PRISMA ODS
REVISTA MULTIDISCIPLINARIA
SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE
ISSN: 3072-8452

EFICACIA DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE AZADIRACHTA EN EL CONTROL DE SPODOPTERA FRUGIPERDA EN ESTADIO LARVARIO

EFFICACY OF ETHANOLIC EXTRACT OF AZADIRACHTA INDICA ON LARVAE OF SPODOPTERA FRUGIPERDA

AUTORES/AS

CÉSAR GAVIN MOYANO
UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
ECUADOR

FERNANDO BERMEO PESANTES
UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
ECUADOR

NUVIA MORAN SÁNCHEZ
UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
ECUADOR

EDUARDO JAMA AVEIGA
UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
ECUADOR

DOMENICA CHOEZ CHAVEZ
UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
ECUADOR

doi 10.65011

Volumen 5 - Número 6
2026

Eficacia del extracto etanólico de *Azadirachta* en el control de *Spodoptera frugiperda* en estadio larvario

Efficacy of ethanolic extract of *Azadirachta* indica on larvae of *Spodoptera frugiperda*

César Gavin Moyano
cgavin@uagraria.edu.ec
https://orcid.org/0000-0003-3083-7066
Universidad Agraria del Ecuador
Milagro – Ecuador

Nuvia Moran Sánchez
nsanchez@uagraria.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-4238-2241
Universidad Agraria del Ecuador
Milagro – Ecuador

Fernando Bermeo Pesantes
fbermeo@uagraria.edu.ec
https://orcid.org/0009-0007-0438-3626
Universidad Agraria del Ecuador
Milagro – Ecuador

Eduardo Jama Aveiga
ejama@uagraria.edu.ec
https://orcid.org/0009-0004-1083-4858
Universidad Agraria del Ecuador
Milagro – Ecuador

Domenica Choez Chavez
domenica.choez.chavez@uagraria.edu.ec
https://orcid.org/0009-0009-2464-1711
Universidad Agraria del Ecuador
Milagro – Ecuador

Artículo recibido: 13/10/2026
Aceptado para publicación: 13/11/2026
Conflictos de Intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

El extracto etanólico de hojas de Azadirachta indica constituye una alternativa de origen vegetal con potencial para el manejo de Spodoptera frugiperda. El objetivo de este estudio fue evaluar la actividad insecticida de diferentes concentraciones del extracto sobre larvas de esta especie. Para ello, se recolectaron larvas en campo y se preparó el extracto etanólico de neem, que posteriormente se sometió a un análisis fitoquímico preliminar y a una caracterización mediante cromatografía líquida de alta resolución con detección ultravioleta (HPLC-UV). La actividad insecticida se evaluó bajo condiciones controladas mediante tres concentraciones del extracto (25, 50 y 75 %). Los resultados evidenciaron una mayor mortalidad larvaria con la concentración del 75 %, que alcanzó el 66,67 % a las 80 horas de exposición. Por su parte, las concentraciones del 50 y 25 % registraron mortalidades del 24,7 y 11,13 %, respectivamente. Estos hallazgos sugieren que el extracto etanólico de A. indica presenta actividad insecticida frente a larvas de S. frugiperda, con una respuesta favorable a la mayor concentración evaluada. No obstante, se requieren estudios adicionales para determinar su eficacia en condiciones de campo y establecer su viabilidad como alternativa para el manejo sostenible de esta plaga.

Palabras clave: Azadirachta indica, Spodoptera frugiperda, extracto etanólico, actividad insecticida, mortalidad larvaria

ABSTRACT

The ethanolic extract of Azadirachta indica leaves represents a plant-based alternative with potential for the management of Spodoptera frugiperda. This study aimed to evaluate the insecticidal activity of different extract concentrations against larvae of this species. Larvae were collected from the field, and an ethanolic neem extract was prepared and subsequently subjected to preliminary phytochemical screening and characterization by high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection (HPLC-UV). Insecticidal activity was assessed under controlled conditions using three extract concentrations (25, 50, and 75%). The results showed that the 75% concentration produced the highest larval mortality, reaching 66.67% after 80 hours of exposure. In contrast, the 50% and 25% concentrations resulted in mortality rates of 24.7% and 11.13%, respectively. These findings suggest that the ethanolic extract of A. indica exhibits insecticidal activity against S. frugiperda larvae, with a greater response at the highest concentration tested. However, further studies are needed to determine its effectiveness under field conditions and establish its feasibility as an alternative for the sustainable management of this pest.

