severidad del cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

2.2. Hipótesis

2.2.1. Hipótesis general

Al menos uno de los tratamientos a base *Bacillus thuringiensis* o el inhibidor de quitina, tiene mayor efecto en el control del cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) en la variedad de a maíz (*Zea mays*) Opaco Malpaso en la zona de la Yarada- Región Tacna.

2.2.1. Hipótesis específicas

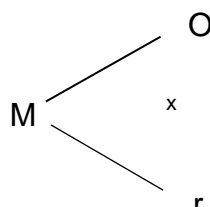
La aplicación del bioinsecticida tendrá un efecto significativo el control de cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz.

El grado de incidencia y severidad del cogollero (*Spodoptera frugiperda*) disminuirá significativamente con uso de los bioinsecticidas

2.3. Variables

2.3.1. Diagrama de variables

Esto gráficamente puede ser expresado del modo siguiente:



Donde:

M = muestra asumida

O_x = Es el valor observado para la variable independiente (a nivel muestral)

O_y = Es el valor observado para la variable dependiente (a nivel muestral)

2.3.2. Indicadores de variables

a) Variable dependiente (Y) Control del cogollero (*Spodóptera frugiperda*)

b) Variables independientes (X)

X_1 Bioinsecticidas

X_2 Inhibidor de quitina,

2.3.3. Operacionalización de variables

Cuadro 1. Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES
Variable independientes	BIOBIT	(250 g x 10 L) : 2,5 por ciento P/V
X ₁ Bioinsecticidas	BIOESPORE	(150 g x 10 L) : 1,5 por ciento P/V
X ₂ Inhibidor de quitina,	SORBA	(10 ml x 10 L) : 0,1 por ciento V/V
	Altura de planta	cm
	Longitud de la mazorca	cm
Variable dependiente Y		
Control del cogollero	Grosor del tallo	cm
(<i>Spodóptera frugiperda</i>)	Incidencia.	%
	Severidad	%
	Rendimiento	t/ha

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1. Conceptos generales y definiciones

3.1.1. Aspectos generales de *Spodoptera frugiperda*

Más de tres siglos han pasado desde que *Spodoptera frugiperda* fue reconocida como una plaga, causante de serios problemas en diversos cultivos, limitando muchas áreas de éstos, en el Sureste de Estados Unidos, México, Centro y Sudamérica (Pashley, 1988)

3.1.2. Posición taxonómica

Este insecto está ubicado taxonómicamente en la familia Noctuidae, dentro del orden Lepidoptera, su posición taxonómica se presenta a continuación (Banda, 1981).

Phylum : Anthropoda
 Subphylum : Mandibulata
 Clase : Insecta
 Subclase : Pterygota
 Orden : Lepidóptera
 Suborden : Frenatae
 Superfamilia : Noctuoidea
 Familia : Noctuidae
 Tribu : Predeninii
 Género : *Spodoptera*
 Especie : *S. frugiperda*
 (Smith, 1989)

3.1.3. Origen y distribución geográfica de la plaga

El origen de *S. frugiperda* no está aún bien definido, sin embargo, Borbolla (1981), afirma que esta especie tiene su origen en los trópicos del Continente Americano, especialmente en América del Sur, ya que no posee diapausa (Carpenter, et al. 1983). En el Hemisferio Occidental se le ha encontrado desde el Sureste de Canadá hasta Chile y Argentina; frecuentemente es abundante en las áreas agrícolas. Es una especie de

distribución tropical aunque se le encuentra también en zonas templadas (Abbas, et al. 1989).

Es una especie endémica del Continente Americano, incluyendo Las Antillas y el Caribe, sin embargo Tood y Poole (1980) mencionan la introducción de *S. frugiperda* a Israel. Aparentemente, las condiciones climáticas están significativamente relacionadas con las fluctuaciones poblacionales y la dispersión de *S. frugiperda*. (Pashley, 1986).

El gusano cogollero, *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuida) es una polilla que cubre la mayor parte del hemisferio occidental, con una distribución que se extiende desde el sur de Canadá, Florida, Louisiana, América central, el Caribe – pasando por Colombia, Brasil y Venezuela - hasta llegar al centro de Argentina (Pashley, 1986)

Esta especie tiene un origen tropical – subtropical en el hemisferio occidental (Luginbill. 1928). Es un insecto móvil y polífago que presenta preferencia por las gramíneas, tanto cultivadas como silvestres, dentro de las cuales se han registrado más de 80 especies de plantas de 23 familias como hospedantes de esta especie; que genera pérdidas en la mayoría de cultivos anuales y en países como Estados Unidos, es responsable por los daños causados en cultivos de maíz, sorgo y pastos – principalmente

(Sparks 1979, Pashley 1986) y esporádicamente en algodón y caña de azúcar (Pashley 1988).

En Sur América, esta polilla es una de las principales plagas de maíz, arroz y algodón (Martinelli et al. 2007). En Colombia ha sido considerada una de las principales plagas del maíz (*Zea mays* L.) y secundaria en sorgo (*Sorghum* spp.), algodón (*Gossypium hirsutum*), hierbas y pastos (García et al. 2002). Su distribución geográfica a través del país es amplia y puede llegar a producir pérdidas hasta del 35 % de la producción total en el cultivo de maíz.

3.1.4. Descripción y biología

Los adultos son palomillas que miden aproximadamente 3,75 cm de extensión alar. En el macho son de color pardo claro, con marcas oscuras y líneas irregulares pálidas en el centro, mientras que las de la hembra son más oscuras y grisáceas, con diseños menos notorios (Morón y Terrón 1988). Los adultos presentan hábitos nocturnos y tienen una longevidad que varía de 4 a 8 días, dependiendo de las condiciones ambientales; las hembras durante su vida son capaces de producir hasta 3 600 huevecillos (Borbolla, 1981; Silvain, 1987).

Los huevecillos son puestos en masas que varían de 40 150 y hasta 1 500 huevos por masa, colocadas en el envés de las hojas, cubiertas por escamas de la hembra. La incubación varía de 2 a 10 días (Luginbill, 1928; Borbolla, 1981); sin embargo, en Colima el tiempo de incubación varía de 24 a 72 h y un 100 % de eclosión.

Las larvas son del tipo cruciforme, de color pardo amarillento a pardo oscuro; en sus regiones laterales son blanquecinas y presentan líneas longitudinales laterales pálidas y moteadas. La cabeza es parda con reticulaciones, franjas oscuras y en el último estadio alcanzan una longitud máxima de 30-38 mm. Las larvas neonatas viven en grupos al principio y se separan posteriormente, debido a sus hábitos caníbales, quedando en forma general una larva por planta de maíz (Borbolla, 1981).

Inicialmente las larvas comienzan a alimentarse en el envés de las hojas, se dispersan y se dirigen al cogollo de la planta de maíz; aquí se alimentan de las hojas en crecimiento, las cuales posteriormente muestran perforaciones irregulares (Sparks, 1979; Lagunes, et al. 1985).

Las larvas pasan por seis estadios en un lapso que puede durar de 2 a 3 semanas; transcurrido este tiempo se introducen en el suelo para pupar. La cabeza de las larvas es de color negro en los últimos estadios, con la sutura epicraneal bien marcada; el cuerpo es cilíndrico, de color

café gris dorsalmente y verde ventralmente, con líneas dorsales y sub-dorsales visibles (Borbolla,1981).Las pupas son de tipo obtecta y miden cerca de 2 cm de largo; son de color pardo rojizo, con el protórax más oscuro, encontrándose normalmente enterradas en el suelo, donde permanecen una semana aproximadamente y luego emergen como adultos; de esta forma, se reanuda su ciclo (Lagunes, *et al.* 1985).

Tabla 1. Duración de diferentes estados fisiológicos de *Spodoptera frugiperda* en relación con la temperatura

Temperatura ° C	Días promedio			
	Huevo	Larva	Pupa	Adulto
34,90	-	13,90	5,90	4,70
29,50	2,0	14,90	7,10	9,40
19,90	6,70	39,40	18,90	15,70

Fuente: Clavijo et al (1984)

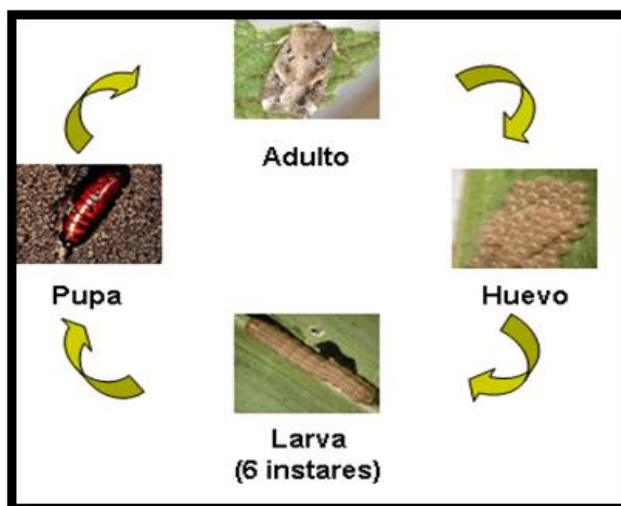


Figura 1. Ciclo de vida de este insecto: Dura aproximadamente 40 días el cual consta de cuatro fases: Huevo, larva, pupa y adulto

Fuente: http://www.siafeg.com/Riesgo/Estudios/Imagenes/CicloV_GusCog.gif

3.1.5. Plantas hospederas

Este insecto se alimenta de una gran diversidad de especies vegetales; en el Continente Americano es considerada la plaga más importante, pues ataca más de 60 especies de plantas (Hernández, 1989), en diversas familias vegetales y se le atribuye su polifagia a una carencia en la especialización de la alimentación larvaria (Pashley, 1986). En Colima su alimentación se limita al maíz y sorgo exclusivamente, y en muy raras ocasiones de otras especies de vegetales. Así en la relación existente entre la plaga y el cultivo es necesario considerar una serie de factores que intervienen en forma entrelazada.

Tanto la planta como la plaga son seres vivos, en los que ocurren cambios en todo momento. Ambos están sujetos a cambios físicos y biológicos del ambiente que los rodea, que también es dinámico. Por lo tanto, la capacidad de la plaga de hacer daño depende, por una parte de la densidad poblacional existente en el cultivo. Por otro lado, las plantas de distintas especies reaccionan de un modo diferente ante los ataques de las plagas.

3.1.6. Daños

En la estimación del daño que causan los insectos a las plantas se debe considerar el tipo de cultivo, variedades, densidad de plantas, hábitos de crecimiento, base de desarrollo, condición y permanencia en el campo. La parte de la planta afectada por la plaga determina a veces la magnitud e importancia del daño. Las larvas se alimentan del cogollo o verticilo de las plantas de maíz y sorgo en desarrollo. En el caso del maíz diversos autores han tratado de determinar el efecto de la defoliación, causada por *S. frugiperda* sobre los rendimientos del cultivo, llegando a conclusiones muy variables y en algunos casos contradictorias (Clavijo, 1984); sin embargo, (Hernández, 1989) menciona que las pérdidas del área foliar causadas por el ataque de cogollero en cultivos de maíz afecta

la actividad fotosintética de las plantas, manifestándose estos daños de manera indirecta como una disminución del rendimiento por hectárea.

En el cultivo del maíz, el desarrollo fenológico de la planta tiene una fuerte influencia sobre el ataque de las poblaciones *S. frugiperda*. Este insecto inicia su ataque cuando las plantas tienen alrededor de 5 a 6 hojas libres y a medida que progresa la edad de la planta, las poblaciones del insecto también progresan hasta alcanzar el punto de máxima infestación y este se presenta cuando la planta tiene 10 hojas libres. Sin embargo, el ataque puede llevarse a cabo en cualquier etapa del vegetal. (Wiseman y Hamm, 1993).

3.1.7. Características del cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*)

Individualmente son de forma globosa, con estrías radiales, de color rosado pálido que se torna gris a medida que se aproxima la eclosión. Las hembras depositan los huevos corrientemente durante las primeras horas de la noche, tanto en el haz como en el envés de las hojas, estos son puestos en varios grupos o masas cubiertas por segregaciones del aparato bucal y escamas de su cuerpo que sirven como protección contra algunos enemigos naturales o factores ambientales adversos.

Las larvas al nacer se alimentan del coreón, más tarde se trasladan a diferentes partes de la planta o a las vecinas, evitando así la competencia

por el alimento y el canibalismo. Su color varía según el alimento pero en general son oscuras con tres rayas pálidas estrechas y longitudinales; en el dorso se distingue una banda negruzca más ancha hacia el costado y otra parecida pero amarillenta más abajo, en la frente de la cabeza se distingue una "Y" blanca invertida. (Hernández, 1989).

Las larvas pasan por 6 ó 7 estadíos o mudas, siendo de mayor importancia para tomar las medidas de control los dos primeros; en el primero estas miden hasta 2-3 milímetros y la cabeza es negra completamente, el segundo mide de 4-10 milímetros y la cabeza es carmelita claro; las larvas pueden alcanzar hasta 35 milímetros en su último estadío. A partir del tercer estadío se introducen en el cogollo, haciendo perforaciones que son apreciadas cuando la hoja se abre o desenvuelve. (Hernández, 1989).

Son de color caoba y miden 14 a 17 milímetros de longitud, con su extremo abdominal (cremaster) terminando en 2 espinas o ganchos en forma de "U" invertida. Esta fase se desarrolla en el suelo y el insecto está en reposo hasta los 8 a 10 días en que emerge el adulto o mariposa. cogollero (*Spodoptera frugiperda*). (Hernández, 1989).

