



Artículo

Control de *Spodoptera frugiperda* y respuesta productiva de *Zea mays* L. mediante extractos vegetales

Spodoptera frugiperda control and yield response of *Zea mays* L. using plant extracts

Marisol Rivero Herrada ^{1,*}, Sherly Liliam Roca Moreno ², Rebeca Martha Alvarez de la Guardia ³, Carmen V. Marín Cuevas ⁴, Karla Nicole Factos Laiño ⁵, Eduardo Gutiérrez Rivero ⁶ y Juan Antonio Torres-Rodríguez ⁷

Cita: Rivero Herrada, M., Roca Moreno, S. L., Alvarez de la Guardia, R. M., Marín Cuevas, C. V., Factos Laiño, K. N., Gutiérrez Rivero, E., & Torres-Rodríguez, J. A. (2025). Control de *Spodoptera frugiperda* y respuesta productiva de *Zea mays* L. mediante extractos vegetales. *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 3(3), 12-29. <https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n3/67>

Recibido: 03/06/2025
Revisado: 28/06/2025
Aceptado: 10/07/2025
Publicado: 17/07/2025



Copyright: © 2025 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la [Licencia Creative Commons, Atribución- NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

[\(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

¹ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo 120501, Ecuador; <https://orcid.org/0000-0002-2279-0571>

² Investigador independiente. Calle Q, Avenida Quito, Quevedo 120501, Ecuador; <https://orcid.org/0000-0001-7434-6475>; sherlyroca31@gmail.com

³ Empresa de Proyecto Agropecuario. Calle Augusto número 10, Bayamo 85100, Cuba; <https://orcid.org/0009-0009-3622-7315>; rebecamarthaalvarezdelaguardia@gmail.com

⁴ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo 120501, Ecuador; <https://orcid.org/0000-0002-8128-9170>; cmarin@uteq.edu.ec

⁵ Investigador independiente. Calle Q, Avenida Quito, Quevedo 120501, Ecuador <https://orcid.org/0000-0002-1484-2669>; knicole1402@gmail.com

⁶ Estudiante de Posgrado Universidad de Guadalajara, Doctorado en Geografía y Ordenación Territorial, Sede Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades, Los Belenes. Zapopan, Jalisco, México. <https://orcid.org/0000-0003-2192-3376>; eduardo.gutierrez9564@alumnos.udg.mx

⁷ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo 120501, Ecuador <https://orcid.org/0000-0003-3326-4371>; jatorres@uteq.edu.ec

* Correspondencia: mrivero@uteq.edu.ec

 <https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n3/67>

Resumen: *Spodoptera frugiperda* representa una de las principales plagas que afectan al cultivo de maíz en América Latina, generando severas pérdidas de rendimiento. Este estudio evaluó la eficacia de tres extractos vegetales comerciales (*Capsicum annuum*, *Azadirachta indica* y *Cinnamomum verum*), aplicados en dos dosis (alta y baja), sobre la incidencia y severidad de *S. frugiperda*, así como su efecto sobre componentes del rendimiento en maíz. El ensayo se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2 + 1, con evaluaciones a los 15, 25 y 35 días después de la siembra. Los resultados mostraron que el extracto de *C. annuum* en dosis alta (0,8 L ha⁻¹) redujo significativamente la incidencia y severidad del daño (hasta en 80 %), superando a los demás tratamientos (p < 0,05). Además, promovió incrementos significativos en el número de granos por mazorca, peso de 100 granos y rendimiento total (7280,1 kg ha⁻¹). En contraste, el extracto de *C. verum* mostró menor efectividad. Los extractos vegetales representan una alternativa eficaz, sostenible y compatible con el manejo integrado de plagas, permitiendo reducir el uso de insecticidas sintéticos sin comprometer la productividad del maíz.

Palabras clave: bioinsecticidas; rendimiento agronómico; incidencia, severidad.

Abstract: *Spodoptera frugiperda* is one of the main pests affecting maize in Latin America, causing severe yield losses. This study evaluated the efficacy of three commercial plant extracts (*Capsicum annuum*, *Azadirachta indica* and *Cinnamomum verum*), applied at two doses (high and low), on the incidence and severity of *S. frugiperda*, as well as their effect on yield components in maize. The trial was conducted under a completely randomised design with a 3x2 + 1 factorial arrangement, with evaluations at 15, 25 and 35 days after sowing. The results showed that *C. annuum* extract at a high dose (0.8 L ha⁻¹) significantly reduced the incidence and severity of damage (up to 80 %), outperforming the other treatments (p < 0.05). In addition, it promoted significant increases in the number of grains per ear, 100-grain weight and total yield (7280.1 kg ha⁻¹). In contrast, the *C. verum* extract showed less effectiveness. Plant extracts represent an effective, sustainable and compatible alternative to integrated pest management, allowing the use of synthetic insecticides to be reduced without compromising maize productivity.

Keywords: bioinsecticidas; agronomic performance; incidence, severity.

1. Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es una de las especies agrícolas con mayor diversidad genética a nivel mundial, lo que lo convierte en un recurso estratégico tanto para la seguridad alimentaria como para el desarrollo tecnológico. Por tanto, se utiliza no sólo como alimento humano, sino también para la producción de productos como biocombustibles, plásticos y productos farmacéuticos (Merino & Castañeda, 2014).

En Ecuador, el maíz constituye un cultivo tradicional de alto valor económico y social, con amplia distribución en zonas costeras y andinas. En las últimas décadas, la producción global de maíz ha experimentado un crecimiento notable, impulsada tanto por la expansión del área cultivada como por avances tecnológicos como el uso masivo de semillas híbridas y mejoramiento genético. La producción mundial de maíz se incrementó en más del 100 % desde mediados de los años noventa, sostenida por aumentos de rendimiento (~50 %) y expansión de la superficie (~46 %) (Erenstein et al., 2022).

No obstante, el cultivo de maíz enfrenta restricciones fitosanitarias significativas, principalmente asociadas a la acción de insectos fitófagos. Se estima que las pérdidas ocasionadas por plagas entomológicas pueden alcanzar hasta un 30% del rendimiento potencial cuando no se implementan medidas de manejo integrado (Tambo et al., 2023). Entre las especies de mayor impacto económico destaca *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), un lepidóptero polífago de distribución global, cuyas larvas causan daños severos al alimentarse del cogollo y los tejidos foliares del maíz en fases tempranas de desarrollo. La severidad del ataque depende de factores como el estadio fenológico de la planta, el nivel de infestación, y las condiciones ambientales (Bakry & Abdel-Baky, 2023). En climas cálidos y secos, las larvas pueden concentrarse en la base del tallo y provocar el colapso de plántulas, generando pérdidas irreversibles en campo (Midega et al., 2018).

El uso prolongado de plaguicidas sintéticos, incluidos fungicidas e insecticidas, ha generado consecuencias ambientales significativas, como la contaminación de suelos y aguas, la resistencia de organismos plaga y la reducción de la biodiversidad funcional en los agroecosistemas (Torres-Rodríguez et al., 2024).