Keywords: Azadirachta indica, Spodoptera frugiperda, ethanolic extract, insecticidal activity, larval mortality

INTRODUCCIÓN

La presencia de Spodoptera frugiperda, conocida como gusano cogollero, constituye uno de los principales desafíos fitosanitarios para la producción de maíz y otros cultivos agrícolas de importancia económica. Esta especie es altamente polífaga y sus larvas ocasionan daños principalmente al alimentarse del follaje y del cogollo, lo que puede comprometer el desarrollo de las plantas y reducir el rendimiento agrícola(Nexticapan-Garcéz et al., 2009). Su amplia distribución y capacidad de afectar diferentes cultivos han convertido a esta plaga en un problema relevante para la protección fitosanitaria y la seguridad alimentaria(Shu et al., 2021).

El manejo de S. frugiperda se ha basado, en gran medida, en la aplicación de insecticidas sintéticos. Sin embargo, la dependencia de estos productos puede favorecer la selección de poblaciones resistentes y generar efectos adversos sobre organismos no objetivo y el ambiente. En consecuencia, resulta necesario fortalecer estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) que combinen diferentes métodos de control y reduzcan la dependencia de los insecticidas convencionales (Kempegowda et al., 2026). En este contexto, los plaguicidas de origen vegetal representan una alternativa que merece ser investigada por su potencial para complementar las estrategias de manejo sostenible (FAO, 2018).

Entre las especies vegetales de interés destaca Azadirachta indica, conocida como neem, que contiene diversos metabolitos secundarios con actividad biológica sobre los insectos. Entre sus compuestos se encuentra la azadiractina, un limonoide reconocido por sus efectos antialimentarios y reguladores del crecimiento y desarrollo de diferentes especies de insectos. Shu et al. (2021) demostraron que la exposición de larvas de S. frugiperda a azadiractina inhibió su crecimiento y modificó la expresión de genes relacionados con procesos de desintoxicación, la síntesis de quitina y las rutas hormonales. Estos resultados respaldan el interés por estudiar los compuestos derivados del neem como posibles herramientas para el manejo de esta plaga (d'Errico et al., 2023).

La eficacia de los extractos vegetales puede variar según la parte de la planta utilizada, el solvente de extracción, la composición química y la concentración aplicada. En este sentido, Hernandez-Trejo et al. (2021) evaluaron la actividad insecticida de compuestos polifenólicos obtenidos de semillas de neem frente a larvas de S. frugiperda y caracterizaron los componentes mediante cromatografía líquida de alta resolución acoplada a espectrometría de masas (HPLC-MS). Su investigación constituye un antecedente relevante sobre el potencial insecticida de los extractos de neem. No obstante, los resultados obtenidos con semillas no pueden extrapolarse

directamente a los extractos de hojas, debido a las posibles diferencias en su composición química y actividad biológica. Por ello, es pertinente evaluar extractos foliares obtenidos con etanol y determinar su actividad insecticida bajo condiciones experimentales controladas(Hernandez-Trejo et al., 2021).

La caracterización fitoquímica y cromatográfica permite complementar los bioensayos y contribuir a la comprensión de la composición del extracto evaluado. En particular, la cromatografía líquida de alta resolución con detección ultravioleta (HPLC-UV) puede utilizarse para obtener perfiles cromatográficos y, cuando se dispone de patrones analíticos y un método validado, identificar y cuantificar determinados compuestos(Forim et al., 2010). La integración de esta información con la evaluación de la mortalidad larvaria permite estudiar la actividad insecticida del extracto y explorar su posible relación con los componentes químicos detectados, siempre que la identificación y cuantificación analíticas lo permitan (De Paula et al., 2016).