La mariposa vuela con facilidad durante la noche, siendo atraída por la luz; es de coloración gris oscura, las hembras tienen alas traseras de

color blancuzco, mientras que los machos tienen arabescos o figuras irregulares llamativas en las alas delanteras, y las traseras son blancas. En reposo doblan sus alas sobre el cuerpo, formando un ángulo agudo que permite la observación de una prominencia ubicada en el tórax. Permanecen escondidas dentro de las hojarascas, entre las malezas, o en otros sitios sombreados durante el día y son activas al atardecer o durante la noche cuando son capaces de desplazarse a varios kilómetros de distancia, especialmente cuando soplan vientos fuertes. (Banda, 1981).

3.2. Enfoques teóricos – técnicos

3.2.1. Control biológico

Control biológico es la represión de las plagas mediante sus *enemigos naturales*; es decir mediante la acción de predadores, parásitos y patógenos.

Los *parásitos* de las plagas, llamados también *parasitoides*, son insectos que viven a expensas de otro insecto (*hospedero*) al que devoran progresivamente hasta causarle la muerte. Durante ese tiempo completan su propio desarrollo larval.

Los *predadores* son insectos u otros .animales que causan la muerte de las plagas (víctimas o *presas*) en forma más o menos rápida succionándoles la sangre o devorándolos. (Herrera, et al. 1979).

Los *patógenos* son microorganismos: virus, rikettsias, bacterias, protozoarios, hongos y nemátodos, que causan enfermedades o epizootias entre las plagas.

El control biológico se considera *natural*, cuando se refiere a la acción de los enemigos biológicos sin la intervención del hombre; y se le denomina *artificial o aplicado* cuando, de alguna manera, es afectado o manipulado por el hombre. (Pollack, et al. 1975).

3.2.2. Características generales del control biológico

El control biológico tiene características propias que lo distinguen de otras formas de control de plagas, particularmente del control químico:

- El control biológico tiende a ser permanente, aunque con fluctuaciones propias de las interacciones entre parasitoides y hospederos, y los efectos de las variaciones físicas del medioambiente.
- Los efectos represivos del control biológico son relativamente lentos en contraste con la acción inmediata de los insecticidas.

- La acción del control biológico se ejerce sobre grandes áreas, de acuerdo a las condiciones climáticas y biológicas predominantes. (Sotelo y Zelaya, 2004).

3.2.3. Incidencia

Esta referida a la proporción o porcentaje de plantas sanas e infestadas. También se da para el caso de partes de las plantas como ramas, hojas, frutos, flores. Por ejemplo, una incidencia de 45 % en plantas, significa que el 45 % de plantas tienen signos de infestación y el 55 % de plantas no presentan dichos signos. Una incidencia de 35 % de frutos, significa que el 35 % de frutos presentan signos de infestación y el 65 % de frutos no lo presentan. (Anculle-Arenas, et al. 2002).

La incidencia es una medida exacta y fácil, que resulta simplemente de contar plantas o partes de plantas con signos de infestación. Sin embargo la incidencia solamente indica si la planta presenta o no signos de estar infestada, no es capaz de mostrar la gravedad de la infestación en términos de cuanto del tejido de la planta está afectado. Basta que una planta muestre una pequeña lesión para considerarla como planta con signos de infestación. Otro inconveniente puede ser el hecho que dentro de la incidencia también se consideran plantas muertas. (Anculle-Arenas, et al. 2002).

3.2.4. Severidad:

Está referida a la medida de - cuánto de la planta o cuánto de tejido de la planta - se encuentra infestada por la plaga. Esta es una medida visual y subjetiva, a diferencia de la incidencia en la que se cuenta el número de plantas con o sin signos. La severidad es una medida subjetiva y está sujeta a variaciones y errores de agudeza visual del evaluador. Así la elaboración y disponibilidad de ayudas visuales y escalas de evaluación tratan de minimizar los errores y el estimado de la infestación sea lo más exacto posible. (Anculle-Arenas, et al. 2002).

La severidad se expresa en proporción de tejido afectado, así una severidad de 0,05, significa que el 5 % del tejido de la planta está afectado. Una severidad de 0,35, significa que el 35 % del tejido de la planta se encuentra afectado por la plaga. (Anculle-Arenas, et al. 2002).

3.2.5. *Bacillus thuringiensis* (Bth)

La bacteria *Bacillus thuringiensis*(Bth), es un bacilo gram-positivo que produce durante la esporulación un cristal de proteína tóxico para insectos plaga conocido también como delta-endotoxina.

Bacillus thuringiensis (Bt) es uno de los microorganismos más comunes utilizados como insecticidas para controlar insectos-objetivo

mediante un agente con base biológica, ambientalmente benigno. Bt es un insecticida biológico que posee las siguientes características:

- Es un microorganismo de forma cilíndrica (bacteria) que produce proteínas tóxicas durante la esporulación (proceso de producción de esporas).
- Crea toxinas letales para muchas especies de insectos plaga y enfermedades, tales como larvas de lepidópteros, escarabajos/tortuguillas y larvas de mosquito.
- Es inofensivo para humanos, aves y otros miembros de la flora y fauna silvestre.
- Proporciona propiedades insecticidas a través de productos comerciales a base de Bt. Estos productos comerciales de Bt contienen cristales de proteínas tóxicas o una mezcla de cristales y esporas de Bt.

Los Bt son organismos de ocurrencia natural en la mayoría de regiones alrededor del mundo, son comunes en el suelo y en las hojas de las plantas, y son biodegradables.

B. thuringiensis subsp. *berlineris* es uno de los bioinsecticidas más utilizado; este produce grandes inclusiones cristalíferas proteínicas durante su esporulación, las que contienen delta endotoxinas o proteínas

Cry, que son responsables de la muerte de insectos u otras especies en algunos ecotipos de Bt (Tamez, et al. 2005).

3.2.6. Mecanismo de acción de *Bacillus thuringiensis* L.

El insecto ingiere en su alimentación las esporas o PCI de Bt, las que, producto del pH alcalino en el intestino del insecto se desintegran; luego, el cristal parasporal libera la toxina, la que se asocia a receptores de la membrana intestinal formando poros que rompen la pared, produciéndose una alteración del balance iónico, que finalmente conduce a la parálisis intestinal y el insecto deja de alimentarse.

Tiempo después se produce una infección por la multiplicación de las bacterias y luego ocurre la muerte de las larvas. (Fernández, et al. 2002).

Bt produce cristales paraesporales, que son tóxicos, especialmente para especies de larvas de insectos que pertenecen al orden Coleóptera, Díptera y Lepidóptera. El cristal está formado por diferentes PCI. Los cristales presentan variadas formas (bi-piramidales, cuboides, romboides planos, esféricos o compuestos por dos tipos de cristales). (WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1999).

Los Bt contienen cristales de endotoxinas proteicas y esporas vivas. En poblaciones de insectos, las endotoxinas proteicas actúan como un

veneno estomacal. Las esporas contribuyen a su toxicidad, al causar envenenamiento de la sangre y proporcionando persistencia ambiental.

Cuando un insecto-plaga ingiere los cristales de proteína de las hojas tratadas, interrumpe su alimentación en cuestión de minutos, después que los cristales se disuelvan en su interior y dañen las células intestinales. Después del daño causado por las toxinas en el intestino medio, las esporas atraviesan la pared y germinan rápidamente en el interior del cuerpo, causando envenenamiento de la sangre. Las larvas interrumpen su alimentación en minutos y perecen en un intervalo de 1 a 3 días. Las larvas afectadas mueren lentamente, se decoloran, luego se arrugan, ennegrecen y mueren. Las larvas más pequeñas mueren más rápidamente, lo cual sugiere que la aplicación en el momento oportuno puede mejorar visiblemente el desempeño de la misma.

Algunas especies de plagas son difíciles de controlar solamente con la toxina. Las esporas de Bt al germinar proporcionan un mecanismo de control adicional:

- Las esporas germinan en el intestino medio y se dispersan por todo el cuerpo causando finalmente septicemia (envenenamiento de la sangre) y muerte.

- Mortalidad adicional (efecto sinérgico) es particularmente evidente en larvas de gusano soldado, las cuales pueden ser difíciles de controlar sólo con toxinas. (Andrews, 1980).

La principal propiedad insecticida de todas las cepas de Bt es su capacidad de producir o sintetizar cristales proteicos de delta-endotoxinas cuyo potencial tóxico varía, no sólo con las diferentes cepas, sino también el medio que se utilice para su producción; además influye sobre este potencial tóxico otros factores como temperatura, edad y vigor del insecto. Esta bacteria afecta al epitelio del intestino medio en el insecto tratado; ésta es la parte inicial del proceso de infección, en donde se realiza el ataque de la toxina, para lo que debe ser ingerida por el insecto. Las delta endotoxinas son considerados como venenos intestinales, por lo que deben ser consumidas por el insecto susceptible. (Knowles y Dow, 1993).

Las proteínas son sintetizadas como pro-toxinas cristalinas insolubles, las cuales se disuelven y son activadas en el intestino del insecto antes de aparecer sus efectos. El intestino de la mayoría de los insectos tiene un pH muy alto (Dow, 1986) y esto es esencial para solubilizar a la mayoría de las pro-toxinas de Bt, las cuales son generalmente solubles solo arriba de pH 9.5.

Los intestinos medios de las larvas de estos insectos también tienen proteasas necesarias para convertir las pro-toxinas a toxinas y quizás receptores sobre la superficie de las células epiteliales del intestino medio a las cuales las toxinas o pro-toxinas hieren para iniciar su acción (Knowles y Dow 1993).

Las pro-toxinas son activadas por las proteasas del intestino del insecto, las cuales típicamente dividen alrededor de 500 aminoácidos provenientes del Carbono final de pro-toxinas de 130 kDa y 28 aminoácidos provenientes del Nitrógeno terminal, dejando un sitio activo resistente a proteasas de 65-55 kDa que comprime la mitad del N terminal de la pro-toxina (Van Rie, et al.1990).

Los síntomas, más importantes que se presentan en los insectos tratados, son una inactividad marcada, seguida por parálisis general del cuerpo, lo cual indica que los otros órganos de la larva juegan un papel importante en la acción entomócida de las toxinas (Singh et al. 1986).

3.2.7. Resistencia varietal

El método más efectivo e ideal de combatir insectos que atacan a las plantas es el de utilizar variedades resistentes a los insectos. (Luginbill, 1969 y Wiseman y Davis, 1979) La interacción insecto-planta, entre

S.frugiperda y plantas de maíz, es uno de los temas menos estudiados en comparación con muchos otros insectos (Wiseman y Davis, 1979).

La resistencia es un fenómeno, que refleja la interacción de la planta con el insecto. Painter (1951) y Wiseman y Davis (1979) definen la resistencia vegetal como la cantidad relativa de cualidades heredables, que posee una planta, con influencia en el grado de daño que le ocasiona un insecto. Lo anterior significa, para la agricultura práctica, la capacidad de ciertas variedades de producir una mayor cosecha de mejor calidad, que las variedades comunes expuestas a la misma especie y cantidad de insectos plaga. Con los años se han desarrollado muchas variedades de cultivos resistentes a insectos, más notablemente en la alfalfa, maíz, algodón, frijol, yuca, hortalizas, arroz, sorgo, soya y trigo, entre otras especies vegetales.

Una planta puede ser resistente al ataque de insectos plaga, por numerosas razones que incluyen, características morfológicas tales como forma, tipo de tejido, presencia de verticilos, vaina, panoja, etc. Investigaciones recientes han sugerido que la presencia de ciertos metabolitos secundarios de la planta tienen un papel importante en la protección al ataque de plagas (Atkinson, 1990). La nutrición del cultivo

hospedero puede tener influencia sobre la expresión de la resistencia de éste para el ataque de plagas (Wiseman y Davis, 1979).

Se ha demostrado que los niveles de resistencia de la planta pueden aumentarse o disminuirse, dependiendo de la manipulación en la nutrición del cultivo. Por otro lado es aceptable que un cultivo designado como resistente o susceptible podría ser inducido por los nutrientes de la planta para exhibir una mayor o menor expresión de resistencia al ataque de insectos. Painter (1951) y Wiseman y Davis (1979) clasificaron la resistencia de plantas en tres categorías y las define como: No preferencia, antibiosis y tolerancia.

Las variedades de maíz presentan diferentes grados de atracción para los adultos y las larvas de cogollero; también se reporta que el manejo que sobre el cultivo de maíz y de otras gramíneas se tenga, también modifica el comportamiento de selección de los adultos por un cultivo. Estudiándose la relación resistencia susceptibilidad de maíces nativos en el Estado de Colima al ataque de cogollero, se observó que tanto los adultos muestran una preferencia para ovipositar, como las larvas para alimentarse sobre el follaje de ciertas variedades (Hernández, 1989).

3.2.8. Tipos de *Bacillus thuringiensis*

Existen más de 80 subespecies diferentes de Bt, (Andrews, 1980), pero comercialmente sólo se utilizan las siguientes:

Entre las especies de *Bacillus thuringiensis* (Bt) existen varios tipos de Bt, o subespecies, con actividades específicas contra varias plagas de insectos. Es más, existen miles de cepas – líneas genéticas, o subtipos – entre las distintas subespecies de Bt. Cada cepa de Bt muestra una mezcla individual de proteínas tóxicas insecticidas que atacan a grupos de plagas específicos.

