

Eficacia de insecticidas botánicos y biológicos contra *Spodoptera frugiperda* en maíz

Juan Andrés Villamarín-Barreiro¹

Luis Humberto Vásquez-Cortez^{2,§}

Pedro Emilio Cedeño-Loja³

Jhoan Alfredo Plua-Montiel⁴

1 Facultad de Ciencias Agrícolas - Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

2 Carrera de Agroindustria - Facultad de Ciencias Agropecuarias - Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

3 Facultad de Ciencias Agrícolas - Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

4 Facultad de Ciencias de la Industria, Producción y Agroindustria - Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.

§Autor para correspondencia: lvazquezc@utb.edu.ec.

Resumen

El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*, es una de las principales plagas del maíz en Ecuador, generando pérdidas significativas en el rendimiento. El uso intensivo de insecticidas químicos para su control plantea riesgos ambientales y para la salud humana. El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* es una de las principales plagas del maíz en Ecuador, generando pérdidas significativas en el rendimiento. Como alternativa sostenible, este estudio evaluó la eficiencia de insecticidas biológicos y botánicos bajo condiciones de laboratorio. La investigación se realizó entre mayo y julio de 2025 mediante un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos: BotaniGard® ES (*Beauveria bassiana*), Dipel® WG (*Bacillus thuringiensis*), NeemAzal® T/S (aceite de neem) y Delegate® 250 WG (spinetoram) como control químico, aplicados a larvas de tercer estadio mediante la técnica de inmersión foliar, con evaluaciones a las 24, 48, 72 y 96 h. Los resultados mostraron que *B. thuringiensis* alcanzó una mortalidad del 100% a las 96 h, seguido del aceite de neem y *B. bassiana*, ambos con 97.5%. El spinetoram presentó una mortalidad inmediata y sostenida del 100% desde las 24 h. En contraste, el neem mostró una mortalidad inicial baja (17.5%) que aumentó progresivamente con el tiempo. En conjunto, los insecticidas biológicos y botánicos evaluados constituyen alternativas eficaces para el manejo de *S. frugiperda* bajo condiciones de laboratorio, contribuyendo a la reducción de la dependencia de insecticidas químicos convencionales.

Palabras clave:

bioinsecticidas, dosificación, entomopatógenos, mortalidad, sustitución.



Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) se originó y domesticó en Mesoamérica a partir del teocintle mediante procesos de mezcla genética e introgresión que favorecieron su diversificación y adaptación (Yang *et al.* , 2023 ; Berube *et al.* , 2024). Además de constituir un legado biocultural de las comunidades indígenas de México desde hace más de 10 000 años (Yasin *et al.* , 2024). este cultivo representa una fuente estratégica de materias primas para la agroindustria y la alimentación humana. En Ecuador, su importancia productiva es significativa, en 2016 se cultivaron 485 696 ha, con una producción de 1 667 704 t y un rendimiento promedio de 3 17 t ha⁻¹ (Analuisa *et al.* , 2023).

El rendimiento del maíz puede verse significativamente afectado por factores como malezas, enfermedades e insectos plaga, los cuales limitan el crecimiento y desarrollo del cultivo (Saquee *et al.* , 2023). Entre estas amenazas, el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) constituye una de las plagas más importantes del maíz a nivel mundial y en Ecuador debido a su elevado impacto sobre la productividad. Se ha reportado que infestaciones no controladas pueden ocasionar pérdidas entre 21% y 53% del rendimiento, alcanzando hasta 67% en regiones específicas de África occidental; incluso, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) señala reducciones de hasta 73% en escenarios severos. Aunque estos datos corresponden a otras regiones, evidencian el alto potencial destructivo de la plaga y su importancia en sistemas productivos de América Latina.

