

Artículo Original

IMPORTANCIA DE LOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE LA PLAGA *Spodoptera frugiperda* (SMITH) EN EL CULTIVO DEL MAÍZ MORADO

IMPORTANCE OF ENTOMOPATHOGENS IN THE CONTROL OF THE PEST *Spodoptera frugiperda* (SMITH) IN THE PURPLE CORN CROP

Agustina Valverde Rodríguez¹, Antonio Cornejo y Maldonado¹, Kelssy Carbajal Sánchez¹
Hickey Cordova Herrera², Santos Jacobo Salinas¹

¹ Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Av. Universitaria 601-607, Pillco Marca, Huánuco, Perú

² Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Av. Los Próceres 703, Yanacancha, Cerro de Pasco, Perú.

* E-mail para correspondencia: avalverde@unheval.edu.pe

Agustina Valverde Rodríguez	 https://orcid.org/0000-0003-1522-4827
Antonio Cornejo y Maldonado	 https://orcid.org/0000-0001-7751-2483
Kelssy Katherin Carbajal Sánchez	 https://orcid.org/0000-0002-1227-6894
Hickey Cordova Herrera	 https://orcid.org/0000-0002-9343-147X
Santos Severino Jacobo Salinas	 https://orcid.org/0000-0002-5984-1766

Recibido: 12 de octubre 2020 / Aceptado: 16 de diciembre 2020

RESUMEN

Se evaluó la eficiencia de 4 formulados entomopatógenos para el control de la plaga *Spodoptera frugiperda* (Smith) en el maíz morado. Se usó el diseño de bloques completamente aleatorio con cinco tratamientos: T1 (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*), T2 (*Bacillus subtilis*), T3 (*Metarhizium anisopliae*), T4 (*Beauveria bassiana*) y T5 (testigo en blanco) con cuatro repeticiones. Se usaron las dosis de 40 ml/20L H₂O, con una frecuencia de 7 días, por tres meses, evaluando la eficiencia a los 3 días después de cada aplicación. En laboratorio se estimó el porcentaje de mortalidad con 3 larvas a partir del tercer estadio; los resultados fueron sometidos a la fórmula de Henderson-Tilton y Abbott, la prueba de Anova y Duncan. En campo el T1 registró menor incidencia de larvas (1%), alta mortalidad (100%) y mayor rendimiento del cultivo (4 533 kg/ha). En laboratorio, el T1 mostró alta mortalidad (100%) de los estadios larvales tres y cuatro; en los estadios cinco y seis el T4 fue el más eficiente (100%). En conclusión, el entomopatógeno *B. thuringiensis* var. *kurstaki* es apropiado para el control de la plaga especialmente de los estadios larvales tres y cuatro, seguida por *B. bassiana* en los estadios cinco y seis.

Palabras claves: Control biológico, entomopatógenos, *Spodoptera frugiperda*, maíz morado, *Bacillus* sp, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*.

ABSTRACT

The efficiency of 4 entomopathogenic formulations for the control of the pest *Spodoptera frugiperda* in purple corn was evaluated. A completely randomized block design was used with five treatments: T1 (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*), T2 (*Bacillus subtilis*), T3 (*Metarhizium anisopliae*), T4 (*Beauveria bassiana*) and T5 (blank control) with four repetitions. The doses of 40 ml/20L H₂O were used, with a frequency of 7 days, during three months, evaluating the efficiency 3 days after each application. In the laboratory, the mortality percentage was estimated with 3 larvae from the third stage; the results were subjected to the Henderson-Tilton and Abbott formula, the Anova and Duncan test. In the field, T1 showed a lower incidence of larvae (1%), high mortality (100%) and higher crop yield (4 533 kg / ha). In the laboratory, T1 showed high mortality (100%) of larval stages three and four; in stages five and six, T4 was the most efficient (100%). In conclusion, the entomopathogens *B. thuringiensis* var. *kurstaki* is appropriate for the control of the pest, especially in third and fourth instar larvae, followed by *B. bassiana* in five and six instar larvae.

Keywords: Biological control; entomopathogens; *Spodoptera frugiperda*; purple corn; *Bacillus* sp; *Metarhizium anisopliae*; *Beauveria bassiana*.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz morado (*Zea mays* L.) es originario de la región andina del Perú, ampliamente cultivado y consumido en toda la región andina de América del Sur, principalmente en Perú, Ecuador, Bolivia y Argentina (Lao et al., 2017). Rico en antocianinas, sustancia que le da su coloración característica (Hañari-Quispe et al., 2015), las antocianinas que componen tienen propiedades antimutagénicas y anticancerígenas, así como actividades antidiabéticas y antiobesidad (Kim et al., 2020), también podría servir como materia prima alternativa a los colorantes sintéticos (Galvez et al., 2017). Forma parte de los productos más importantes en la dieta alimenticia rural peruana, con un creciente valor económico en el mercado internacional por su calidad nutritiva y usos medicinales. Sin embargo, una mayor producción del cultivo se ve limitada debido al ataque de la plaga conocida como la palomilla o gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) de origen estadounidense (Firake y Behere, 2020), la cual es considerada como una plaga clave del maíz (Ngangambe y Mwatawala, 2020) y considerada también como plaga invasora con serias amenazas en la producción de los alimentos, especialmente del maíz (Zhou et al., 2020) plaga de importancia económica en diferentes países (González-Maldonado et al., 2015; Rodríguez-Soto et al., 2018).

