

Revista Científica y Tecnológica UPSE

Efecto de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) del híbrido de Maíz (*Zea mays*) INIAP H-551 en la comuna Río Verde, provincia de Santa Elena



Effect of the application of *Bacillus thuringiensis* on the control of the armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) of the hybrid corn (*Zea mays*) INIAP H-551 in the commune of Río Verde, province of Santa Elena

Andrés Drouet Candell*

Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador

RESUMEN

El maíz es uno de los principales cultivos que se siembra en el litoral ecuatoriano, atacado fundamentalmente por *Spodoptera frugiperda*. Esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* (BT) en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) del híbrido de maíz (*Zea mays*) INIAP H-551 en la comuna Río Verde, provincia de Santa Elena. Se realizó una investigación aplicada y experimental, en la que se estudiaron dos variables: el efecto del BT sobre el cogollero y la población del cogollero en el cultivo de maíz. Se establecieron siete tratamientos, con cinco dosis diferentes de BT, las dosis fueron comparadas con dos tratamientos, uno químico y el tratamiento testigo. Se demostró que el testigo absoluto fue el tratamiento más atacado y que las aplicaciones de BT y de cipermetrina no permitieron que se llegara al umbral de daño económico del cultivo. Se recomienda emplear el BT como una alternativa tecnológica limpia para el control del gusano cogollero, con el fin de disminuir la contaminación de los suelos y las aguas, así como evitar que se introduzcan sustancias nocivas en la cadena alimenticia.

Palabras clave:

Control biológico
Tratamiento
Cipermetrina
Alternativa
tecnológica limpia

ABSTRACT

Corn is a major crop that is planted in the Ecuadorian coastline, primarily attacked by *Spodoptera frugiperda*. So, this research aims to evaluate the effect of the application of *Bacillus thuringiensis* (BT) in controlling fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) of hybrid corn (*Zea mays*) INIAP H-551 in Rio Verde commune province of Santa Elena. An applied and experimental research was conducted in which two variables were studied: the effect on BT armyworm and fall armyworm population in maize. Seven treatments were established with five different doses of BT, doses were compared with two treatments, one chemical and the control treatment. It was demonstrated that the absolute control was the most targeted treatment and applications of BT and cypermethrin did not allow it reached the threshold of economic damage to the crop. It is recommended to use BT technology as a clean alternative for armyworm control in order to reduce contamination of soil and water, as well as prevent harmful substances entering the food chain.

Keywords:

Biological control
Treatment
Cypermethrin
Clean technological
alternative

Recibido: 25 de enero de 2018

Aceptado: 22 de mayo de 2018

Forma de citar: Drouet, A. (2018). Efecto de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) del híbrido de Maíz (*Zea mays*) INIAP H-551 en la comuna Río Verde provincia de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 5 (1), 47-56. DOI: 10.26423/rctu.v5i1.312

* Autor para correspondencia: adrouet@upse.edu.ec

1. Introducción

El maíz es uno de los principales cultivos que se siembra en Ecuador llegando a una superficie cosechada de 322.590 ha, con una producción de 1.425.848 t y un rendimiento de 3,23 t/ha. Sin embargo, en el litoral ecuatoriano, el cultivo alcanza una superficie superior a 308 mil hectáreas, según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2015). A pesar de los esfuerzos realizados por las autoridades para evitar las importaciones de la gramínea, la producción no ha sido suficiente para abastecer el mercado local, debido a los bajos rendimientos y falta de control que se realizan en las plantaciones.

La palomilla del maíz o gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) constituye la plaga más importante del cultivo del maíz en el Ecuador y en diferentes países productores (González-Maldonado *et al.*, 2015; Yasem de Romero y Romero, 2013), las pérdidas que esta ocasiona son cuantiosas, pudiendo reducir los rendimientos en 0,8 t/ha de maíz seco, lo que equivale al 40% de la producción. La explotación masiva en grandes extensiones crea condiciones propicias para que la plaga se reproduzca y disemine con mayor facilidad.

El gusano cogollero del maíz, es uno de los insectos más agresivos a este cultivo, actúa como gusano tierrero, trozador o gusano ejército y como cogollero que es su hábito más característico en el maíz (Santos *et al.*, 2014). En la zona de Ventanas, uno de los lugares de mayor producción de maíz del país, es uno de los insectos con mayor nivel de impacto en daño económico en la producción del cultivo.

Esta plaga es de origen tropical y ataca con más rigor las siembras tardías en las costas y las regiones cálidas de riego. Menos infestados son los maizales de los altiplanos, donde el ataque del cogollero disminuye al entrar las lluvias o al alcanzar las plantas un metro de altura.

Para reducir los efectos nocivos del cogollero, se hace uso de insecticidas químicos, los que son asperjados o espolvoreados en el cultivo (González-Maldonado *et al.*, 2015). Los efectos en el control han sido bajos, debido a que estas se han realizado pasado el momento crítico de la plaga y la etapa fenológica más apropiada del cultivo o después que los daños son irreversibles; incluso se ha pretendido aminorarla cuando prácticamente el cultivo alcanza un tamaño que imposibilita la entrada de las máquinas al campo.

