

Evaluación de bioinsecticidas para el control de larvas de *Spodoptera frugiperda*, en condiciones de laboratorio

Evaluation of bioinsecticides for the control of Spodoptera frugiperda larvae under laboratory conditions

Andrés Ramírez¹ Priscila Bautista² Richard Molina³ John Pinargote⁴

¹Universidad Técnica de Cotopaxi, Dirección de Posgrado, Maestría en Sanidad Vegetal, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador; ²Universidad Técnica Estatal de Quevedo-(UTEQ), Quevedo, Los Ríos, Ecuador;

³Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador;

⁴Egresado de la Universidad de Córdoba, Córdoba, España

Resumen

S. frugiperda es la plaga más importante en el maíz, responsable de generar grandes pérdidas. El método de control al que comúnmente incurren los agricultores se basa en portafolios insecticidas que afectan significativamente al ambiente, por lo cual es necesario acudir a opciones más amigables. En virtud de lo anterior, esta investigación tuvo objetivo evaluar la efectividad bio insecticidas con distintas dosis en condiciones de laboratorio. Para el tratamiento de datos se empleó un arreglo factorial 3 x 3 +1 con tres observaciones implementado en un Diseño Completamente al azar, el factor 1 estuvo conformado por bioinsecticidas a base de *Azadirachtin*, *Bacillus thuringiensis* y *Metarhizium anisopliae*, y el factor 2 por las dosis (Alta 3.0 cc/L, Media 2.5 cc/L y Baja 2.0 cc/L). Las variables estudiadas fueron: el número de larvas muertas y la eficacia de los bioinsecticidas en el tercer y quinto estadio. Los resultados alcanzados demostraron que la mayor tasa de mortalidad se presentó con la aplicación de T7 (*Bacillus thuringiensis* en dosis 3.0) en larvas de *S. frugiperda* del tercer y quinto estadio con una efectividad 86.7 y 73.3% respectivamente. Por último, se concluyó que todos los bioinsecticidas demostraron una mayor eficacia para combatir larvas de gusano cogollero al emplearse en dosis altas (3.0) que al emplearse dosis medias o bajas.

Palabras clave: bioinsecticidas, larvas, maíz, mortalidad, *Spodoptera frugiperda*

Recibido: 10 de mayo de 2022 - revisión aceptada 1 de agosto de 2022

Correspondiente al autor: john.pinargote2013@gmail.com

Abstract

S. frugiperda is the most important pest in corn, responsible for generating large losses. The control method commonly used by farmers is based on insecticide portfolios that significantly affect the environment, making it necessary to resort to more environmentally friendly options. In view of the above, the objective of this research was to evaluate the effectiveness of bioinsecticides with different doses under laboratory conditions. For data treatment, a 3 x 3 +1 factorial arrangement was used with three observations implemented in a completely randomized design, factor 1 consisted of bioinsecticides based on *Azadirachtin*, *Bacillus thuringiensis* and *Metarhizium anisopliae*, and factor 2 consisted of the doses (High 3.0 cc/L, Medium 2.5 cc/L and Low 2.0 cc/L). The variables studied were: the number of dead larvae and the efficacy of the bioinsecticides in the third and fifth instar. The results showed that the highest mortality rate occurred with the application of T7 (*Bacillus thuringiensis* at dose 3.0) on *S. frugiperda* larvae of the third and fifth instar with an effectiveness of 86.7 and 73.3%, respectively. Finally, it was concluded that all bioinsecticides showed greater efficacy against codling moth larvae when used at high doses (3.0) than when used at medium or low doses.

Key words: bioinsecticides, larvae, corn, mortality, *Spodoptera frugiperda*

Introducción

S. frugiperda es catalogado como una plaga que afecta principalmente a los cereales como el maíz (Castro *et al.*, 2019; Polanía *et al.*, 2007). Conocida por muchos como gusano cogollero, esta plaga recibe también la denominación de oruga militar tardía, debido a que en situaciones de escasez de alimentos, pueden incurrir en traslados masivos a otros cultivos en su estado larvario (Casmuz *et al.*, 2010).