Spodoptera frugiperda afecta principalmente al maíz durante sus primeras etapas de desarrollo, causando daños en el follaje y cogollo, aunque puede permanecer durante todo el ciclo del cultivo y aumentar su potencial destructivo (Wan *et al.* , 2021). Su manejo incluye métodos físicos, mecánicos, culturales, biológicos y químicos (Akeme *et al.* , 2021). Sin embargo, el control químico puede generar impactos ambientales y afectar organismos benéficos (Zhou *et al.* , 2025 ; Vásquez *et al.* , 2024). mientras que el control biológico basado en entomopatógenos representa una alternativa para el manejo integrado de plagas (Sala *et al.* , 2023 ; Kinyanjui *et al.* , 2025). No obstante, su eficacia frente a *S. frugiperda* en Ecuador sigue siendo variable debido a factores ambientales y agronómicos.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficacia de insecticidas biológicos y botánicos en el control de larvas de *Spodoptera frugiperda* en maíz (*Zea mays*) bajo condiciones de laboratorio, como alternativas sostenibles para reducir la dependencia de insecticidas químicos convencionales (Mascarin *et al.* , 2016). Se planteó como hipótesis que estos insecticidas presentan una eficacia comparable a los productos químicos en términos de mortalidad larval, aunque con diferencias en la velocidad y dinámica de respuesta. Este estudio busca aportar evidencia científica para fortalecer estrategias de manejo integrado de una de las principales plagas que afectan el rendimiento del maíz.

Materiales y métodos

Ubicación del experimento

Este estudio se realizó durante el periodo comprendido entre los meses de mayo y julio del 2025 en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo La investigación se llevó a cabo en la Finca Experimental 'San Pablo', ubicada en el km 7½ de la carretera Babahoyo-Montalvo. Las coordenadas geográficas son 79° 32' de longitud oeste, 01° 49' de latitud sur, con una altitud de 8 m.



Insecticidas utilizados en esta experimentación

En la presente investigación se evaluaron cuatro insecticidas de uso comercial: un insecticida botánico a base de neem (*Azadirachta indica*), dos insecticidas biológicos formulados con microorganismos entomopatógenos y un insecticida de síntesis como control positivo.

El insecticida botánico correspondió al producto comercial NeemAzal® T/S (Trifolio-M GmbH, Alemania), cuyo ingrediente activo es azadiractina (10 g L^{-1}), aplicado en una concentración de 1.95 ml por 0.39 L de agua, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante (lote: NA-2024-EC01).

Los insecticidas biológicos empleados fueron Dipel® WG (Valent BioSciences, EE. UU), a base de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (cepa HD-1; $16\,000 \text{ IU mg}^{-1}$), y BotaniGard® ES (Laverlam International Corp., EE. UU), formulado con *Beauveria bassiana* (cepa GHA; 1×10^7 conidios ml^{-1}). Ambos productos fueron adquiridos en distribuidores autorizados en Ecuador y aplicados conforme a las dosis recomendadas para el control de larvas de lepidópteros (lotes: BT-EC2024-07 y BB-EC2024-05, respectivamente).

El insecticida de síntesis utilizado como control positivo fue Delegate® 250 WG (Corteva Agriscience, EE. UU), cuyo ingrediente activo es spinetoram (250 g kg^{-1}), perteneciente al grupo de las espinosinas (IRAC grupo 5), aplicado en una dosis de 0.39 cc por 0.78 L de agua (lote: SP-EC2024-03).

Las cepas de *Bacillus thuringiensis* (HD-1) y *Beauveria bassiana* (GHA) corresponden a aislamientos comerciales ampliamente utilizados en el control biológico de insectos, garantizando estabilidad, viabilidad y concentración estandarizada de unidades formadoras de colonias (UFC) y conidios, respectivamente. Todos los productos fueron utilizados para el control de larvas de tercer estadio de *Spodoptera frugiperda*, asegurando condiciones experimentales reproducibles y comparables.

Descripción del material biológico utilizado

Se utilizó maíz (*Zea mays* L.) variedad INIAP H-550, cultivado bajo condiciones controladas en la Finca Experimental 'San Pablo' de la Universidad Técnica de Babahoyo. Las hojas destinadas a los bioensayos fueron recolectadas de plantas de 30-35 días después de la siembra, correspondientes al estado fenológico V6-V8. Se seleccionaron hojas tiernas completamente expandidas, ubicadas en la parte media de la planta y libres de daños o infestaciones. Se emplearon 160 fragmentos foliares homogéneos de aproximadamente $5 \times 5 \text{ cm}$.