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la actividad insecticida de diferentes concentraciones del extracto etanólico de hojas de A. indica sobre larvas de S. frugiperda, mediante un análisis fitoquímico preliminar, la caracterización cromatográfica por HPLC-UV y la determinación de la mortalidad bajo condiciones controladas. Se planteó como hipótesis que la concentración del extracto influye en la mortalidad larvaria y que las concentraciones más elevadas pueden producir una mayor actividad insecticida. Los resultados de esta investigación contribuirán a generar evidencia sobre el potencial del extracto foliar de neem como alternativa botánica complementaria para el manejo de S. frugiperda.

METODOLOGÍA

Localización del estudio

La investigación se desarrolló en dos localidades de la provincia del Guayas, Ecuador, correspondientes al área de recolección del material biológico y al lugar de ejecución de los ensayos experimentales. Las larvas de S. frugiperda se recolectaron en campos de cultivo de maíz ubicados en el cantón Simón Bolívar, donde se identificó la presencia de la plaga en su entorno agrícola natural. La recolección en campo permitió obtener los organismos necesarios para evaluar la actividad insecticida del extracto vegetal bajo condiciones experimentales controladas. Los ensayos experimentales y los análisis de laboratorio se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ciencias Ambientales de Universidad Agraria del Ecuador, sede Milagro.

Recolección y manejo de larvas

Las larvas de S. frugiperda se recolectaron manualmente en campos de cultivo de maíz del cantón Simón Bolívar, provincia del Guayas, Ecuador, durante los meses de junio y julio de 2025. Para el estudio, se seleccionaron individuos correspondientes al segundo estadio larvario mediante un procedimiento de muestreo aleatorio, obteniéndose un total de 72 larvas destinadas a los ensayos experimentales.

La recolección se efectuó durante las primeras horas de la mañana, con el propósito de reducir la exposición a temperaturas elevadas y minimizar el estrés asociado con la manipulación y el transporte de los organismos. Una vez recolectadas, las larvas se colocaron en recipientes plásticos individuales, lo que permitió prevenir el canibalismo y reducir las posibles interacciones entre individuos durante su traslado. Los recipientes se dispusieron en contenedores ventilados para favorecer la circulación del aire y mantener condiciones adecuadas de transporte.

Posteriormente, los especímenes fueron trasladados al Laboratorio de Ciencias Ambientales. Durante el traslado, se procuró evitar la exposición directa a la radiación solar, las temperaturas extremas y las condiciones que pudieran comprometer la integridad de las larvas. A su llegada al laboratorio, los individuos se mantuvieron bajo condiciones controladas hasta su utilización en los ensayos experimentales, con el fin de favorecer su adaptación al entorno de laboratorio y reducir la influencia de factores externos sobre la respuesta al tratamiento.

Figura 1. Recolección en campo y traslado de larvas



Nota: Las larvas fueron recolectadas cuando el cultivo de maíz se encontraba en un estado fenológico de 30 a 35 días después de la siembra.

Las larvas recolectadas fueron mantenidas en condiciones controladas de laboratorio (27 ± 2 °C, 76 ± 5% de humedad relativa y fotoperiodo de 16:8 h luz: oscuridad) durante 24 h previas al tratamiento para su aclimatación. Los individuos fueron alojados en recipientes plásticos individuales y alimentados con hojas frescas y cogollos de maíz, renovados diariamente, con el fin de mantener condiciones fisiológicas homogéneas y minimizar el estrés previo a los bioensayos.

Proceso de Secado y extracción etanólica de neem

Secado del material vegetal

Se emplearon 200 g de hojas de Azadirachta indica, las cuales fueron previamente lavadas con una solución de hipoclorito de sodio al 5% durante 3 min, seguido de un enjuague con agua destilada para eliminar impurezas y residuos. Posteriormente, el material vegetal fue secado con papel absorbente y colocado en una estufa a 50 °C durante 24 h. Una vez secas, las hojas fueron trituradas en un molino hasta obtener un polvo homogéneo.

Extracción Soxhlet

La extracción se realizó utilizando un equipo Soxhlet con un matraz balón de 500 mL. Se emplearon 20 g de material vegetal seco y 300 mL de etanol grado reactivo (J.T. Baker). La muestra fue colocada en cartuchos de papel filtro y sometida a extracción continua durante 12 h bajo reflujo. Posteriormente, el extracto obtenido fue concentrado a 65 °C hasta la

evaporación del solvente, obteniéndose un extracto etanólico crudo de hojas de A. indica (Hashim et al., 2021).

