

Evaluación del control biológico de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz

Evaluation of the biological control of *Spodoptera frugiperda* in corn crop

Jorge Ernesto Ezeta León^{1,*}, Oswaldo Edison García Brito^{1,†} y Fabián Alberto Gordillo Manssu^{1,‡}.

¹Universidad de Guayaquil, Ecuador.

jezetaleon@hotmail.com; {oswaldo.garciab;fabian.gordillom}@ug.edu.ec

Fecha de recepción: 8 de enero de 2018 — Fecha de aceptación: 27 de junio de 2018

Cómo citar: Ezeta León, J., García Brito, O., & Gordillo Manssur, F. (2018). La Evaluación del control biológico de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz: Control biológico de *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 3(11), 18-23. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3iss11.2018pp18-23p>.

Resumen—El maíz es importante en la alimentación humana y materia prima para la elaboración de productos balanceados. En el mundo se ha reportado que el insecto plaga más agresivo es el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) es un defoliador, consume el follaje y daña el cogollo haciendo raspaduras sobre las partes tiernas de las hojas, troza tallos y mazorcas produciendo daños irreversibles, por lo que es necesario agentes alternativos de control como son el *Metarhizium anisopliae* y la *Bacillus thuringiensis*. El estudio se enfocó en evaluar la acción control del hongo *Metarhizium anisopliae*, la bacteria *Bacillus thuringiensis*, y sus interacciones en el control de *Spodoptera frugiperda*. El diseño fue bloques completos al azar con arreglo factorial 3 más un testigo absoluto para un total de 10 tratamientos y 3 repeticiones, sobre el híbrido Dekalb 7088. Los resultados muestran que no existe interacción entre los factores en estudio, pero sí hubo incidencia estadísticas entre los factores. La mayor eficacia insecticida se alcanzó con *Bacillus thuringiensis* con 3 y 5 cc/l. *Metarhizium anisopliae* con 3 cc/l logró el mejor rendimiento en variables como, altura de planta, peso de mazorcas y rendimiento kg/ha. Los productos biológicos aplicados mostraron su efecto controlador en poblaciones de larvas de *Spodoptera frugiperda*.

Palabras Clave—biológico, larvas, hongo, bacteria.

Abstract—Corn is an important grain in human nutrition and raw material for the elaboration of balanced food products. It has been world-wide reported that the most aggressive plague insect is the cogollero worm (*Spodoptera frugiperda*) since it is considered a defoliator, consumes foliage and attack buds, causing gouging on the softest parts of leaves, slices stems and cobs causing irreversible damage. Thus, the seeking of alternative control agents such as *Metarhizium anisopliae* and *Bacillus thuringiensis* is of great interest. The present study is mainly focused on evaluating the control action of fungus *Metarhizium anisopliae*, bacteria *Bacillus thuringiensis*, and their interactions to control *Spodoptera frugiperda*. It was applied the fully randomized blocks design with factorial arrangement 3 plus one absolute control for a total of 10 treatments and 3 replicates to hybrid Dekalb 7088. The results showed that there was no interaction between the factors under study, but there was a statistical incidence between the factors. The best insecticide efficacy was attained by *Bacillus thuringiensis* with 3 and 5 cc/l; and *Metarhizium anisopliae* with 3cc/l attained the best performance in variables such as the height of the plant, weight and production kg/ha of the cobs. The biological products applied showed their control effect in *Spodoptera frugiperda* larvae populations.

Keywords—biological, larvae, fungus, bacteria.

INTRODUCCIÓN

En el mundo en el periodo 2013 - 2014 se produjeron 973.9 millones de toneladas de maíz, con rendimientos de 5.20 toneladas por hectárea en promedio. El principal productor y exportador es Estados Unidos, siendo el continente Americano el mayor productor con el 53 % del total mundial.

El Ecuador cuenta con una superficie de 361.347 ha de maíz duro cultivado, una producción de 1215.192 Tm con rendimientos de 3,68 Tm/ha en promedio. Las provincias con

mayor producción a nivel nacional son Los Ríos 56 % Guayas 19 %, Manabí 10 % y Loja 8 %.