Existen cuatro subespecies de Bt fundamentales en los programas de manejo agrícolas y forestales:

- Bt kurstaki (*Btk*): Subespecie de amplio espectro empleada en el control de gusanos (lepidópteros) en hortalizas, frutales, nogales, vid, maíz, algodón, soya, pastos y otros cultivos. Btk es el producto biorracional más ampliamente utilizado en el mundo, y controla más de 55 especies de lepidópteros, incluyendo gusano enrollador de hojas, gusano cogollero, gusano medidor, gusano cortador, gusano del cuerno o cachón y gusano del algodón o bellotero.
- Bt aizawai (*Bta*): Otras subespecies de Bt utilizadas para control de orugas con actividad específica sobre gusanos soldado (*Spodoptera*) y

Palomilla Dorso de Diamante (*Plutella xylostella*). Bta es referido frecuentemente como la herramienta de manejo de resistencia más efectiva disponible al incluir el rango más amplio de toxinas de Bt.

- Bt tenebrionis (*Btt*): Subespecies de la cepa de Bt utilizadas para control de larvas de escarabajo (coleópteros), en concreto el Escarabajo o Tortuguilla de la Papa de Colorado (*Leptinotarsa de cемlineata*) y el Escarabajo de la Hoja del Olmo (*Pyrrhaltaluteola*), entre otros. Btt está registrado para su uso en papas, tomates, berenjenas, árboles frondosos y ornamentales.
- Bt israelensis (*Bti*): Subespecies de la cepa de Bt utilizadas para control de larvas de mosquitos, mosca negra y mosquito fungoso (*fungusgnat*). Este tipo de Bt desempeña además una función importante en la salud pública. (Andrews, 1980).

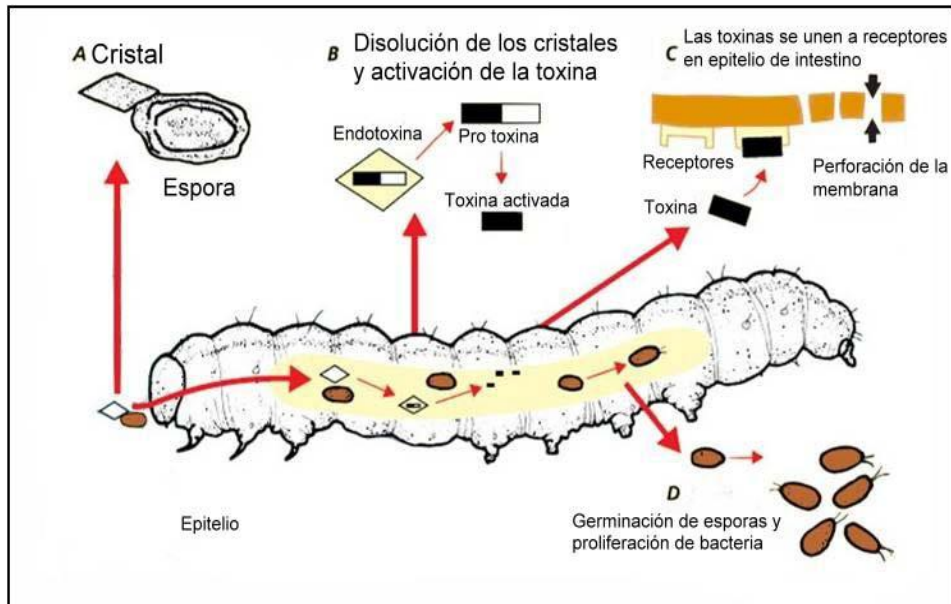


Figura 2. Mecanismo de acción de *Bacillus thuringiensis*.

Fuente: (Andrews, 1980).

Formulaciones comerciales de Bt pueden aplicarse como insecticidas al follaje, el suelo, el medio acuático o instalaciones de almacenamiento de alimentos. Tras aplicar una subespecie de Bt a un ecosistema, las células vegetativas y las esporas pueden persistir en concentraciones gradualmente decrecientes durante semanas, meses o años como un componente de la micro-flora natural. Sin embargo, las PCI pierden su actividad biológica en horas o días. (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1999),

3.2.10. Bioinsecticidas

3.2.10.1. Bacterias y hongos entomopatógenos

Existe una larga lista de especies de hongos y bacterias que controlan insectos plagas. *Bacillus thuringiensis* es el microorganismo más conocido y de más trayectoria en aplicaciones agrícolas, mientras que especies de hongos como *Entomophthora virulenta* y *Verticillium lecanii* pertenecen a un grupo de productos comerciales más recientes pero de rápido crecimiento en los mercados internacionales. *Bacillus thuringiensis* destaca por su alto grado de toxicidad para los insectos por lo cual sus llamados cry genes que codifican delta-endotoxinas se han introducido en diversas plantas genéticamente modificadas. Las nuevas generaciones de productos biológicos a base de hongos entomopatógenos infectan los insectos sin la necesidad de que sean ingeridos como en el caso de *Bacillus thuringiensis*. (Carreras, et al 2003)

Microorganismos entomopatógenos sorprenden a los insectos con nuevas toxinas y maneras de atacar y matarlos mientras que los insectos adquieren resistencias o demuestran cambios en el comportamiento para evadir la acción letal. El resultado de esta carrera evolutiva es una gran variedad de cepas de hongos y bacterias con propiedades de control muy específicas. Por ejemplo, una especie de gallina ciega puede ser

susceptible a un producto a base de nuestra cepa de *Metarhizium anisopliae* pero no se controla por ninguna de nuestras cepas de *Beauveria bassiana*. (Carrera, et al 2003).

Para fines prácticos, primero se recomienda intentar de matar al insecto por medio de la aplicación de ambas especies de hongos. Después se determina cuáles esporas se forman en la cutícula del insecto: a) esporas blancas que pertenecen a *Beauveria bassiana* o b) esporas verdes de *Metarhizium anisopliae*. Finalmente, se aplica el producto que dio el resultado deseado, en este ejemplo *Metarhizium anisopliae*.

Hasta la fecha solamente para *Bacillus thuringiensis* se han reportado casos de resistencia provocados por el uso de bioinsecticidas. Esta es una razón importante por la cual los microorganismos entomopatógenos constituyen una alternativa viable para los insecticidas químicos. Su uso está creciendo rápidamente dado que los bioinsecticidas no dañan al agricultor, consumidor o al medio ambiente.

(Carreras, et al. 2003)

Existe una larga lista de especies de hongos y bacterias que controlan insectos plagas. Un ejemplo es el producto Mycotrol a base del hongo *Beauveria bassiana*.

3.2.10.2. *Bacillus thuringiensis*

Bacillus thuringiensis es una bacteria aeróbica y gram-positiva que produce endoesporas. Destaca por la producción de proteínas (delta-endotoxinas) que son letales para muchos lepidópteros, pero también para muchas especies de dípteros y coleópteros. Las toxinas están presentes como agregaciones cristalinas de proteínas que se vuelven solubles en el tracto digestivo de una larva que las ingieren. En este estado se insertan en las membranas del epitelio intestinal de la larva susceptible donde funcionan como poros. Las células del epitelio mueren por el efecto lítico de las proteínas lo que resulta en la muerte del insecto. (Andrews, 1980).

Se ha investigado una gran variedad de subespecies de *Bacillus thuringiensis* que controlan diferentes especies de insectos plaga. Varias cepas se han reproducido y comercializado a nivel industrial. TNI ofrece la subespecie *Kurstaki* (serotipo 3a, 3b).

(Andrews, 1980).

3.2.10.3. *Beauveria bassiana*

Beauveria bassiana es un hongo que causa una enfermedad conocida como la muscardina blanca del insecto (homópteros, hemípteros, thysanópteros y coleópteros). Las esporas del hongo que entran en contacto con la cutícula de un insecto susceptible germinan y forman un micelio que crece encima de la cutícula y penetra al interior del cuerpo del hospedero. El micelio se alimenta de todo el cuerpo del insecto, secándolo, produciendo toxinas y eventualmente matándolo. Así como muchas otras enfermedades bacterianas y virales de insectos, el hongo infecta por contacto y no es necesario que sea ingerido para causar la infección. Las funciones vitales del insecto, sus movimientos y su alimentación se detienen poco tiempo después de la infección. Al haber matado al insecto el micelio blanco del hongo aparece en las partes suaves de la cutícula, donde produce millones de nuevas esporas infectivas que son liberadas en el ambiente. (Andrews. 1980).

3.2.10.4. *Metarhizium anisopliae*

Metarhizium anisopliae, anteriormente también conocido como *Entomophthora anisopliae*, es un hongo que causa la muscardina verde de los insectos. El nombre de la enfermedad se debe a conidias verdes

que forma en la cutícula del insecto infectado. Las conidias son esporas asexuales que germinan y penetran al insecto por los espiráculos y poros de los órganos de los sentidos del insecto. El hongo invade los tejidos del insecto y lo mata apoyado por toxinas proteicas. En muchas ocasiones la cutícula del insecto muerto adquiere un color rojizo. En caso de que haya suficiente humedad en el ambiente el hongo forma un micelio blanco que cubre el insecto. Poco después el micelio empieza a producir las conidias verdes. (Andrews, 1980).

3.2.10.5. *Entomophthora virulenta*

Durante la fermentación *Entomophthora virulenta* produce esporas, micelio y metabolitos secundarios (azoxybenzoides) con propiedades de insecticida sobre hemípteros, homópteros y thysanópteros. El hongo infecta al insecto directamente por la cutícula y coloniza el interior del cuerpo, licuificando sus tejidos. El insecto se muere por la colonización de sus tejidos y por la ingestión de las toxinas que se activan en el ambiente alcalino del tracto intestinal. Después, los conidióforos generalmente emergen por la región dorsal y lateral del insecto y el insecto normalmente pierde color y puede tener la apariencia de haberse quemado. La micosis causada por *Entomophthora virulenta* es una de las enfermedades fungosas más frecuentes de los insectos.

(Andrews, 1980).

3.2.10.6. *Verticillium lecanii*

Verticillium lecanii produce toxinas que actúan sobre huevos, ninfas y adultos de homópteros, hemípteros y thysanópteros. El hongo penetra por la cutícula del insecto y su micelio coloniza el interior del cuerpo. Inicialmente, el insecto demuestra un comportamiento de intranquilidad, deja de alimentarse y se mueve de forma descoordinada. Tiene la tendencia de moverse a puntos altos de la planta y si puede tratará de volar para retirarse. Finalmente, cuando los nutrientes del hospedero se terminan, el hongo forma una capa de micelio en el exterior del insecto que queda momificado. (Andrews, 1980).

3.2.10.7. Aplicaciones biotecnológicas

El éxito logrado por los productos-Bt radica en que son altamente efectivos sobre numerosos insectos diana (a un nivel comparable al de los insecticidas sintéticos), son muy específicos y por tanto medioambientalmente seguros tanto para fauna auxiliar, enemigos naturales, vertebrados y plantas (Schnepf y Witheley 1998).

Además, su producción es económicamente competitiva gracias al desarrollo de sistemas de fermentación a gran escala y su aplicación en campo se adapta perfectamente a los equipos convencionales de pulverización. (Dow, 1986).

El uso inicial y más extendido de *B. thuringiensis* es la utilización de formulaciones basadas en esporas y cristales de una cepa nativa de la especie, a una concentración aproximada de $2,5 \times 10^{11}$ esporas viables por gramo (EXTOXNET, 2009).

3.2.10.8. Producción comercial de Bacillus

El desarrollo comercial de formulaciones a base de Bt se ha incrementado ampliamente y de manera exitosa, debido a que su uso en el control de insectos perjudiciales para la agricultura ha dado respuesta a las expectativas de los productores.

Este insecticida microbiano es producido en algunos países como Francia, Alemania, Checoslovaquia y Estados Unidos; las presentaciones del bioinsecticida se encuentran como formulaciones en polvo humectable o líquidos, granulados o en aerosol, los cuales contienen como ingrediente activo esporas, cristales, células vegetativas, o mezclas de ellas.

Algunas de las formulaciones llevan como nombre de Biotrol, Thuricide, Dipel, Lavatol, Agritol, Sporeine y Bakthane. Estas formulaciones son específicas para insectos, no causa daño a humanos y no produce residuos tóxicos. Lo que le permite ser utilizado en pastizales, cultivos frutícolas, hortícolas, forestales, ornamentales, etc. (Fernández, et al. 2002).

3.3. Marco referencial

3.3.1. Aspectos generales del cultivo de maíz

3.3.1.1. Clasificación Taxonómica del maíz (Basantes, 2004).

REINO	:	Vegetal
CLASE	:	Angiospermae
SUBCLASE	:	Monocotyledoneae
ORDEN	:	Glumiflorae
FAMILIA	:	Graminaceae
GÉNERO	:	<i>Zea</i>
ESPECIE	:	<i>mays</i> L.