Cada tratamiento estuvo conformado por cuatro repeticiones con 10 fragmentos foliares, distribuidos bajo un diseño completamente al azar. Los fragmentos fueron sometidos a inmersión en soluciones insecticidas durante 10 s para asegurar una cobertura uniforme y posteriormente secados sobre papel absorbente a temperatura ambiente durante 20-30 min para eliminar el exceso de humedad. Finalmente, fueron suministrados como alimento a larvas de tercer estadio de *Spodoptera frugiperda* bajo condiciones controladas de laboratorio ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ de humedad relativa y fotoperiodo 12:12 h luz:oscuridad), garantizando condiciones estandarizadas para la evaluación de la mortalidad larval.

Aplicación de Insecticidas

La aplicación de los tratamientos se realizó mediante la técnica de inmersión foliar utilizando fragmentos de hojas de maíz de $2 \times 3 \text{ cm}$, sumergidos durante 10 s en 250 ml de solución insecticida para asegurar una cobertura uniforme. Posteriormente, los fragmentos fueron secados a temperatura ambiente durante 20-30 min y suministrados como alimento a 10 larvas de tercer estadio de *Spodoptera frugiperda* por unidad experimental. Los bioensayos se desarrollaron bajo condiciones controladas de laboratorio ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ de humedad relativa y fotoperiodo 12:12 h luz:oscuridad), utilizando recipientes independientes para evitar contaminación cruzada. El material vegetal tratado se renovó cada 24 h durante el periodo experimental (Real y Paiba, 2023).

Eficacia de los insecticidas

La eficacia de cada producto y cada dosis se evaluó en el porcentaje de mortalidad relativa y acumulada de cada tratamiento.

Evaluación de la eficacia y dosis de insecticidas

La eficacia de los insecticidas se determinó mediante el porcentaje de mortalidad larval de *Spodoptera frugiperda* evaluado a las 24, 48, 72 y 96 h posteriores a la aplicación. Se consideró como larva muerta aquella que no presentó movimiento al ser estimulada mecánicamente. La mortalidad observada fue corregida en función de la mortalidad natural registrada en el testigo, con el fin de evitar la sobreestimación de los efectos de los tratamientos.

La mortalidad relativa correspondió al porcentaje de mortalidad en cada tiempo de evaluación, mientras que la mortalidad acumulada se calculó como el total progresivo durante el periodo experimental. Se consideró como tratamiento más eficiente aquel que alcanzó el mayor porcentaje de mortalidad en el menor tiempo, y como dosis más efectiva aquella que presentó la mayor mortalidad acumulada. Dado que la variable de respuesta correspondió a datos proporcionales, se asumió una distribución binomial para su análisis estadístico.

Diseño experimental y tratamientos evaluados

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial A×B y un testigo adicional. El factor A incluyó cuatro insecticidas (aceite de neem, *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis* y spinetoram) y el factor B tres niveles de dosis (alta, media y baja), con diez repeticiones por tratamiento (10 larvas por unidad experimental), totalizando 130 unidades experimentales.

La mortalidad se registró a las 24, 48, 72 y 96 h. Los datos, de naturaleza binomial, se analizaron mediante un modelo lineal generalizado mixto (Glimmix, Sas), considerando como efectos fijos el insecticida, la dosis, el tiempo y sus interacciones, como efecto aleatorio las repeticiones. Las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