Históricamente en el Ecuador se ha manejado la cifra de 250.000 hectáreas, aproximadamente de siembra de maíz. En años anteriores se reportaron 214.000 hectáreas sembradas;

lamentablemente el área tiene tendencia a la baja y se estima que el 50% se ubica en la provincia de Los Ríos, 40% en Manabí y el resto en Guayas. El 90% de la siembra de maíz tiene lugar en invierno. En la época de verano se sembraron 16.000 hectáreas con un rendimiento promedio más bajo de lo normal, que llegó a 1,82 toneladas por hectárea.

El gusano cogollero pasa por diferentes etapas. Estas son: Huevo o postura, Larva o gusano, Pupa, Adulto o mariposa. Durante las etapas de crecimiento vegetativo del maíz, las larvas consumen principalmente las hojas que indirectamente afectan el rendimiento del cultivo, reduciendo el área fotosintética de estas; el ataque a plantas pequeñas, daña o destruye el tejido meristemático, ocasionando reducción de la población de plantas o modificando su arquitectura.

En estudios cuantitativos sobre la selectividad de la plaga contra la planta de maíz, se ha demostrado el daño en etapa de crecimiento a las 5, 8 y 13 hojas, con pérdidas de 20 y 26% respectivamente; cuando el ataque se produce en etapas más tempranas el daño puede ser mayor, ya que las plantas no pueden recuperarse.

El cogollero hace raspaduras sobre las partes tiernas de las hojas, que posteriormente aparecen como pequeñas áreas translúcidas; una vez que la larva alcanza cierto desarrollo, empieza a comer follaje preferentemente en el cogollo que al desplegarse, las hojas muestran una hilera regular de perforaciones a través de la lámina o bien áreas alargadas comidas. En esta fase es característico observar los excrementos de la larva en forma de aserrín.

El control del gusano cogollero se obtiene con aplicación de insecticidas en los primeros ataques al cultivo y mientras las larvas son pequeñas. De esta forma, además de facilitarse el trabajo, disminuye la presión de la plaga en estados más avanzados.

El exceso de plaguicidas químicos provoca resistencia en los fitopatógenos que afectan a los cultivos, influencia negativa sobre el ambiente y la salud humana, por lo que se impone la implantación de estrategias de control de microorganismos benéficos, como el *Bacillus thuringiensis*, insecticida biológico más utilizado en el mundo para controlar diversos insectos y organismos plaga que afectan la agricultura, la actividad forestal y que transmiten patógenos a humanos y animales (Oliveira Fernandes *et al.*, 2017).

Al ser el maíz, base de la alimentación humana y pecuaria, es un cultivo extensivo, por lo que su desarrollo en las diferentes etapas vegetativas

está sujeto al ataque de plagas, principalmente del cogollero, de ahí que, investigaciones tendientes a minimizar el impacto de los pesticidas son de vital importancia, utilizando productos amigables con el ambiente, sin afectar la producción y protegiendo al mismo tiempo la salud de los productores y del consumidor final (Yacta, 2012).

Tratándose de uno de los cultivos que más se siembra en el litoral ecuatoriano, es indispensable buscar nuevas alternativas de manejo del cultivo, en las cuales como base fundamental se busca reducir los impactos producidos al medio ambiente por la presencia de los agroquímicos, que son ampliamente utilizados en toda la etapa fenológica del mismo, por ello se considera fundamental, la generación de información científica que demuestre mediante pruebas estadísticas los efectos producidos por la aplicación de *Bacillus thuringiensis* para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays*) en la comuna Río Verde de la provincia de Santa Elena, con la finalidad de cuantificar, la producción con los diferentes tratamientos propuestos por el autor.

La excesiva aplicación de agroquímicos, sumado al monocultivo que existe en ciertas zonas agrícolas del país, hacen que sea común observar los casos en que las dosis comerciales sugeridas de ciertos productos para controlar las plagas se tienen que duplicar para aumentar su eficiencia, incrementando así el impacto que produce este al ambiente, es por ello que nace el interés en utilizar productos de origen orgánico, en este caso biológico, que controlen la plaga y que no se vea afectada la producción de los cultivos.

El objetivo de esta investigación es Evaluar el efecto de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) del híbrido de maíz (*Zea mays*) INIAP H-551 en la comuna Río Verde, provincia de Santa Elena.

2. Materiales y métodos

2.1.- Localización del área de estudio

La investigación se realizó en áreas del Centro de Producción y Prácticas Río Verde perteneciente a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, ubicado en el kilómetro 32 de la vía Santa Elena – Guayaquil, cuya localización geográfica se encuentra en las coordenadas UTM 533287, 9745100, zona 17, Datum WGS84. A 25 msnm.

2.2.- Metodología

2.2.1.- Modalidad y tipo de investigación

Se empleó la investigación aplicada y experimental donde se manejó una variable, en

condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causas se produce una situación o acontecimiento en particular (Bernal, 2010 y Lana, 2012).

Variable independiente: El efecto del *Bacillus thuringiensis* sobre el cogollero.

Variable dependiente: La población del cogollero en el cultivo de maíz.