El maíz es el segundo grano más importante en la alimentación humana, después del arroz y ocupa el primer lugar, como materia prima, para la elaboración de productos balanceados utilizados en la alimentación de especies domésticas. En el país se emplean directamente 140.000 personas, que son alrededor del 11 % de la población económicamente activa dedicada a la agricultura.

Para el control del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*, desde hace décadas, el agricultor dispuso de una gama completa de insecticidas de síntesis química convencionales pertenecientes a las familias de piretroides, fosforados y carbamatos, con los cuales pudo convivir con

*Magister en Agricultura Sostenible y Agroecología

†Magister en Enseñanza del Idioma Inglés como lengua extranjera

‡Magister en Gestión de Proyectos

la plaga; sin embargo, el uso de insecticidas químicos para el control del gusano cogollero puede ocasionar diversos daños al ecosistema, por lo que es de gran interés la búsqueda de agentes alternativos de control, entre los que se encuentran los hongos entomatógenos y las bacterias como son el *Metarhizium anisopliae* y la *Bacillus thuringiensis* respectivamente.

Las toxinas Cry son producidas por la bacteria Gram-positiva *Bacillus thuringiensis*. Estas proteínas con propiedades tóxicas para algunos insectos plaga son altamente específicas y se conocen como toxinas Cry, ya que se acumulan en forma de cristales. El empleo de *B. thuringiensis* tiene muchos beneficios; ya que, las proteínas Cry son altamente específicas, biodegradables, inocuas para los humanos y efectivas contra muchas de las plagas más importantes en la agricultura (Bravo et al., 2004).

Los síntomas que se observan a partir de que las larvas de insectos susceptibles ingieren los cristales y esporas de Bt son: cese de la ingesta, parálisis del intestino, diarrea, parálisis total y finalmente la muerte. De manera general se acepta que las toxinas Cry son toxinas formadoras de poro que ejercen su actividad tóxica al provocar un desequilibrio osmótico en las células epiteliales donde se insertan en la membrana. Datos obtenidos por nuestro grupo de investigación apoyan de manera contundente el modo de acción que propone la formación de un poro lítico una vez que las toxinas se insertan a la membrana. Las proteínas Cry son producidas como protoxinas que requieren ser procesadas proteolíticamente por proteasas presentes en el intestino de insectos susceptibles.

Este procesamiento proteolítico libera fragmentos tóxicos de 55 a 65 kDa que interactúan con proteínas receptoras presentes en la microvellosidad de las células intestinales de los insectos blanco. Posteriormente, las toxinas se insertan en la membrana formando un poro lítico (Soberón and Bravo, 2007).

Estas toxinas deben ser ingeridas por el insecto sensible, cuyo intestino tiene un pH elevado, lo cual es esencial para la disolución de muchas protoxinas de *B. thuringiensis*. Estas son solubles solamente con pH superiores a 9,5. Las protoxinas son activadas por proteasas del intestino, las cuales llevan las protoxinas de 130 kDa a una toxina de 55-65 kDa, resistente a proteasa y que comprende la región N terminal de la protoxinas. La especificidad de la delta endotoxina a un tipo de insecto en particular implica la presencia de receptores específicos, la toxina se inserta de forma irreversible a la membrana plasmática de las células intestinales y el próximo paso es la formación de un poro o lesión en esta membrana que conduce a una variación en su permeabilidad, alterando el transporte de los iones de potasio, lo cual trae como consecuencia la lisis celular, disrupción de la integridad del intestino y la muerte del insecto. Por otra parte, las esporas bacterianas se multiplican en la hemolinfa y provocan una septicemia que incrementa el efecto de las toxinas insecticidas. En el caso de las Beta exotoxinas, éstas interfieren con las síntesis de ADN y ARN y las proteínas y resultan menos específicas (Fernández-Larrea, 2002).