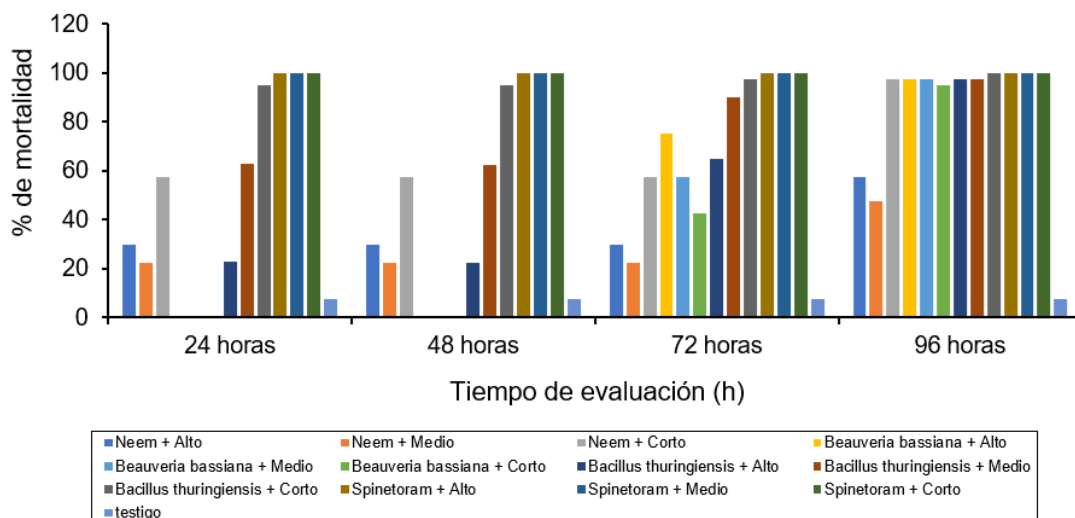
Resultados y discusión

Comparación de la eficacia de insecticidas en función del tiempo de evaluación

La evaluación temporal evidenció diferencias significativas entre tratamientos (Figura 1). El spinetoram alcanzó una mortalidad rápida y sostenida del 100% desde las primeras horas. En contraste, el neem mostró una respuesta progresiva, mientras que *Bacillus thuringiensis* y *Beauveria bassiana* presentaron un efecto retardado, con bajas mortalidades iniciales y aumento hacia las 96 h. Estas diferencias reflejan sus mecanismos de acción. Las bajas mortalidades del testigo confirman que los efectos se deben a los tratamientos.



Figura 1. Porcentaje de mortalidad promedio de larvas de *Spodoptera frugiperda* tras la aplicación de diversos insecticidas y dosis a las 24, 48, 72 y 96 h.



Evaluación de la eficacia de los insecticidas

La eficacia de los insecticidas varió a lo largo del tiempo. El spinetoram destacó por presentar una mortalidad inmediata y sostenida del 100%. El neem mostró una eficacia inicial baja (10.83%), la cual aumentó progresivamente hasta alcanzar una mortalidad del 67.5% a las 96 h. Por su parte, *Beauveria bassiana* y *Bacillus thuringiensis* evidenciaron un efecto tardío, registrando mortalidades superiores al 98% al final del periodo de evaluación.

Identificación del mejor insecticida para el control del gusano cogollero en el maíz

El spinetoram fue el insecticida más efectivo para el control de *Spodoptera frugiperda* en condiciones de laboratorio al obtener mortalidades de 100% a las 24 h y diferencias altamente significativas frente al resto de las alternativas de tratamiento ($p < 0.0001$), por lo que se puede considerar una opción útil para controlar de forma rápida en los primeros estadios del cultivo.

Identificación de la dosis con mayor porcentaje de mortalidad

El análisis de las dosis permitió determinar que las dosis altas no mejoraron significativamente la eficacia en comparación con la dosis media, mientras que las dosis bajas redujeron de manera significativa el nivel del control a las 48 y 96 h. Estos resultados resaltan la importancia de una dosificación adecuada para optimizar la eficacia del tratamiento.

Evaluación del porcentaje de mortalidad en los tratamientos

Los ensayos evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados y el grupo control ($p \leq 0.05$) según como se visualiza en el Cuadro 1. El testigo registró una mortalidad mínima (entre 5 y 7.5%), atribuida a factores naturales o al estrés por manipulación. En contraste, los tratamientos con insecticidas mostraron incrementos progresivos en la mortalidad larval a lo largo del tiempo.

Cuadro 1. Resumen comparativo de eficacia en el control de *S. frugiperda* .