Datos Experimentales:

Las variables estudiadas, así como la frecuencia de su medición, se mencionan a continuación:

- Altura de las plantas a los 15, 30, 45 y 60 días.
- Población de larvas de *Spodoptera frugiperda* por plantas, en el cogollo a los 15, 30, 45 y 60 días.
- Granos por hileras de la mazorca.
- Mazorcas por planta.
- Mazorcas por parcela.
- Mazorcas atacadas por *Spodoptera frugiperda* detectadas a la cosecha.
- Relación grano – tusa (peso de los granos/peso de la tusa).
- Peso de 100 semillas.
- Peso de las mazorcas.
- Porcentaje de daño por parcela útil.
- Producción por hectárea.

2.3.- Diseño experimental

2.3.1.- Tratamientos y réplicas

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con siete tratamientos y cuatro réplicas. Los tratamientos consistieron en cinco dosis de *Bacillus thuringiensis* y dos testigos, uno convencional y otro absoluto. En el testigo convencional se empleó un insecticida cuyo compuesto activo es la cipermetrina, en el testigo absoluto no se hizo control del gusano cogollero. En el cuadro 1 se pueden observar los tratamientos y las dosis empleadas en cada caso.

Cuadro 1. Tratamientos estudiados en la investigación.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
T1	500 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>
T2	750 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>
T3	1000 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>
T4	1250 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>
T5	1500 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>
T6	Testigo convencional (0,5 L/ha de cipermetrina)
T7	Testigo absoluto

Fuente: Práctica de campo. Elaborado por: Drouet Andrés, Ing.

En la Figura 1 se puede apreciar la disposición de los tratamientos en el campo, así como las dimensiones del área experimental y las parcelas.

Cada una tiene una longitud de 5,00 metros y un ancho de 6,40 m, o sea 32 m². Considerando que el marco de plantación es de 0,80 m entre hileras de plantas y 0,20 entre las plantas, cada parcela tiene ocho hileras, de las cuales se aprovechan en el muestreo las cuatro del centro para evitar el efecto de borde, es decir, la parcela útil es de 16 m².

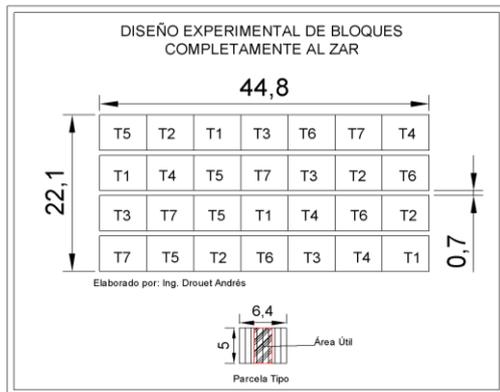


Figura 1. Distribución de las parcelas experimentales en el campo.

2.3.2.- Estadística experimental

Se recolectaron y ordenaron los datos de las variables evaluadas, para analizarlos estadísticamente. En este análisis, se enfatizó en medidas de tendencia central y dispersión, como son Sumatoria y Promedio y Coeficiente de Variación (CV%), como otra herramienta estadística para indicar la variación por efecto del ambiente, dentro del experimento.

Factor Experimental: Dosis de *Bacillus thuringiensis*.

2.3.3.- Análisis de varianza

En el cuadro 2 se muestran las fuentes de variación y los grados de libertad del experimento.

Cuadro N° 2 Fuentes de variación y grados de libertad del experimento de campo.

Fuente variación	de	Grados de libertad
Tratamientos	I - 1	6
Bloques	j - 1	3
Error experimental	(I - 1) (j - 1)	18
Total	(I j) - 1	27

Fuente: Práctica de campo. Elaborado por: Drouet Andrés, Ing.

El experimento se condujo de manera que en cada tratamiento y sus réplicas se aplicaron las dosis correspondientes de *Bacillus thuringiensis* y

cipermetrina a los 15, 30 y 45 días después de la emergencia de las plantas.

Los resultados de las mediciones realizadas a cada variable estudiada fueron procesados a través de un análisis de estadística descriptiva y el análisis de varianza utilizando el estadístico F y las medias de los tratamientos comparados según la prueba de Tukey al 5 %, pues se considera una prueba estricta porque exige valores altos para declarar como significativas las diferencias de las medias comparadas de más de dos experimentos (Robaina 2009).

2.3.4.- Método de muestreo

El método de muestreo utilizado fue el sistemático, para ello se estableció una ruta a través de las parcelas, donde se tomaron muestras a diez plantas en cada una a distancias igualmente espaciadas.

Para definir las distancias antes mencionadas se dividió la longitud total entre la cantidad de muestras a tomar.

2.3.5. Evaluación de la afectación por *Spodoptera frugiperda*

Se determinaron los diferentes niveles y umbrales de daños económicos de las plagas en el cultivo, aplicando los métodos y técnicas apropiados para realizar muestreos. Se estableció el Nivel de Daño Económico (NDE) y el Umbral Económico (UE) a través del análisis de cada uno de los resultados en los tratamientos.

Umbral económico (UE): Es la densidad poblacional de la plaga donde el productor debe iniciar la acción del control para evitar que la población sobrepase el nivel de daño económico en el futuro. Esto es difícil de estimar, porque depende de la dinámica poblacional de la plaga.

Nivel de daño económico (NDE): Es la densidad poblacional de las plagas, donde el valor del rendimiento salvado cubre exactamente los gastos del control; si la densidad de la plaga es menor, no es rentable implementar el control.