En la región Huánuco es frecuente observar los ataques del cogollero en diversas variedades de maíz. Actúa como gusano tierrero, cortador o gusano ejército y como cogollero en el maíz (Santos et al., 2014). Favorecido por sus numerosos estadios larvales que coincide con las etapas de crecimiento vegetativo del cultivo, las larvas consumen las hojas y devoran el cogollo de la planta. El daño más grave que produce esta plaga es el consumo continuo de los brotes jóvenes reduciendo el área fotosintética de la planta (Ramanujam et al., 2020) al consumir el follaje, daña o destruye el tejido meristemático o el cogollo, corta los tallos produciendo daños irreversibles, o modificando la arquitectura de la planta (León et al., 2018). Esta plaga también puede comportarse como los gusanos cortadores de las plántulas de maíz, poco después de la emergencia de la planta, lo que provoca una reducción significativa del desarrollo (Prasanna et al., 2018); así como también pueden alimentarse de las mazorcas y granos en desarrollo cuando hay grandes poblaciones durante la temporada de reproducción del maíz (Faretto et al., 2017).

El daño económico de esta plaga generalmente es importante (Sánchez et al., 2019) ya que reduce el valor de las cosechas al destruir el cogollo de la planta, afectar los órganos florales, debilitar los tallos y al disminuir la calidad de los granos (Coveña, 2015). Las pérdidas son considerables, pudiendo reducir los rendimientos en 0,8 t/ha de maíz seco, lo que equivale al 40% de la producción (Candell, 2018).

El control de *S. frugiperda* en la agricultura moderna se basa específicamente en el uso frecuente de plaguicidas; esto sin tener en cuenta los desastres ecológicos y como puede afectar la salud del agricultor (Sánchez et al., 2019), con esta plaga la aplicación de insecticidas químicos se vuelve insostenible ya que la especie tiende a desarrollar resistencia a los insecticidas, además el uso de pesticidas afectan a los enemigos naturales y generan peligros ambientales, así como los riesgos para la salud (Ramanujam et al., 2020). Frente a ello es necesario buscar nuevos métodos de control, más eficaces, y sobre todo más amigables con el medio ambiente, que permitan el desarrollo de una agricultura sostenible con menor uso de productos tóxicos. Aquí surge la necesidad de desarrollar tecnologías de Manejo Integrado de Plagas (MIP) sostenibles contra *S. frugiperda*, respetando el medio ambiente (Reséndiz et al., 2016). Esta disminuye los niveles de infestación de plagas a una proporción que no causen daño económico, disminuir el espectro de acción y además no generan contaminación al ambiente. (Hernández-Trejo et al., 2019). El uso de los entomopatógenos puede ser una alternativa viable, ya que su eficiencia ha sido demostrada en varios estudios, como por ejemplo Akutse et al. (2019) demostraron que *Beauveria bassiana* causó una mortalidad moderada del 30 % en las larvas de segundo estadio de *S. frugiperda*, mientras que con *Metarhizium anisopliae* la mortalidad de las ovipositoras fue de 87 %, 83 % y 79,5%, respectivamente, por su parte Ramos et al. (2020) al evaluar cuatro colonas aisladas de *B. bassiana* y tres *Metarhizium brunneum* contra *Spodoptera littoralis* señala que

todos los aislamientos fueron patogénicos y la mortalidad se dio entre un 31,7 % y 83,3%; el tiempo medio de supervivencia fue de 7,5 a 10,5 días y 14,0 días para el control, entre el 1,7% y el 15,0% de los adultos que emergieron de pre pupas/pupas supervivientes estaban deformados. Similares resultados demostraron França et al. (2006) en sus estudios realizados con *M. anisopliae* y *B. bassiana* en el control de *Podisus nigrispinus*. García et al. (2011) reportaron la efectividad de *B. bassiana* y *M. anisopliae*, en larvas de segundo estado de *S. frugiperda* con una mortalidad de hasta un 96,6 %. En tanto González-Maldonado et al. (2015) registraron una eficacia de 49,33% en las larvas de *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio. Zhou et al. (2020) con las colonias de *Metarhizium rileyi* encontraron hasta un 90 % de infectividad hasta el cuarto estadio larval de *S. frugiperda*, ninguna larva sobrevivió después de ser tratada con una suspensión de esporas de *M. rileyi*. Ramanujam et al. (2020) evaluaron diez cepas autóctonas de *B. bassiana*, y *M. anisopliae* y *M. rileyi* en larvas de segundo estadio de *S. frugiperda* en un bioensayo de laboratorio; registrando hasta un 67,8 % de mortalidad. Similares resultados fueron obtenidos por Akutse et al. (2019) quienes demostraron que *B. bassiana* causó una mortalidad moderada del 30% en las larvas de segundo estadio de *S. frugiperda*, mientras que *M. anisopliae* provocó mortalidad de huevos de 87%, 83% y 79,5%, respectivamente. Esto indica que la virulencia de estos entomopatógenos puede variar según el origen de la cepa.

El uso de los entomopatógenos es justificable de diversas maneras, así como lo dicho por Oliveira et al. (2017) quienes manifiestan que el plaguicida químico utilizado para el control de plagas provoca resistencia, influye negativamente sobre el ambiente y la salud humana, por lo que la estrategia de control con microorganismos benéficos, como *B. thuringiensis*, es viable. En base a lo descrito, el objetivo principal del presente estudio fue determinar la eficiencia de los hongos entomopatógenos frente a la especie *S. frugiperda* en el cultivo de maíz morado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en las parcelas del Centro de Investigación Frutícola y Olerícola (CIFO) ubicado en la localidad de Cayhuayna, perteneciente al distrito de Pillco Marca, provincia y región Huánuco. Cuya posición geográfica es: Latitud Sur 09° 45'; Longitud Oeste 76° 26' y a una altitud de 1920 m.s.n.m y los laboratorios de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Facultad de Ciencias Agrarias, durante el periodo 2018 y 2019. Los estudios se efectuaron en parcelas con cultivos de maíz morado, entre los tratamientos se tuvo a los formulados de los entomopatógenos: *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, *B. subtilis*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y testigo; en campo la población de maíz total fue de 375 plantas por experimento, 75 plantas por parcela experimental y 21 plantas consideradas como muestra; el criterio para tomar las muestras de cada unidad experimental fue realizar la evaluación del cogollo de cada planta, contabilizando las larvas vivas y muertas, plantas dañadas y el rendimiento en número y diámetro de mazorcas. Para los ensayos en laboratorio se efectuaron colectas manuales de larvas de diferentes estadios, en parcelas sin aplicación, el material se depositó en frascos de crianza con dieta natural y trasladados al laboratorio, para su disposición.