En los últimos años, los bioplaguicidas de origen vegetal han ganado relevancia como alternativas sostenibles para el control de insectos fitófagos, especialmente en sistemas agrícolas de pequeña y mediana escala. Estos productos presentan una menor toxicidad para organismos no objetivo y el ambiente, en comparación con los insecticidas sintéticos. Su eficacia se atribuye a la presencia de metabolitos secundarios con actividad insecticida, repelente, antialimentaria o reguladora del crecimiento, que actúan a bajas concentraciones y, en muchos casos, con especificidad hacia ciertos taxones plaga (Al-Nafie et al., 2024; Khursheed & Jain, 2021).

Diversos estudios han demostrado que los extractos vegetales poseen efectos bioactivos sobre *S. frugiperda*, incluyendo mortalidad larval, inhibición de la alimentación, reducción del crecimiento y alteraciones en el ciclo de vida. Bajo condiciones de laboratorio, el extracto de semilla de *Azadirachta indica* (neem) alcanza mortalidad larval del 100 % en concentraciones de 3–5 % v/v en tan solo 6 horas (Tulashie et al., 2021). Además, extractos acuosos de hoja y torta de semilla de neem muestran un efecto insecticida significativo contra larvas de quinto estadio (Silva et al., 2015). Por otra parte, estudios con *Tagetes erecta* reportan mortalidades de larvas del 48–72 % según el solvente utilizado (hexano, acetona, etanol), y efectos tóxicos sobre pupas (Aldana-Llanos et al., 2012). Similar eficacia se observa con *Annona muricata*, cuyos extractos de hoja y semilla, ricos en acetogeninas y flavonoides, inducen mortalidad larval superior al 60 % y reducen la alimentación de *S. frugiperda* (Ramadan & Yuliani, 2025).

Sin embargo, la eficacia de estos extractos puede variar según la especie vegetal, el método de extracción, la concentración y las condiciones de aplicación. Por ello, resulta fundamental evaluar formulaciones comerciales disponibles en el mercado bajo condiciones locales, con el fin de validar su efectividad y viabilidad en el manejo de esta plaga (Njuguna et al., 2021; Siazemo & Simfukwe, 2020).

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la eficacia de extractos vegetales comerciales en el control de *Spodoptera frugiperda*, como alternativa sostenible al uso de insecticidas sintéticos. Se plantea que el uso de compuestos bioactivos de origen vegetal puede constituir una estrategia ecológica y técnicamente viable para reducir el impacto de esta plaga en el cultivo de *Zea mays* L. bajo condiciones de campo.

2. Materiales y Métodos

Localización de la investigación

La investigación se llevó a cabo en un lote agrícola ubicado en el recinto Guarel, parroquia Febres Cordero, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, Ecuador. El sitio experimental se encuentra en las coordenadas UTM 682649 - 9792077, a una altitud de 20 m s. n. m. La zona presenta una temperatura media anual de 26,4 °C, una precipitación promedio de 1783,5 mm, humedad relativa del 81 % y una heliofanía anual de 553,4 horas de insolación directa.

Diseño experimental y descripción de los tratamientos

Se utilizó como material genético el híbrido Advanta 9789. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial 3×2 + 1 (tres tipos

de extractos vegetales × dos dosis de aplicación, más un control), con cuatro repeticiones por tratamiento, totalizando 28 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo constituida por un área homogénea de siembra sujeta a las mismas condiciones agronómicas y ambientales (Tabla 1).

Tabla 1

Factores evaluados en el diseño factorial

Factor	Nivel	Descripción
A	A1	Extracto de <i>Azadirachta indica</i> (Neem)
	A2	Extracto de <i>Capsicum annuum</i> (Ají)
	A3	Extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (Canela)
B	B1	Dosis baja
	B2	Dosis alta

La tabla 2 presenta los tratamientos evaluados en el ensayo, conformados por tres extractos vegetales comerciales aplicados en dos niveles de dosis (alta y baja), más un control sin aplicación. Cada tratamiento fue repetido cuatro veces, para un total de 28 unidades experimentales. Los productos utilizados fueron formulaciones comerciales a base de extractos de *Azadirachta indica* (Neem-X), *Capsicum annuum* (RockaPlus) y *Cinnamomum verum* (CinnAcar). Las aplicaciones se realizaron a los 15, 25 y 35 días después de la siembra (dds), de acuerdo con las dosis especificadas en la tabla 2.

Tabla 2

Tratamientos evaluados

Tratamiento	Nombre del producto	Composición	Dosis
T1	Neem-X	Extracto de Neem	Alta (2,0 L ha ⁻¹)
T2	Neem-X	Extracto de Neem	Baja (1,0 L ha ⁻¹)
T3	RockaPlus	Extracto de Ají	Alta (0,8 L ha ⁻¹)
T4	RockaPlus	Extracto de Ají	Baja (0,4 L ha ⁻¹)
T5	CinnAcar	Extracto de Canela	Alta (2,0 L ha ⁻¹)
T6	CinnAcar	Extracto de Canela	Baja (1,0 L ha ⁻¹)
T7	Control	-	-

Manejo agronómico del cultivo

Durante el desarrollo del experimento se realizaron todas las prácticas agronómicas necesarias para garantizar el establecimiento y crecimiento óptimo del cultivo de maíz. La preparación del terreno consistió en un pase de arado y dos pases de rastra cruzados, con el fin de obtener una cama de siembra adecuada. La siembra se realizó manualmente con espeque, utilizando un distanciamiento de 0,80 m entre hileras y 0,20 m entre plantas, depositando una semilla por golpe previamente tratada con Thiodicarb (Semeprid) a razón de 25 mL kg⁻¹ de semilla. Para el control de malezas se realizó mediante deshierbes manuales. El control de *Spodoptera frugiperda* se efectuó mediante aplicaciones foliares de extractos vegetales según los tratamientos establecidos, realizadas a los 15, 25 y 35 días después de la siembra, en horas

tempranas del día (antes de las 09:00 o después de las 16:00). No se reportaron enfermedades durante el ciclo del cultivo. El riego se aplicó mediante un sistema de aspersión móvil, iniciando dos días antes de la siembra y continuando a los 13, 28, 43 y 65 días después de esta, con una duración de dos horas por evento. La fertilización consistió en la aplicación de 160 kg ha⁻¹ de nitrógeno (fraccionado en tres aplicaciones a los 12, 22 y 32 días), 50 kg ha⁻¹ de fósforo y 70 kg ha⁻¹ de potasio, utilizando como fuentes urea, DAP y cloruro de potasio. La cosecha se realizó manualmente al alcanzar la madurez fisiológica de los granos, con un contenido de humedad entre 18 % y 20 %.

VARIABLES RESPUESTAS EVALUADAS

Incidencia de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo del maíz.