Uno de sus características más predominantes, es su capacidad de adaptación a distintas condiciones climatológicas, permitiéndole así distribuirse geográficamente con facilidad, principalmente en regiones cálidas (Virla *et al.*, 1999). Su accionar sobre el cultivo maíz puede llegar a ocasionar pérdidas devastadoras para el agricultor (Chango, 2012), siendo capaz de reducir del 8 hasta el 50% de los componentes de rendimiento dependiendo

de la edad de las plantas atacadas (Cave & Acosta, 1999).

En relación a lo anterior, el uso de plaguicidas convencionales se muestra como una de las opciones más usadas por los agricultores, quienes al hacer uso irracional y desproporcionado de los mismos ocasionan la eliminación de insectos benéficos, polinizadores y sobre todo enemigos naturales del gusano cogollero, a lo que se suman otras negativas como el incremento de los costos de producción, peligros a la salud humana, desequilibrio al ecosistema y sobre todo el desarrollo de poblaciones resistentes (Cave & Acosta, 1999; Guerrero, 2020).

Frente ello, el uso de opciones orgánicas para el control de plagas mediante el uso de bioproductos a base de plantas (Zamora *et al.*, 2008), constituye una estrategia de manejo integrado que además de segura para el medio ambiente, ha demostrado excelentes resultados (Nava *et al.*, 2012). Entre estos destacan bioinsecticidas a base de *Azadirachtin*,

el cual posee gran potencia para disrumpir el crecimiento de insectos, baja toxicidad y bajo poder residual (Kilani et al., 2021). Asimismo, destaca el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, del cual existen estudios que indican una eficiencia del 100% para combatir al cogollero en estados de huevo y larva (Lezama et al., 2005). Finalmente, la bacteria *Bacillus thuringiensis* el cual genera toxinas insecticidas que afectan el aparato intestinal del insecto, además de provocar una serie de factores de virulencia que incurren en su muerte (Bravo et al., 2011).

Con base en estos antecedentes surgió esta investigación, la cual pretendió evaluar tres bioinsecticidas elaborados a partir de dichos ingredientes activos (*Azadirachtin*, *Metarhizium anisopliae* y *Bacillus thuringiensis*) para el control de larvas de gusano cogollero en condiciones de laboratorio.

Metodología

El experimento se ejecutó en la finca “Poza”, ubicada en el cantón La Maná de la provincia de Cotopaxi. El predio está situado en las coordenadas 697767.9902133 a una altura de 128 msnm, posee una topografía plana, la textura de su suelo es franca-arcillo-limosa con drenaje regular y un pH de 5.9.

Manejo del experimento

Recolección de larvas de *S. frugiperda*

Esta actividad consistió en recolectar manualmente ejemplares de gusano cogollero en etapa de larva, en plantaciones de maíz en crecimiento vegetativo con signos de defoliación y restos de excremento. Una vez compiladas, fueron transferidas individualmente a recipientes de plástico rectangular, en los que se les había suministrado de forma previa alimento (hojas de maíz tierno) (Chacón et al., 2009).

Establecimiento del pie de cría

Las larvas de cogollero fueron abastecidas de alimento cada dos días con choclos en rodajas y hojas frescas de maíz hasta que alcanzó el estadio de pupa. Dichas pupas se depositaron sobre papel toalla humedecido dentro de una jaula entomológica artesanal diseñada a base de tubo de PVC de 20 cm de largo y 4 pulgadas de diámetro, el interior del tubo se forró con papel despacho para una mayor practicidad al momento de retirar las excretas, mientras que en el extremo superior se ubicó tela tul y una liga para evitar que se escapen hasta que alcancen la etapa adulta (Placencio, 2015).