El diseño del experimento fue un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) constituido por 4 repeticiones y 5 tratamientos, con un total de 20 unidades experimentales en campo.

La conducción de la investigación conto con dos fases:

Metodología en campo

Paso 1: Se realizó el análisis de agua que consistió en medir el pH y contenido de carbonatos, posterior a ello se realizaron las pruebas en blanco para determinar la cantidad de agua necesaria por aplicación y la etapa fenológica del cultivo.

Paso 2: La dosificación de los formulados de entomopatógenos se realizó de la siguiente manera: Se hizo la mezcla del corrector de pH (20ml/20L H₂O) con el producto biológico (40g/20L H₂O) removiendo hasta obtener una mezcla homogénea, finalmente se adicionó aceite agrícola 20ml/20L H₂O (solamente para los hongos) y se dejó reposar la mezcla por 6 horas. Posterior a ello se preparó el caldo insecticida en una mochila de 20L. Las frecuencias de las aplicaciones

fueron de cada 7 días, con la evaluación de la eficiencia de los productos a los 3 días después de cada aplicación, por un periodo de tres meses consecutivos.

Metodología en laboratorio

Los cogollos tiernos de las plantas libres de cualquier pesticida fueron colectados y trasladados al laboratorio, conservados en la cámara refrigerante para su preservación evitando la deshidratación, deterioro, pudrición o contaminación de las mismas.

Fueron colectadas 135 larvas en total, a partir del tercer estadio (3 a 6) fueron colectadas en las parcelas del maíz morado circundantes manejados sin insecticidas. Los individuos fueron trasladados al laboratorio y mantenidos en cámaras de crianza a una temperatura constante de 24°C, el primer día de la semana y para cada estadio larval se efectuaron los ensayos biológicos y en el transcurso de los siete días siguientes se determinaron los efectos de los entomopatógenos en cada muestra.

Los procedimientos para la desinfección del material vegetal, preparación y aplicación de los formulados en laboratorio fueron los siguientes: Posterior a la colecta de cogollos tiernos, estos fueron lavados y desinfectados con hipoclorito de sodio al 0,5% en un frasco conteniendo 250 ml de agua destilada, realizando el triple lavado, secados con papel toalla; colocados en placas Petri estéril según tratamiento.

Se realizó la desinfección de larvas cuidadosamente con agua destilada y secadas con papel toalla, posteriormente se seleccionaron según los estadios, colocando 3 larvas en cada placa previamente inoculada por los entomopatógenos. Las observaciones y la limpieza de cada placa Petri fueron realizadas 1 vez al día y a la misma hora.

La mortalidad se determinó por la ausencia de movimiento de la larva al ser tocada, con una pinza estéril y observadas en el estereoscopio.

Tabla 1. Características de los formulados biológicos aplicados

Ingrediente activo	Grupo biológico	Dosis de etiqueta	Dosis aplicada
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> 2,5x10 ⁹ conidias/ml 1 Litro de (SC)	Bacteria	1,0 a 2,0 L/200L	40 mL/20L H ₂ O
<i>Bacillus subtilis</i> 2,5x10 ⁹ ufc/mL 1 Litro de (SC)	Bacteria	1,0 a 2,0L/200L	40 mL/20L H ₂ O
<i>Metarhizium anisopliae</i> >1,0x10 ¹⁰ conidias/gr 200 gr (WP)	Hongo	0,3-05 Kg/200L	40 g/20L H ₂ O
<i>Beauveria bassiana</i> > 1,5x10 ¹⁰ conidias/g 200g (WP)	Hongo	0,2 Kg/200L	40 g/20L H ₂ O

3 RESULTADOS

Porcentaje de Incidencia de *Spodoptera frugiperda* en el maíz morado

Se registraron promedios entre 13 % a 1 % una vez iniciado con las aplicaciones del producto; para el caso del tratamiento *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* a los 14 días después de la siembra se tuvo incidencias de hasta un 10% para luego decaer al 6 % a los 21 días, 2% a los 77 días y 1% a los 84 días (Tabla 1). Estos resultados se mantienen por debajo de los niveles de daño económico (NDE) estimados por Jaramillo-Barrios et al. (2020) entre 2,6 y 1,9 larvas promedio por 10 plantas y los umbrales de acción (UA) en el período de 0-20 días y de 20-40 después de emergencia con 1,8 a 2;0 larvas promedio por 10 plantas, respectivamente

Tabla 2. Evaluación del porcentaje de incidencia de larvas en días (D)

Tratamientos	Incidencia (%) de larvas em campo/días									
	7D	14D	21D	28D	35D	42D	63D	70D	77D	84D
<i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	2	10	6	4	4	4	3	4	2	1
<i>M. anisopliae</i>	2	10	9	9	8	5	5	5	4	3
<i>B. subtilis</i>	3	9	9	9	7	5	6	5	4	3
<i>B. bassiana</i>	2	10	9	9	8	6	6	5	5	3
Testigo (absoluto)	2	13	14	10	12	8	8	7	7	5

Mortalidad de larvas

El registro de larvas muertas en campo para cada tratamiento comenzó a los 7 días pre aplicación. Los resultados indican que el tratamiento con mayor efectividad de control fue *B. thuringiensis* var. *kurstaki* obteniendo en promedio de 1,35 a 0,28 (Tabla 2).