La presencia del gusano cogollero (*S. frugiperda*), se evaluó en 15 plantas tomadas al azar de las tres hileras centrales de cada tratamiento, considerando presencia de la larva viva, excretas y daños frescos en hojas, tallo y cogollo. La toma de datos fue 24 horas antes de la aplicación del extracto vegetal, y luego de la aplicación a las 48 y 96 horas. El porcentaje de presencia de la plaga se calculó utilizando la fórmula modificada (Torres-Rodríguez et al., 2025).

$$IE (\%) = (NPI/NTP) \times 100$$

donde NPI es el número de plantas infestadas por tratamiento y NTP es el número total de plantas evaluadas por tratamiento.

Grado de severidad de daños provocados por *Spodoptera frugiperda*

La severidad de los daños ocasionados por *Spodoptera frugiperda* se evaluó en las plantas de maíz infestadas, según los tratamientos establecidos en el experimento. Para ello, se utilizó la escala visual de daño propuesta por Davis et al. (1992), la cual clasifica el nivel de afectación en una escala del 0 al 9, en función del número y tipo de lesiones observadas en el cogollo y hojas (Tabla 3). La evaluación se realizó en 15 plantas seleccionadas al azar de las tres hileras centrales de cada unidad experimental. Las observaciones se efectuaron en tres momentos: 24 horas antes de la aplicación del tratamiento, y a las 48 y 96 horas posteriores a la aplicación de los extractos vegetales.

Tabla 3

Escala visual del daño foliar en maíz causado por Spodoptera frugiperda

Grado de daño	Descripción del daño
0	Plantas sin daños.
1	Tres o menos lesiones pequeñas (tamaño de alfiler) en el cogollo. Larvas de primer estadio. Puede haber más huevos que larvas eclosionadas.
2	Perforaciones del tamaño de un alfiler y lesiones circulares en cogollos
3	Lesiones circulares pequeñas y algunas lesiones alargadas de hasta 1,3 cm en cogollo y hojas.
4	De 4 a 7 lesiones alargadas pequeñas a medianas, de 1,3 a 2,5 cm en algunos cogollos y hojas abiertas.
5	Lesiones alargadas grandes en cogollo y hojas.
6	Varias lesiones alargadas y varios agujeros grandes de forma uniforme a irregular en cogollo y hojas abiertas.

7	Muchas lesiones (8 o más) alargadas de todo tamaño y muchos agujeros grandes de forma uniforme a irregular en cogollo y hojas abiertas.
8	Lesiones extensas en la mayoría de los cogollos y hojas abiertas.
9	Cogollos y hojas abiertas casi totalmente destruidos. Destrucción evidente del cogollo, presencia de un tapón de heces tipo aserrín. Larvas L6 con tapón de aserrín que impiden por completo el control químico.

Posteriormente, los datos obtenidos fueron utilizados para calcular la media ponderada de severidad (%), aplicando la fórmula (Toepfer et al., 2021):

$$P = \left(\frac{\sum(n * v)}{CM * N} \right) * 100$$

Donde:

P: Porcentaje de severidad media ponderada

n: Número de hojas (o plantas) en cada clase de daño

v: Valor numérico asignado a cada clase

N: Número total de hojas (o plantas) evaluadas

CM: Categoría máxima de la escala (9)

Número de hileras por mazorca

Se seleccionaron diez mazorcas al azar por unidad experimental, en las cuales se contó el número total de hileras presentes, registrando un promedio por tratamiento.

Número de granos por mazorca

En las mismas diez mazorcas por unidad experimental se contabilizó el número total de granos por mazorca, obteniendo un promedio para cada tratamiento.

Peso de 100 granos

Se tomaron 100 granos al azar por unidad experimental, los cuales fueron pesados en una balanza digital de precisión. El peso fue expresado en gramos, como medida de la densidad del grano.

Rendimiento del cultivo (kg ha⁻¹).

El rendimiento se determinó cosechando las plantas del área útil de cada unidad experimental. Posteriormente, se ajustó el peso del grano al 13 % de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$Ps = Pa (100 - ha) / (100 - hd)$$

Dónde:

Ps = Peso seco ajustado (kg ha⁻¹)

Pa = Peso actual del grano cosechado

ha = Humedad actual del grano (%)

hd = Humedad deseada (13 %)

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y cuando se observaron diferencias significativas, se realizó la prueba de Tukey al 0,05% de probabilidad de error. Antes de realizar el análisis de varianza, se verificó la normalidad de los datos a través de la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Bartlett. El correspondiente análisis estadístico se lo realizó en el programa R studio.

3. Resultados

Incidencia de *Spodoptera frugiperda* a los 15 días en maíz tratado con extractos vegetales

La incidencia de *S. frugiperda* varió significativamente entre tratamientos y momentos de evaluación ($p < 0,05$), mostrando una tendencia general a la reducción tras la aplicación de extractos vegetales. Los valores promedio disminuyeron de 36,8 % (24 h antes) a 22,9 % (48 h) y 16,2 % (96 h), evidenciando el efecto de los tratamientos (Tabla 4). En la evaluación basal (24 h antes), el control (45,9 %) y CinnAcar a baja dosis (44,4 %) presentaron las mayores incidencias, estadísticamente superiores al resto ($p < 0,05$). RockaPlus en ambas dosis mostró los valores más bajos ($< 31,2$ %), sin diferenciarse significativamente de Neem-X. A las 48 h, todos los extractos redujeron la incidencia ($p < 0,05$) respecto al control (35,6 %). RockaPlus a dosis alta (13,3 %) el tratamiento más eficaz, no mostró diferencias significativas con los extractos de Neem-X. A las 96 h RockaPlus a dosis alta mantuvo la incidencia más baja (6,7 %), seguido por su dosis baja (8,9 %), ambos estadísticamente inferiores a CinnAcar baja (24,4 %) y al control (28,9 %). Neem-X mostró eficacia de (13,3 %), con diferencias significativas frente al control ($p < 0,05$) (Tabla 4).

Tabla 4

Incidencia de Spodoptera frugiperda en maíz a los 15 días después de la siembra, evaluada a las 24 h antes, y a las 48 y 96 h después de la aplicación de extractos vegetales.