Una vez alcanzada la adultez, se les procedió a suministrar una solución de miel de maíz al 10% para su alimentación, la cual para prevenir la fermentación fue recambiada continuamente. A medida que se evidenciaban excretas se iban retirando el papel que las contenía. Además, con la finalidad de evitar la deshidratación de los ejemplares se les añadía una porción de algodón húmedo dentro de las jaulas (Moreira, 2020).

Una vez que se estableció el pie de cría de larvas homogéneas comenzó la segunda etapa de la investigación, la cual consistió en la aplicación de los tratamientos en dos estadios larvales (tercer y quinto estadio), en dos espacios distintos para evitar la interferencia (Boquin, 2002).

Aplicación de bioinsecticidas

Las larvas de cogollero fueron expuestas a pedazos de hojas de maíz inmersas en los bioinsecticidas estudiados a distintas dosis. Respecto al testigo, se depositaron hojas de maíz en pedazos previamente remojadas en agua destilada (Delgado & Gaona, 2012).

El tiempo de exposición a las hojas contaminadas fue de 96 horas, puesto que diversos estudios manifiestan que un mayor

número de lavar muertas no solo se asocia al incremento en la concentración de los productos, sino también al incrementar el tiempo (Díaz, 2016). Se llevaron a cabo observaciones diarias con la finalidad de registrar la mortalidad o los cambios suscitados en las larvas (Budia et al., 1994).

Diseño de la investigación y análisis estadístico.

Se empleó un arreglo factorial 3 x 3 + 1 con tres repeticiones. Todas las variables fueron sometidas al análisis de varianza (ANOVA) (tabla 1), para comparar promedios se empleó el test de Tukey (5%), para lo cual se aplicó el software “R” con el paquete ExpDes.pt.

Tabla 1. ANOVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	9
Bioinsecticidas	2
Dosis	2
Bioinsecticidas*Dosis	4
Residuo	1
Error	20
Total	29

Fuente: (Ramírez, 2021)

El factor 1 estuvo conformado por bioinsecticidas (NEEM X®, NEW BT® y METANYM®). El factor 2 por las dosis (Alta 3.0 cc/L, Media 2.5 cc/L y Baja 2.0 cc/L). La

interacción de estos dio lugar a 9 interacciones más el testigo obteniendo diez tratamientos, los cuales se detallan en la tabla 2.

Tabla 2. Tratamientos

Nº	Producto	Dosis cc/L agua
	Nombre comercial	Ingrediente activo
1	NEEM-X®	<i>Azadirachtin</i>
2	NEEM-X®	<i>Azadirachtin</i>
3	NEEM-X®	<i>Azadirachtin</i>
4	METANYM®	<i>Metarhizium anisopliae</i>
5	METANYM®	<i>Metarhizium anisopliae</i>
6	METANYM®	<i>Metarhizium anisopliae</i>
7	NEW BT®	<i>Bacillus thuringiensis</i>
8	NEW BT®	<i>Bacillus thuringiensis</i>
9	NEW BT®	<i>Bacillus thuringiensis</i>
10	Testigo	Agua destilada

Fuente: (Ramírez, 2021)

Variables estudiadas

Número de larvas muertas del tercer y quinto estadio

Se contabilizó el número total de larvas muertas de *S. frugiperda* 96 horas posterior a la aplicación de los tratamientos (Chávarry, 2015).

Es preciso mencionar que el criterio para considerar una larva muerta, era la falta de respuesta al estímulo causado por el dorso de un pincel. Dicha metodología fue utilizada por (Burgos, 2017).

Eficacia de los bioinsecticidas

Para obtener el grado de eficacia por tratamiento se aplicó la ecuación 1 empleada por Henderson y Tilton (1955).