El mecanismo de acción de esta bacteria es por ingestión y producto del pH alcalino del intestino del insecto, el cristal parasporal libera la toxina, la cual se asocia a puntos específicos de la membrana intestinal, formando poros que rompen la pared, a través de la cual ocurre una alteración del balance iónico, que lleva a la parálisis intestinal y cese de la alimentación. Posteriormente y producto de una septicemia provocada por la multiplicación de la bacteria ocurre la muerte de las larvas, las cuales se tornan flácidas y con un exudado lechoso; estas larvas pueden posteriormente desintegrarse, *B. thuringiensis* resulta tóxico a varios órdenes de insectos, ácaros e incluso nematodos aunque varios grupos de bacterias han sido descritos como patógenas a insectos (Fernández-Larrea, 2002).

Los hongos tienen algunas ventajas únicas entre los entomopatógenos ya que son capaces de infectar al hospedero, por contacto y adhesión de las esporas a las paredes bucales, membranales, intersegmentales o a través de los espiráculos, por lo que la ingestión del microorganismo es innecesaria (Pucheta et al., 2006). Dentro de los más utilizados a nivel mundial se encuentran *Metarhizium anisopliae* (33.9%), *Beauveria bassiana* (33.9%), *Paecilomyces fumosoroseus* (5.8%) y *Beauveria brongniartii* (4.1%) ((de Faria and Wraight, 2007); (Espínola, 2011)).

El mecanismo de acción de *Metarhizium anisopliae* en el insecto está dividido en tres fases: (1) adhesión y germinación de la espora en la cutícula del insecto, (2) penetración en el hemocele y (3) desarrollo del hongo, que generalmente resulta en la muerte del insecto. Una vez establecido el proceso de adhesión, continúa la penetración la cual es posible gracias a la acción combinada de dos mecanismos uno físico y uno químico, el primero consiste en la presión ejercida por una estructura fúngica denominada haustorio, la cual deforma primeramente la capa cuticular rompiendo luego las áreas esclerosadas y membranosas de la cutícula. El mecanismo químico consiste en la acción enzimática, principalmente de actividades hidrolíticas tales como proteasas, lipasas y quitinasas, las cuales degradan el tejido en la zona de penetración, facilitando la entrada del hongo (Monzón, 2001). Los insectos muertos por este hongo son cubiertos por micelio, el cual inicialmente es de color blanco pero se torna verde cuando esporula el hongo (Sandino, 2003).

El primer contacto entre el hongo entomopatógeno y el insecto sucede cuando la espora del primero es depositada en la superficie de este último. El proceso de adhesión ocurre en tres etapas sucesivas: adsorción de la espora a la superficie mediante el reconocimiento de receptores específicos de naturaleza glicoproteica en el insecto, la adhesión o consolidación de la interface entre la espora pregerminada y la epicutícula y finalmente, la germinación y desarrollo hasta la formación del apresorio para comenzar la fase de penetración (Pedrini et al., 2007).

El proceso de adhesión de la espora a la cutícula del insecto, está mediado por la presencia de moléculas sintetizadas por el hongo denominadas adhesinas. En el entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* se ha descrito un tipo de adhesina

denominada MAP1 la cual se localiza en la superficie de los conidios. La expresión heteróloga de MAP1 en *Saccharomyces cerevisiae* le confiere a la levadura propiedades adherentes específicamente a la cutícula de los insectos. La disrupción del gen que codifica para MAP1 afecta la germinación y la formación de blastosporas, así mismo reduce considerablemente la virulencia del hongo (Pucheta et al. (2006); (Wang and St Leger, 2007)).

La penetración es posible gracias a la acción combinada de dos mecanismos uno físico y uno químico, el primero consiste en la presión ejercida por una estructura fúngica denominada haustorio, la cual deforma primeramente la capa cuticular rompiendo luego las áreas esclerosadas y membranosas de la cutícula (Monzón, 2001).