3.3.1.2. Descripción botánica

a) Raíz

El sistema radicular es fibroso, se distingue 3 clases de raíces: temporales, permanentes y adventicias o de anclaje. Las temporales nacen cuando germina el grano (3 a 4 raíces en la base del mesocótilo que es el tallo delgado y blanco que se encuentra entre el grano y el tallo verde aéreo) casi al mismo tiempo que la plúmula y luego son reemplazadas por las raíces permanentes. Las raíces permanentes llegan a profundizar hasta 2 metros, si las condiciones son favorables. Nacen por encima del mesocótilo, y generalmente se desarrollan a una profundidad entre 2 a 3 cm, siendo indiferente la profundidad a que se haya verificado la siembra. Las raíces permanentes se dividen en principales, laterales y capilares. Las raíces adventicias brotan de los dos o tres primeros nudos del tallo, por encima del suelo (Basantes, 2004).

b) Tallo

El maíz es una planta anual, su tallo es una caña formada por nudos y entrenudos macizos, de longitud variable, gruesos en la base y de menor grosor en los entrenudos superiores. El número de nudos es variable en las diferentes razas y variedades con un rango de 8 a 26 (7 a 25 entrenudos); en cada entrenudo hay una

depresión como “canalito” que se extiende a lo largo del entrenudo, en posición relativa alterna a lo largo del tallo; en la base del entrenudo hay una yema floral femenina que se extiende a lo largo del canalito. Potencialmente, un tallo puede desarrollar 10 o más yemas florales que pueden originar 10 o más mazorcas; únicamente una, dos o tres yemas llegan a formar grano de maíz por el fenómeno conocido como “dominancia apical” que inhibe el desarrollo de las yemas inferiores. (Reyes, 1985).

c) Hojas

Las hojas son alternas, sésiles y envainadoras, de forma lanceolada, ancha y áspera en los bordes, vainas pubescentes, lígula corta; llegan hasta 1 metro de longitud y su número es variable entre variedades pero constante en cada variedad (Basantes, 2004).

La hoja consta de tres partes: la vaina, el limbo y la lígula. La vaina envuelve al entrenudo y cubre a la yema floral; la lámina o limbo es de tamaño variable en largo y ancho, con una nervadura central bien definida, el haz o parte superior con pequeñas vellosidades, el envés o parte inferior lisa sin vellosidades; y la lígula o lengüeta en la base de la hoja, parte pergaminosa; también

en la base está la aurícula que envuelve al entrenudo. La aurícula y la lígula protegen al entrenudo y drenan el agua que al llover se desliza sobre el limbo y la nervadura central (Basantes, 2004).

d) Flores

El maíz es una planta monoica de flores unisexuales muy separadas y bien diferenciadas en la misma planta. Flores masculinas en la panoja que es una inflorescencia compuesta de espigas. En la panoja están dispuestas las espiguillas con dos flores fértiles. Las espiguillas femeninas se disponen en un eje denominado tusa. La espiguilla tiene dos flores: una es estéril y nace debajo de la fértil. Las flores masculinas tienen glumas, lemas y paleas bien desarrolladas que encierran tres estambres y dos lodículos que al hincharse abren la flor. Las flores masculinas tienen pistilos rudimentarios que no son funcionales. Las flores femeninas tienen glumas, lemas y paleas rudimentarias, así como tres estambres rudimentarios que no son funcionales. (Holle y Sevilla 2004).

e) Forma de reproducción.

Alógama, anemófila; la polinización cruzada es entre 95 y 100 %. El polen dura 24 horas viable; los estigmas se mantienen

receptivos por una semana o más. El polen se dispersa en un área de 100 metros a la redonda, y puede llegar hasta 200 metros dependiendo de la intensidad y dirección del viento. La planta es protoandra. La dehiscencia del polen precede varios días a la receptividad de los estigmas (Sevilla y Holle, 2004).

f) Fruto

Llamado también cariósipide, semilla y comúnmente grano de maíz. Biológicamente, el fruto es el ovario desarrollado y la semilla es el óvulo fecundado, desarrollado y maduro. En el maíz el ovario se desarrolla al igual que el óvulo formando una sola estructura. El fruto se encuentra insertado en el raquis y la tusa formando hileras de granos o carreras cuyo conjunto forma la mazorca, espiga cilíndrica o infrutescencia, producto del desarrollo de la yema floral axilar de la hoja que nace en el nudo. El número de carreras es par, y varía de 8 a 30 carreras. (Reyes, 1985).

El pericarpio forma la cubierta del fruto y son las paredes del ovario, siendo, por lo tanto, de origen materno ($2n$ cromosomas en sus células).

El color del pericarpio puede ser rojo e incoloro, el rojo es dominante. Si el pericarpio es incoloro el color del grano dependerá

del color de la aleurona o del endospermo. El endospermo es el tejido de reserva de la semilla; un tercio de los cromosomas son del progenitor masculino y dos tercios del progenitor femenino; el número de cromosomas es $3n$; el color del endospermo puede ser amarillo (Y) o blanco (y). La aleurona es una capa de células del endospermo, sustancia proteica en forma granular, se origina al madurar la semilla, al avanzar la deshidratación; el color de la aleurona puede ser blanca o incolora, roja o bien púrpura con intensidades variables. Seis pares de genes controlan su herencia, siendo un ejemplo de interacción de genes alelos y no alelos. Los tres pares de genes llamados A-B-C son necesarios para que el color se manifieste; si alguno está en condición recesiva la aleurona es blanca; el par P y determinan color morado (P) y rojo (p); el par I e i es epistático, si I está presente, el ii permite manifestar el color; el par In e in es modificador, si in in está en condición homocigoto el color será intenso. (Reyes, 1985). *El embrión* está formado por partes definidas y son los rudimentos de los órganos y aparatos de la planta adulta. El grano de maíz tiene en su embrión una planta en miniatura con su radícula, su plúmula con tres a cinco hojas, el esculentum o cotiledón y dos capas, el

coleóptilo que cubre a la plúmula y la coleoriza que cubre a la radícula (Reyes, 1985).

g) Mazorca

Es la infrutescencia o espiga cilíndrica formada por el grano, la tusa, el pedúnculo y la cubierta. En la mazorca hay amplia variación en forma, tamaño y número de hileras. La magnitud de la mazorca y su número son de mayor importancia por ser componentes correlativos con el rendimiento del grano, tales componentes de la mazorca son: longitud, número de hileras, peso del grano y número de mazorcas por planta. Estos atributos tienen baja heredabilidad, es decir que son altamente afectados por el medio ambiente (Reyes, 1985).

3.3.2. Antecedentes de investigación

Chango (2012) en su trabajo de investigación titulado “Control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)” se realizó con el propósito determinar la dosis adecuada de Larvín impregnada en arena (5, 10 y 15 cc/0,45 kg de arena, respectivamente) y establecer la época adecuada de aplicación (a los 30 días, 60 días, 90 días y 120 días de la siembra, respectivamente) para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays*

L.); La aplicación de Larvin en dosis de 15 cc/0,45 kg de arena (D3), produjo los mejores resultados, al controlar mejor la incidencia y severidad del ataque de gusano cogollero, por lo que las plantas experimentaron mayor crecimiento y desarrollo y mejoraron los rendimientos, al observarse en los tratamientos que la recibieron: menor porcentaje de incidencia (32,85 %), como menor porcentaje de severidad (10,68 %), mayor crecimiento en altura de planta (4,90 m) y los mejores rendimientos (20,65 t/ha de choclos), por lo que es la dosis apropiada en mezcla con arena, para reducir los efectos del ataque de la plaga en el cultivo de maíz. También se obtuvieron buenos resultados con la aplicación de la dosis de 10 cc/0,45 kg de arena (D2), especialmente con el segundo mejor rendimiento (20,29 t/ha de maíz suave).

Castro, (2012). En su investigación se realizó con el propósito de estudiar el "Manejo del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) empleando Larvin 80 con ingrediente activo Thiodicar en porcentaje de dilución (5 %, 10 % y 15 %). Respecto a las variables evaluadas las que dieron significación estadística tanto para los tratamientos como para los factores en estudio fueron número de choclos comerciales por planta y por hectárea, longitud y diámetro del choclo y porcentaje de larvas controladas; el testigo alcanzó los menores promedios. Que obtuvo el mayor promedio en longitud del choclo con

20,71 centímetro (cm), diámetro del choclo con 4,72 cm y porcentaje de larvas controladas con 37,33 %. Los porcentajes de dilución como factor en estudio tuvieron influencia en porcentaje de larvas controladas en el cual el 15 % de dilución (Pd3) sobresalió con 29,76 %.

Cordillo (1996) mantiene que en la agricultura moderna son muchos los beneficios económicos que con frecuencia sustentan el uso de plaguicidas, esto sin tener en cuenta los desastres ecológicos, la mala calidad de las plantas los agro tóxicos están directamente relacionados a problemas tales como la reducción de especies benéficas, la presencia nociva en los alimentos de origen vegetal y residuos de sustancias tóxicas en el aire, el suelo y el agua. Por lo menos el 25 % de todos productos utilizados para el control de plagas y enfermedades, están prohibidos o no han sido registrados para su uso.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es de tipo experimental por que utilizan la manipulación y las pruebas controladas para entender los procesos causales. En general, una o más variables son manipuladas para determinar su efecto sobre una variable dependiente.

4.2. Población y muestra

La población y muestra ($N=n$) está constituida por plantas de de maíz y bioinsecticidas comerciales a base *Bacillus Thuringiensis* y un inhibidor de quitina

4.2.1. Análisis de suelo

Se realizó el muestreo de suelo del campo experimental una profundidad de 30 cm y fue llevada a laboratorio para su análisis correspondiente.

Tabla 2. Características físico – químicas del suelo.

ANÁLISIS FÍSICOS	RESULTADOS
Arena	74,05
Limo	22,65
Arcilla	3,30
Clase textural	Franco Arenoso
ANÁLISIS QUÍMICO	RESULTADOS
Co ₃ Ca	0,60
pH 25 °C	7,10
C.E. mmho/cm a 25°C	3,80
Materia orgánica	0,37
Nitrógeno total %	0,02
Fósforo ppm	22
Potasio ppm	285

Fuente: Universidad Nacional del Altiplano Puno Facultad de Ciencias Agrarias laboratorio de Suelos. (2011)

La tabla 2 muestra que dentro de las principales características físico-químicas que presenta el suelo, se tiene que es de textura franco arenosa, el pH 7,1, la conductividad eléctrica de 3,8 (sólo afecta cultivos muy sensibles) los cual nos indica que es óptima para el cultivo de maíz. El maíz es un cultivo muy exigente en fósforo y nitrógeno. La falta de nitrógeno, en la época de floración, es crítica para el rendimiento final. El pH debe estar entre 5,5 y 7,5 (Bosch, et al. 1994). En lo relacionado al

contenido de materia orgánica fue del 1,65 % que según Fuentes, J. (1999) es considerado bajo. El nitrógeno total de 0,02 % en el suelo es muy bajo según lo referido por el mismo autor.

En cuanto al contenido de fósforo disponible fue de 22 ppm, según lo indicado por Rodríguez (1992) es considerado rico en fósforo, con respecto al contenido de potasio fue de 285 ppm fue alto según lo indicado por el mismo autor.

4.2.2. Condiciones meteorológicas

Tabla 3. Temperaturas registradas

Meses	Temperatura máxima mensual	Temperatura Mínima mensual	Temperatura media mensual	Humedad relativa
Enero	27,20	13,70	27,80	86,00
Febrero	28,90	17,70	29,30	85,00
Marzo	27,50	14,20	26,90	86,00
Abril	26,20	14,40	23,60	87,00
Mayo	23,20	13,10	22,10	89,00
Junio	21,50	14,30	20,30	90,00

Fuente: SENAMHI – Tacna (2011)

Según Bianco (2003) señala para el cultivo de maíz la temperatura media debe estar entre el 21,2 y 24°C. El óptimo diurno está alrededor de los 25 y 30°C, mientras que la mejor temperatura nocturna está entre 15 y

18°C. Naturalmente, estos valores varían según la fase de desarrollo del cultivo. En el periodo de madurez, las óptimas son un poco más altas. Sin embargo, en el maíz, el efecto de la temperatura es más marcado en el periodo de crecimiento que en el de la floración. El maíz, como cualquier otro cereal, responde al termo periodismo. El grano no se desarrolla a plenitud si las noches son demasiado cálidas, porque lo producido en el proceso de fotosíntesis se pierde durante la respiración nocturna de la planta, la humedad relativa óptima del cultivo varia de 50 % a 80 %. (Celiz y Duarte, 1996).

4.2.3. Material experimental

El material experimental a utilizar es variedad de maíz opaco Malpaso y los siguientes productos como tratamientos en estudio:

T ₀	Sin aplicación
T ₁	BIOBIT (250 g x 10 L) : 2,5 por ciento P/V
T ₂	BIOESPORE (150 g x 10 L) : 1,5 por ciento P/V
T ₃	SORBA (10 ml x 10 L) : 0,1 por ciento V/V

4.2.4. Características del maíz opaco malpaso

- Zona de siembra: Costa del Perú y mayores irrigaciones
- Época de siembra: De enero a agosto.

- Clima: Templado, no muy tolerante a heladas.
- Periodo de Cultivo: De cuatro a cinco meses.
- Cantidad de semilla: De 25 a 30 kilos por hectárea.
- El maíz opaco malpaso es una Buena fuente de alimentación para vacas lecheras en áreas de irrigación de la costa sur del Perú. En distintas pruebas de campo se ha comprobado que es el mejor complemento de alimentación junto con la alfalfa. (PSI-PERAT, 2005).

Un programa adecuado de siembra y alimentación puede brindar al agricultor un cultivo:

- Económico y más nutritivo. 100 gramos de maíz aportan 265 calorías.
 - Hidratos de carbono: 66 gramos.
 - Proteínas: 10 gramos.
 - Grasas: 25 gramos.
 - Fibras: 10 gramos.
 - Vitaminas: B1 (25 %), B3 (9 %) y A (12 %).
 - Minerales: Fósforo, magnesio, hierro, zinc y manganeso.
 - Producción de forraje mejorado utilizando agua de riego por goteo.
- En la ración diaria, el maíz aporta energía y la alfalfa proteína.