Comparación	24 h	48 h	72 h	96 h
Neem	17.5 ±3.32 ^a	36.67 ±4.44 ^a	67.5 ±4.44 ^a	97.5 ±5.38 ^a
Spinetoram	100 ±0 ^b	100 ±0 ^b	100 ±0 ^b	100 ±0 ^b
<i>B. bassiana</i>	0 ±0 ^b	0 ±0 ^b	58.33 ±4.99 ^b	96.67 ±1.58 ^b
<i>B. thuringiensis</i>	0 ±0 ^b	60 ±6.95 ^b	84.17 ±4.56 ^b	98.33 ±1.16 ^b
Alto	29.38 ±6.81 ^a	38.13 ±6.52 ^a	67.5 ±5.31 ^a	88.13 ±3.47 ^a
Medio	28.13 ±6.89 ^a	46.25 ±6.73 ^{ab}	67.5 ±5.46 ^a	85.63 ±4.09 ^a
Bajo	25.63 ±6.9 ^a	63.13 ±6.58 ^b	74.38 ±4.78 ^a	98.13 ±1.05 ^b
Testigo	5 ±3.33 ^c	7.5 ±3.8 ^c	7.5 ±3.82 ^c	7.5 ±3.82 ^c
Interacción	0.018	0.012	0.006	0.003

Valores expresados como media ± desviación estándar. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas según prueba estadística ($p < 0.05$).

El spinetoram presentó la mayor eficacia, alcanzando el 100% de mortalidad desde las 24 horas y manteniéndose constante hasta las 96 h. Por su parte, *Bacillus thuringiensis* y *Beauveria bassiana* evidenciaron un efecto retardado, con mortalidades inferiores al 10% en las primeras 24 h, pero incrementándose significativamente hasta valores cercanos o superiores al 95% a las 96 h.

El insecticida botánico a base de neem mostró una respuesta progresiva, con mortalidades iniciales cercanas al 17.5%, que aumentaron gradualmente hasta alcanzar aproximadamente el 97.5% al final del periodo de evaluación. El análisis del modelo estadístico evidenció una interacción significativa entre los factores insecticida, dosis y tiempo ($p \leq 0.05$), lo que indica que la respuesta de mortalidad larval está condicionada por la combinación entre el tipo de insecticida, la dosis aplicada y el tiempo de exposición.

Discusión

La eficacia del insecticida formulado con neem observada en este estudio, con mortalidades cercanas al 97.5% a las 96 h, confirma su potencial como herramienta para el control de *Spodoptera frugiperda* en condiciones de laboratorio. Este comportamiento responde a la acción progresiva de la *azadiractina*, la cual actúa como regulador del crecimiento, inhibidor de la alimentación y disruptor del proceso de muda (Mordue y Nisbet, 2000).

Estudios recientes también reportan la toxicidad de extractos de *Azadirachta* indica frente a esta plaga, aunque las diferencias en mortalidad pueden atribuirse a la formulación, concentración y condiciones experimentales (Saleem *et al.*, 2024). La azadiractina también interfiere con el sistema endocrino de los insectos al alterar la regulación de la hormona ecdisona y la hormona juvenil, afectando procesos de muda y desarrollo, además de actuar como antialimentario que reduce el consumo foliar y provoca un debilitamiento progresivo de las larvas (Wen *et al.*, 2013).

Asimismo, los extractos de neem presentan actividad insecticida significativa frente a lepidópteros, con efectos dependientes de la dosis y el tiempo de exposición (Martínez *et al.*, 2016), además de un efecto residual corto que induce alteraciones en la muda, inhibición del crecimiento y muerte progresiva (Isman, 2020).

Estos resultados son superiores a los reportados por González *et al.* (2015), quienes obtuvieron mortalidades del 86.66% y por Rodríguez *et al.* (2018), quienes reportaron valores cercanos al 50%, lo que puede explicarse por diferencias en formulación y condiciones experimentales. De igual manera, Martínez y Emden (2001) señalan que el neem puede afectar los estadios juveniles durante varios días, provocando finalmente la muerte de las larvas.

El tratamiento con *Bacillus thuringiensis* alcanzó una mortalidad del 100% a las 96 h, lo cual se relaciona con la acción de las δ -endotoxinas que provocan daño intestinal en las larvas (Bravo *et al.*, 2011). Este comportamiento coincide con lo descrito por Butt *et al.* (2016) sobre su eficacia tras periodos prolongados de exposición como lo indica también Palma *et al.*, (2024) sobre la amplia actividad biocida.