Punto de equilibrio (PE): Diferencia entre el nivel de daño económico (NDE) y umbral económico (UE). El nivel de daño económico sirve para evitar la disminución de las ganancias del cultivo y el umbral económico para evitar que se llegue al nivel de daño económico (preventivo).

Es el promedio de la densidad poblacional de los insectos durante un período de tiempo prolongado, sin que se modifique por efectos del control de plagas. La densidad de población fluctúa alrededor de este nivel medio como resultado de la influencia de factores que dependen de la densidad, tales como parasitoides, depredadores y enfermedades. El

nivel de daño económico puede ocurrir a cualquier nivel, desde los inferiores hasta los que sobrepasen la posición de equilibrio general.

Se determinó el nivel de decisión para el manejo del cogollero en el cultivo de maíz. A continuación se presenta el cuadro 3 para el control del cogollero:

Cuadro N° 3. Etapa Fenológica, muestreo y nivel de decisión en control de cogollero.

ETAPA FENOLÓGICA	MUESTREO	NIVEL DE DECISIÓN
Germinación a 8 Hojas	Revisar 10 plantas/sitio	10 para semilla, 145 para granos y 30 para ensilaje
8 hojas a floración	Revisar 10 plantas/sitio	20 para semilla/30 para granos
Fructificación a maduración	Revisar 20 panojas o 20 mazorcas/sitio	40 larvas/muestreo

2.4.- Material Vegetativo

En el ensayo se utilizó el cultivar desarrollado por INIAP, denominado híbrido MAÍZ SUPREMA INIAP H-551, que tiene las siguientes características agronómicas:

- ❖ Rendimiento promedio: 5520 kg/ha (120 quintales/ha) y una excelente adaptación en las principales zonas maiceras del litoral.
- ❖ Ciclo vegetativo: 120 días.
- ❖ Floración: 50 días.
- ❖ Altura de planta: 216 a 230 cm de altura.
- ❖ Forma de mazorca: Ligeramente cónica, con 12 a 16 hileras de granos.
- ❖ Inserción de la mazorca: 114 a 120 cm.
- ❖ Tipo de grano: Color amarillo y textura cristalina y dura, tolerante a las enfermedades foliares más comunes.
- ❖ Semilla por ha: 15 a 16 kg/ha.
- ❖ Población por ha: 55 000 a 62 500 plantas/ha.
- ❖ Marco de plantación: entre hileras de 0,80 m y 0,20 cm entre plantas, una semilla por sitio.

2.5.- Desarrollo del experimento

En la preparación del terreno del área experimental se empleó el método de labranza mínima. La secuencia de las principales actividades se relaciona a continuación:

- Febrero 24 de 2014: limpieza y preparación de las tierras.
- Febrero 27 de 2014: balizada para la delimitación de las parcelas experimentales.
- Marzo 18 - 25 de 2014: Instalación y puesta a punto del sistema de riego.
- Abril 3 de 2014: Siembra del experimento.

- Mayo 6 de 2014: Primera aplicación de *Bacillus Thuringiensis* y de cipermetrina.
- Julio 24 de 2014: Cosecha.

A todos los tratamientos y sus réplicas se le realizaron las mismas labores agrotécnicas, entre ellas es necesario destacar el riego, que se aplicó diariamente durante 60 minutos, con goteros de un caudal de 2 L/hora.

III. Resultados

3.1 Comportamiento agronómico del cultivo

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada una de las variables estudiadas para los diversos tratamientos.

3.1.1.- Altura de plantas

En la Figura 2 se puede apreciar el comportamiento de la variable altura de las plantas, desde los 15 hasta los 60 días. Al inicio (15 días después de la emergencia de la planta) no hubo diferencias significativas entre los siete tratamientos estudiados, sin embargo, a partir de los 30 días comenzaron a manifestarse diferencias que llegaron a ser altamente significativas en los muestreos realizados a los 45 y a los 60 días.

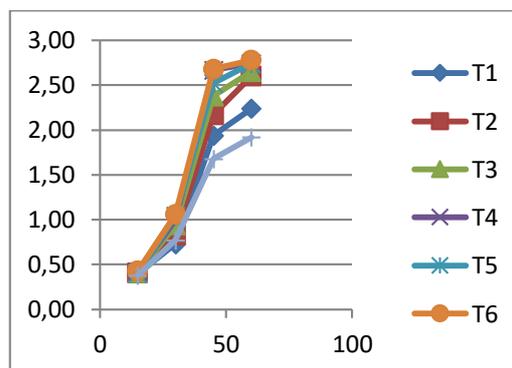


Figura No. 2. Dinámica del crecimiento de las plantas de maíz hasta los 60 días.

3.1.2.- Número de granos por hileras en la mazorca

En el análisis de varianza de la cantidad de granos por hileras en la mazorca se observa que hay diferencias significativas a favor del tratamiento 6 donde se empleó la cipermetrina para controlar el gusano cogollero respecto al testigo absoluto. En el cuadro 4 se puede apreciar el comportamiento similar entre los tratamientos donde se utilizaron las mayores dosis del compuesto a base de *Bacillus thuringiensis*. El coeficiente de variación es de 6,10 %, considerado como bajo.

Cuadro No. 4. Prueba de Tukey al 5 % del número de granos por hilera de mazorca.