- La aplicación del sistema de alimentación en las vacas, aumenta la producción de leche y grasa.

4.2.5. Descripción de los tratamientos:

T₁ Biobit Kurtraky 1 (250 g x 10 L)

Composición:

Bacillus thuringiensis, var. Kurstaki 32 % con una potencia de 32 millones de U.I./gramo.

Formulación: Granulado Dispersable en agua (WG).

Forma de aplicación

Actúa específicamente contra larvas de lepidópteros por ingestión y no tiene ninguna acción contra huevos y adultos.

Comenzar las aplicaciones tan pronto se vean las primeras larvas. El producto es más efectivo contra las larvas en los primeros estadios de su desarrollo. Se puede aplicar en pulverización normal sobre la vegetación o en aplicaciones a bajo o ultra bajo volumen; en este último caso se puede utilizar solo o diluido en pequeñas cantidades de agua (2-10 litros/ha). Respetar las dosis recomendadas cualquiera que sea la

cantidad de caldo repartido por ha. Repetir las aplicaciones con intervalos suficientes, si se detectan reinfestaciones.

T₂ Biospore 2 (250 g x 10 L)

Composición:

Bacillus thuringiensis, var. Kurstaki 32 % con una potencia de 32 millones de U.I./gramo.

Formulación: Granulado Dispersable en agua (WG).

Insecticida Biológico producido por la esporulación de la bacteria *Bacillus Thuringiensis* var. kurstaki. Actúa por ingestión, su acción es letal para larvas de lepidópteros en diferentes cultivos.

T₃ Sorba (10 ml x 10 L)

Composición:

Lufenuron* 50 g/L (5,3 % p/p)

Coformulantes hasta completar 1 litro

Es un insecticida regulador del crecimiento, que actúa inhibiendo la síntesis de quitina y con acción ovicida en ciertas plagas. En larvas actúa principalmente por ingestión. Debido a que sólo los estados inmaduros (larvas, ninfas) forman quitina, no afecta a los adultos. No es sistémico,

pero sin embargo, es muy persistente en la parte aérea de la planta. Debido a que no afecta a los adultos y a su débil acción de contacto, muestra un excelente grado de selectividad hacia los insectos benéficos como *Trichogramma* spp. Está especialmente indicado para el control de larvas de Lepidópteros (polillas) en frutales (pomáceas y carozos), repollo, tomate y papa (ver cuadro de instrucciones de uso).

Forma de aplicación

Se debe aplicar al aparecer las primeras larvas. Para optimizar su uso se recomienda aplicar 2 veces, a intervalos de 10 días. Utilizar la dosis mayor en condiciones de media a alta presión de la plaga.

4.2.6. Diseño experimental:

Se utilizó un diseño estadístico de diseño de bloques al zar (D.B. C.A), que incluyó 4 tratamientos y 4 repeticiones.

4.3. Técnicas aplicadas en la recolección de la información.

4.3.1. Parámetros evaluados

a) Altura de plantas (cm)

Se tomaron 10 plantas en forma aleatoria de cada unidad experimental esta evaluación se efectuara a los 60 y 90 días de efectuada la siembra.

b) Longitud de la mazorca (cm)

Se tomaron 10 mazorcas de cada unidad experimental en forma aleatoria de cada uno de los tratamientos en estudio.

c) Grosor del tallo

Se evaluó 10 plantas de cada tratamiento, se elegirán al azar las plantas se medirá con la ayuda de un vernier.

d) Incidencia.

Se evaluó 10 plantas elegidas al azar, de cada tratamiento. Se definieron tres tercios de cada una de las plantas; de cada uno de ellos, elegir 5 hojas al azar respectivamente; se debió determinar

si cada hoja presenta o no signos de infestación. El cálculo de la incidencia se efectuó mediante la fórmula :

$$\text{Incidencia (I)} = \frac{\text{Número de plantas dañadas}}{\text{Número total de plantas observadas}} \times 100$$

e) Severidad.

Se evaluó 10 plantas al azar de cada unidad experimental para cada tratamiento. Se definirán tres tercios de cada una de las plantas; elegir 5 hojas al azar de cada tercio. Se midió el área foliar y el área infestada por la plaga en cada hoja. De esa manera se conoció la proporción afectada de la hoja en porcentaje, y se asignará a un grado de infestación correspondiente.

Grado de Infestación:

Grado 0	:	0	Hoja Sana
Grado 1	:	0 -- 3	de 0 a 3 %
Grado 2	:	3 – 6	de 3 a 6 %
Grado 3	:	6 – 12	de 6 a 12 %
Grado 4	:	12 – 25	de 12 a 25 %
Grado 5	:	25 – 50	de 25 a 50 %
Grado 6	:	50 – 75	de 50 a 75 %

Grado 7	:	75 – 87	de 75 a 87 %
Grado 8	:	87 – 94	de 87 a 94 %
Grado 9	:	94 – 97	de 94 a 97 %
Grado 10	:	97 – 100	de 97 a 100 %
Grado 11	:	100 %	

La fórmula que se empleo para el cálculo de la severidad utilizando escalas de evaluación fue:

$$\text{Severidad (S) (\%)} = \frac{\sum (\text{núm. de plantas infestadas x cada grado}) \times 100}{\text{Número de plantas evaluadas x grado mayor}}$$

f) Rendimiento (t/ha)

Se evaluó 10 plantas por unidad experimental en forma aleatoria de cada uno de los tratamientos en estudio.

4.3.2. Características del campo experimental:

a) Área total

- Largo: 48 m
- Ancho: 22,5 m
- Área: 1 080 m²

b) Bloques

- Largo: 12,50 m
- Ancho: 12 m
- Área: 270 m²
- Número de bloques: 4

c) Unidad experimental

- Largo: 12,0 m
- Ancho: 4,50 m
- Área: 54,0 m²
- Número de total de unidades experimentales: 16

Cuadro 2. Croquis del campo experimental:

Block I	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
Block II	T ₂	T ₃	T ₁	T ₀
Block III	T ₁	T ₀	T ₃	T ₂
Block IV	T ₃	T ₂	T ₀	T ₁

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Conducción del experimento:

a) Preparación del terreno (20 de marzo del 2011)

Para la preparación del suelo se realizó un paso de arado y dos pasos de rastra, se incorporó 1,5 t/ha de estiércol de gallinaza, luego se realizó un riego machaco para proceder a descomponer la materia orgánica.

b) Siembra (17 de abril del 2011)

Se colocaron 5 semillas por golpe, cada golpe a 40 cm de distancia entre planta y 1,5 m entre surcos a una profundidad recomendada no mayor de 5 cm.

c) Riego

El riego por el sistema de riego por gravedad , los primeros días se realizaron riegos pesados, luego fueron cada 8 días, el maíz es una planta exigente en agua, lográndose los más altos rendimientos cuando la planta ha tenido a su disposición ese elemento en cantidad suficiente durante todo el cultivo. En riego por gravedad para producir una cosecha se requiere contar con un volumen de agua mínimo de 2 000 metros cúbicos y máximo de 4 000 metros cúbicos por hectárea. (Reyes, P. 1985).

d) Aporque y deshaije

El aporque se realizó cuando las plantas alcanzaron una altura de 20 cm, se dejaron tres plantas por golpe.

e) Control de malezas

El maíz es un cultivo muy sensible a la presencia de malas hierbas, sobre todo en los primeros estados de desarrollo, que pueden llegar a producir pérdidas de cosecha superiores al 50 %. El control de malezas se realizó en forma manual cada 8 días.

Las principales malezas fueron:

- *Taraxacum officinale* “Diente de león”
- *Amaranthus hybridus* “yuyo”
- *Hordeum vulgare*. “cebadilla”

f) Fertilización

La dosis de abonamiento utilizada en el experimento fue de 100 80 60 de N P₂ O₅ K₂ O, la aplicación se realizó al mes de la siembra (urea) y la segunda aplicación la efectuó a los 15 días después de la segunda aplicación y última aplicación a los 2

meses de la siembra. Siendo esta, la fórmula óptima de abonamiento para dicho cultivo.

g) Aplicaciones de los bioinsecticidas

Las aplicaciones tanto de los bioinsecticidas como el inhibidor de quitina, se efectuaron en tres momentos diferentes; los cuales fueron a los 30; 60 y 90 días después de la siembra, según recomendación de fabricante.

h) Cosecha.

La cosecha se realizó en forma manual a los 120 días después de la siembra, cuando la mazorca de maíz se encontró en estado lechoso. La madurez es aquella en la que la humedad en el grano es tal que facilita su cosecha sin dañar el grano. Se obtuvo de esta forma, grano en su estado óptimo para un mejor aprovechamiento en la nutrición del ganado conjuntamente con la chala obtenida de dicho cultivo.

4.4. Instrumentos de medición

- Fichas de observación.
- Cámara fotográfica.

- Material de escritorio.
- Regla milimétrica o vernier.
- Cuaderno de apuntes
- Lap top

4.5. Métodos estadísticos utilizados

Se realizó el análisis de varianza (ANVA) empleando la prueba F a un nivel de 0,05 de probabilidad. La comparación de las medias entre los tratamientos se realizó con la prueba de significación de Duncan al 95 % de confiabilidad.

CAPÍTULO V
TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

5.1. Resultados y discusión

Cuadro 3. ANVA de altura de planta evaluar la incidencia de *Spodoptera frugiperda* a los 70 días en Maíz Opaco Malpaso

F. V.	GL	SC	CM	FC	F α	
					0,05	0,01
Bloques	3	0,00	0,00	0,64	3,86	6,99 NS
Tratamientos	3	0,13	0,04	34,59	3,86	6,99 **
Error	9	0,01	0,00			
Total	15	0,14				

CV: 2,034 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 3 del ANVA para la variable altura de planta, resultó no significativo entre bloques, para los tratamientos se encontró diferencias altamente significativas, El coeficiente de variabilidad fue de 2,03 % y es un indicador estadístico que mide la variabilidad de los resultados de una investigación, lo que es un indicador de validez y consistencia de los

resultados por lo tanto hay precisión en el ensayo. Para determinar cuál es el mejor tratamiento se procede a realizar la prueba de Duncan como se observa en el cuadro 4:

Cuadro 4. Prueba de significación de Duncan al 95 % de altura de planta

Orden de mérito	Tratamientos	Promedio	Significación $\alpha = 0,05$
1	T ₂ : BIOESPORE 2	1,86	a
2	T ₁ BIOBIT	1,80	a
3	T ₃ : SORBA	1,68	b
4	T ₀ : Sin aplicación	1,64	b

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4, se aprecia que el tratamiento T₂: BIOESPORE y T₁ BIOBIT lograron los mayores promedios con 1,86 y 1,80 m de altura respectivamente, superando al T₃: SORBA T₀: Sin aplicación con 1,68 y 1,64 m respectivamente, Fig. N° 03. Anexo 05 La altura de planta es un parámetro importante, ya que representa un indicativo de la velocidad de crecimiento, y está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante el proceso de fotosíntesis, lo que su vez son transferidos a la mazorca durante el llenado del grano. Además está fuertemente influenciada por las condiciones ambientales como: temperatura, cantidad y calidad de luz (Cuadra, M. 1988).

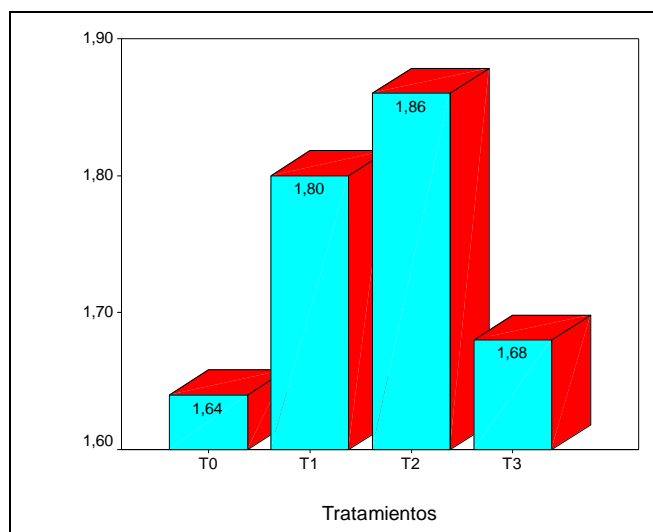


Gráfico 1. Altura de planta

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5. ANVA de altura de planta a los 100 días opaco malpaso

F. V.	GL	SC	CM	FC	F α	
					0,05	0,01
Bloques	3	0,04	0,01	4,16	3,86	6,99 *
Tratamientos	3	0,14	0,04	14,70	3,86	6,99 **
Error	9	0,03	0,00			
Total	15	142,43				

CV: 2,712 %

Fuente: Elaboración propia

Tal como se presenta en el cuadro 5, los resultados obtenidos en la evaluación de altura de planta presentaron diferencias significativas entre los bloques, para los tratamientos fue altamente significativa El

coeficiente de variabilidad fue de 2,71 % y es un indicador estadístico que mide la variabilidad de los resultados de una investigación, lo que es un indicador de validez y consistencia de los resultados por lo tanto hay precisión en el ensayo.