Ecuación 1

$$\%Eficacia = \{1 - [(N_x \times N'_0) / (N_0 \times N'_t)]\} \times 100$$

N: N° Individuos en el testigo antes del tratamiento

N': N° Individuos de los tratamientos antes de la aplicación

N₀: N° Individuos en el testigo después de la aplicación

N'_t: N° Individuos en los tratamientos después de la aplicación

Resultados

Número de larvas muertas del tercer estadio

En la tabla 3 se presentan los promedios de las larvas muertas del tercer estadio 96 horas después de la aplicación de los bioinsecticidas; con un coeficiente de variación 11.48% y según el ANOVA en el factor 1 (bioinsecticidas) se encontraron diferencias estadísticamente significativas, obteniendo NEW BT® y METANYM® los registros más altos con 7.44 y 7.22 respectivamente, le siguió NEEM-X® con 5.33 larvas muertas, mientras que el testigo obtuvo el registro más bajo con 0.67 larvas muertas. Asimismo, sucedió en el factor 2 (dosis), donde con un coeficiente de variación de 7.00% se encontraron diferencias estadísticas significativas, obteniendo la dosis alta el mejor registro con 8.00, le siguieron la dosis media y baja con 6.40 y 4.60, mientras que el testigo obtuvo el registro más bajo con 0.67.

En relación a las interacciones, se mostraron diferencias altamente significativas según el ANOVA, con un coeficiente de variación de 15.05%, donde tanto T7 como T4 presentaron los mejores registros con 8.67 y 8.00, mientras que el valor más bajo lo alcanzó el testigo T10 con 0.67.

Tabla 3. Número de larvas muertas en el tercer estadio del gusano cogollero

Tratamientos	Promedios ¹
Bioinsecticidas	
NEEM X °	5.33 b
METANYM °	7.22 a
NEW BT °	7.44 a
Testigo	0.67 c
C.V. (%)	11.48
Interacciones Bioinsecticidas x Dosis	
T1: NEEM-X°+Dosis Alta	7.33 ab
T2: NEEM-X°+Dosis Media	5.00 bc
T3: NEEM-X°+ Dosis Baja	3.67 c
T4: METANYM°+Dosis Alta	8.00 a
T5: METANYM°+Dosis Media	7.00 ab
T6: METANYM°+Dosis Baja	6.67 ab
T7: NEW BT°+Dosis Alta	8.67 a
T8: NEW BT°+Dosis Media	7.33 ab
T9: NEW BT°+Dosis Baja	6.33 ab
T10: Agua /Testigo	0.67 d
C.V. (%)	15.05
Dosis	
Alta	8.00 a
Media	6.40 b
Baja	5.60 b
Testigo	0.67 c
C.V. (%)	7.00

Fuente: (Ramírez, 2021)

Eficacia de los bioinsecticidas en el tercer estadio

En la figura 1 se presenta la efectividad de los bioinsecticidas y dosis investigadas,

encontrándose un mejor resultado por parte de T7 (NEW BT°+Dosis Alta) con 86.7%. Mientras que, en los demás tratamientos la efectividad estuvo comprendida entre 80.0% y el 36.7%.

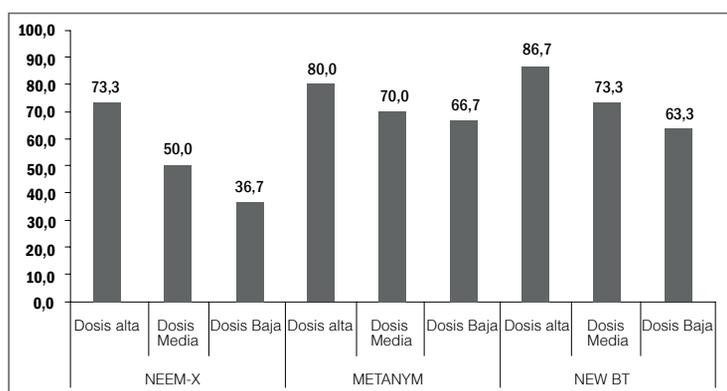


Figura 1. Efectividad de los bioinsecticidas en distintas dosis para el control de larvas de gusano cogollero en su tercer estadio, en condiciones de laboratorio.