El efecto insecticida de *Bacillus thuringiensis* se debe a la producción de proteínas cristalinas (Cry), las cuales generan daño en el epitelio intestinal de las larvas tras su ingestión, provocando la muerte del insecto (Palma *et al.*, 2024).

En comparación, González *et al.* (2015) reportaron mortalidades de 70.66%, mientras que Amezcua *et al.* (2023) indicaron una CL_{50} de $189.53 \mu\text{g ml}^{-1}$, lo que evidencia que su eficacia puede variar en función de la concentración, la cepa y las condiciones experimentales.

El formulado de *Beauveria bassiana* mostró una mortalidad cercana al 97.5% a las 96 h, atribuida a su capacidad de penetrar la cutícula y generar infecciones sistémicas progresivas (Zimmermann, 2007). Este comportamiento es consistente con lo descrito por Idrees *et al.* (2022), quienes destacan su efecto acumulativo en el tiempo.

Sin embargo, estudios como el de Amezcua *et al.* (2023) reportan mortalidades menores (49.33%), lo que sugiere que factores como la virulencia de la cepa y la formulación influyen significativamente en su eficacia (Iwanicki *et al.*, 2023).

El mecanismo de acción de *Beauveria bassiana* implica la adhesión de las conidias a la cutícula del insecto, seguida de su germinación y penetración mediante enzimas hidrolíticas como quitinasas y proteasas. Posteriormente, el hongo coloniza la hemolinfa y produce metabolitos tóxicos que alteran funciones fisiológicas esenciales, provocando la muerte del hospedador.

El spinetoram presentó la mayor eficacia en términos de rapidez, alcanzando el 100% de mortalidad desde las primeras 24 h, en contraste con el neem (17.5%) y los insecticidas biológicos, que no mostraron efecto inicial. Este comportamiento se alinea con lo reportado por Kulye *et al.* (2021), quienes destacan su alta eficacia en las primeras 24-48 h, evidenciando su acción inmediata en comparación con los insecticidas biológicos y botánicos.

Conclusiones

El insecticida botánico a base de neem demostró una alta eficacia en el control de larvas de *Spodoptera frugiperda* bajo condiciones de laboratorio, alcanzando mortalidades cercanas al 97.5% a las 96 h de evaluación, evidenciando un efecto progresivo en el tiempo. Los insecticidas biológicos *Bacillus thuringiensis* y *Beauveria bassiana* también mostraron altos niveles de mortalidad larval, especialmente en evaluaciones tardías, lo que confirma su eficacia como alternativas sostenibles, aunque con una acción más lenta en comparación con el insecticida de síntesis.

El spinetoram presentó una acción rápida y sostenida, alcanzando el 100% de mortalidad desde las primeras 24 h, destacándose como el tratamiento de mayor eficacia inmediata. En términos de dosificación, los resultados sugieren que dosis medias y bajas de los insecticidas evaluados pueden alcanzar niveles de control comparables a dosis más altas bajo condiciones controladas, lo que resalta el potencial de optimización en el uso de estos productos dentro de programas de manejo integrado de plagas.

Bibliografía

- 1 Akeme, C.; Ngosong, C.; Sumbele, S.; Aslan, A.; Tening, A.; Krah, C.; Kamanga, B.; Denih, A. and Nembangia, O. 2021. Different controlling methods of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in maize farms of small- scale producers in Cameroon. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 911(1):1-21. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/911/1/012053>.
- 2 Amezcua, L. G.; Fuentes, L. T.; Gutiérrez, J. M.; Sánchez, J. C.; Hernández, H. A. and Castrejón, J. E. 2023. Eficacia insecticida de spinetoram, *Bacillus thuringiensis* Berliner y clorpirifos contra *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) en maíz. Avances en Investigación Agropecuaria. 27(1):208-2018. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.23.27.71>.