Cuadro 6. Prueba de significación de Duncan al 95 % de altura de planta a los 120 días

Orden de mérito	Tratamientos	Promedio	Significación $\alpha = 0,05$
1	T ₁ BIOBIT	2,24	a
2	T ₂ : BIOESPORE 2	2,23	a
3	T ₃ : SORBA	2,10	b
4	T ₀ : Sin aplicación	2,00	b

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 6, se aprecia que el tratamiento T₁ BIOBIT y T₂: BIOESPORE lograron los mayores promedios con 2,24 y 2,23 m de altura respectivamente, La menor altura se presentaron los tratamientos T₃: SORBA T₀: Sin aplicación con 2,10 y 2,00 m respectivamente. (Sirias, 1999) En estudios sobre manejo de cogollero, reporta diferencias significativas para variable altura de planta lo que podría ser producto de los daños ocasionados por el insecto al alimentarse principalmente de los puntos de crecimiento de la planta de maíz.

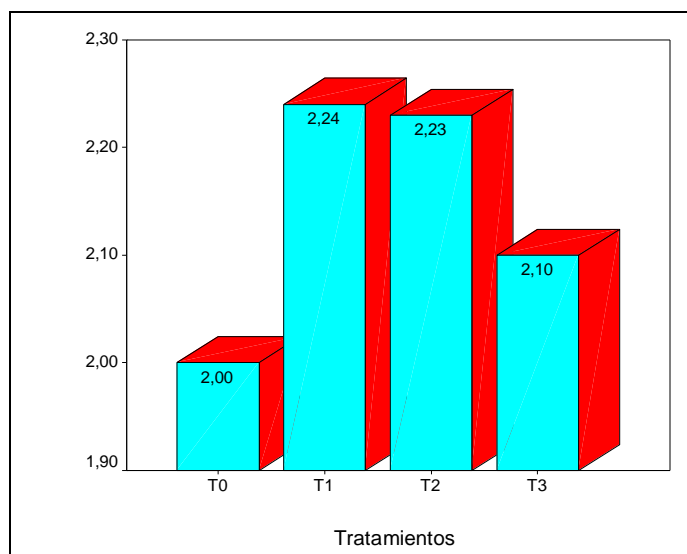


Gráfico 2: Altura de planta

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 7. ANVA diámetro del tallo de maíz opaco malpaso

F. V.	GL	SC	CM	FC	F α	
					0,05	0,01
Bloques	3	0,00	0,00	0,30	3,86	6,99 NS
Tratamientos	3	0,03	0,01	3,91	3,86	6,99 **
Error	9	2,98	0,00			
Total	15	0,07				

CV: 3,562 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 7 del análisis de varianza, se observa que no existen diferencias entre los bloques, sin embargo existen diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos con respecto a la variable

diámetro del tallo El coeficiente de variabilidad fue de 3,56 % y es un indicador estadístico que mide la variabilidad de los resultados de una investigación, lo que es un indicador de validez y consistencia de los resultados por lo tanto hay precisión en el ensayo.

Cuadro 8. Prueba de significación de Duncan al 95 % de grosor del tallo

Orden de mérito	Tratamientos	Promedio	Significación $\alpha = 0,05$
1	T ₂ : BIOESPORE 2	1,67	a
2	T ₁ BIOBIT	1,65	a
3	T ₃ : SORBA	1,58	a b
4	T ₀ : Sin aplicación	1,55	b

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 8, se aprecia los promedios de diámetro de tallo donde los tratamientos T₂: BIOESPORE y T₁ BIOBIT lograron los mayores promedios con 1,67 cm y 1,65 cm respectivamente, superando al T₃: SORBA T₀: Sin aplicación con 1,58 cm y 1,55 cm respectivamente. El diámetro del tallo es una característica de mucha importancia en el cultivo de maíz, este se ve afectado posiblemente por altas densidades de siembra y por competencia de luz, provocando una elongación de los tallos y entrenudos, plantas altas y reducción del grosor de los tallos favoreciendo el acame de las plantas (Alvarado y Centeno citado por

Celiz y Duarte (1996) por otro lado Baca (1989) señala que el aumento en grosor del tallo es una característica deseable para disminuir el efecto negativo provocado por el viento.

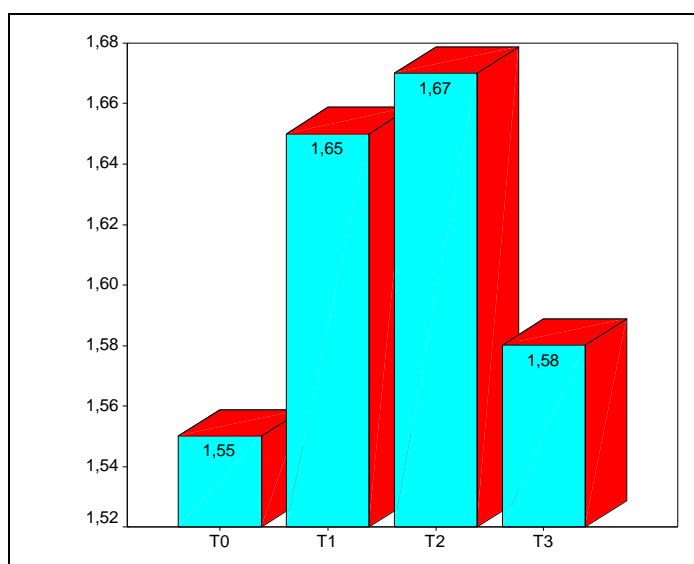


Gráfico 3: Grosor del tallo (cm)

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 9. ANVA de longitud de la mazorca de Maíz Opaco Malpaso

F. V.	GL	SC	CM	FC	F α	
					0,05	0,01
Bloques	3	1,13	0,37	2,66	3,86	6,99 NS
Tratamientos	3	24,33	8,10	56,99	3,86	6,99 **
Error	9	1,28	0,14			
Total	15	26,73				

CV: 2,556 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 9 del análisis de varianza, se observa que no existen diferencias estadísticas entre los bloques, para tratamientos existen diferencias altamente significativas con respecto a la variable longitud de la mazorca. El coeficiente de variabilidad fue de 2,55 % y es un indicador estadístico que mide la variabilidad de los resultados de una investigación, lo que es un indicador de validez y consistencia de los resultados por lo tanto hay precisión en el ensayo.

Cuadro 10. Prueba de significación de Duncan al 95 % de longitud de la mazorca

Orden de mérito	Tratamientos	Promedio	Significación $\alpha = 0,05$
1	T ₂ : BIOESPORE 2	16,08	a
2	T ₁ : BIOBIT	15,30	b
3	T ₃ : SORBA	14,90	b
4	T ₀ : Sin aplicación	12,75	c

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 10, se aprecia los promedios de longitud de la mazorca donde los tratamientos T₂: BIOESPORE y T₁: BIOBIT lograron los mayores promedios con 16,08 cm y 15,30 cm respectivamente, superando al T₃: SORBA T₀: Sin aplicación con 14,90 y 12,75 cm respectivamente.

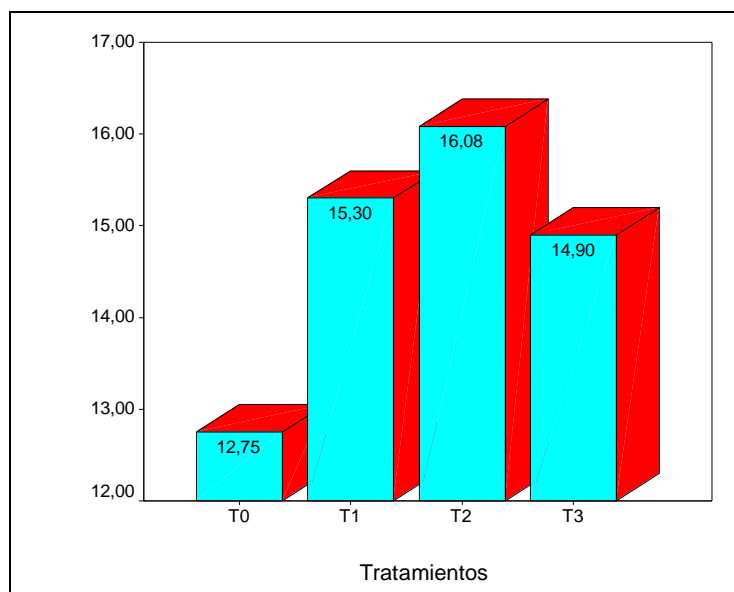


Gráfico 4: Longitud de la mazorca (cm)

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11. ANVA incidencia de *spodoptera frugiperda* en maíz opaco malpaso

F. V.	GL	SC	CM	FC	F α	
					0,05	0,01
Bloques	3	74,53	24,84	0,57	3,86	6,99 NS
Tratamientos	3	1 3019,47	4 339,82	100,31	3,86	6,99 **
Error	9	389,34	389,34			
Total	15	13 483,34				

CV: 20,934 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 11 del análisis de varianza, se observa que no existen diferencias estadísticas entre los bloques, para tratamientos existen

diferencias altamente significativas con respecto a la variable incidencia, revelando que el índice de daño a causa *Spodoptera frugiperda*, es diferente en todas las unidades experimentales sometidas a los tratamientos, El coeficiente de variabilidad fue de 20,93 % y es un indicador estadístico que mide la variabilidad de los resultados de una investigación, lo que es un indicador de validez y consistencia de los resultados por lo tanto hay precisión en el ensayo.

Cuadro 12. Prueba de significación de Duncan al 95 % de incidencia

Orden de mérito	Tratamientos	Promedio	Significación $\alpha = 0,05$
1	T ₀ : Sin aplicación	80,30	a
2	T ₃ : SORBA	21,00	b
3	T ₁ BIOBIT	15,12	b
4	T ₂ : BIOESPORE 2	9,25	c

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 12 se aprecia los promedios de porcentajes de incidencia donde el tratamiento T₀: Sin aplicación tuvo el mayor porcentaje de incidencia con el 80,30 %, seguido del T₃: SORBA con 21 %, los bajos promedios fueron con T₁ BIOBIT y T₂: BIOESPORE con promedios de 15,12 % y 9,25 % respectivamente.

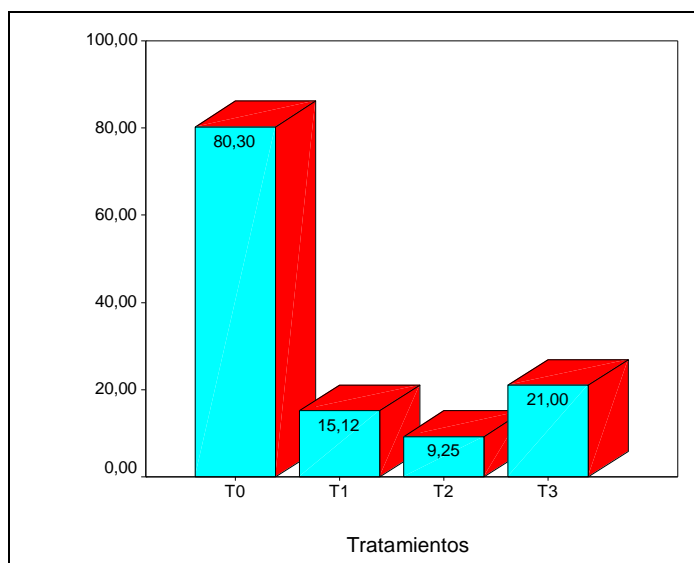


Gráfico 5. Porcentaje de incidencia

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 13. ANVA severidad de *Spodoptera frugiperda* en maíz opaco malpaso

F. V.	GL	SC	CM	FC	F α	
					0,05	0,01
Bloques	3	159,01	53,00	1,15	3,86	6,99 NS
Tratamientos	3	8 247,12	2 749,04	59,80	3,86	6,99 **
Error	9	413,70	45,96			
Total	15	8 819,84				

CV: 32,009 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 13 del análisis de varianza, se observa que no existen diferencias estadísticas entre los bloques, para tratamientos existen diferencias altamente significativas con respecto a la variable severidad lo que indica que al menos uno de los tratamientos es diferente al resto, por lo que se recurre a realizar la prueba de Duncan, El coeficiente de variabilidad fue de 32,00 % y es un indicador estadístico que mide la variabilidad de los resultados de una investigación, lo que es un indicador de validez y consistencia de los resultados por lo tanto hay precisión en el ensayo.

Cuadro 14. Prueba de significación de Duncan al 95 % de severidad

Orden de mérito	Tratamientos	Promedio	Significación $\alpha = 0,05$
1	T ₀ : Sin aplicación	60,50	a
2	T ₃ : SORBA	8,38	b
3	T ₂ : BIOESPORE 2	8,35	b
4	T ₁ BIOBIT	7,50	b

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 14, se aprecia los promedios de porcentajes se puede observar que hubo diferencia de efectividad donde el tratamiento T₀: Sin aplicación tuvo el mayor porcentaje de incidencia con el 60,50 %, seguido del T₃: SORBA con 8,38 %, los bajos promedios fueron con T₁ BIOBIT y

T₂: BIOESPORE con promedios de 8,35 y 7,50 % respectivamente, fueron estadísticamente iguales y fueron los que tuvieron mayor efectividad en el grado de control de *Spodoptera frugiperda*. Según (Rincón, et al. 2006), la susceptibilidad de una especie de lepidóptero a las toxinas de *Bacillus thuringiensis*, depende directamente del tipo de toxinas que contenga cada cepa, ya que se sabe que existe una gran gama de proteínas Cry, con más de 250 diferentes genes que las codifican.