Tratamientos	Promedios
Testigo convencional (0,5 L/ha de cipermetrina)	36.75 a
1500 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	36.25 a
1250 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	35.25 ab
1000 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	33.75 b
750 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	32.50 b
500 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	31.50 b
Testigo absoluto	28.25 c

3.1.3.- Número de mazorcas por parcela

La producción de mazorcas por parcela fue mayor en el tratamiento convencional y en el de mayor dosis de *Bacillus thuringiensis* (1500 cc/ha), sin diferencias entre con los tratamientos donde se aplicó dicho producto. En el cuadro 5, se puede observar que existe diferencia significativa entre los tratamientos antes mencionados y el testigo absoluto. Según va disminuyendo la dosis de productos aplicados así mismo se reduce la cantidad de mazorcas por parcela.

Cuadro No. 5. Prueba de Tukey al 5 % del número de mazorcas por parcela.

Tratamientos	Promedios	Significación
Testigo convencional (0,5 L/ha de cipermetrina)	77	a
1500 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	76	a b
1250 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	74.5	a b
1000 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	74	a b
750 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	73.25	a b
500 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	71	b c
Testigo absoluto	67.5	c

3.1.4.- Número de mazorcas por planta

El número de mazorcas por plantas fue mayor en el testigo convencional con diferencias significativas con el resto de los tratamientos, como se puede observar en el cuadro 6. En este caso los resultados no siguieron la tendencia de las variables analizadas anteriormente en cuanto al efecto de las dosis de *Bacillus thuringiensis*.

3.1.5.- Peso de 100 semillas

El análisis de varianza y la prueba de Tukey para un 5% demuestran que en el testigo convencional se obtuvo el mayor peso para 100 semillas como se puede apreciar en el cuadro 7. Los tratamientos cuyas dosis de *Bacillus thuringiensis* son iguales o superiores a los 750

cc/ha no difieren significativamente del tratamiento convencional, aun cuando tuvieron promedios inferiores. Tampoco se encontraron diferencias entre el testigo absoluto y la aplicación de 500 cc/ha de *Bacillus thuringiensis*.

Cuadro No. 6. Prueba de Tukey al 5 % del número de mazorcas por planta.

Tratamientos	Promedios	Significación
Testigo convencional (0,5 L/ha de cipermetrina)	2,25	a
1500 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	1,25	b
750 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	0,88	b c
1250 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	0,81	b c
1000 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	0,62	b c
500 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	0,44	c
Testigo absoluto	0,38	c

Cuadro No. 7. Prueba de Tukey al 5 % del peso de 100 semillas en gramos.

Tratamientos	Promedios	Significación
Testigo convencional (0,5 L/ha de cipermetrina)	52,40	a
1500 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	51,90	a
1250 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	50,35	a b
1000 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	50,25	a b
750 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	46,52	a b
500 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	45,05	b
Testigo absoluto	44,75	b

3.1.6.- Peso de mazorcas en gramos

En el peso de las mazorcas se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos estudiados, como se puede observar en el cuadro 8. Los promedios oscilan desde 398 gramos para el tratamiento cuyo control fue la cipermetrina, hasta 334 gramos para el testigo absoluto. En el cuadro 9 se puede apreciar que no hubo correspondencia entre las dosis de *Bacillus thuringiensis* aplicadas y el peso de las mazorcas. Llama la atención que el tratamiento de 1000 cc/ha tuvo mejores resultados que los de 1250 y 1500 cc/ha.

Los resultados obtenidos en las variables relacionadas con el rendimiento en las que se encuentran el número de granos por hilera, número de mazorca por parcela, número de mazorca por planta, peso de 100 semillas, peso de mazorca en gramos, porcentaje de relación grano-tusa y rendimiento, concuerdan con lo expresado en los cuadros estadísticos en donde me permito concluir que sin duda el mejor tratamiento obtenido es el tratamiento químico con una producción de 5403.25 kg/ha, seguido del tratamiento de una dosis de BT de 1500 cc/ha

que alcanzó una producción de 4836,38 kg/ha, que según el análisis estadístico no tiene diferencia significativa al 5%, resulta ser un buen promedio de producción alcanzado con la utilización de un producto biológico.

Cuadro No. 8. Prueba de Tukey al 5 % del peso de mazorcas en gramos.

Tratamientos	Promedio	Significación
Testigo convencional (0,5 L/ha de cipermetrina)	398,88	a
1000 cc/ha de Bacillus thuringiensis	388,10	a b
1500 cc/ha de Bacillus thuringiensis	382,35	a b c
1250 cc/ha de Bacillus thuringiensis	382,33	a b c
500 cc/ha de Bacillus thuringiensis	365,82	b c
750 cc/ha de Bacillus thuringiensis	354,30	c d
Testigo absoluto	334,20	d

3.1.7.- Relación grano-tusa

La relación grano-tusa más favorable se corresponde con el testigo convencional, aunque es necesario aclarar que no existen diferencias respecto a las dos dosis más altas de *Bacillus thuringiensis* (1250 y 1500 cc/ha). Con el resto de los tratamientos si hay diferencias significativas como puede apreciarse en el cuadro 9.

Cuadro No. 9. Prueba de Tukey al 5 % de la relación grano-tusa.