- 3 Analuisa, I. A.; Jimber, J. A.; Fernández, J. A. and Vergara, A. 2023. The value chain of Ecuadorian hard yellow corn. Challenges and opportunities. *Lecturas de Economía*. 1(98):231-262. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n98a347315>.
- 4 Berube, B.; Ernst, E.; Cahn, J.; Roche, B.; de Santis Alves, C.; Lynn, J.; Scheben, A.; Grimanelli, D.; Siepel, A.; Ross-Ibarra, J.; Kermicle, J. and Martienssen, R. A. 2024. Teosinte pollen drives maize diversification and domestication by RNAi. *Nature*. 633(1):380-388. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07788-0>.
- 5 Bravo, A.; Likitvivatanavong, S.; Gill, S. S. and Soberón, M. 2011. *Bacillus thuringiensis* : A story of a successful bioinsecticide. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 41(7):423-431. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2011.02.006>.
- 6 Butt, T. M.; Coates, C. J.; Dubovskiy, I. M. and Ratcliffe, N. A. 2016. Entomopathogenic Fungi. In: *Advances in Genetics*. 94(1):307-364. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2016.01.006>.
- 7 González, M. B.; Gurrola, N. J. and Chaírez, I. 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>.
- 8 Idrees, A.; Afzal, A.; Qadir, Z. A. and Li, J. 2022. Bioassays of *Beauveria bassiana* Isolates against the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* . *Journal of Fungi*. 8(7):1-16. <https://doi.org/10.3390/jof8070717>.
- 9 Isman, M. B. 2020. Botanical insecticides in the twenty-first century-fulfilling their promise? *Annual Review of Entomology*. 65(1):233-249. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025010>.
- 10 Iwanicki, N. S.; Lopes, E. C.; De Lira, A. C.; Poletto, T. B.; Fonseca, L. Z. and Delalibera, J. I. 2023. Comparative analysis of *Beauveria bassiana* submerged conidia with blastospores: yield, growth kinetics and virulence. *Biological Control*. 185(1):1-16. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105314>.
- 11 Kinyanjui, G.; Tadesse Mawcha, K. and Ndolo, D. 2025. Advancing entomopathogenic fungi for improved management of *Phthorimaea (Tuta) absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Integrated Pest Management*. 16(1):1-19. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaf034>.
- 12 Kulye, M.; Mehlhorn, S.; Boaventura, D.; Godley, N.; Venkatesh, S.; Rudrappa, T., Charan, T.; Rath, D. and Nauen, R. 2021. Baseline susceptibility of *Spodoptera frugiperda* populations collected in India towards different chemical classes of insecticides. *Insects*. 12(8):1-11. <https://doi.org/10.3390/insects12080758>.
- 13 Lin, S.; Li, S.; Liu, Z.; Zhang, L.; Wu, H.; Cheng, D. and Zhang, Z. 2021. Using azadirachtin to transform *Spodoptera frugiperda* from pest to natural enemy. *Toxins*. 13(8):1-12. <https://doi.org/10.3390/toxins13080541>.
- 14 Martínez, A.; Ortega, J. S.; Hernández, S. I.; Olivas, E. H. and Alba, J. J. 2016. Applications of neem (*Azadirachta indica*) in agriculture: a review. *Journal of Plant Growth Regulation*. 13(2):191-198. <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v13i2.23>.
- 15 Martinez, S. S. and Emden, H. F. 2001. Growth disruption, abnormalities and mortality of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) caused by Azadirachtin. *Neotropical Entomology*. 30(1):113-125. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2001000100017>.
- 16 Mascarín, G. M. and Jaronski, S. T. 2016. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 32(177):1-26. <https://doi.org/10.1007/s11274-016-2131-3>.