Determinación de Azadiractina mediante cromatografía de alta resolución con detección ultravioleta (HPLC UV)

La determinación de azadiractina se realizó mediante cromatografía líquida de alta resolución con detección ultravioleta (HPLC-UV). El extracto etanólico fue previamente filtrado a través de membranas de 0,45 µm. El análisis se llevó a cabo utilizando una columna C18 de fase reversa, empleando como fase móvil una mezcla de agua y acetonitrilo en gradiente. El flujo se mantuvo constante, y la detección se realizó a 214 nm (De Paula et al., 2016; Hashim et al., 2021; Kaushik, 2002).

Se preparó una curva de calibración utilizando un estándar de azadiractina de pureza conocida, disuelto en el mismo solvente que las muestras. La cuantificación se realizó mediante la comparación del área del pico correspondiente en las muestras con la curva de calibración obtenida.

Curva de calibración y cálculos de azadiractina

Se prepararon soluciones estándar de azadiractina en un rango de 131.25 a 1050 ppm. Cada solución fue analizada por HPLC y se registró el área del pico correspondiente. La curva de calibración se construyó mediante regresión lineal entre la concentración y la respuesta del detector (Ver tabla 1).

El análisis mostró una alta correlación lineal (R^2 = 0.999X), dentro del rango evaluado. La ecuación de calibración obtenida fue, y = mx + b donde y corresponde al área del pico y x a la concentración de azadiractina (ppm).

Tabla 1. Datos para la construcción de la curva estándar

NIVEL	*CONCENTRACIÓN (PPM)*	*ÁREA DEL PICO*
1	1050	1,258,632.5
2	525	625,348.75
3	262.5	298,512.00
4	131.25	155,523.75

Nota: La respuesta del detector (área del pico) es proporcional a la concentración de azadiractina en el rango de 131.25–1050 ppm.

Fuente: elaboración propia.

Tamizaje Fitoquímico

Se realizó un tamizaje fitoquímico cualitativo del extracto etanólico (96%) de Azadirachta indica con el fin de identificar la presencia de metabolitos secundarios. Para ello, se emplearon pruebas estándar: reactivos de Mayer y Wagner para alcaloides, reacción de Liebermann–Burchard para triterpenos y esteroides, prueba de espuma para saponinas, cloruro férrico para fenoles y taninos, y reacción de Shinoda para flavonoides(Kaushik, 2002).

La presencia de los metabolitos se determinó mediante la observación de cambios característicos de coloración o formación de precipitados, y los resultados se expresaron de forma semicuantitativa utilizando un sistema de intensidad relativa (+, ++, +++), de acuerdo con la respuesta observada (Liang et al., 2023).

Evaluación de la Mortalidad

Cálculo de mortalidad, registro de datos y corrección de Abbott

La mortalidad de Spodoptera frugiperda se registró a intervalos de 24 h durante un período total de 120 h. En cada intervalo, se contabilizó el número de individuos muertos por réplica experimental (Khanal et al., 2024). El porcentaje de mortalidad se calculó como la proporción de individuos muertos respecto al total inicial, multiplicado por 100(Piepho et al., 2024).

Cuando se observó mortalidad en el grupo control, los datos fueron corregidos utilizando la fórmula de Abbott (Abbott, 1925):

$$\%MC = \frac{(\%MT - \%MCtrl)}{(100 - \%MCtrl)} \times 100$$

Donde %MC es la mortalidad corregida, %MT la mortalidad en el tratamiento y %MCtrl la mortalidad en el control.

Análisis estadístico

Los datos de mortalidad se expresaron como media ± desviación estándar. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para evaluar diferencias entre tratamientos, previa verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Cuando se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$), se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando SPSS.