Tabla 3. Promedios de conteo \pm EE de *Spodoptera frugiperda* / semana en evaluación post-aplicación temporada, 2019

TRATAMIENTOS	Pre aplicación (media \pm EE)	14 DÍAS (media \pm EE)	28 DÍAS (media \pm EE)	70 DÍAS (media \pm EE)	84DÍAS (media \pm EE)
<i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	0,49 \pm 0,019 a	2,14 \pm 5,44a	0,81 \pm 0,21a	0,76 \pm 0,22a	0,28 \pm 3,96a
<i>M. anisopliae</i>	0,51 \pm 0,019a	1,99 \pm 5,44b	1,94 \pm 0,21b	1,05 \pm 0,22b	0,56 \pm 3,96b
<i>B. subtilis</i>	0,51 \pm 0,019a	2,18 \pm 5,44b	1,87 \pm 0,21ab	0,97 \pm 0,22b	0,64 \pm 3,96b
<i>B. bassiana</i>	0,51 \pm 0,019a	2,02 \pm 5,44b	1,80 \pm 0,21ab	1,07 \pm 0,22b	0,69 \pm 3,96b
Testigo	0,54 \pm 0,019a	2,75 \pm 5,44c	2,13 \pm 0,21c	1,44 \pm 0,22c	0,96 \pm 3,96c

Promedio en una columna con letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples test de Duncan ($p < 0,05$).

Efectividad de los entomopatógenos en la mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* en laboratorio

Los entomopatógenos frente a las larvas de *Spodoptera frugiperda* mostraron la máxima mortalidad a los 7 días de estar en contacto con el tóxico, siendo *B. thuringiensis* var. *kurstaki* de mayor eficacia de mortalidad en los estadios 3 y 4 (100%) y *Beauveria bassiana* en los estadios 5 y 6 con 100% (Figura 1, 2, 3 y 4).

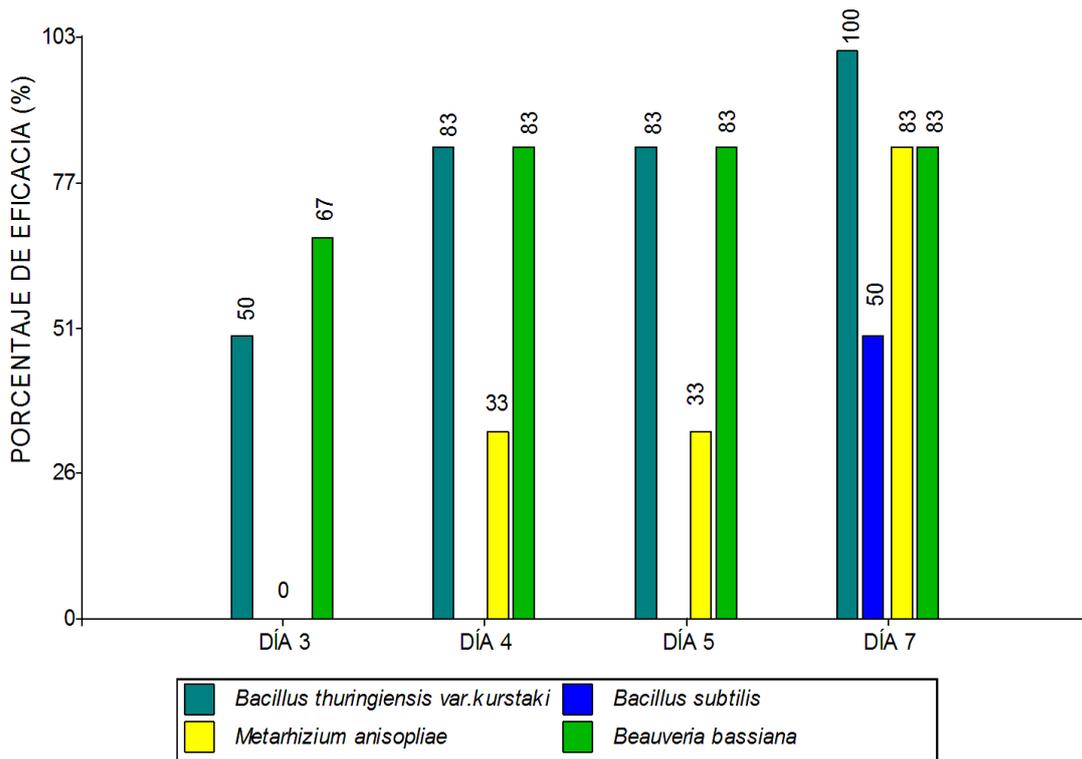


Fig. 1. Porcentaje de eficacia en la mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* en el tercer estadio