Fuente: (Ramírez, 2021)

Número de larvas muertas del quinto estadio

En la tabla 4 se presentan los promedios de las larvas muertas del tercer estadio 96 horas después de la aplicación de los bioinsecticidas; con un coeficiente de variación 14.90% y según el ANOVA en el factor 1 (bioinsecticidas) se encontraron diferencias estadísticamente significativas, obteniendo NEW BT[®], METANYM[®] y NEEM X[®] los registros más altos con 5.11; 4.44 y 4.22 larvas muertas, mientras que el testigo obtuvo el registro más bajo con 0.33 larvas muertas. Asimismo, sucedió en

el factor 2 (dosis), donde con un coeficiente de variación de 11.60% se encontraron diferencias estadísticas significativas, obteniendo la dosis alta el mejor registro con 6.78, le siguieron la dosis media y baja con 4.22 y 2.78, mientras que el testigo obtuvo el registro más bajo con 0.33.

En relación a las interacciones, se mostraron diferencias altamente significativas según el ANOVA, con un coeficiente de variación de 15.05%, T7, T1 y T4 presentaron los mejores registros con 7.33; 6.67 y 6.33 respectivamente, mientras que el valor más bajo lo alcanzó el testigo T10 con 0.33.

Tabla 3. Número de larvas muertas en el quinto estadio del gusano cogollero

Tratamientos	Promedios ¹
Bioinsecticidas	
NEEM X [®]	4.22 a
METANYM [®]	4.44 a
NEW BT [®]	5.11 a
Testigo	0.33 b
C.V. (%)	14.90%
Interacciones	
T1: NEEM-X [®] +Dosis Baja	6.67 a
T2: NEEM-X [®] +Dosis Media	4.33 b
T3: NEEM-X [®] + Dosis Alta	1.67 cd
T4: METANYM [®] +Dosis Baja	6.33 a
T5: METANYM [®] +Dosis Media	4.33 b
T6: METANYM [®] +Dosis Alta	2.67 bc
T7: NEW BT [®] +Dosis Baja	7.33 a
T8: NEW BT [®] +Dosis Media	4.00 b
T9: NEW BT [®] +Dosis Alta	4.00 b
T10: Agua /Testigo	0.33 d
C.V. (%)	16.40%
Dosis	
Alta	6.78 a
Media	4.22 b
Baja	2.78 c
Testigo	0.33 d
C.V. (%)	11.60%

Fuente: (Ramírez, 2021)

Nota: * Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

Eficacia de los bioinsecticidas en el quinto estadio

En la figura 2 se presenta la efectividad de los bioinsecticidas en las dosis evaluadas,

encontrándose nuevamente un mejor resultado por parte de T7 (NEW BT®+Dosis Alta) con 73.3%. Mientras que, en los demás tratamientos la efectividad estuvo comprendida entre 66.7% y 16.7%.

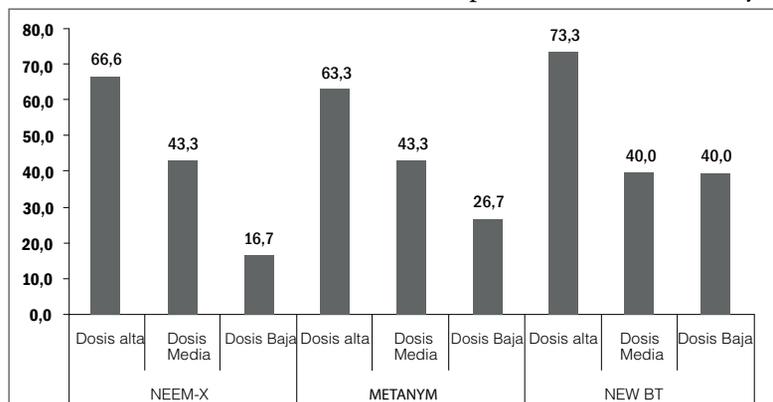


Figura 2. Efectividad de los bioinsecticidas en distintas dosis para el control de larvas de gusano cogollero en su quinto estadio, en condiciones de laboratorio.