N°	Tratamientos		Incidencia de <i>S. frugiperda</i> a los 15 días		
	Nombre del producto	Dosis	24 h (%)	48 h (%)	96 h (%)
T1	Neem-X	Alta (2,0 L ha ⁻¹)	33,3 c	20,0 cd	13,3 cd
T2	Neem-X	Baja (1,0 L ha ⁻¹)	33,3 c	20,0 cd	13,3 cd
T3	RockaPlus	Alta (0,8 L ha ⁻¹)	31,1 c	13,3 d	6,7 d
T4	RockaPlus	Baja (0,4 L ha ⁻¹)	28,9 c	15,6 d	8,9 d
T5	CinnAcar	Alta (2,0 L ha ⁻¹)	37,8 bc	24,4 bc	17,8 bc
T6	CinnAcar	Baja (1,0 L ha ⁻¹)	44,4 ab	31,1 b	24,4 b
T7	Control	-	45,9 a	46,6 a	48,9 a
CV (%)			8,53	12,99	18,34

Nota: Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

Incidencia de *Spodoptera frugiperda* a los 25 días en maíz tratado con extractos vegetales

La Tabla 5 presenta los resultados de incidencia de *S. frugiperda* a los 25 días después de la siembra, con evaluaciones realizadas a las 24 horas antes, y a las 48 y 96 horas posteriores a la aplicación de los extractos vegetales. En todas las evaluaciones se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Los promedios generales fueron de 37,1 %, 24,4 % y 18,4 %, respectivamente, con coeficientes de variación de 9,45 %, 12,65 % y 17,07 %. Antes de la aplicación (24 h), el control sin tratamiento (48,1 %) registró la incidencia más alta, estadísticamente superiores ($p < 0,05$) a los demás tratamientos. RockaPlus a dosis baja mostró el menor valor (28,9 %), sin diferencias estadísticas de los tratamientos con Neem-X. A las 48 h después de la aplicación, la incidencia disminuyó en todos los tratamientos. El control (53,8 %) presentó los valores más altos, significativamente superiores a los demás tratamientos ($p < 0,05$). RockaPlus a dosis alta alcanzó el menor valor (17,8 %), seguido de Neem-X y RockaPlus baja, sin diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$). A las 96 h RockaPlus a dosis alta obtuvo la menor incidencia (11,1 %), significativamente distinta del control y CinnAcar baja ($p < 0,05$).

Tabla 5

Incidencia de Spodoptera frugiperda en maíz a los 25 días después de la siembra, evaluada a las 24 h antes, y a las 48 y 96 h después de la aplicación de extractos vegetales.

N°	Tratamientos		Incidencia de <i>S. frugiperda</i> a los 25 días		
	Nombre del producto	Dosis	24 h (%)	48 h (%)	96 h (%)
T1	Neem-X	Alta (2,0 L ha ⁻¹)	31,1 c	17,8 b	13,3 c
T2	Neem-X	Baja (1,0 L ha ⁻¹)	33,3 c	20,0 b	13,3 c
T3	RockaPlus	Alta (0,8 L ha ⁻¹)	31,1 c	17,8 b	11,1 c
T4	RockaPlus	Baja (0,4 L ha ⁻¹)	28,9 c	20,0 b	13,3 c
T5	CinnAcar	Alta (2,0 L ha ⁻¹)	37,8 bc	24,4 b	17,8 bc
T6	CinnAcar	Baja (1,0 L ha ⁻¹)	46,7 ab	33,3 b	26,7 b
T7	Control	-	48,1 a	53,8 a	57,3 a
CV (%)			9,45	12,65	17,07

Nota: Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

Incidencia de *Spodoptera frugiperda* a los 35 días en maíz tratado con extractos vegetales

En la Tabla 6 se presentan los valores de incidencia de *S. frugiperda* en maíz a los 35 días después de la siembra. Los promedios generales fueron de 37,5 %, 27,0 % y 22,2 % respectivamente. En las tres evaluaciones se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), con coeficientes de variación de 9,77 %, 16,38 % y 21,04 %. A las 24 horas antes de la aplicación, el tratamiento con extracto de canela a baja dosis (CinnAcar 1,0 L ha⁻¹) registró la mayor incidencia (48,9 % y 51,1 %, respectivamente), sin diferencias estadísticas entre ellos ($p > 0,05$), pero significativamente superiores al resto de tratamientos. El menor valor (24,4 %) se obtuvo

con RockaPlus a dosis alta (0,8 L ha⁻¹). Tras 48 horas de la aplicación el tratamiento control (37,8 %) mantuvo los niveles más altos de incidencia ($p < 0,05$). El tratamiento más efectivo fue RockaPlus en dosis alta (15,6 %), sin embargo, no presentó diferencias significativas con los extractos de Neem-X ($p > 0,05$). A las 96 horas después de la aplicación, el control mostró la incidencia más elevada (37,8 %). Seguido de los tratamientos con canela en ambas dosis (31,1 % y 24,4 %), sin diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$). La menor incidencia (11,1 %) fue registrada con el extracto de ají en dosis alta (RockaPlus 0,8 L ha⁻¹), sin diferencias significativas con los extractos de Neem-X ($p > 0,05$).

Tabla 6

Incidencia de Spodoptera frugiperda en maíz a los 35 días después de la siembra, evaluada a las 24 h antes, y a las 48 y 96 h después de la aplicación de extractos vegetales.

N°	Tratamientos		Incidencia de <i>S. frugiperda</i> a los 35 días		
	Nombre del producto	Dosis	24 h (%)	48 h (%)	96 h (%)
T1	Neem-X	Alta (2,0 L ha ⁻¹)	31,1 cd	20,0 bc	15,6 c
T2	Neem-X	Baja (1,0 L ha ⁻¹)	35,6 c	26,7 bc	20,0 bc
T3	RockaPlus	Alta (0,8 L ha ⁻¹)	24,4 d	15,6 c	11,1 c
T4	RockaPlus	Baja (0,4 L ha ⁻¹)	31,1 cd	22,2 bc	15,6 c
T5	CinnAcar	Alta (2,0 L ha ⁻¹)	40,0 bc	28,9 b	24,4 bc
T6	CinnAcar	Baja (1,0 L ha ⁻¹)	48,9 ab	37,8 b	31,1 b
T7	Control	-	51,1 a	57,8 a	57,8 a
CV (%)			9,77	16,38	21,04

Nota: Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

Severidad de daños provocados por *S. frugiperda* a los 15 días, con evaluaciones a las 24 horas antes, 48 horas y 96 horas después de la aplicación de los extractos vegetales

Previo a la aplicación de los tratamientos (24 horas antes), el control presentó la mayor severidad del daño (20,7 %), sin diferencias estadísticas ($p > 0,05$) a los tratamientos con CinnAcar en ambas dosis (20,4 % y 20,2 %) y Neem-X (20,0 %). Estas fueron significativamente superiores ($p < 0,05$) al tratamiento con RockaPlus a dosis alta (8,9 %), que mostró la menor severidad. A las 48 horas después de la aplicación, el control (20,0 %) mantuvo el valor más alto, sin diferencias estadísticas ($p > 0,05$) con CinnAcar (17,8 % y 15,6 %) y Neem-X (13,3 % en ambas dosis). El tratamiento con menor severidad fue RockaPlus en dosis alta (6,7 %), mostrando diferencia significativa ($p < 0,05$) frente al resto. A las 96 horas posteriores a la aplicación, el control continuó con la mayor severidad (23,3 %). Los valores más bajos fueron registrados por RockaPlus en dosis alta (2,2 %), reflejando una reducción en la severidad del daño, sin diferencias con los tratamientos de Neem-X (Tabla 7).

Tabla 7

Severidad de Spodoptera frugiperda en maíz a los 15 días después de la siembra, evaluada a las 24 h antes, y a las 48 y 96 h después de la aplicación de extractos vegetales.