Es crítico para la actividad insecticida la unión de las toxinas activadas a receptores localizados en la micro-vellosidad de las células epiteliales intestinales del insecto objetivo. (Carreras, et al. 2003), La unión de las toxinas a los receptores es importante para la especificidad; varios estudios avalan la correlación directa entre la toxicidad y la unión al receptor. Cada una de las plantas seleccionadas se analizó muy detenidamente y se comparaban con las escalas de severidad y para facilitar la interpretación de los datos obtenidos se graficaron y observándose que en aquellos tratamientos donde se había aplicado los bioinsecticidas las plantas tenían menor nivel de severidad. Para tomar datos de severidad en las hojas se tomaron siempre diez plantas al azar dentro del área útil y se les cortó las segundas hojas arriba de la mazorca y la tercera hoja por debajo de la mazorca las cuales se observaron

detenidamente comparándolas siempre con la guía de niveles de severidad. Las plagas del follaje son muy importantes ya que disminuyen la capacidad fotosintética de las plantas, retardan su crecimiento y desarrollo y al final reducen las cosechas, en el maíz la plaga más importante es el cogollero, esta plaga puede bajar la producción de maíz Zamorano (1996). Gordon et al (1997) indica que el rendimiento es producto de la radiación interceptada por el follaje durante, el ciclo, su conversión en biomasa a través de la fotosíntesis y la distribución de materia seca hacia la fracción cosechada.

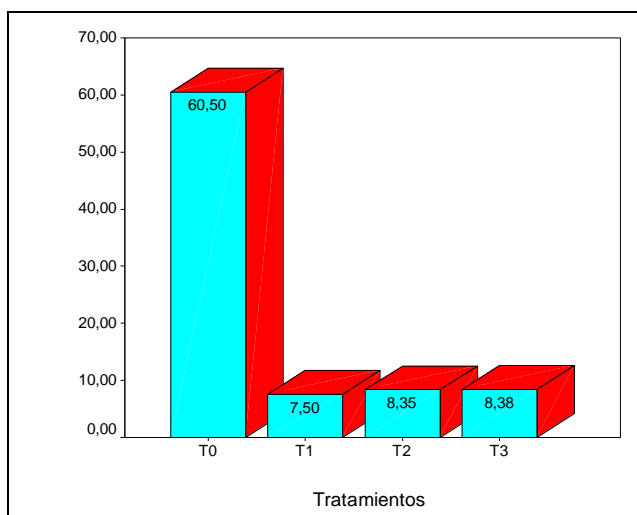


Gráfico 6: Porcentaje de severidad

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 15. ANVA de rendimiento (t/ha) en maíz opaco malpaso

F. V.	GL	SC	CM	FC	F α	
					0,05	0,01
Bloques	3	134,10	44,70	9,24	3,86	6,99 **
Tratamientos	3	477,79	159,26	32,92	3,86	6,99 **
Error	9	43,54	4,83			
Total	15	655,44				

CV: 4,6 %

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 15 del análisis de varianza de rendimiento (t/ha), se observa que existen diferencias estadísticas entre los bloques, para tratamientos existen diferencias altamente significativas por lo que inferimos que al menos uno de los tratamientos tiene mayor rendimiento, por lo que se recurre a realizar la prueba de Duncan, El coeficiente de variabilidad fue de 4,6 % y es un indicador estadístico que mide la variabilidad de los resultados de una investigación, lo que es un indicador de validez y consistencia de los resultados por lo tanto hay precisión en el ensayo.

Cuadro 16. Prueba de significación de Duncan al 95 % de rendimiento (t/ha)

Orden de mérito	Tratamientos	Promedio	Significación $\alpha = 0,05$
1	T ₁ BIOBIT	54,65	a
2	T ₂ : BIOESPORE 2	49,36	b
3	T ₃ : SORBA	47,57	b
4	T ₀ : Sin aplicación	39,43	c

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 16, de la prueba de significación de DUNCAN, se aprecia los promedios de rendimiento se puede observar que hubo diferencia de efectividad donde el tratamiento T₁: tuvo el mayor rendimiento con 54,65 t/ha seguido del T₂: BIOESPORE y T₃: SORBA con 49,36 y 47,57 t/ha respectivamente, el tratamiento de menos rendimiento fue el testigo que obtuvo un promedio de rendimiento de 39,43 t/ha respectivamente.

5.2. Análisis de regresión y correlación lineal

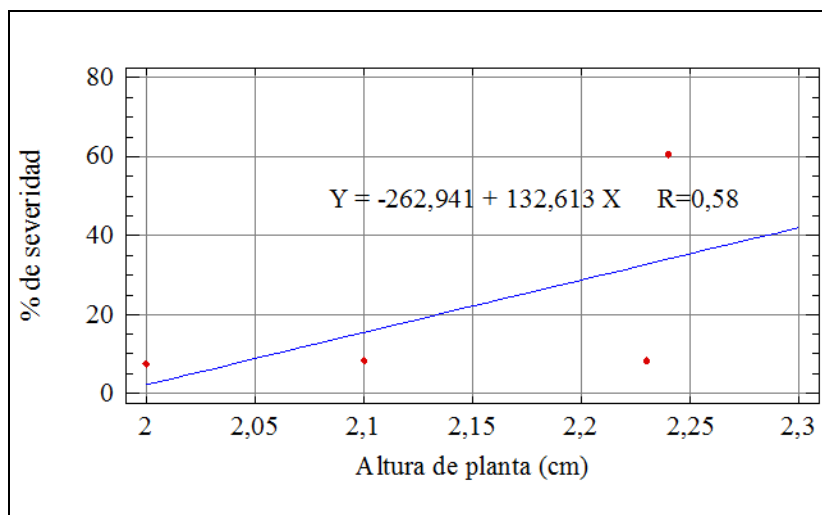


Gráfico 7. Regresión lineal: Altura de planta vs % de severidad

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 7 de dispersión podemos observar que existe una mediana correlación positiva entre la altura de planta y el porcentaje de severidad, el coeficiente de correlación $R=0,58$, la ecuación de regresión permite afirmar que a medida que se incrementa la altura de planta el porcentaje de severidad se eleva.

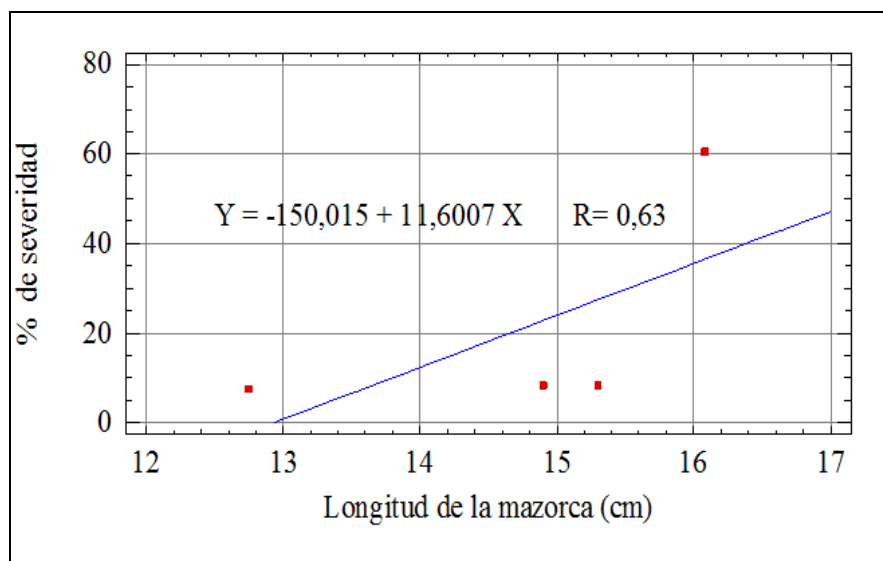


Gráfico 8. Regresión lineal: Longitud de la mazorca vs % de severidad

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 8 de dispersión podemos observar que existe una correlación positiva perfecta entre la longitud de la mazorca y el porcentaje de severidad, el coeficiente de correlación $R = 0,63$, la ecuación de regresión permite afirmar que a medida que se incrementa la longitud de la mazorca el porcentaje de severidad se eleva.

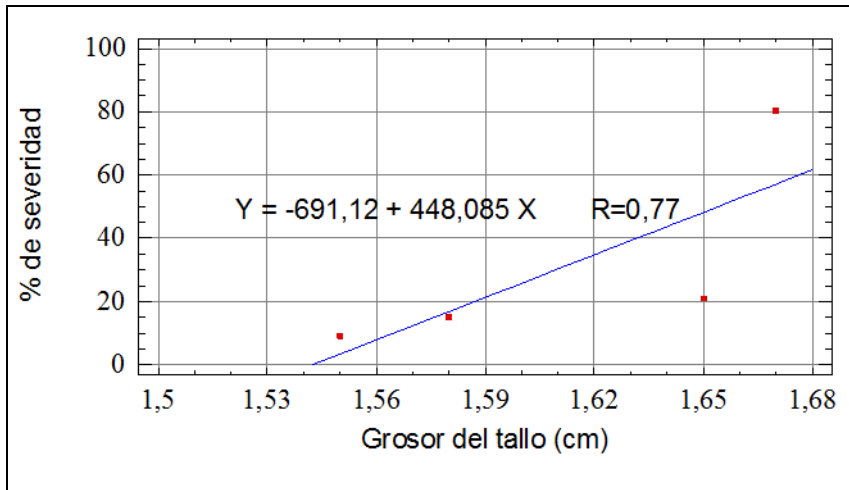


Gráfico 9. Regresión lineal: Grosor del tallo vs % de severidad

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 9 de dispersión podemos observar que existe correlación positiva entre el grosor del tallo y el porcentaje de severidad, el coeficiente de correlación $R= 0,77$, la ecuación de regresión permite afirmar que a medida que se incrementa el grosor del tallo el porcentaje de severidad se eleva.

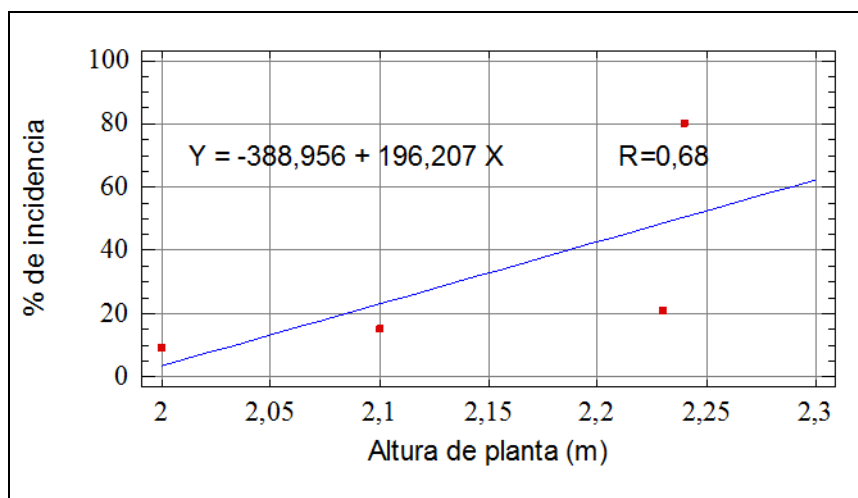


Gráfico 10. Regresión lineal: Altura de planta vs % de incidencia

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 10 de dispersión podemos observar que existe correlación positiva perfecta entre altura de planta y el porcentaje de incidencia, el coeficiente de correlación $R= 0,68$, la ecuación de regresión permite afirmar que a medida que se incrementa la altura de planta porcentaje de incidencia se eleva.

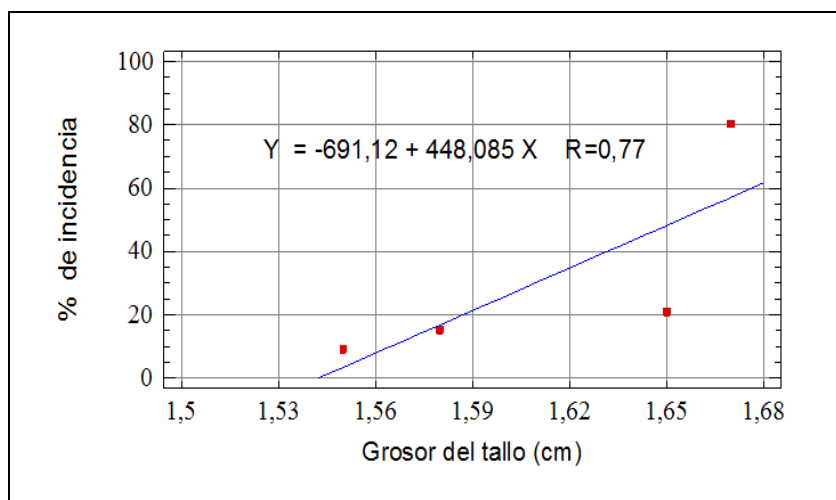


Gráfico 11. Regresión lineal: Grosor del tallo vs % de incidencia

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 11 de dispersión podemos observar que existe correlación positiva perfecta entre grosor del tallo y el porcentaje de incidencia, el coeficiente de correlación $R= 0,77$, la ecuación de regresión permite afirmar que a medida que se incrementa el grosor del tallo porcentaje de incidencia se eleva.