Fuente: (Ramírez, 2021)

Discusión

El promedio de larvas muertas al tercer y quinto estadio 96 horas posteriores a la aplicación de los tratamientos demuestran una clara tendencia en la que destacan los bioinsecticidas NEW BT® (*Bacillus thuringiensis*) y METANYM® (*Metarhizium anisopliae*) suministrados en dosis altas (3 cc/l), cuyos ingredientes activos son: y. Situaciones similares se han suscitado en estudios como el de Landívar et al., (2017) quienes al emplear un tratamiento a base de *Bacillus thuringiensis* lograron aumentar la mortalidad en larvas de *S. frugiperda* posterior a las 120 horas de la aplicación, mientras que el bioinsecticida a base de *Azadirachtina indica*, registró el promedio más bajo, lo cual se replicó en estudio.

Un punto importante a tomar en cuenta es el tiempo de evaluación del bioensayo, dado que tal y como señala Díaz (2016) el tiempo óptimo de evaluación es a las 120

horas, debido a que a partir de ese tiempo el porcentaje de mortalidad se estabiliza, lo cual podría explicar el porque los resultados de Landívar et al., (2017) al emplear *Bacillus thuringiensis* (100%) superaron la eficacia alcanzada en este estudio por T7 (NEW BT®+Dosis Alta) con 86.7 y 73.3% en el tercer y quinto estadio respectivamente.

Ante ello, Landívar et al., (2017) señala que *B. thuringiensis* posee una acción de control lenta, por lo que los resultados tienen mayor significancia cuatro días después de aplicarse, lo cual es corroborado por González citado por Jaén (2020) quien indica que los hongos pueden llegar a surtir efecto después de las 96 horas.

Según Pascagaza (2020) concuerda que lo anterior podría también estar dado por el estadio de los ejemplares de gusano cogollero, ya que las larvas en estadios de desarrollo temprano presentan una mayor susceptibilidad de infección con

entomopatógenos que larvas de estadio de desarrollo avanzado, lo cual justamente sucedió en el presente estudio.

Concordando con Purwar y Sachan (2005) quienes para controlar la oruga de tabaco, *Spilarctia obliqua* y *Spodoptera litura* desarrollaron aislamientos de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, y visualizaron una disminución de la actividad de las larvas conforme estas presentan más edad, lo cual podría deberse al incremento de la inmunidad humoral y el aumento de la dureza de la cutícula a las infecciones (Zumarán, 2019).

Rincón, et al., citado por Zegarra (2012) manifiesta que la vulnerabilidad de una determinada especie depende del tipo de toxinas presentes en cada cepa de *Bacillus thuringiensis*. Las cuales son responsables de causar movimientos lentos, carencia de coordinación y la parálisis del insecto debido a la presencia de neurotoxinas secretadas por el patógeno cuando entran en contacto con la hemolinfa del huésped (Chávarry, 2015).

Conclusiones

La mayor tasa de mortalidad se presentó con la aplicación de T7 (*Bacillus thuringiensis* en dosis 3.0) en larvas de *S. frugiperda* del tercer y quinto estadio con una efectividad 86.7 y 73.3% respectivamente. Por otro lado, todos los bioinsecticidas demostraron una mayor eficacia para combatir larvas de gusano cogollero al emplearse en dosis altas (3 cc/L) que al emplearse dosis medias o bajas.