N°	Tratamientos		Severidad de <i>S. frugiperda</i> a los 15 días		
	Nombre del producto	Dosis	24 h (%)	48 h (%)	96 h (%)
T1	Neem-X	Alta (2,0 L ha ⁻¹)	20,0 ab	13,3 bc	6,7 bc
T2	Neem-X	Baja (1,0 L ha ⁻¹)	20,0 ab	13,3 bc	6,7 bc
T3	RockaPlus	Alta (0,8 L ha ⁻¹)	8,9 c	6,7 d	2,2 c
T4	RockaPlus	Baja (0,4 L ha ⁻¹)	15,6 bc	8,9 cd	6,7 bc
T5	CinnAcar	Alta (2,0 L ha ⁻¹)	20,2 ab	15,6 ab	8,9 b
T6	CinnAcar	Baja (1,0 L ha ⁻¹)	20,4 a	17,8 ab	11,1 b
T7	Control	-	20,7 a	20,0 a	23,3 a
CV (%)			14,78	16,28	27,98

Nota: Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

Severidad de daños provocados por *S. frugiperda* a los 25 días, con evaluaciones a las 24 horas antes, 48 horas y 96 horas después de la aplicación de los extractos vegetales

El análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas entre tratamientos en las tres evaluaciones ($p < 0,01$), con coeficientes de variación de 9,82 %, 20,93 % y 27,98 % (Tabla 8). A las 24 horas antes de la aplicación, el control presentó la mayor severidad (24,7 %), sin diferencias significativas ($p > 0,05$) con CinnAcar (24,4 % en ambas dosis) y Neem-X (20,0 % en ambas dosis). El valor más bajo se registró con RockaPlus en dosis alta (13,3 %), mostrando diferencias significativas ($p < 0,01$) frente a los tratamientos con mayor severidad. A las 48 horas posteriores a la aplicación, el control (26,0 %) mantuvo el valor más alto de severidad. El menor valor se obtuvo con RockaPlus en dosis alta (2,2 %), el cual fue significativamente inferior al resto de tratamientos ($p < 0,05$). A las 96 horas, el control registró la mayor severidad (26,7 %), seguido por CinnAcar en ambas dosis (11,1 % y 8,9 %). RockaPlus en dosis alta mantuvo el valor más bajo (2,2 %), siendo significativamente inferior ($p < 0,05$) a los tratamientos con mayores niveles de daño (Tabla 8).

Tabla 8

Severidad de Spodoptera frugiperda en maíz a los 25 días después de la siembra, evaluada a las 24 h antes, y a las 48 y 96 h después de la aplicación de extractos vegetales.

N°	Tratamientos		Severidad de <i>S. frugiperda</i> a los 25 días		
	Nombre del producto	Dosis	24 h (%)	48 h (%)	96 h (%)
T1	Neem-X	Alta (2,0 L ha ⁻¹)	20,0 bc	13,3 b	6,7 bc
T2	Neem-X	Baja (1,0 L ha ⁻¹)	20,0 bc	13,3 b	6,7 bc

T3	RockaPlus	Alta (0,8 L ha ⁻¹)	13,3 d	2,2 c	2,2 c
T4	RockaPlus	Baja (0,4 L ha ⁻¹)	17,8 cd	6,7 bc	6,7 bc
T5	CinnAcar	Alta (2,0 L ha ⁻¹)	24,4 ab	15,6 b	8,9 b
T6	CinnAcar	Baja (1,0 L ha ⁻¹)	24,4 ab	17,8 b	11,1 b
T7	Control	-	24,7 a	26,0 a	26,7 a
CV (%)			9,82	20,93	27,98

Nota: Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

Severidad de daños provocados por *S. frugiperda* a los 35 días, con evaluaciones a las 24 horas antes, 48 horas y 96 horas después de la aplicación de los extractos vegetales

A las 24 horas antes de la aplicación, el control presentó la mayor severidad (26,2 %), estadísticamente igual ($p > 0,05$) a CinnAcar (24,7 %) y Neem-X (20,0 %) en ambas dosis. El valor más bajo fue registrado por RockaPlus en dosis alta (15,6 %), aunque sin diferencias significativas ($p > 0,05$) frente a los extractos de Neem-X y a la dosis más alta de CinnAcar (Tabla 9). A las 48 horas después de la aplicación, la mayor severidad fue observada en el control (22,2 %), sin diferencias estadísticas ($p > 0,05$) con CinnAcar (17,8 % y 13,3 %) y Neem-X en dosis baja (15,6 %). RockaPlus en dosis alta redujo significativamente la severidad a 2,2 %, mostrando diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) con el resto de los extractos. A las 96 horas, el control mantuvo la mayor severidad (24,0 %). El tratamiento con RockaPlus en dosis alta presentó el menor nivel de severidad (1,2 %), con diferencias significativas ($p < 0,05$) al resto de los tratamientos (Tabla 9). Todos los tratamientos de extracto vegetales fueron superiores ($p < 0,05$) al tratamiento control (Tabla 9).

Tabla 9

Severidad de Spodoptera frugiperda en maíz a los 35 días después de la siembra, evaluada a las 24 h antes, y a las 48 y 96 h después de la aplicación de extractos vegetales.

N°	Tratamientos		Severidad de <i>S. frugiperda</i> a los 35 días		
	Nombre del producto	Dosis	24 h (%)	48 h (%)	96 h (%)
T1	Neem-X	Alta (2,0 L ha ⁻¹)	20,0 ab	11,1 bc	8,9 b
T2	Neem-X	Baja (1,0 L ha ⁻¹)	20,0 ab	15,6 ab	11,1 b
T3	RockaPlus	Alta (0,8 L ha ⁻¹)	15,6 b	2,2 d	1,2 c
T4	RockaPlus	Baja (0,4 L ha ⁻¹)	20,0 ab	4,4 cd	2,2 c
T5	CinnAcar	Alta (2,0 L ha ⁻¹)	24,4 ab	13,3 abc	11,1 b
T6	CinnAcar	Baja (1,0 L ha ⁻¹)	24,7 ab	17,8 ab	15,6 b
T7	Control	-	26,2 a	22,2 a	24,0 a
CV (%)			16,48	28,71	29,97

Nota: Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

Efecto de extracto vegetales en variables de producción del maíz

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$), lo que indica que la aplicación de los extractos vegetales no tuvo un efecto determinante sobre esta variable. Los valores oscilaron entre 12,7 y 15,0 hileras por mazorca, siendo el tratamiento con RockaPlus (Extracto de Ají, dosis alta de $0,8 \text{ L ha}^{-1}$) el que alcanzó el mayor promedio (15,0 hileras), mientras que el control registró el menor valor (12,7 hileras) (Tabla 10).

Tabla 10

Número de hileras por mazorca en plantas de maíz tratadas con extractos vegetales.