La proteasa Pr1 es considerada un importante factor de virulencia en *Metarhizium anisopliae*, la sobreexpresión de esta enzima en el mismo hongo reduce en un 25 % el tiempo de muerte en *Manduca sexta*, en comparación con aquellos que fueron infectados con el genotipo silvestre. De la misma forma la sobreexpresión del gen que codifica para la quitinasa de *Beauveria bassiana* acelera el proceso de muerte en los insectos en un 23 %. De esta manera, se demuestra la importancia de la secreción de estas enzimas hidrolíticas en la virulencia de los hongos entomopatógenos, lo cual pudiera ser una herramienta para la selección de mejores cepas para la formulación de insecticidas biológicos. Otro mecanismo que utilizan los hongos para penetrar al hemocele es a través de la cavidad bucal, espiráculos y otras aberturas externas del insecto. Puesto que la humedad no es un problema en el tracto alimenticio, la spora puede germinar rápidamente en este ambiente; aunque los fluidos digestivos pudieran destruirla o degradar la hifa germinativa (Roy et al., 2006).

La replicación en el hemocele los hongos realizan transición dimórfica de micelio a levadura y una vez que han evadido el sistema inmune del insecto, se produce una septicemia. La micosis induce a síntomas fisiológicos anormales en el insecto tales como convulsiones, carencia de coordinación, comportamientos alterados y parálisis. La muerte sobreviene por una combinación de efectos que comprenden el daño físico de tejidos, toxicosis, deshidratación de las células por pérdida de fluido y consumo de nutrientes (Bustillo, 2001). Por lo expuesto, el objetivo del presente estudio fue determinar el tratamiento más efectivo de *Metarhizium anisopliae* y *Bacillus thuringiensis* para reducir la población del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz.

METODOLOGÍA

Se empleó la investigación experimental donde se manipulo la variable independiente (productos biológicos) estudiando su efecto sobre las variables dependientes (biología de la plaga y agronómicas).

Ubicación del estudio

El estudio se lo realizó en la parroquia Isla de Bejucal del cantón Baba, Provincia de Los Ríos con las coordenadas geográficas UTM. 663027 Este 9828742 Sur, humedad relativa 81 %, precipitación anual 1875.1 mm y altitud 15 msnm.

Desarrollo

Entre las principales se tiene a la observación de campo, a través de la cual se registraron fenómenos biológicos acaecidos en el cultivo y que fueron debidamente evidenciados. También se efectuaron monitoreos de la plaga previo y post aplicación de las moléculas. Además se realizaron muestreos, describiendo el proceso de desarrollo de las plantas, su floración y cosecha.

La siembra del cultivo de maíz se la realizó con una distancia de 0,90 m entre hileras y 0,20 m entre plantas con una población de 55.550 plantas/ha; con características que es maíz amarillo, con una altura de 232 cm e inserción de mazorca de 145 cm, con floración a los 54 días, cosecha a los 125 – 135 días. (Equaquímica, 2012). La fertilización fue la misma para todas las unidades experimentales con aplicaciones de 140 kilogramos de nitrógeno (N), 60 kilogramos de fósforo (P) y 90 kilogramos de potasio (K) a los 15 y 45 días después de la siembra.

Los tratamientos analizados fueron: METANYM (*Metarhizium anisopliae*) que es un producto formulado a base de CV 7x1010, se diluyeron en agua en tres concentraciones: 1 cc/l, 2 cc/l, 3 cc/l. Los mismos que se preparaban el mismo día de la aplicación, realizada en las primeras horas de la mañana. Se realizaron 6 aplicaciones con intervalos de 7 días entre cada aplicación, estas se empezaron a realizar a partir del día 11 hasta el día 46 de edad del cultivo. NewBt 2X (*Bacillus thuringiensis*) producto formulado con esporas 64 gr/kg, se diluye en agua para agregar 3 g/l y 5 g/l. Se realizaron las aplicaciones en horario matutino. Se realizaron 6 aplicaciones con intervalos de 7 días entre cada aplicación, estas se empezaron a realizar a partir del día 11 hasta el día 46 de edad del cultivo.