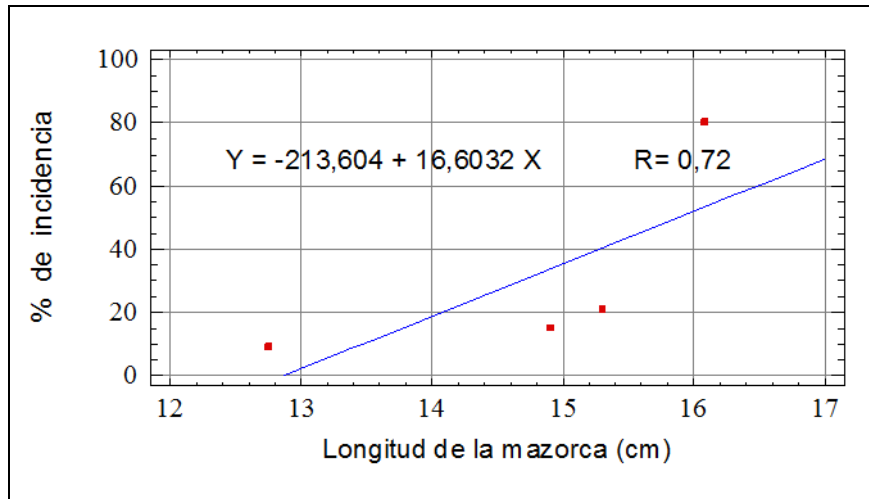


Gráfico 12. Regresión lineal: Longitud de la mazorca vs % de incidencia

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 12 de dispersión podemos observar que existe correlación positiva perfecta entre la longitud de la mazorca y el porcentaje de incidencia, el coeficiente de correlación $R = 0,77$, la ecuación de regresión permite afirmar que a medida que se incrementa la longitud de la mazorca el porcentaje de incidencia se eleva.

CONCLUSIONES

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

1. Se determinó que el bioinsecticida de mayor efecto en el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz fue BIOBIT, seguido de BIOESPORE
2. Los tratamientos aplicados T₁: BIOBIT y T₂: BIOESPORE para el control de *Spodoptera frugiperda* obtuvieron los menores porcentajes de incidencia con 15,12 % y 9,25 % respectivamente. En lo referente al porcentaje de severidad *Spodoptera frugiperda* el mejor control se obtuvo con los tratamientos T₁: BIOBIT y T₂: BIOESPORE con promedios de 8,35 % y 7,50 %

RECOMENDACIONES

En base a lo encontrado en la realización del presente estudio se recomienda:

1. Se recomienda aplicar los bioinsecticidas fue BIOBIT, y BIOESPORE en diferentes dosis para determinar la dosis optima de cada producto
2. Para tener un buen control sobre esta plaga debemos principalmente tener en cuenta el momento y horario de aplicación del producto. El momento es cuando la plaga empieza a raspar la hoja, que normalmente es cuando aparecen las primeras hojas, específicamente entre la segunda y cuarta hoja.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANCULLE-ARENAS ALBERTO; ROZAS ALVAREZ, ROSA
“EVALUACIÓN DE ENFERMEDADES DE PLANTAS” (2002)
Profesor Principal. Dpto.Cs. Agropecuarias. Universidad Nacional
de San Agustín de Arequipa. Casilla 23. Arequipa-Perú.
- ANDREWS, K. L. (1980). The wholworm, *Spodoptera frugiperda*, in Central
America and neighboring areas. *Fla. Entomol.* 63: 456-467
- ABBAS ALI, R. G. LUTTRELL, H. N. PITRE, Y F. M. DAVIS. (1989).
Distribution of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) Egg
Masses on cotton. *Environ. Entomol.* 18(5): 881-885.
- BACA (1989) influencia de cuatro niveles de nitrógeno en maíz Managua
Nicaragua
- BANDA T. J. F. (1981). Importancia económica de *Heliothis zea* (Boddie) y
determinación del umbral económico, distribución matemática y
muestreo secuencial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en
maíz criollo. Tesis Doctorado, ITESM Monterrey N.L: p. 74.

BASANTES, E. (2004). Curso de cultivos. Escuela Politécnica del Ejército.
Facultad de Ciencias Agropecuarias. IASA.

BIANCO, A., L. ASTIGARRAGA, F. HERNÁNDEZ, N. NUÑEZ Y R. MELLO. (2003). Evaluación de ensilajes de maíz (ciclo medio y ciclo largo). II. Rendimiento, relación grano-planta, producción y composición de la leche en vacas Holando. XVII. Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA). La Habana, Cuba. Memorias. Pp. 2363 – 2367.

BORBOLLA, I. S. (1981). Estudio comparativo de insecticidas a diferentes dosis y número de aplicaciones para el control de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) en maíz de temporal. Agronomía en Sinaloa-UAS 1:21-30.

BOSCH, L., F. CASANAS, A. FERRET, E. SÁNCHEZ, & F. NUEZ. (1994). Screening tropical maize e populations to obtain semiexotic maize hybrids. CropSci. 34: 1089-1096.

CARPENTER, J. E. y J. R. Young. (1983). Interaction of inherited sterility and insecticide resistance in the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Entomol.* 84: 25-27.

CASTRO J.L. (2012). Manejo del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz. Tesis Ing. Agr. Bogota, Colombia. 213-342 p.

CHANGO (2012) "Control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

CLAVIJO, S. (1984). Efecto de la fertilización con nitrógeno y de diferentes niveles de infestación por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) sobre los rendimientos del maíz. Rev. Fac. Agron. (Macaray), XIII (81-4): 73-78.

CARRERAS, B; BRAVO, A y SANCHEZ, J. (2003). Unión *in vitro* DE LAS - endotoxinas de *Bacillus thuringiensis* al epitelio intestinal medio de *Manduca sexta*. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, Santiago de las Vegas, Habana, Cuba. Instituto de Biotecnología, UNAM, México. Protección Vegetal. 18(1):28-31p.

CUADRA (1988) efecto de niveles de nitrógeno en maíz en el espaciamiento y poblaciones sobre el crecimiento y desarrollo del maíz. Managua. Nicaragua.

CELIZ Y DUARTE (1996) Rendimiento del cultivo de maíz Managua Nicaragua.

CORDILLO, O. (1996). Entomología, Descriptiva y Práctica. 2 ed. p. 90.

DOW, J. A. T. (1986). Insectmidgutfunction. *Adv. InsectPhysiol.*

EXTOXNET, (2009) Extension Toxicology Network, Pesticide Information Profiles Glyphosate, Cooperative Extension offices of Cornell University, Oregon State University, the University of Idaho, and the University of California at Davis and the Institute for Environmental Toxicology, Michigan State University.

HERNÁNDEZ M. J. L. (1989). Evaluation de la Toxicité de *Bacillus thuringiensis* sur *Spodoptera frugiperda*. *Entomophaga*. 33: 163-171.

HERRERA A. JUAN y FELIX ALVAREZ. (1979). El Control Biológico de *Bucculatrix thurberiella* (Lep.: Lyonettidae) en Piura y Chira. *Rev. Peruana de Entomol.* 22(1): 37-41.

HOLLE, M; SEVILLA, R. (2004). Recursos Genéticos Vegetales. Lima, Perú. 450 p.

FERNÁNDEZ, W. L. y V. L. Estefania (2002). Coconutwaterwastedisposal of somedesiccatedcoconutfactories in the Philippines. *Phil. Agric.* 57: 359- 363.

GARCÍA, F.; MOSQUERA, M. T.; VARGAS, C.; ROJAS, L. A (2002). Control biológico, microbiológico y físico de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) plaga del maíz y otros cultivos en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 28 (1): 53-60.

GORDON (1997) respuesta de dos cultivares a densidad de siembra de plantas bajo dos niveles contrataste de nitrógeno en Panamá Guatemala.

KNOWLES H. B., Y J. A. T. DOW (1993). The Crystal - endotoxins of *Bacillus thuringiensis* models for their mechanism of action on the insect gut. *BioEssays*. 15(7): 469-476.

LAGUNES T. A., M. C. RODRÍGUEZ y R. R. DOMÍNGUEZ (1985): Plagas del maíz en la mesa central. Centro de Entomología y Acarología, Colegio de postgraduados, México: 18-21

LUGINBILL, P. (1928). The fall armyworm. USDA. *Tech. Bull*: 34. 92.

LUGINBILL, P. (1969). Developing resistant plants the ideal method of controlling insect. USDA. *Pro. Res. Rep*: 111. 14.

MARTINELLI, S.; CLARK, P. L.; ZUCCHI, M.I.; SILVAFILHO, M.C.; FOSTER, J. E. OMOTO, C.(2007). Genetic structure and molecular

variability of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) collected in maize and cotton field in Brazil. Bulletin of Entomological Research 97: 225-231.

MORÓN, M. A., y R. A. TERRÓN. 1988. Entomología Práctica. Instituto de Ecología, A. C. México.

PAINTER, R. H. (1951). Insectresistence in cropplants. MacmillanPubl. Co., New York: 520 p.

PASHLEY, D. P. (1986). Current status of fallarmyworm host strains. *Fla. Entomol.* 71: 227-234.

PASHLEY, D. P. (1988). Current status of fallarmyworm host strains. *Fla. Entomol.* 71: 227-234.

PSI-PERAT (2005) Paquete tecnológico cultivo de maíz

POLLACK V, MANUEL. (1975). Aspectos biológicos de tres especies de *Tnchogrammaen* Paramonga. Rev. Peruana de Entomol. 18 (1): 59-64.

REYES, P. (1985). Fitogenotecnia Básica y Aplicada. AGT EDITOR S.A. México. México. 460 p.

- RINCON, M; MENDEZ, J. y IBARRA, J. (2006). Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*. 45(2): 157-164.
- SCHNEPF, E. y H.R. WHITELEY (1998). Delineation of a toxin-encoding segment of a *Bacillus thuringiensis* crystal protein gene. *J. Biol. Chem.*
- SINGH, G. J. P., P. LEO, JR Y S. G. SARJEET. (1986). The toxin action of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* in *Aedes aegypti* in vivo. *Pestic. Biochem. Physiol.*
- SMITH, C. M. (1989). *Plant resistance to insects: a fundamental approach*. Wiley, New York.
- SPARKS, N. A. (1979). A review of the biology of the fall armyworm. *Fla. Entomol.* 62: 82-87.
- SILVAIN, J. F. (1987). *Spodoptera frugiperda*. SUAD-ORSTOM, Francia, 2 p.
- SIRIAS (1999) EFECTO D ECARBURAN y Número de aplicaciones *Spodoptera frugiperda*.

SOTELO, B. & ZELAYA, V. (2004). Evaluación de la eficacia de 5 bioplaguicidas sobre poblaciones de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) y su efecto sobre el crecimiento y rendimiento en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) Trabajo de diploma. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Programa de Recursos genéticos. Managua, Nicaragua.

TOOD, E. L. Y R. W. POOLE. (1980). Key and illustrations for the fall armyworm moth of noctuid genus *Spodoptera* Guenée from the Western Hemisphere. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 73(6): 722-738.

TAMEZ, R., C. Rodríguez, P. Tamez, R. Weber, R. Gómez y C. Calderón. (2005). Activación de macrófagos y linfocitos in vitro por extractos metanólicos de hojas de *Plantago major*. *Ciencia UANL*. Vol. IV, N° 3.

Van Rie J., S. Jansen, H. Höfte, D. Degheele y H. Van Mellaert. (1990). Receptors on the brush border membrane of the insect midgut as determinants of the specificity of *Bacillus thuringiensis* δ -endotoxins. *Appl. Env. Microbiol*

WISEMAN B. R. Y F. M. DAVIS. (1979). Plant resistance to the fall armyworm. *Fla. Entomol.* 62: 123-130.

WISEMAN B. R. Y J. J. HAMM. (1993). Nuclear polyhedrosis virus and resistantcornsilksenhancemortality of corneaworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Biological control* 3: 337-342.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (1999), *Bacillus thuringiensis*.

ZAMORANO (1996) Manejo integrado del maíz Managua Nicaragua.

ANEXOS

ANEXO 1. ALTURA DE PLANTA 60 DIAS

	I	II	III	IV
T ₀	1,69	1,65	1,58	1,62
T ₁	1,81	1,78	1,83	1,79
T ₂	1,85	1,81	1,87	1,90
T ₃	1,70	1,69	1,65	1,67

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2. ALTURA DE PLANTA 90 DIAS

	I	II	III	IV
T ₀	2,02	1,98	1,90	2,11
T ₁	2,32	2,17	2,15	2,30
T ₂	2,25	2,18	2,27	2,21
T ₃	2,17	2,10	1,98	2,15

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3. Longitud de mazorca

	I	II	III	IV
T ₀	12,4	12,8	13,1	12,7
T ₁	15,4	16,1	15,4	14,3
T ₂	16,1	16,4	16,1	15,7
T ₃	14,5	15,2	14,9	15,0

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4. Porcentaje de incidencia

	I	II	III	IV
T ₀	85,4	79,5	80,50	75,80
T ₁	10,00	15,0	20,0	15,50
T ₂	5,00	8,00	15,00	9,00
T ₃	35,0	22,00	15,00	12,00

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5. Porcentaje de severidad

	I	II	III	IV
T ₀	65,0	70,0	65,0	42,0
T ₁	8,5q	9,5	7,5	4,5
T ₂	11,5	8,6	6,8	6,5
T ₃	9,5	10,4	12,5	10,0

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6. Rendimiento (t/ha)

	I	II	III	IV
T ₀	45,06	34,18	42,05	36,42
T ₁	58,23	52,45	55,46	52,45
T ₂	56,45	45,56	48,95	46,46
T ₃	49,17	46,24	46,52	48,34

Fuente: Elaboración propia