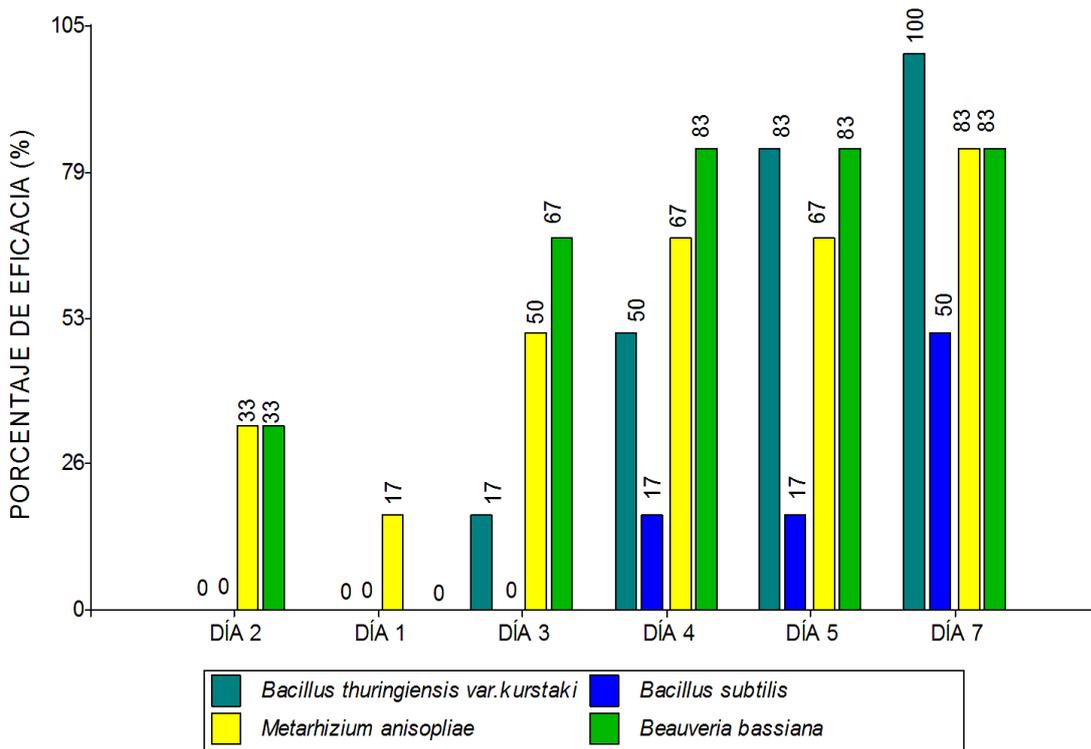


Fig.2. Porcentaje de eficacia en la mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* en el cuarto estadio

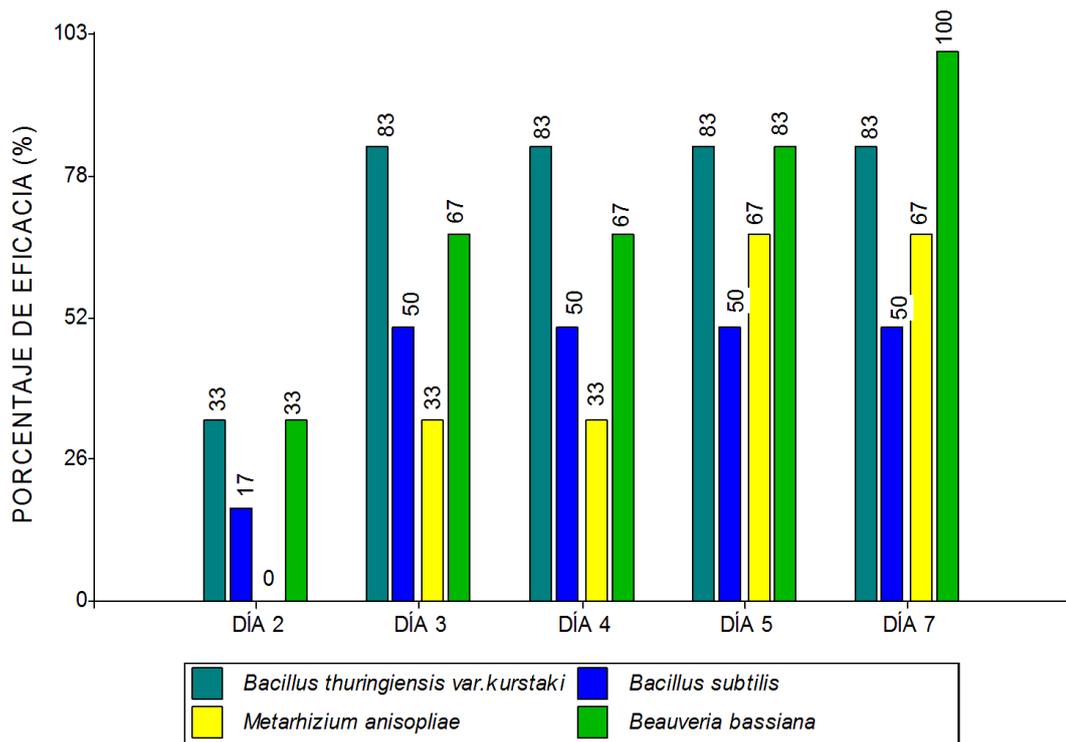


Fig.3. Porcentaje de eficacia en la mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* en el quinto estadio