N°	Tratamientos		Número de hileras
	Nombre del producto	Dosis	
T1	Neem-X	Alta ($2,0 \text{ L ha}^{-1}$)	14,8
T2	Neem-X	Baja ($1,0 \text{ L ha}^{-1}$)	14,7
T3	RockaPlus	Alta ($0,8 \text{ L ha}^{-1}$)	15,0
T4	RockaPlus	Baja ($0,4 \text{ L ha}^{-1}$)	14,9
T5	CinnAcar	Alta ($2,0 \text{ L ha}^{-1}$)	14,6
T6	CinnAcar	Baja ($1,0 \text{ L ha}^{-1}$)	14,0
T7	Control	-	12,7
CV (%)			6,39

En la Tabla 11 se presentan los valores promedios del número de granos por mazorca. El análisis estadístico evidenció diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,01$), con un coeficiente de variación de 0,46 %. El mayor número de granos por mazorca se obtuvo con el tratamiento T3, correspondiente al extracto de (RockaPlus) en dosis alta ($0,8 \text{ L ha}^{-1}$), con un promedio de 660,3 granos. Este valor fue estadísticamente superior al resto de tratamientos ($p < 0,01$). Los menores valores se registraron en el control (T7), con 581,3 granos por mazorca, y en los tratamientos con extracto de (CinnAcar) en dosis baja y alta (T6 y T5), con 593,7 y 598,7 granos, respectivamente. Estos tratamientos fueron estadísticamente inferiores a los que utilizaron extracto de ají.

Tabla 11

Número de granos por mazorca en plantas de maíz tratadas con extractos vegetales.

N°	Tratamientos		Número de granos por mazorca
	Nombre del producto	Dosis	
T1	Neem-X	Alta ($2,0 \text{ L ha}^{-1}$)	610,3 c
T2	Neem-X	Baja ($1,0 \text{ L ha}^{-1}$)	604,0 cd
T3	RockaPlus	Alta ($0,8 \text{ L ha}^{-1}$)	660,3 a
T4	RockaPlus	Baja ($0,4 \text{ L ha}^{-1}$)	622,0 b
T5	CinnAcar	Alta ($2,0 \text{ L ha}^{-1}$)	598,7 de
T6	CinnAcar	Baja ($1,0 \text{ L ha}^{-1}$)	593,7 e
T7	Control	-	581,3 f
CV (%)			0,46

Nota: Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

En la Tabla 12 se presentan los valores promedios del peso de 100 granos de maíz en los diferentes extractos evaluados. El análisis estadístico reveló diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,01$), con un coeficiente de variación de 1,65 %. El tratamiento T3, correspondiente al extracto de (RockaPlus) en dosis alta ($0,8 \text{ L ha}^{-1}$), registró el mayor peso de 100 granos con un valor de 44,2 g, siendo estadísticamente superior a todos los demás tratamientos. Los menores valores se observaron en los tratamientos T6 (CinnAcar, $1,0 \text{ L ha}^{-1}$), T5 (CinnAcar, $2,0 \text{ L ha}^{-1}$) y el control, con promedios de 35,2, 35,9 y 34,2 g, respectivamente, siendo estadísticamente inferiores a los tratamientos con extracto de ají y al tratamiento T1 (Neem-X, $2,0 \text{ L ha}^{-1}$). Estos resultados sugieren un efecto positivo del extracto de *Capsicum annum* sobre el llenado y calidad del grano.

Tabla 12

Peso de 100 granos de maíz en función de la aplicación de extractos vegetales.

N°	Tratamientos		Peso de 100 granos (g)
	Nombre del producto	Dosis	
T1	Neem-X	Alta ($2,0 \text{ L ha}^{-1}$)	38,7 bc
T2	Neem-X	Baja ($1,0 \text{ L ha}^{-1}$)	37,8 c
T3	RockaPlus	Alta ($0,8 \text{ L ha}^{-1}$)	44,2 a
T4	RockaPlus	Baja ($0,4 \text{ L ha}^{-1}$)	40,4 b
T5	CinnAcar	Alta ($2,0 \text{ L ha}^{-1}$)	35,9 d
T6	CinnAcar	Baja ($1,0 \text{ L ha}^{-1}$)	35,2 d
T7	Control	-	34,2 d
CV (%)			1,65

Nota: Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

El mayor rendimiento se obtuvo con la aplicación de RockaPlus (extracto de ají) en dosis alta ($0,8 \text{ L ha}^{-1}$), con $7280,1 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido por la dosis baja del mismo producto ($7034,6 \text{ kg ha}^{-1}$), ambos superiores al resto de tratamientos. En contraste, el rendimiento más bajo se observó en el control sin aplicación ($6077,4 \text{ kg ha}^{-1}$) y en el tratamiento con CinnAcar (extracto de canela) en dosis baja ($6313,5 \text{ kg ha}^{-1}$), sin diferencias significativas entre ellos. El tratamiento con Neem-X (extracto de neem) mostró valores intermedios, con rendimientos entre $6684,2$ y $6758,2 \text{ kg ha}^{-1}$, sin superar estadísticamente a los tratamientos con RockaPlus (Tabla 13).

Tabla 13

Rendimiento de maíz en función de la aplicación de extractos vegetales.

N°	Tratamientos		Rendimiento (kg ha^{-1})
	Nombre del producto	Dosis	
T1	Neem-X	Alta ($2,0 \text{ L ha}^{-1}$)	6758,2 bc
T2	Neem-X	Baja ($1,0 \text{ L ha}^{-1}$)	6684,2 cd
T3	RockaPlus	Alta ($0,8 \text{ L ha}^{-1}$)	7280,1 a
T4	RockaPlus	Baja ($0,4 \text{ L ha}^{-1}$)	7034,6 ab
T5	CinnAcar	Alta ($2,0 \text{ L ha}^{-1}$)	6385,5 de

T6	CinnAcar	Baja (1,0 L ha ⁻¹)	6313,5 e
T7	Control	-	6077,4 e
CV (%)			1,62

4. Discusión

El maíz constituye uno de los principales cultivos de ciclo corto en América Latina, pero su productividad se ve gravemente afectada por la incidencia de plagas, entre las cuales *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero) representa una de las más destructivas (Bakry & Abdel-Baky, 2023; De Groote et al., 2020). Esta plaga puede generar pérdidas de rendimiento de más del 80 % si no se aplica un control efectivo durante las fases críticas del desarrollo del cultivo (Agbodzavu et al., 2024; Bedasa & Degaga, 2025).

De acuerdo con los resultados obtenidos, las aplicaciones de extractos vegetales a base de *Capsicum annum*, *Azadirachta indica* y *Cinnamomum verum* mostraron diferencias significativas en su eficacia para reducir tanto la incidencia como la severidad de *S. frugiperda*, especialmente en los primeros días posteriores a la aplicación.

Aunque los pesticidas químicos tienden a tener eficacia inmediata, su uso prolongado genera resistencia de plagas, impacto en insectos benéficos y contaminación ambiental (Torres-Rodriguez et al., 2024). En contraste, los extractos vegetales, particularmente los de ají y neem, ofrecen una biodegradabilidad favorable, menor toxicidad para organismos no objetivo y menor riesgo de resistencia (Tulashie et al., 2021). Por lo tanto, la búsqueda de alternativas a los productos químicos en la actualidad es una prioridad (Torres-Rodriguez et al., 2022).