RESULTADOS

Screening fitoquímico

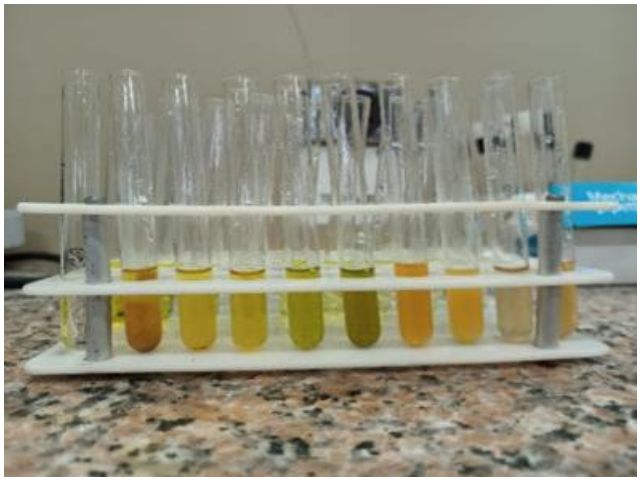
Tabla 2. Tamizaje fitoquímico del extracto etanólico (96%) de Azadirachta indica. Nomenclatura: presencia (+), ausencia (−).

GRUPO FITOQUÍMICO	*PRUEBA*	*RESULTADO*
Triterpenos/Esteroles	Liebermann–Burchard	+
Alcaloides	Mayer	+
	Wagner	+
	Dragendorff	+
Flavonoides	Shinoda	+
Taninos/Fenoles	Cloruro férrico	+
Saponinas	Prueba de espuma	–
Azúcares reductores	Fehling	–
Aminoácidos	Ninhidrina	–

Nota: El tamizaje fitoquímico se realizó mediante ensayos cualitativos estándar. La presencia (+) o ausencia (−) de metabolitos se determinó en función de cambios característicos de coloración o formación de precipitados en cada prueba.

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Pruebas de tamizaje fitoquímico



Nota: Ensayos cualitativos del tamizaje fitoquímico del extracto etanólico (96%) de Azadirachta indica. Los cambios de coloración observados en los tubos corresponden a reacciones positivas para metabolitos como alcaloides, flavonoides, fenoles/taninos y triterpenos/esteroles, en concordancia con los resultados reportados en la Tabla 2.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados del tamizaje fitoquímico evidenciaron la presencia de diversos compuestos bioactivos en el extracto etanólico de Azadirachta indica. La reacción de Liebermann–

Burchard indicó la presencia de triterpenos/esteroles mediante una coloración verde intensa. Las pruebas de Dragendorff y Mayer confirmaron la presencia de alcaloides por la formación de precipitados característicos. Asimismo, la prueba de Shinoda mostró una coloración rojo-anaranjada, evidenciando la presencia de flavonoides.

Por su parte, la reacción con cloruro férrico produjo coloraciones azul-negras y violáceas, confirmando la presencia de taninos y compuestos fenólicos. En contraste, las pruebas para saponinas (espuma), azúcares reductores (Fehling) y aminoácidos (ninhidrina) resultaron negativas, lo que sugiere la ausencia de estos metabolitos en el extracto analizado.

Concentración de azadiractina

Tabla 3. Concentración total de azadiractina en extracto etanólico de hojas de neem (Azadirachta indica)

MUESTRA	***LECTURA ESPECTROFOTOMÉTRICA (Y)***	***CONCENTRACIÓN EN VIAL (MG/L)***	***FACTOR DE DILUCIÓN (ML)***	***MASA DE MUESTRA SECA (G)***	***CONCENTRACIÓN FINAL (MG/KG)***
Extracto etanólico (96%) de hojas de neem	24,125.00	207.86	200.00	20.49	2028.50

Nota: La concentración de azadiractina fue determinada mediante análisis espectrofotométrico y expresada en mg/kg (equivalente a ppm). El cálculo se realizó considerando el factor de dilución y la masa seca de la muestra vegetal.

Fuente: elaboración propia.

La concentración de azadiractina obtenida (2028,50 ppm) evidencia una eficiencia significativa del proceso de extracción etanólica aplicado a hojas de neem. Este valor se sitúa dentro del rango superior reportado para extractos foliares, lo cual sugiere una adecuada liberación del compuesto bioactivo bajo las condiciones experimentales empleadas.