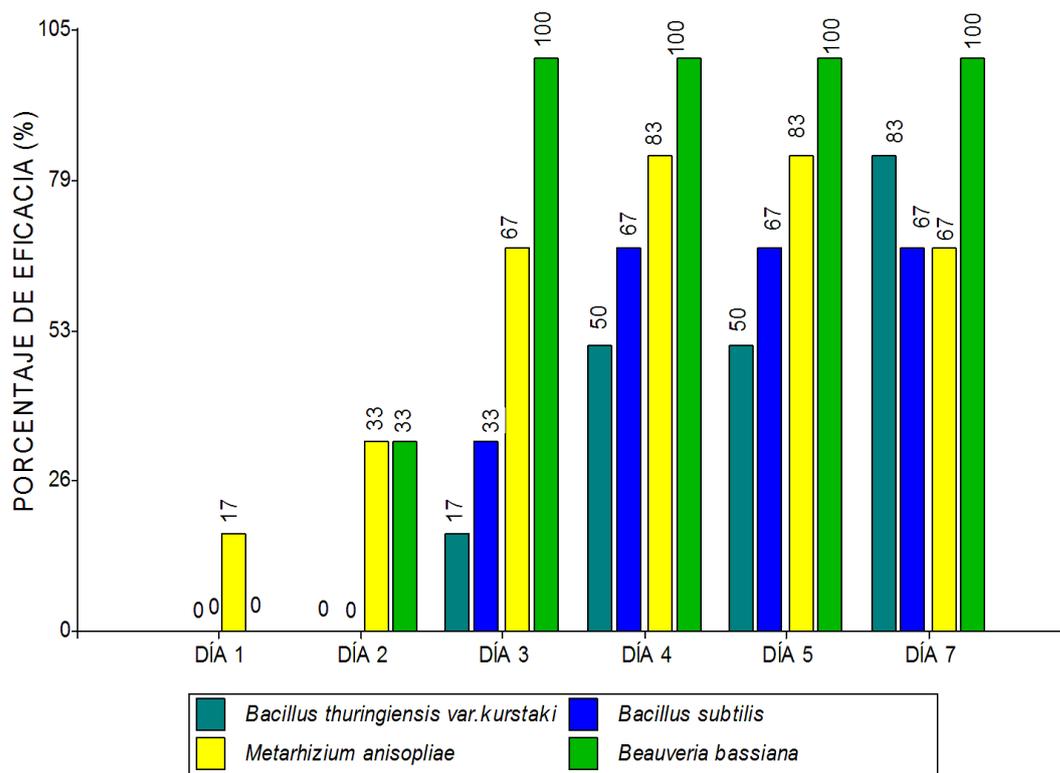


Fig.4. Porcentaje de eficacia en la reducción de larvas de *Spodoptera frugiperda* en el sexto estadio larval

Evaluación del rendimiento del maíz morado

El rendimiento de maíz proyectado en una hectárea con la aplicación del tratamiento *B. thuringiensis* var. *kurstaki* fue de 4533,75 kg y el tratamiento *Beauveria bassiana* fue 4211,25 kg.

4. DISCUSIÓN

Los resultados de la evaluación del porcentaje de incidencia de *Spodoptera frugiperda* en el maíz morado, coincide con los reportes de León et al. (2018) a los 18 y 25 días después de la siembra observaron que con la aplicación de *B. thuringiensis* se había logrado el promedio más bajo de plantas atacadas (0,17 %) mientras que con *Metarhizium anisopliae* se reduce hasta un 11,09 %. Drouet (2018) manifiesta que, al aplicar *B. thuringiensis* los porcentajes de daño no llegan al umbral de daño económico del cultivo. Vázquez-Ramírez et al. (2015) al estudiar tres cepas nativas de *B. thuringiensis* observaron que poseen buen nivel de toxicidad hacia *S. frugiperda*. Por lo que se deduce que en las condiciones del CIFO UNHEVAL el producto formulado a base de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* puede lograr mantener las infestaciones hasta por debajo de un 10 %.

En el caso de la mortalidad de larvas, similares resultados reportan León et al. (2018) a los 25 días observaron que con la aplicación de *B. thuringiensis* se había logrado el control total, cero larvas por planta, mientras que con *M. anisopliae* se reduce hasta un 0,11 %. Por su parte Vázquez-Ramírez et al. (2015) registraron y reportaron promedios desde 3,75 a 5,25 larvas muertas respectivamente. Estos resultados se deben a que *Bacillus* sp provoca el colapso de centros nerviosos, digestivos y reproductivos cesando la actividad biológica de la plaga (Mendoza, 2019). Por su parte Pacheco et al. (2019) aducen que los tratamientos a base de *M. anisopliae* con diferentes concentraciones resultan ser efectivas en el control de plagas.

En laboratorio la efectividad de los entomopatógenos en la mortalidad de larvas coincide con las respuestas de Ruiz et al. (2013) quienes reportan una eficiencia del 57,25 % a las 120 horas después de la aplicación de *B. thuringiensis* frente al gusano cogollero. Por lo tanto, los entomopatógenos han demostrado su control a la presencia del *S. frugiperda*. En tanto Díaz (2016) consigue mayores promedios de mortalidad, de hasta un 75%, en las larvas en dieta purificada, evaluadas en 96 y 120 horas al aplicar *B. thuringiensis*. Lo mismo Stapel et al. (1998) concuerdan en manifestar que las larvas de primer instar de *S. frugiperda*, se ven afectadas con el uso de toxinas de *B. thuringiensis*, producto de la intoxicación bacteriana. Vázquez-Ramírez et al. (2015) también, comprobaron que algunas cepas de Bt son eficaces con efecto tóxico contra las del gusano cogollero del maíz. Villarreal-Delgado et al. (2018) mencionan que el primer bioplaguicida microbiano a base de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 fue elaborado para el control biológico de lepidópteros. Esto es por su capacidad de producir proteínas Cry (Bt- δ endotoxinas) durante la formación de sus esporas, las mismas que tienen la capacidad de provocar lisis en células del tracto digestivo del insecto al ser consumido.