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de plantas atacadas (%) y número de larvas del insecto/planta, se realizaron evaluaciones a los 11, 18, 25, 32, 39 y 46 días. Se monitorearon 24 horas antes y 72 horas después de la aplicación; altura de planta con mediciones a los 30 y 60 días con selección aleatoria de plantas elegidas desde el área útil en cada parcela, midiendo desde la base del tallo hasta la inserción de la última hoja; peso de mazorcas registrando el peso en gramos de 10 mazorcas cosechadas al azar en el área útil de cada parcela; peso de 1000 granos, una vez efectuada la cosecha, se contabilizó 1000 granos de las mazorcas del área útil en cada parcela; relación grano/tusa seleccionando de 10 mazorcas utilizadas para el peso de la mazorca se pesó la tusa y comparo con el peso total de la mazorca para obtener esta relación y rendimiento kg/ha, considerando el peso del maíz cosechado

desgranado y seco al 14 % de humedad (medido en detector digital).

Análisis Estadístico

Todos los resultados de las variables medidas fueron evaluados estadísticamente mediante ANOVA Multifactorial, tablas y gráficos de media y pruebas de múltiples rangos al 95 % de confianza (STATGRAPHICS CENTURION XVII).

RESULTADOS

La evaluación se realizó de acuerdo a la clasificación de dos tipos de parámetros: población del insecto plaga y producción agronómica.

Plantas atacadas

En la Tabla 1 se indican los promedios del ataque de plantas producido en el experimento, evaluados a los 18 y 25 días después de la siembra. Puede observarse, en la evaluación a los 18 días los tratamientos presentaron diferencias significativas entre las dosis de *B. thuringiensis*; logrando el promedio más bajo de plantas atacadas con la aplicación de 5 cc/l. En cuanto a la evaluación realizada a los 25 días también se pudo evidenciar diferencias significativas entre las dosis de *B. thuringiensis*, obteniéndose una ausencia de plantas atacadas con las dosis de 3 y 5 cc/l. Sin embargo, todas las combinaciones factoriales resultaron estadísticamente diferentes al testigo, en donde se tuvieron ataques de plantas del

Larvas por planta

En la Tabla 1 puede observarse en la evaluación a los 18 días que los factores en estudio presentaron diferencias significativas entre las dosis de *B. thuringiensis*; presentando el promedio más bajo de larvas por planta el factor b3 con 0,17 a la dosis de 5 cc/l. En cuanto a la evaluación realizada a los 25 días también se pudo evidenciar diferencias significativas entre las dosis de *B. thuringiensis*, obteniendo los promedios más bajos los factores b2 y b3 con 0 larvas por planta. Las combinaciones factoriales resultaron estadísticamente diferentes al testigo, en donde se tuvieron promedios de larvas por plantas de 3 y 1,2 a los 18 y 25 días, respectivamente.

Altura de planta

De acuerdo a los resultados expresados a los 30 días en la variable altura de planta el análisis de varianza permitió establecer diferencias significativa a niveles de *M. anisopliae* y *B. thuringiensis* presentando los mejores promedios el factor b2 (44,23 cm) y a3 (43,55 cm) como se indica en la (Tabla 2), a diferencia de la altura tomada a los 60 días donde los factores a3 (221 cm) y b3 (219 cc) mostraron los mayores valores de altura por planta, cabe indicar que todos los tratamientos fueron superiores al testigo.

Peso de la mazorca

Los datos expresados en la (Tabla 2) la variable peso de mazorca el cual el análisis de varianza permitió establecer que no existen diferencias significativa entre los tratamientos en estudio a base de *M. anisopliae* y *B. thuringiensis* pero si existió diferencias significativa con respecto al testigo, los mayores pesos los obtuvieron los factores a2 y a3 con 242,38 y 239,22 gr/mazorca respectivamente, el menor peso lo reporto el testigo con 109,12 gr/mazorca.

Peso 1000 granos

Los resultados en peso de 1000 granos expresados en la tabla 2, en donde el análisis de varianza permitió establecer diferencias significativa entre los niveles de los factores de *M. anisopliae* y *B. thuringiensis*, los promedios de los factores en estudio mostraron las mayores pesos con relación al testigo, estadísticamente los mejores resultados en pesos corresponden al factor a3 (*M. anisopliae* 3 cc/l) con 310,03 gr/1000 granos y al factor b3 (*B. thuringiensis* 5 cc/l) con 303,12 gr/1000 granos en promedio.