- 17 Mordue, A. J. and Nisbet, A. J. 2000. Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica* : Its action against insects. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. 29(4):615-632. <https://doi.org/10.1590/S0301-80592000000400001>.
- 18 Palma, L.; Sauka, D. H. and Ibarra, J. E. 2024. *Bacillus thuringiensis* : a broader view of its biocidal activity. *Toxins*. 16(3):1-3. <https://doi.org/10.3390/toxins16030162>.
- 19 Real, C. I. and Paiba, K. O. 2023. Reactivation of the nuclear polyhedrosis virus strain VPNHZ1991 for the management of the corn earworm (*Helicoverpa zea*). *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*. 9(18):2193-2201. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v9i18.17547>.
- 20 Rodríguez, J. C.; Salazar, M. L. and Contreras, M. 2018. Effect of different surfactants on larvae III of *Spodoptera frugiperda* Smith under laboratory and field conditions. *Arnaldoa*. 25 (3):1041-1052. <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25315>.
- 21 Sala, A.; Barrena, R.; Meyling, N. V. and Artola, A. 2023. Conidia production of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* using packed-bed bioreactor: Effect of substrate biodegradability on conidia virulence. *Journal of Environmental Management*. 341(1):1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118059>.
- 22 Saleem, U.; Asrar, M.; Jabeen, F.; Makhdoom Hussain, S. and Hussain, D. 2024. Determination of insecticidal potential of selected plant extracts against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) larvae. *Heliyon*. 10(20):1-13. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39593>.
- 23 Saquee, F. S.; Norman, P. E.; Saffa, M. D.; Kavhiza, N. J.; Pakina, E.; Zargar, M.; Diakite, S.; Stybayev, G.; Baitelenova, A. and Kipshakbayeva, G. 2023. Impact of different types of green manure on pest and disease incidence and severity as well as growth and yield parameters of maize. *Heliyon*. 9(6):1-10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17294>.
- 24 Vásquez, L. H.; Alvarado, K. A.; Intriago, F. G.; Raju, N. M. and Prasad, R. 2024. Banana and apple extracts with efficient microorganisms and their effect on cadmium reduction in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Discover Food*. 4(163):1-13. <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00205-5>.
- 25 Wan, J.; Huang, C.; Li, C.; Zhou, H.; Li, Z.; Xing, L.; Zhang, B.; Qiao, X.; Liu, B.; Liu, C.; Liu, W.; Wang, W.; Qian, W.; Makrady, S. and Wan, F. 2021. Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae). *Journal of Integrative Agriculture*. 20(3):646-663. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63367-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63367-6).
- 26 Wen, H.; Zhang, Q.; Cheng, D.; Zhang, Z.; Xu, H. and Xiangning, C. 2013. Cassia oil as a substitute solvent for xylene for rotenone EC and its synergistic activities. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 105(3):189-196. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2013.02.002>.
- 27 Yang, N.; Wang, Y.; Liu, X.; Jin, M.; Vallebuena-Estrada, M.; Calfee, E.; Chen, L.; Dilkes, B. P.; Gui, S.; Fan, X.; Harper, T. K.; Kennett, D. J.; Li, W.; Lu, Y.; Ding, J.; Chen, Z.; Luo, J.; Mambakkam, S.; Menon, M. and Ross-Ibarra, J. 2023. Two teosintes made modern maize. *Science*. 382(6674):1-40. <https://doi.org/10.1126/science.adg8940>.
- 28 Yasin, S.; Zavala, F.; Niño, G.; Rodríguez, P.; Gutiérrez, A.; Sinagawa, S. and Lugo, E. 2024. Morphological and physiological response of maize (*Zea mays* L.) to drought stress during reproductive stage. *Agronomy*. 14(8):1-16. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081718>.
- 29 Zhou, W.; Li, M. and Achal, V. 2025. A comprehensive review on environmental and human health impacts of chemical pesticide usage. *Emerging Contaminants*; 11(1):1-13. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100410>.
- 30 Zimmermann, G. 2007. Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii* . *Biocontrol Science and Technology*. 17(6):553-596. <https://doi.org/10.1080/09583150701309006>.

Eficacia de insecticidas botánicos y biológicos contra *Spodoptera frugiperda* en maíz

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 April 2026
Date accepted: 01 August 2026
Publication date: 01 August 2026
Volume: 17
Issue: 5
Electronic Location Identifier: e4175
DOI: 10.29312/remexca.v17i5.4175

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

bioinsecticidas
dosificación
entomopatógenos
mortalidad
sustitución

Counts

Figures: 1
Tables: 1
Equations: 0
References: 30