Tasa de mortalidad por tratamiento

Figura 3. Dinámica temporal de la mortalidad de Spodoptera frugiperda bajo diferentes tratamientos con extracto de neem



Nota: La figura muestra que el tratamiento T1 produjo una mortalidad más rápida y alta en Spodoptera frugiperda, mientras que T2 y T3 presentaron efectos más lentos y menores, y el control (T4) no generó mortalidad.

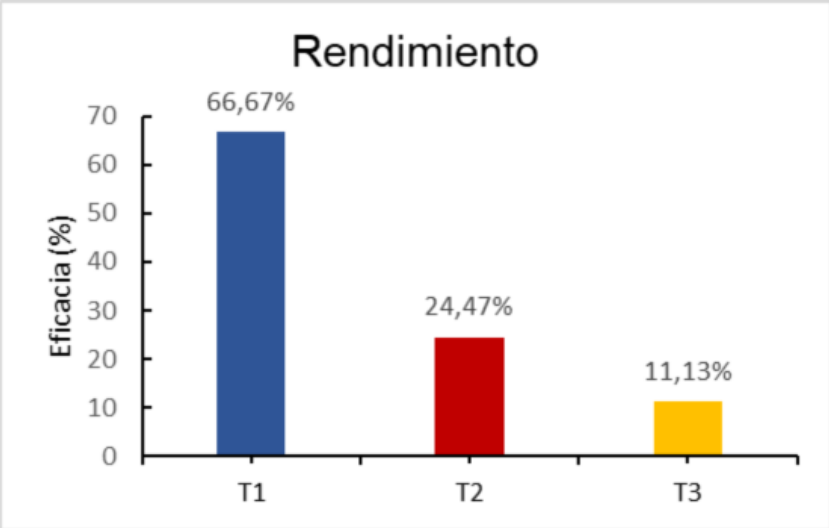
Fuente: elaboración propia.

La figura muestra la dinámica temporal de la mortalidad de larvas de Spodoptera frugiperda bajo cuatro tratamientos (T1–T4) durante un periodo de 120 horas. El tratamiento T1 presenta una respuesta temprana, con mortalidad observable desde las 40 horas y un máximo alrededor de las 80 horas, manteniéndose constante posteriormente. El tratamiento T2 evidencia una respuesta retardada, iniciando mortalidad cerca de las 80–100 horas y alcanzando su máximo al final del experimento. El tratamiento T3 presenta una respuesta aún más tardía y de menor magnitud, con incremento progresivo hacia las 120 horas. En contraste, el tratamiento control (T4) no presenta mortalidad durante todo el periodo experimental.

Este patrón sugiere una relación dependiente de la concentración y/o biodisponibilidad del compuesto activo, con efectos diferenciales en la cinética de mortalidad.

Eficacia de los tratamientos

Figura 4. Eficacia (%) de extractos etanólicos de neem sobre Spodoptera frugiperda determinada mediante la corrección de Abbott



Nota: Eficacia de tres tratamientos (T1–T3) basada en mortalidad corregida, mostrando mayor efectividad a mayores concentraciones del extracto.

Fuente: elaboración propia.

La figura muestra el porcentaje de eficacia de tres tratamientos (T1, T2 y T3) obtenidos mediante la corrección de Abbott frente a Spodoptera frugiperda. El tratamiento T1 presenta la mayor eficacia (66,67%), seguido por T2 (24,47%) y T3 (11,13%). Se observa una disminución progresiva del rendimiento conforme disminuye la concentración del extracto, evidenciando una relación dosis-respuesta.

DISCUSIÓN

El uso de etanol como solvente de extracción en el presente estudio resultó adecuado para la obtención de metabolitos secundarios bioactivos, lo cual concuerda con lo reportado por Lefebvre, (2021), quien destaca su capacidad para solubilizar compuestos de diversa polaridad. En este sentido, la detección de alcaloides, flavonoides, fenoles y triterpenos en el extracto etanólico de Azadirachta indica evidencia la eficiencia de este solvente en la recuperación de compuestos con potencial biológico(Lefebvre et al., 2021).