Tratamientos	Promedios	Significación
Testigo convencional (0,5 L/ha de cipermetrina)	3,11	a
1500 cc/ha de Bacillus thuringiensis	2,97	a
1250 cc/ha de Bacillus thuringiensis	2,87	a
750 cc/ha de Bacillus thuringiensis	2,59	a b
1000 cc/ha de Bacillus thuringiensis	2,18	b c
500 cc/ha de Bacillus thuringiensis	2,10	b c
Testigo absoluto	1,99	c

En las variables número de grano por hilera y número de mazorca por parcela el denominador común fue que el tratamiento del producto químico obtuvo los mejores resultados, en contra posición, el testigo absoluto es el tratamiento significativamente diferente a los demás debido a sus bajos resultados.

3.1.8.- Rendimiento agrícola en kg/ha

El rendimiento agrícola más alto fue para el tratamiento en el que se controló el cogollero del maíz con cipermetrina, siguiéndole los tratamientos de las más altas dosis de *Bacillus thuringiensis*, entre esas tres variantes no hubo diferencias significativas (ver cuadro 10). Las mayores diferencias fueron respecto al testigo convencional.

Solo en el testigo convencional el rendimiento obtenido fue similar al sugerido para el material genético empleado.

Cuadro No. 10. Prueba de Tukey al 5 % del rendimiento en kg/ha.

Tratamientos	Promedios	Significación
Testigo convencional (0,5 L/ha de cipermetrina)	5403,25	a
1500 cc/ha de Bacillus thuringiensis	4836,38	a b
1250 cc/ha de Bacillus thuringiensis	4821,50	a b
500 cc/ha de Bacillus thuringiensis	4569,00	b
750 cc/ha de Bacillus thuringiensis	4529,25	b
1000 cc/ha de Bacillus thuringiensis	4526,38	b
Testigo absoluto	4240,00	b

3.2.- Efecto del *Bacillus thuringiensis* en el control de cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*)

3.2.1.- Número de larvas por planta

El menor número de larvas por planta correspondió al tratamiento convencional, las mayores afectaciones ocurrieron en el testigo absoluto (Figura 3). Las mayores diferencias se presentan a partir de los 30 días después de la emergencia de las plantas. Se supone que en el testigo no hubo un control mayor del cogollero del maíz debido a que se empleó una dosis considerada baja.

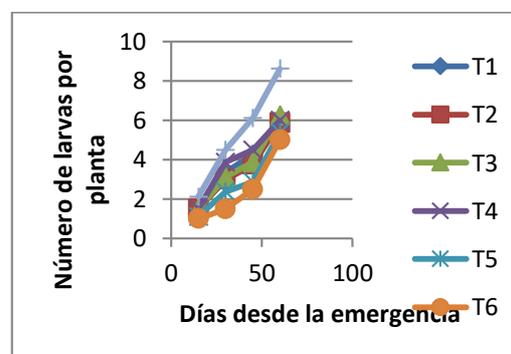


Figura No. 3. Dinámica del comportamiento del número de larvas por planta en cada tratamiento estudiado.

3.2.2.- Porcentaje de daño por parcela

El porcentaje de daño por parcela evidentemente tiene un comportamiento inverso al efecto de los productos aplicados para controlar el gusano cogollero del maíz, la mayor incidencia sea en el testigo absoluto. El análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5% indican que hay diferencias altamente significativas entre el tratamiento correspondiente a la cipermetrina y el resto. La eficacia de las aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* se puede apreciar en el cuadro 11, las diferencias significativas que

existen entre ellas y el testigo absoluto, en particular para las dosis más altas.

Cuadro No. 11. Prueba de Tukey al 5 % del porcentaje de daño por parcela.

Tratamientos	Promedios	Significación
Testigo absoluto	31,25	a
750 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	24,75	b
1000 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	24,00	b
500 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	23,25	b
1250 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	16,75	c
1500 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	15,50	c
Testigo convencional (0,5 L/ha de cipermetrina)	4,50	d

Los productos orgánicos son efectivos en el control de los insectos durante varios días, Ruiz Abdala et al. (2004) observaron una eficiencia del 57,25 % a las 120 horas después de la aplicación en campo, a esta razón se atribuye que los tratamientos que emplearon el *Bacillus thuringiensis* tuvieron menor incidencia del gusano cogollero, no ocurriendo lo mismo con el testigo absoluto, este fue el tratamiento más atacado, teniendo relación con los resultados obtenidos en la altura de la planta y el resto de las variables estudiadas que conllevaron a menos desarrollo vegetativo y finalmente menor rendimiento agrícola.

3.2.3.- Mazorcas atacadas por *Spodoptera frugiperda* detectadas a la cosecha

La cantidad de mazorcas atacadas por el gusano cogollero detectadas a la cosecha tiene la misma tendencia que el porcentaje de daño por parcela. Los menores valores se encontraron en las parcelas donde se aplicó la cipermetrina, seguido con diferencias significativas por aquellos en que se usaron las mayores dosis de *Bacillus thuringiensis*.

Los resultados obtenidos en el ensayo de aplicación de diferentes dosis de *Bacillus thuringiensis*, en el cultivo de maíz, realizado en la comuna Río Verde de la Península de Santa Elena, demuestran su efecto en el control del gusano cogollero del maíz, aspecto que concuerda con las investigaciones realizadas por Ruiz Abdala et al. (2004) que estudiaron la eficiencia de este controlador biológico en larvas de *Spodoptera frugiperda* tanto en laboratorio como en campo. Resultados similares tuvieron del Rincón Castro et al. (2006) cuando caracterizaron cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida sobre el gusano cogollero. Esta actividad insecticida del

Bacillus thuringiensis se debe a las proteínas cristalinas que se producen durante el proceso de esporulación (Rosas-García, 2008).