Literatura citada

Boquin, G. (2002). *Estudios de la crianza masiva de Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera :

Noctuidae) en laboratorio (tesis de pregrado). Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2179/1/CPA-2002-T022.pdf>

Bravo, A., Likitvivatanavong, S., Gill, S., & Soberón, M. (2011). *Bacillus thuringiensis*: A story of a successful bioinsecticide. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 41(7), 423–431. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2011.02.006>

Budia, F., Marco, V., & Viñuela, E. (1994). Estudios preliminares de los efectos del insecticida RH-5992 sobre larvas de distintas edades de *Spodoptera exigua* (Hübner). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 20, 401–408. https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas%2FBSVP-20-02-401-408.pdf

Burgos, E. (2017). *Efecto del ataque de nematodos entomopatógenos nativos del género Steinernema sobre el gusano cortador de la papa (Agrotis bilitura Guenée) en condiciones de laboratorio* (tesis de pregrado) Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/152704/Efecto-del-ataque-de-nematodos-entomopatogenos-nativos-del-genero-Steinernema-sobre-el-gusano-cortador-de-la-papa-%28Agrotis-bilitura-Guenee%29-en-condiciones-de-laboratorio.pdf?sequence=1&isAllow>

Casmuz, A., Juárez, M., Socías, M., Murúa, M., Prieto, S., Medina, S., Willink, E., & Gastaminza, G. (2010). Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda*

- (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 69(3-4), 209-231. <https://www.redalyc.org/pdf/3220/322028487010.pdf>
- Castro, P., Quillay, N., & Bravo, C. (2019). Identificación molecular por PCR del gusano cogollero en el sur del Ecuador. *Maskana*, 10(1), 41-45. <https://doi.org/10.18537/mskn.10.01.06>
- Cave, R., & Acosta, N. (1999). *Telenomus remus* Nixon: un parasitoide en el control biológico del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Smith). *Ceiba*, 40(2), 215-227. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3296/1/02.pdf>
- Chacón, Y., Garita, C., Vaglio, C., & Villalba, V. (2009). Desarrollo de una metodología de crianza en laboratorio del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) como posible hospedante de insectos biocontroladores de interés agrícola. *Tecnología en Marcha*, 22(4), 28-37. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835556>
- Chango, L. (2012). *Control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz (Zea mays L.)* (Tesis de pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3174>
- Chávarry, M. (2015). *Efecto de Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae sobre larvas de Heliothis virescens, en condiciones de laboratorio* (tesis de pregrado) Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. [dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4534#:~:text=Se concluye que Beauveria bassiana,menor porcentaje de supervivencia de](https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4534#:~:text=Se%20concluye%20que%20Beauveria%20bassiana,menor%20porcentaje%20de%20supervivencia%20de)
- Delgado, L., & Gaona, E. (2012). Control de *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) con extractos de *Polygonum hydropiperoides* Michx (Ka'atái) en condiciones de laboratorio. *Investigaciones Agrarias*, 14(1), 5-9. <https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/241/227>
- Díaz, J. (2016). Acción de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* (Berliner), como control biológico de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Lepidoptera: Noctuidae. *Temas Agrarios*, 21(2), 86-91. <https://doi.org/10.21897/rta.v21i2.904>
- Guerrero, K. (2020). *Descripción de los principales métodos de control de Spodoptera frugiperda en el cultivo de maíz (Zea mays L) en la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos* (tesis de pregrado), Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Ecuador. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8516/E-UTB-FACIAG-ING-AGROP-000113.pdf?sequence=1>.
- Henderson, C., & Tilton, E. (1955). Tests with Acaricides against the Brown Wheat Mite. *Journal of Economic Entomology*, 48(2), 157-161. <https://doi.org/10.1093/jee/48.2.157>
- Jaén, Y. (2020). *Evaluación de tres bioinsecticidas entomopatógenos para el control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) del cultivo de maíz (Zea mays), en condiciones controladas* (tesis