En cuanto al rendimiento de maíz proyectado en una hectárea con la aplicación del tratamiento *B. thuringiensis* var. *kurstaki* y *B. bassiana*. Parecido resultado reporta Candell (2018) al evaluar *B. thuringiensis* con diferentes dosis y el insecticida químico cipermetrina. La mayor diferencia estadística ocurre solamente con el testigo convencional, siendo los rendimientos 4836,38 kg/ha y 5403,25 kg/ha respectivamente.

5. CONCLUSIONES

El tratamiento con mayor eficiencia en la reducción de los porcentajes de incidencia, así como en la mortalidad *Spodoptera frugiperda* fue el entomopatógeno *B. thuringiensis* var. *kurstaki*. La incidencia se redujo de un 10 % evaluadas a los catorce días después de la siembra hasta un 1% a los ochenta y cuatro días de evaluación en campo. En el caso de la mortalidad, la eficiencia en laboratorio de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* fue de un 100% en los estadios larvales tres y cuatro, sin embargo, para el caso de los estadios larvales cinco y seis el tratamiento *Beauveria bassiana* mostró la más alta eficiencia (100%). El rendimiento promedio del maíz tratados con *B. thuringiensis* var. *kurstaki* fue de 4 533,75 kg/ha y con el tratamiento *B. bassiana* se obtuvo un promedio de 4 211, 25 kg/ ha.

En base a los resultados obtenidos en campo se recomienda hacer uso del entomopatógeno *B. thuringiensis* var. *kurstaki* para el control de la plaga *S. frugiperda*. Sin embargo, se deberán realizar nuevos estudios para determinar la efectividad de *B. bassiana* en campo puesto que resultó siendo altamente efectivo en la mortalidad de las larvas de los estadios cinco y seis en los ensayos llevados a cabo en laboratorio.

6. AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos al director del Centro de Investigación olerícola frutícola (CIFO)-UNHEVAL, donde se llevó a cabo la investigación, Dr. Fernando Gonzales Pariona.

7. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

A.V., K.S., S.J. y H.C.: Concepción, diseño, recolección de datos, revisión crítica del artículo y aprobación de la versión final. A.V. y S.J.: Análisis estadístico e interpretación de los resultados. A.C., K.S y H.C.: Bioensayos en campo y laboratorio. Todos los autores han leído el manuscrito final y aprobado la versión.

8. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akutse, K.S., Kimemia, J.W., Ekesi, S., Khamis, F.M., Ombura, O.L., y Subramanian, S. (2019). Ovicidal effects of entomopathogenic fungal isolates on the invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied Entomology*, 143(6): 626-634. <https://doi.org/10.1111/jen.12634>.
- Candell, A. D. (2018). Efecto de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* JE 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. <https://doi.org/10.26423/rctu.v5i1.312>.
- Coveña, S. R. (2015). Respuesta del maíz *Zea mays* al bioinsecticida de cedro rojo *Cedrela odorata* en cebo y aspersion para controlar al cogollero *Spodoptera frugiperda*. Tesis de grado. Universidad de Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/7399>.
- Díaz, J. (2016). Acción de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* (Berliner), como control biológico de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith). Lepidoptera: Noctuidae. *Revista Temas Agrarios*, 21(2): 86-91. <https://doi.org/10.21897/rta.v21i2.904>.
- Drouet, A. C. (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.
- Faretto, A.P., Michel, M.C., Silva, F. N., y Silva, J. (2017). Adaptive potential of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) limits Bt trait durability in Brazil *J. Integr. Pest. Manag*, 8, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmx011>.
- Firake, D. M.; Behere, G. T. (2020). Natural mortality of invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize agroecosystems of northeast India. *Biological Control*, 148- 104303. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104303>.

- França, Í. W., Marques, E. J., Torres, J. B., y Oliveira, J. V. (2006). Efeitos de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Sobre o percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology*, 35(3), 349-356. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000300009>.
- Galvez, R. L., Christopher, A., Sarkar, D., Shetty, K., Chirinos, R., y Campos, D. (2017). Phenolic Composition and Evaluation of the Antimicrobial Activity of Free and Bound Phenolic Fractions from a Peruvian Purple Corn (*Zea mays* L.) Accession. *Journal of food science*, 82(12), 2968-2976. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13973>.
- García, J. E., Posadas, J.B., Peticari, A., y Lecuona, R. E. (2011). *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin promotes growth and has endophytic activity in tomato plants. *Advances in Biological Research*, 5(1):22-27. https://www.researchgate.net/profile/Julieta_Posadas/publication/228474280_Metarhizium_anisopliae_Metschnikoff_Sorokin_Promotes_Growth_and_Has_Endophytic_Activity_in_Tomato_Plants/links/02e7e517e60177e2fc000000.pdf.
- González-Maldonado, M. B.; Gurrola-Reyes, J. N. y Chaírez-Hernández, L. (2015). Biological products for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista colombiana de Entomología*, 41(2): 200-204. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882015000200009.
- Hañari-Quispe, R.; Arroyo, J.; Herrera-Calderón, O. y Herrera-Moran, H. (2015). Efecto hepatoprotector del extracto hidroetanólico atomizado del maíz morado (*Zea mays* L.) en lesiones hepáticas inducidas en ratas. In *Anales de la Facultad de Medicina*, Vol. 76(2):23-128. <http://dx.doi.org/10.15381/anales.v76i2.11136>.
- Hernández-Trejo, A.; Estrada-Drouaillet, B.; Rodríguez-Herrera, R.; García-Giron, J. M.; Patiño-Arellano, S. A.; Osorio-Hernández, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4):803-813. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665>.
- Jaramillo-Barrios, C. I.; Varón-Devia, E. H. y Monje-Andrade, B. (2020). Economic injury level and action thresholds for *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize crops. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(1):9065-9076. <http://dx.doi.org/10.15446/rfnam.v73n1.78824>.
- Kim, J. T., Yi, G., Chung, I. M., Son, B. Y., Bae, H. H., Go, Y. S., Ha, J.Y., Baek, S.B., y Kim, S. L. (2020). Timing and Pattern of Anthocyanin Accumulation during Grain Filling in Purple Waxy Corn (*Zea mays* L.). *ACS Omega*, 5(25): 15702-15708. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c02099>.
- Lao, F., Sigurdson, G. T., y Giusti, M. M. (2017). Health benefits of purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2), 234-246. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12249>.
- León, J. E., Brito, O. G., y Manssur, F. G. (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. DOI: <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3iss11.2018pp18-23p>.
- Mendoza-Léon, D., Dobronski-Arcos, J., Vásquez-Freytez, C., Frutos-Pinto, V. y Paredes-Carreño, S. (2019). Control de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) con *Bacillus subtilis* en hojas de fresa (*Fragaria vesca*). *Agronomía Costarricense*, 43(1):125-133. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v43i1.35676>.
- Ngangambe, M. H., y Mwatawala, M. W. (2020). Effects of entomopathogenic fungi (EPFs) and cropping systems on parasitoids of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) on maize in