Cuadro No. 12. Prueba de Tukey al 5% de la cantidad de mazorcas atacadas por *Spodoptera frugiperda* detectadas a la cosecha.

Tratamientos	Promedios	Significación
Testigo absoluto	20,75	a
750 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	18,25	b
1000 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	17,75	b
500 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	16,50	b
1250 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	12,50	c
1500 cc/ha de <i>Bacillus thuringiensis</i>	11,75	c
Testigo convencional (0,5 L/ha de cipermetrina)	3,50	d

3.2.4.- Nivel de daño económico

Al comparar los niveles de decisión para el control del gusano cogollero con la cantidad de larvas por planta en los diversos momentos en que fue evaluada esta variable a los 15, 30, 45 y 60 días después de la emergencia y el número de mazorcas atacadas por *Spodoptera frugiperda* al momento de la cosecha se obtiene que en ningún momento alcanzaron los niveles considerados umbrales. De ahí que se puede afirmar que el *Bacillus thuringiensis* puede ser una alternativa orgánica para el control de gusano cogollero. A continuación se presenta el análisis económico del ensayo. Los datos principales para el análisis son:

- Densidad de siembra 55.355 y 62.500 plantas/ha.
- Rendimiento Promedio 5.000 – 6.959 kg/ha (110 – 143 qq/ha).
- Precio de sustentación del maíz en Ecuador \$17.50.

Al cultivar una hectárea de maíz amarillo INIAP H-551 tiene un costo promedio de \$1.152.20, de los cuales: el insumo vegetal semilla participa con 13,8%; los insumos químicos, como fertilización, plaguicidas, herbicidas, con 25,5%; los insumos mecánicos, como maquinaria y combustibles, con 21,8%; la fuerza de trabajo, con 15% y los costos administrativos, dentro de los que se incluyen los costos por asistencia técnica, servicios financieros, arriendos y

vigilancia, absorben 17,9%. Desde el punto de vista de los factores productivos, el factor capital (semillas, maquinaria y combustibles, fertilización, manejo de plagas, control de malezas y recolección) participa con 67,1%; el factor trabajo, con 15,6% y los servicios administrativos, con 17,3% se expresan los resultados en el anexo 1.

Al analizar los resultados de la relación beneficio – costo que aparecen en el cuadro del anexo se observa que todos los tratamientos son rentables desde el punto de vista económico, o sea, se reciben utilidades producto de que los ingresos son superiores a los costos totales. De cualquier manera se observa que el tratamiento químico obtuvo los mejores dividendos seguido de aquellos en que se aplicaron las dosis más altas de *Bacillus thuringiensis*.

La rentabilidad económica de las aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* fue probada al determinar que la relación beneficio costo de los tratamientos estudiados siempre fue superior a la unidad, aspecto que coincide con los resultados de España Rivera et al. (1997) cuando estudiaron la eficacia y rentabilidad de diversos insecticidas biológicos, botánicos y sintéticos para el control de gusanos de la mazorca en el cultivo de maíz dulce.

4. Conclusiones

Considerando los resultados obtenidos y las condiciones en que se llevó el ensayo podemos llegar a las siguientes conclusiones:

El comportamiento agronómico del cultivo de maíz no tuvo afectaciones de relevancia en las condiciones estudiadas al controlar el gusano cogollero con un insecticida biológico.

El insecticida biológico estudiado, a base de *Bacillus thuringiensis*, ha demostrado que controla la presencia del *Spodoptera frugiperda*, en la comuna Río Verde de la Península de Santa Elena.

Las aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* y de cipermetrina no permitieron que se llegara al umbral económico definido en la literatura para cada etapa fenológica del cultivo del maíz, por tanto los efectos causados por el gusano cogollero no alcanzaron niveles de daño económico.

Las dosis altas (1500 y 1250 cc/ha) de *Bacillus thuringiensis* tienen una efectividad similar a la alcanzada en el tratamiento con cipermetrina, sin diferencias significativas en la mayoría de las variables evaluadas.

Para el control y regulación de la población de *Spodoptera frugiperda*, en el cultivo de maíz en

las condiciones estudiadas se deben utilizar dosis de 1500 cc/ha de *Bacillus thuringiensis*. Lo cual coincide con los resultados de González-Maldonado et al. (2015) quienes también obtuvieron las mayores mortalidades en las más altas dosis de *Bacillus Thuringiensis*.

La relación beneficio – costo osciló entre 1,40 y 1,78, lo cual demuestra el efectivo control realizado al gusano cogollero con el empleo de *Bacillus thuringiensis*.

Recomendaciones

Emplear el *Bacillus thuringiensis* como una alternativa tecnológica limpia para el control del gusano cogollero en las áreas maiceras de la Península de Santa Elena y otras regiones del país, con el fin de disminuir la contaminación de los suelos y las aguas, así como evitar que se introduzcan sustancias nocivas en la cadena alimenticia.