- de pregrado), Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6068/1/T-UTEQ-0282.pdf>
- Kilani, S., Morakchi, H., & Sifi, K. (2021). Azadirachtin-based insecticide: Overview, risk assessments, and future directions. *Frontiers in Agronomy*, 3(676208), 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fagro.2021.676208>
- Landívar, T., Navarrete, E., Castro, C., Santana, D., García, G., Mora, O., Uvidia, M., & Goyes, M. (2017). Evaluación de extractos vegetales y bioinsecticidas sobre poblaciones de *Spodoptera frugiperda* y *Elasmopalpus lignosellus* en maíz. *European Scientific Journal*, 13(21), 238–250. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n21p238>
- Lezama, R., Molina, J., López, M., Pescador, A., Galindo, E., Ángel, C., & 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), 1–5. <https://www.redalyc.org/pdf/837/83709103.pdf>
- Moreira, L. (2020). *Determinación del ciclo de vida del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda), y el barrenador del tallo (Diatraea saccharalis), de maíz en condiciones controladas* (tesis de pregrado), Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6061/1/T-UTEQ-0279.pdf>
- Nava, E., Cipriano, G., Camacho, J., & Vázquez, E. (2012). Bioplaguicidas: Una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai*, 8(3), 17–29. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177003.pdf>
- Pascagaza, A. (2020). *Evaluación in vitro de Metarhizium spp. y Steinernema carpocapsae BC como agentes de control biológico del cogollero del maíz Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae)* (tesis de pregrado), Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Colombia. [https://repositorio.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/50272/Trabajo de Grado APascagaza 06-07-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/50272/Trabajo%20de%20Grado%20APascagaza%2006-07-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Placencio, F. (2015). *Descripción etológica del gusano cogollero del cultivo de maíz (Zea mays L.), en laboratorio. CEASA, sector Salache, provincia de Cotopaxi 2015* (tesis de pregrado), Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2523?mode=full>
- Polanía, I., Arévalo, H., & Mejía, R. (2007). El gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) y algunas plantas transgénica. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 1(1), 103–113. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1149
- Purwar, J., & Sachan, G. (2005). Biototoxicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against *Spodoptera litura* and *Spilarctia obliqua*. *Annals of Plant Protection Sciences*, 13, 360–364. <https://www.semanticscholar.org/>

org/paper/Biototoxicity-of-Beauveria-bassiana-and-Metarhizium-Purwar-Sachan/464304b8b4022235c4bfc031079802073755a

- Ramírez, A. (2021). *Evaluación de bioinsecticidas para el control del gusano cogollero, Spodoptera frugiperda, en condiciones de laboratorio* (tesis de pregrado), Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. <http://repositorio.utc.edu.ec/jspui/bitstream/27000/7615/1/MUTC-000911.pdf>
- Virla, E., Colomo, M., Berta, C., & Valverde, L. (1999). El complejo de parasitoides del “gusano cogollero” del maíz, *Spodoptera frugiperda*, en la República Argentina. *Neotropica*, 45, 3–12.
- Zamora, M., Martínez, A., Nieto, M., Schneider, M., Figueroa, J., & Pineda, S. (2008). Actividad de algunos insecticidas biorracionales contra el gusano cogollero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(4), 351–357. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61031407.pdf>
- Zegarra, R. (2012). *Influencia de dos bioinsecticidas comerciales a base Bacillus thuringiensis y un inhibidor de quitina en el control del cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo del maíz (Zea mays L) Opaco Malpaso en la zona de la Yarada-región Tacna* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna, Tacna, Perú. http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1808/825_2012_zegarra_farah_rc_fcag_agronomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zumarán, G. (2019). *Efectividad de tres cepas de hongos entomopatógenos del cepario del laboratorio de entomología y protección vegetal, sobre la larva de Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) en condiciones de laboratorio Arequipa-2017* (tesis de pregrado), Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8723/Bihaquem.pdf?sequence=1&isAllowed=y>