Diversos estudios han demostrado que los metabolitos identificados en este trabajo poseen actividad insecticida significativa. En particular, la azadiractina, un tetranortriterpeno presente en A. indica, actúa como regulador del crecimiento y antialimentario en insectos, interfiriendo en procesos hormonales y reduciendo la supervivencia larvaria (Isman, 2020). Asimismo, los

flavonoides y compuestos fenólicos han sido asociados con efectos antioxidantes y tóxicos en insectos, afectando su sistema digestivo y metabólico (Pavela & Benelli, 2016).

En relación con los resultados de mortalidad observados en Spodoptera frugiperda, estudios recientes han reportado que extractos de neem presentan efectos significativos en el control de esta plaga, especialmente en estadios larvarios. Por ejemplo, Dong-soon, (2023) señala que los extractos de neem pueden causar inhibición del crecimiento, reducción en la alimentación y mortalidad progresiva en lepidópteros. Estos efectos están directamente relacionados con la concentración del extracto, lo cual coincide con los resultados obtenidos en este estudio, donde se evidenció una mayor mortalidad a concentraciones más elevadas (Dong-soon, 2023).

Por otro lado, la ausencia de saponinas, azúcares reductores y aminoácidos en el extracto sugiere que la actividad biológica observada está principalmente asociada a compuestos fenólicos, alcaloides y terpenoides. Esta composición fitoquímica ha sido reportada como característica de extractos con actividad insecticida selectiva, reduciendo efectos no deseados sobre organismos no objetivo (Abenaim & Conti, 2023).

Finalmente, el uso de extractos vegetales como el neem se enmarca dentro de estrategias sostenibles de manejo integrado de plagas (MIP), las cuales buscan reducir la dependencia de insecticidas sintéticos. En este contexto, los resultados obtenidos respaldan el potencial del extracto etanólico de A. indica como una alternativa viable y ecológica para el control de S. frugiperda, contribuyendo al desarrollo de sistemas agrícolas más sostenibles (Tripathi et al., 2024).

Diversos estudios han demostrado que la concentración de azadiractina varía considerablemente según la parte de la planta, siendo las semillas la principal fuente de este limonoide, con concentraciones significativamente mayores que las hojas (Song et al., 2018). Sin embargo, el valor obtenido en este estudio supera varios reportes promedio para tejido foliar, lo que podría atribuirse a factores como la eficiencia del solvente etanólico y las condiciones de extracción.

Asimismo, la variabilidad en el contenido de azadiractina está influenciada por factores genéticos, ambientales y fisiológicos. Se ha documentado una amplia variación en la concentración de este metabolito entre diferentes procedencias y condiciones agroclimáticas, evidenciando que factores como temperatura y humedad influyen significativamente en su biosíntesis (Gbotolorun et al., 2008). De igual manera, estudios recientes han confirmado la

existencia de una alta variabilidad genética en germoplasmas de neem, lo que impacta directamente su potencial productivo de azadiractina (Rajarajan et al., 2025).

Otro aspecto relevante es la estabilidad del compuesto. La azadiractina es altamente susceptible a procesos de degradación inducidos por factores como la radiación UV, la oxidación y condiciones ambientales adversas, lo que puede afectar su concentración durante el procesamiento y almacenamiento (Song et al., 2018). En este contexto, el uso de etanol como solvente podría haber contribuido a una mejor conservación del compuesto, favoreciendo su recuperación en comparación con otros métodos de extracción menos selectivos.

En términos aplicados, la concentración obtenida sugiere un alto potencial del extracto como bioinsumo agrícola. La azadiractina es ampliamente reconocida por su actividad insecticida, reguladora del crecimiento de insectos y su carácter biodegradable, lo que la convierte en una alternativa sostenible frente a pesticidas sintéticos (Song et al., 2018).

Esto es especialmente relevante en el contexto actual de agricultura sostenible y reducción del impacto ambiental. La variabilidad reportada en la literatura, donde los valores de azadiractina, refuerza la necesidad de estandarizar los procesos de extracción y caracterización. Esta variabilidad representa un desafío para la producción industrial de biopesticidas basados en neem (Prakash et al., 2005).