Relación grano/tusa

De acuerdo a los datos expresados en la Tabla 2, la relación grano/tusa en donde el análisis de varianza permitió establecer diferencias significativas tanto a niveles de *M. anisopliae* y *B. thuringiensis* con relación al testigo que obtuvo 5,2 los valores más altos los obtuvo el factor b2 y b1 con 7,20 y 7,12 respectivamente.

Los factores en estudio presentan diferencias significativas con relación al testigo pero ninguna diferencia significativa entre ellos, siendo el promedio el factor a3 (*M. anisopliae* 3 cc/l) con 13456,68 kg/ha y el menor el testigo con 6062,22 kg/ha.

DISCUSIÓN

Se realizaron evaluaciones 72 horas (3 días) después de la aplicación de *M. anisopliae* para comprobar su acción lo que coincide con lo expresado por Roy et al. (2006) que menciona que los hongos entomopatógenos requieren varios días para matar a su hospedero.

Las parcelas tratadas con el producto biológico a base de *M. anisopliae* presentaron una reducción del ataque de planta a los 18 y 25 días, a los 32, 39 y 46 días ya no se presentó ataque de la plaga esto coincide con lo manifestado por Lezama et al. (2005) "la aplicación individual del hongo *M. anisopliae* logró una reducción del índice de daño a los 32 días de edad".

La investigación de campo determino para la variable altura de planta a los 30 y 60 días después de la siembra, que los factores en estudio son superiores al testigo, sobresaliendo el factor a3 (*M. anisopliae* 3 cc/l) con 221 cm, estos resultados no concuerdan con lo expresado por (Equaquímica, 2012) que

Tabla 1. Evaluación de parámetros de población de *Spodoptera frugiperda*

Tratamiento	Concentraciones	Control Biológico	Parámetro			
			Plantas afectadas		Larvas /plantas	
			18 días	25 días	18 días	25 días
a1	1 cc/l	<i>Metarhizium anisopliae</i>	47,6 a	17,71 a	0,80 a	0,18 a
a2	2 cc/l		37,7 a	16,64 a	0,76 a	0,17 a
a3	3 cc/l		47,7 a	11,09 a	0,67 a	0,11 a
b1	0 cc/l	<i>Bacillus thuringiensis</i>	64,3 b	44,45 b	1,53 c	0,46 b
b2	3 cc/l		52,0 b	0,00 a	0,52 b	0,00 a
b3	5 cc/l		16,6 a	0,00 a	0,17 a	0,00 a
Testigo	Sin aplicación		84,2 c	92,7 c	3,00 d	1,20 c

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Evaluación de parámetros agronómicos para el control de *Spodoptera frugiperda*

Tratamiento	Concentraciones	Control Biológico	Parámetro					
			Altura de la planta		Peso Mazorca	Peso 1000 gr	Relación grano/tuza	Rendimiento Kg/ha
			30 días	60 días	130 días	130 días	130 días	130 días
a1	1 cc/l	<i>Metarhizium anisopliae</i>	43,05 a	212 a	224,83 a	288,24 a	6,76 a	12490,74 a
a2	2 cc/l		43,29 a	216 a	239,22 a	295,11 a	7,10 a	13289,75 a
a3	3 cc/l		43,55 b	221 b	242,38 a	310,03 b	7,00 a	13465,68 a
b1	0 cc/l	<i>Bacillus thuringiensis</i>	41,37 a	214 a	231,07 a	293,51 a	7,12 b	12837,35 a
b2	3 cc/l		44,23 b	216 a	236,74 a	296,74 a	7,20 b	13152,22 a
b3	5 cc/l		43,30 b	219 a	238,62 a	303,12 b	6,53 a	13256,60 a
Testigo	Sin aplicación		30,35 c	192 c	109,12 b	114,79 c	5,20 c	6062,22 b

Fuente: Elaboración propia.

señala que el híbrido de maíz Dekalb 7088 tiene un promedio de altura de 232 cm.