Un estudio en Zimbabue encontró que el bio-insecticida de neem ofreció mortalidad larval comparable a insecticidas convencionales, con la ventaja de mayor rendimiento y menor daño residual (Kamunhukamwe et al., 2022).

La efectividad del extracto de ají (RockaPlus), en particular en su dosis alta (0,8 L ha⁻¹), en la reducción de la incidencia y severidad del daño, puede atribuirse a la capsaicina, un alcaloide con propiedades insecticidas, que actúa como antialimentario y repelente, afectando el sistema digestivo del insecto y causando su desorientación o evasión. Esto coincide con estudios de trabajo en condiciones controladas que evidencian que la capsaicina, compuesto principal del ají, prolonga el desarrollo larval, reduce la tasa de eclosión y desencadena efectos antialimentarios en lepidópteros, incluidos *Spodoptera* spp. (Tavares et al., 2011).

El extracto de neem (Neem-X), rico en azadirachtina, demostró eficacia intermedia, reduciendo incidencia y severidad significativamente. Este compuesto actúa como regulador del crecimiento y antialimentario, interfiriendo en el sistema hormonal de los insectos, especialmente en rutas hormonales relacionadas con la ecdisis y la alimentación (Duarte et al., 2020; Kilani-Morakchi et al., 2021). Bajo condiciones de campo, azadirachtina ha conseguido reducciones de hasta un 90 % en larvas de *S. frugiperda*, lo que coincide con los resultados observados en Zimbabue confrontando pesticidas sintéticos (Lin et al., 2021). En contraste, el extracto de canela (CinnAcar), aunque mostró actividad insecticida, fue menos eficaz, especialmente en su dosis baja, lo que sugiere una menor concentración de metabolitos bioactivos o una menor

persistencia en campo. Por lo tanto, el uso de extractos vegetales presenta potencial para sistemas de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

El control eficiente de *S. frugiperda* con extracto de ají resultó en incrementos de componentes de rendimiento, como 15 % más granos por mazorca, aumento en el peso de 100 granos, y una mejora de rendimiento de 1200 kg ha⁻¹ comparado con el control. Estos resultados están en línea con estudios que asociaron el uso de extractos vegetales en el incremento del rendimiento y sus componentes (Mkindi et al., 2020).

Estos resultados coinciden con los de Aulya et al. (2018), quienes reportaron que la aplicación foliar de extractos vegetales en maíz promovió incrementos significativos en componentes del rendimiento, como altura de planta, área foliar y rendimiento de grano, en comparación con el control. Además, el uso de extracto de neem se asoció con un aumento en el peso de mazorca y rendimiento de granos, debido a la reducción del daño causado por *S. frugiperda* (Che Soh et al., 2021).

Este estudio demuestra que el extracto de *Capsicum annuum* en dosis alta constituye una alternativa eficaz y sostenible para controlar *S. frugiperda*, generando impactos positivos en la productividad del maíz. La inclusión de este tratamiento en programas de MIP puede contribuir a reducir la dependencia de pesticidas sintéticos, mejorar la salud del ecosistema agrícola y promover la seguridad alimentaria.

5. Conclusiones

Los resultados del presente estudio evidencian que los extractos vegetales evaluados poseen eficacia en el manejo de *Spodoptera frugiperda* en maíz, con efectos estadísticamente significativos sobre los niveles de incidencia, severidad del daño foliar y componentes del rendimiento. El extracto de *Capsicum annuum*, particularmente en dosis alta (0,8 L ha⁻¹), mostró el mayor efecto bioinsecticida, con reducciones de hasta 80 % en la severidad del daño, además de promover incrementos significativos en el número de granos por mazorca, el peso de 100 granos y el rendimiento total (7280,1 kg ha⁻¹). Estos resultados respaldan la incorporación de bioplaguicidas de origen vegetal en esquemas de Manejo Integrado de Plagas (MIP), permitiendo una reducción del uso de insecticidas sintéticos, minimizando impactos ecológicos adversos y favoreciendo la sostenibilidad del sistema agrícola.

Contribución de los autores: Conceptualización, R.H.M. y J.A.T.R.; metodología, A.G.R.M.; software, M.C.C.V.; validación, R.M.S.L.; análisis formal, E.G.R. y F.L.K.N.; investigación, R.H.M., A.G.R.M. y E.G.R.; recursos, R.H.M. y J.A.T.R.; conservación de datos, M.C.C.V.; redacción del borrador original, J.A.T.R. y F.L.K.N.; redacción, revisión y edición, J.A.T.R. y F.L.K.N.; visualización, M.C.C.V. y R.M.S.L.; supervisión, R.M.S.L.; administración del proyecto, R.H.M.; obtención de financiación, R.H.M. y J.A.T.R. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Esta investigación no ha recibido financiación externa.

Agradecimientos: Los autores agradecen al laboratorio de microbiología, a autoridades, docentes y estudiantes de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo que permanentemente aportan al desarrollo de la producción científica institucional.

Declaración de disponibilidad de datos: Los datos están disponibles previa solicitud a los autores de correspondencia.

Conflicto de Intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias Bibliográficas

Agbodzavu, K. M., Nanga Nanga, S., Abang, A. F., Fotso-Kuate, A., Bamba, Z., Masso, C., & Fiaboe, K. K. M. (2024). Impact of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), on maize yield in humid tropical zones of Central Africa. *Journal of Economic Entomology*, 117(4), 1588-1605. <https://doi.org/10.1093/jee/toae102>

Aldana-Llanos, L., Salinas-Sánchez, D. O., Valdés-Estrada, M. E., Gutiérrez-Ochoa, M., Flores, E. Y. R., & Navarro-García, V. M. (2012). Biological Activity of Dose Extracts of *Tagetes erecta* L. on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Southwestern Entomologist*, 37(1), 31-38. <https://doi.org/10.3958/059.037.0104>

Al-Nafie, F. S., Hussein, H. J., & Al-Rubaye, A. F. (2024). Antifungal efficacy of the crude alkaloid, flavonoid, and terpenoid of *Saussurea costus* (Falc.) Lipschitz roots against *Aspergillus* species isolated from rice seeds. *Advancements in Life Sciences*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.62940/als.v11i2.2403>

Aulya, N. R., Noli, Z. A., & Bakhtiar, A. (2018). Effect of Plant Extracts on Growth and Yield of Maize (*Zea mays* L.). | EBSCOhost. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 41(3), 1193.