Investigar otras dosis de concentración de *Bacillus thuringiensis*, en diferentes zonas del país con la finalidad de monitorear el comportamiento de la bacteria para controlar el ataque de *Spodoptera frugiperda*.

5. Referencias

Bernal, César Augusto. *Metodología de la Investigación*. Tercera. Editado por Torres. Vol. Dos. Colombia, Pasto: Pearson, 2010.

Del Rincón Castro, Ma. Cristina; Méndez Lozano, Jesús; Ibarra, Jorge E. Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 2006: sin mes, 157-164.

González-Maldonado, M. B.; Gurrola-Reyes, J. N.; Chaírez-Hernández, I. Productos biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología* 41 (2): 200-204. Julio - Diciembre 2015. ISSN 0120-0488.

Lerma González, Héctor Daniel. *Metodología de la Investigación*. Bogotá: Eco ediciones, 2012.

Ministerio de Agricultura, Acuicultura, Ganadería y Pesca. Informe de Superficie y producción. 2015. Disponible en: <http://sinagap.agricultura.gov.ec/index.php/comercializacion-maiz>. Accedido 9 de junio 2017.

Oliveira Fernandes, Fabrício; Nachtigall Martins, Liliane; Scheunemann, Tiago; Härter, Adilson; Stori de Lara, Ana Paula; Sessa Fialho Gustavo. *Efeito de Bacillus Thuringiensis (BT)*

sobre lagartas de *Spodoptera frugiperda* e *Anticarsia Gemmatalis* em laboratorio. Revista UniVap. 2017; 22(40) DOI 10.18066/revistaunivap.v22i40.1147

Robaina, Yamile Baró. *Caracterización de cepas de Bacillus thuringiensis Berliner y actividad biológica hacia Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) y Anticarsia gemmatalis Hübner (Lepidoptera: Noctuidae).* la Habana Cuba: SP, 2009.

Rosas-García, Ninfa María. *Avances en el desarrollo de formulaciones insecticidas a base de Bacillus thuringiensis.* Rev. Colombiana de Biotecnología, Vol. X No. 1, julio de 2008: 49-63.

Ruiz Abdala, Edgar Miguel, Cabral Antúnez Claudia Carolina, Pino Quintana. *Control de Spodoptera frugiperda (Smith), Lepidoptera; Noctuidae en condiciones de campo y de laboratorio en el cultivo de maiz dulce Zea mays saccharata.* Investigación Agraria, Vol. 6 (1), 2004. disponible en: <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/198>.

Sara, Yacta. *El libro del Maíz.* Ecuador, 2012.

Santos, Adriana Marcela; Uribe, Liz Alejandra; Ruiz Jenny Carolina; Tabima Lizeth; Gómez Juliana Andrea, Villamizar, Laura Fernanda. *Nucleopoliedrovirus de Spodoptera frugiperda Sf NPV003: compatibilidad con agroquímicos y estabilidad en condiciones de almacenamiento.* Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 15(2), July/Dec. 2014.

Terán, Salomé. *La importancia del Maíz.* 2008.

Vegetal, Comité de sanidad. «Campaña de manejo biosanitario de cultivos básicos maíz.» Información técnica, 2010.

Yasem de Romero Marta y Romero, Eduardo. *Reducción del consumo foliar de orugas de Spodoptera frugiperda (Lep.: Noctuidae) infectadas con Nucleopolyhedrovirus aislamiento Leales (Tucumán, R. Argentina).* Revista Industrial y Agrícola de Tucumán 90(2). Las Talitas, dic. 2013

Anexo1. Análisis económico del costo y uso

Descripción	%	T. Quím. \$	BT					Test. Absol.
			1500 \$	1250 \$	1000 \$	750 \$	500 \$	
Costo de semilla	13,8	159,0036	159,0036	159,0036	159,0036	159,0036	159,0036	159,0036
Costo de maquinaria y combustible	19,7	226,9834	226,9834	226,9834	226,9834	226,9834	226,9834	226,9834
Costo de manejo de malezas	7,4	85,2628	85,2628	85,2628	85,2628	85,2628	85,2628	85,2628
Costo de fertilización	11,6	133,6552	133,6552	133,6552	133,6552	133,6552	133,6552	133,6552
Costo de manejo de plagas	6,5	74,893	42,75	35,63	28,50	21,38	14,25	0,00
Costo de recolección (empaques y transporte)	8,1	93,3282	93,3282	93,3282	93,3282	93,3282	93,3282	93,3282
Total factor capital	67,1	773,1262	773,1262	773,1262	773,1262	773,1262	773,1262	773,1262
Costos de fuerza de trabajo	15,6	179,7432	179,7432	179,7432	179,7432	179,7432	179,7432	179,7432
Costo administrativo	17,3	199,3306	199,3306	199,3306	199,3306	199,3306	199,3306	199,3306
Costo total	100	1152,2	1109,45	1116,58	1123,70	1130,83	1137,95	1077,31
Productividad qq		117,46	105,14	104,81	99,32	98,46	98,40	92,17
Costo \$/qq		9,81	10,55	10,65	11,31	11,49	11,56	11,69
Total de Ingresos		2055,55	1839,95	1834,18	1738,10	1723,05	1722,00	1612,98
B/C		1,78	1,66	1,64	1,55	1,52	1,51	1,50