La variable peso de mazorcas arrojó los siguientes resultados los factores a2 con 239,22 gramos y a3 241,38 gramos (*M. anisopliae* en dosis de 2 y 3 cc/l) como los mejores promedios.

Los resultados de la variable peso de 1000 granos, mostraron los mejores resultados en los factores a3 (*M. anisopliae* 3 cc/l) con 310,03 gramos y b3 303,12 gramos (*B. thuringiensis* 5 cc/l) con los mejores promedios.

Los factores con mayores rendimientos a3 *M. anisopliae* 3 cc/l obtuvo 13462,68 kg/ha y el factor a2 *M. anisopliae* 2 cc/l obtuvo 13289,75 kg/ha., mientras que el peor registro de rendimiento promedio apareció en el testigo absoluto con 6062,22 kg/ha

CONCLUSIONES

El producto biológico *Bacillus thuringiensis* demostró su efecto controlador en poblaciones de larvas de *Spodoptera frugiperda* a los 25 después de las aplicaciones con las dosificaciones de 3 cc/l y 5 cc/l; sin embargo, *Metarhizium anisopliae* incidió en las variables altura de planta, peso de la mazorca, peso de 1000 granos y rendimiento en kg /ha.

AGRADECIMIENTOS

A los investigadores y estudiantes que participaron en la investigación, así como también a los centros de investigación, casas comerciales e instituciones de educación superior que aportaron al desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bravo, A., Gómez, I., Conde, J., Muñoz-Garay, C., Sanchez, J., Miranda, R., Zhuang, M., Gill, S., and Soberon, M. (2004). Oligomerization triggers binding of a bacillus thuringiensis cry lab pore-forming toxin to aminopeptidase n receptor leading to insertion into membrane microdomains. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes*, 1667(1):38–46.

Bustillo, A. (2001). Hongos e insectos y posibilidades de uso de control biológico de plagas en Colombia. In *seminario uso de entomopatogenos en Colombia. Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá, Colombia, Argentina.*

de Faria, M. and Wraight, S. (2007). Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biological Control*, 43(3):237–256.

Equaquímica (2012). Equaquímica.

Espínola, F. (2011). Microencapsulación de hongos entomopatógenos y su evaluación sobre *spodoptera frugiperda* (j. e. smith) en laboratorio e invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis de pregrado.

Fernández-Larrea, O. (2002). Tecnologías de producción de bacillus thuringiensis. (64):110–115.

Lezama, R., Molina, J., López, M., Pescador, A., Galindo, E., Ángel, C., and Michel, A. (2005). Efecto del hongo entomopatógeno *metarhizium anisopliae* sobre el control del gusano cogollero del maíz en campo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 9(1).

Monzón, A. (2001). Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en nicaragua. *Manejo integrado de plagas (Costa Rica)*, (63):95–103.

Pedrini, N., Crespo, R., and Juárez, P. (2007). Biochemistry of insect epicuticle degradation by entomopathogenic fungi. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 146(1-2):124–137.

- Pucheta, M., Flores, A., Rodríguez, S., and De la Torre, M. (2006). Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *Interciencia*, 31(12):856–860.
- Roy, H., Steinkraus, D., Eilenberg, J., Hajek, A., and Pell, J. (2006). Bizarre interactions and endgames: entomopathogenic fungi and their arthropod hosts. *Annual Review of Entomology*, 51:331–357.
- Sandino, D. (2003). Vm manejo integrado de la salivita de la caña de azúcar. nicaragua. Technical report, FUNICA/UNA/CATIE, 26p.
- Soberón, M. and Bravo, A. (2007). Las toxinas cry de bacillus thuringiensis: modo de acción y consecuencias de su aplicación. *Biotecnología*, 14:303–314.
- Wang, C. and St Leger, R. (2007). The mad1 adhesin of metarhizium anisopliae links adhesion with blastospore production and virulence to insects, and the mad2 adhesin enables attachment to plants. *Eukaryotic cell*, 6(5):808–816.