Bakry, M. M. S., & Abdel-Baky, N. F. (2023). Impact of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) infestation on maize growth characteristics and yield loss. *Brazilian Journal of Biology*, 84, e274602. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.274602>

Bedasa, A. A., & Degaga, E. G. (2025). Farmers' Perceptions and Knowledge of Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*, J.E. Smith) and Maize Yield Loss in Central Ethiopia. *International Journal of Zoology*, 2025(1), 5593889. <https://doi.org/10.1155/ijz/5593889>

Che Soh, N., Yusoff, N. S. M., Lob, S., Ibrahim, N. F., Rafdi, H. H. M., & Mohamed, J. (2021). Effect of Neem Extract on Growth Performance and Post-harvest Quality of Chili. 20(1), 80-85. <https://doi.org/10.3923/ajps.2021.80.85>

Davis, F. M., Ng, S. S., & Williams, W. P. (1992). Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. *Technical Bulletin; Mississippi Agricultural and Forestry Research Experiment Station*, 186, 1-9. <http://www.nal.usda.gov/>

De Groote, H., Kimenju, S. C., Munyua, B., Palmas, S., Kassie, M., & Bruce, A. (2020). Spread and impact of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) in maize production areas of Kenya. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 292, 106804. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106804>

Duarte, J. P., Redaelli, L. R., Silva, C. E., & Jahnke, S. M. (2020). Effect of *Azadirachta indica* (Sapindales: Meliaceae) Oil on the Immune System of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Immatures. *Journal of Insect Science*, 20(3), 17. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa048>

Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. M. (2022). Global maize production, consumption and trade: Trends and R&D implications. *Food Security*, 14(5), 1295-1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>

Kamunhukamwe, T., Nzuma, J. K., Maodzeka, A., Gandawa, C. G., Matongera, N., Madzingaidzo, L., & Muturiki, L. (2022). Efficacy of neem bio-pesticide and synthetic insecticides against control of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Maize. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 10(4), 01-06. <https://doi.org/10.22271/j.ento.2022.v10.i4b.9018>

Khursheed, A., & Jain, V. (2021). Phytochemical screening, antioxidant, and antimicrobial activity of different *Portulaca oleracea* L. extracts growing in Kashmir Valley. *Journal of Biochemical Technology*, 12(3-2021), Article 3-2021. <https://doi.org/10.51847/SFpNn91fUX>

Kilani-Morakchi, S., Morakchi-Goudjil, H., & Sifi, K. (2021). Azadirachtin-Based Insecticide: Overview, Risk Assessments, and Future Directions. *Frontiers in Agronomy*, 3. <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.676208>

Lin, S., Li, S., Liu, Z., Zhang, L., Wu, H., Cheng, D., & Zhang, Z. (2021). Using Azadirachtin to Transform *Spodoptera frugiperda* from Pest to Natural Enemy. *Toxins*, 13(8), 541. <https://doi.org/10.3390/toxins13080541>

Merino, A. G., & Castañeda, J. F. Á. (2014). El maíz en Estados Unidos y en México. Hegemonía en la producción de un cultivo. 27(75), 215-237.

Midega, C. A. O., Pittchar, J. O., Pickett, J. A., Hailu, G. W., & Khan, Z. R. (2018). A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith), in maize in East Africa. *Crop Protection*, 105, 10-15. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.11.003>

Mkindi, A. G., Tembo, Y. L. B., Mbega, E. R., Smith, A. K., Farrell, I. W., Ndakidemi, P. A., Stevenson, P. C., & Belmain, S. R. (2020). Extracts of Common Pesticidal Plants Increase Plant Growth and Yield in Common Bean Plants. *Plants*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/plants9020149>

Njuguna, E., Nethononda, P., Maredia, K., Mbabazi, R., Kachapulula, P., Rowe, A., & Ndolo, D. (2021). Experiences and Perspectives on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Management in Sub-Saharan Africa. *Journal of Integrated Pest Management*, 12(1), 7. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmab002>

Ramadan, A. R. S., & Yuliani, Y. (2025). Efektivitas Ekstrak Daun dan Biji Sirsak (*Annona muricata*), serta Kombinasinya terhadap Aktivitas Antimakan dan Mortalitas Larva *Spodoptera frugiperda*. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 14(1), 27-34. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v14n1.p27-34>

Siazemo, M. K., & Simfukwe, P. (2020). An Evaluation of the Efficacy of Botanical Pesticides for Fall Armyworm Control in Maize Production. *OALib*, 07(09), 1-12. <https://doi.org/10.4236/oalib.1106746>

Silva, M. S., Broglio, S. M. F., Trindade, R. C. P., Ferreira, E. S., Gomes, I. B., & Micheletti, L. B. (2015). Toxicity and application of neem in fall armyworm. *Comunicata Scientiae*, 6(3), Article 3. <https://doi.org/10.14295/cs.v6i3.808>

Tambo, J. A., Kansime, M. K., Mugambi, I., Agboyi, L. K., Beseh, P. K., & Day, R. (2023). Economic impacts and management of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in smallholder agriculture: A panel data analysis for Ghana. *CABI Agriculture and Bioscience*, 4(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s43170-023-00181-3>

Tavares, W. S., Cruz, I., Petacci, F., Freitas, S. S., Serrão, J. E., & Zanuncio, J. C. (2011). Insecticide activity of piperine: Toxicity to eggs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and phytotoxicity on several vegetables. 5(21), 5301-5306.

Toepfer, S., Fallet, P., Kajuga, J., Bazagwira, D., Mukundwa, I. P., Szalai, M., & Turlings, T. C. J. (2021). Streamlining leaf damage rating scales for the fall armyworm on maize. *Journal of Pest Science*, 94(4), 1075-1089. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01359-2>

Torres-Rodríguez, J. A., Reyes-Pérez, J. J., Adame, L. H., Llerena-Fuentes, B. L., & Hernandez-Montiel, L. G. (2024). Marine actinomycetes for biocontrol of *Fusarium solani* in tomato plants: In vitro and in vivo studies. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 52(2), 13562-13562. <https://doi.org/10.15835/nbha52213562>

Torres-Rodríguez, J. A., Reyes-Pérez, J. J., Carranza-Patino, M. S., Gaibor-Fernández, R. R., Rivas-García, T., & Rueda-Puente, E. O. (2024). Chitosan: Biocontrol agent of *Fusarium oxysporum* in tomato fruit (*Solanum lycopersicum* L.). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 36, 1-9. <https://doi.org/10.3897/ejfa.2024.122211>

Torres-Rodríguez, J. A., Reyes-Pérez, J. J., Carranza-Patiño, M. S., Herrera-Feijoo, R. J., Preciado-Rangel, P., & Hernandez-Montiel, L. G. (2025). Biocontrol of *Fusarium solani*: Antifungal Activity of Chitosan and Induction of Defence Enzymes. *Plants*, 14(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/plants14030431>

Torres-Rodríguez, J. A., Reyes-Pérez, J. J., Quiñones-Aguilar, E. E., & Hernandez-Montiel, L. G. (2022). Actinomycete Potential as Biocontrol Agent of Phytopathogenic Fungi: Mechanisms, Source, and Applications. *Plants*, 11(23), Article 23. <https://doi.org/10.3390/plants11233201>

Tulashie, S. K., Adjei, F., Abraham, J., & Addo, E. (2021). Potential of neem extracts as natural insecticide against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)). *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4, 100130. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100130>