- eastern central, Tanzania. *Biocontrol Science and Technology*, 30(5): 418-430. <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1726878>.
- Oliveira, D. H. (2017). Patogenicidade e virulência de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* a *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). Tesis de grado. Universidad Tecnológica Federal do Paraná. <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16049>.
- Pacheco, H. M., Reséndiz, M. J., y Arriola, P. V. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), 4-32. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>
- Prasanna, J.E., Huesing, R., y Eddy, V.M. (2018). *Peschke Fall Armyworm in Africa: A Guide for Integrated Pest Management* (first ed.), CIMMYT, México, CDMX, p. 120p. <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/19204/59133>.
- Ramanujam, B., Poornesha, B., y Shylesha, A. N. (2020). Effect of entomopathogenic fungi against invasive pest *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1): 1-5. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00291-4>.
- Ramos, Y., Taibo, A. D., Jiménez, J. A., y Portal, O. (2020). Endophytic establishment of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in maize plants and its effect against *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1): 1-6. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00223-2>.
- Reséndiz, R. Z., López, S. J. A., Osorio, H. E., Estrada D. B., Pecina, M. J. A., Mendoza, C. M. C. y Reyes, M. C. A. (2016). Importancia de la resistencia del maíz nativo al ataque de larvas de lepidópteros. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 20(59):3-14. http://mixteco.utm.mx/edi_antiores/temas59/T59_0Indice.pdf.
- Rodríguez-Soto, J.; Salazar-Castillo, M., y Contreras-Quiñones, M. (2018). Efecto de diferentes surfactantes sobre larvas III de *Spodoptera frugiperda* Smith bajo condiciones de laboratorio y de campo. *Arnaldoa*, 25(3):1041-1052. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25315>.
- Ruíz, E. M., Cabral, A. C., y Pino, Q. C., (2013). Eficiencia de *Bacillus thuringiensis* Línea HD-1 en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith), Lepidoptera; Noctuidae en condiciones de campo y de laboratorio en el cultivo de maíz dulce *Zea mays Saccharata*. *Investigación Agraria*, Vol. 6 (1) ISSN 1684-9086. <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/198>>. Fecha de acceso: 08 agosto. 2020.
- Sánchez, J. J., Valle, D. J., Pérez, T. E., Neira, M., y Calderón A.A (2019). Control biológico de *Spodoptera frugiperda* en cultivo de *Zea mays*: Uso de nematodos entomopatógenos. *Scientia Agropecuaria*, 10(4): 551-557. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.12>.
- Santos, A. M., Uribe, L. A., Ruiz, J. C., Tabima, L., Gómez, J. A., y Villamizar, L. F. (2014). *Spodoptera frugiperda* Nucleopolyhedrovirus Sf NPV003: Compatibility with agrochemicals and storage stability. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(2), 219-228. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062014000200008.
- Stapel, J., Waters, D., Ruberson, J., y Lewis, W. (1998). Development and behavior of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Choice Test with Food Substrates containing toxins of *Bacillus thuringiensis*. *Biological control*, 11(1): 29-37. <https://doi.org/10.1006/bcon.1997.0576>.
- Vázquez-Ramírez, M. F.; Rangel-Núñez, J. C.; Ibarra, J. E.; y Del Rincón-Castro, M. C. (2015). Evaluación como agentes de control biológico y caracterización de cepas mexicanas de *Bacillus thuringiensis* contra el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*

(Lepidoptera: Noctuidae). *Interciencia*, 40(6):
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33938675006>.

397-402.

Villarreal-Delgado, M. F.; Villa-Rodríguez, E. D.; Cira-Chávez, L. A.; Estrada-Alvarado, M. I.; Parra-Cota, F. I. y Santos-Villalobos, S. D. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(1): 95-130. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>.

Zhou, Y. M., Xie, W., Ye, J. Q., Zhang, T., Li, D. Y., Zhi, J. R. y Zou, X. (2020). New potential strains for controlling *Spodoptera frugiperda* in China: *Cordyceps cateniannulata* and *Metarhizium rileyi*. *BioControl*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10526-020-10035-w>.

Citar como:

Valverde, A.; Cornejo, A.; Carbajal, K.; Cordova, Hickey.; Jacobo, S. 2020. Importancia de los entomopatógenos en el control de la plaga *Spodoptera frugiperda* (Smith) en el cultivo del maíz morado. *REBIOL* 42(2):206-217. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.08>.