Los resultados evidencian diferencias claras en la dinámica de mortalidad de Spodoptera frugiperda entre tratamientos, lo cual sugiere un efecto dependiente tanto de la concentración como de la disponibilidad del compuesto bioactivo. El tratamiento T1 mostró una respuesta temprana, alcanzando su máxima mortalidad alrededor de las 80 horas, lo que indica una acción más rápida del extracto. Este comportamiento coincide con estudios que reportan que la azadiractina puede inducir efectos tóxicos progresivos en larvas, con una mortalidad que depende del tiempo de exposición y la dosis (Lin et al., 2021).

En contraste, el tratamiento T2 presentó una respuesta retardada, lo cual podría explicarse por una menor concentración del compuesto o una absorción más lenta. Se ha demostrado que la azadiractina no siempre produce mortalidad inmediata, sino que actúa como regulador del crecimiento y antialimentario, prolongando el tiempo hasta la muerte (Acharya et al., 2023).

El tratamiento T3 mostró la menor eficacia y una respuesta tardía, lo que sugiere que concentraciones bajas pueden inducir efectos subletales antes de causar mortalidad. Estudios recientes han demostrado que incluso a bajas concentraciones, la azadiractina puede afectar la

estructura del intestino medio de las larvas, alterando su fisiología y reduciendo su crecimiento (El-Ansary et al., 2026).

Por otro lado, la ausencia de mortalidad en el tratamiento control (T4) confirma que el efecto observado en los tratamientos experimentales se debe exclusivamente a la acción del extracto, descartando factores externos. Este comportamiento es consistente con estudios donde el control presenta mortalidades mínimas (<10%) en condiciones experimentales similares (Lin et al., 2021).

Desde una perspectiva fisiológica, la azadiractina actúa principalmente como inhibidor del crecimiento, interfiriendo en la muda y provocando apoptosis en células del intestino medio, lo que conduce a la muerte progresiva del insecto (Shu et al., 2021). Este mecanismo explica por qué la mortalidad observada no es inmediata, sino acumulativa a lo largo del tiempo.

Adicionalmente, la variación en la respuesta entre tratamientos puede atribuirse a diferencias en la concentración efectiva del compuesto, ya que se ha demostrado que la mortalidad en Spodoptera frugiperda aumenta significativamente con la concentración de azadiractina, alcanzando valores superiores al 50% en concentraciones elevadas (Lin et al., 2021).

Los resultados evidencian que el tratamiento T1 presentó la mayor eficacia (66,67%), lo que indica una mayor concentración del compuesto activo y una respuesta biológica más intensa sobre Spodoptera frugiperda. Este comportamiento es consistente con estudios que indican que la azadiractina presenta un efecto dependiente de la dosis, incrementando la mortalidad y reduciendo la actividad alimentaria de los insectos a mayores concentraciones (Isman, 2020).

El tratamiento T2 mostró una eficacia intermedia (24,47%), lo cual sugiere que concentraciones moderadas del extracto pueden generar efectos subletales más que letales. Se ha demostrado que la azadiractina actúa como regulador del crecimiento, afectando procesos hormonales como la ecdisis y reduciendo el desarrollo larval (Kilani-Morakchi et al., 2021).

Por otro lado, el tratamiento T3 presentó la menor eficacia (11,13%), lo que evidencia que concentraciones bajas pueden no ser suficientes para inducir mortalidad significativa, aunque podrían afectar el comportamiento alimentario. Este efecto antialimentario ha sido ampliamente documentado y constituye uno de los principales mecanismos de acción del neem (Isman, 2020).

Desde una perspectiva fisiológica, la azadiractina interfiere con el sistema endocrino de los insectos, inhibiendo la síntesis de hormonas clave y alterando procesos de crecimiento y

reproducción, lo que explica la reducción progresiva de la eficacia en función de la dosis (Kilani-Morakchi et al., 2021).

CONCLUSIÓN

El tamizaje fitoquímico preliminar del extracto etanólico de hojas de Azadirachta indica evidenció la presencia de triterpenos/esteroles, alcaloides, flavonoides y compuestos fenólicos y taninos. En contraste, las pruebas para saponinas, azúcares reductores y aminoácidos resultaron negativas. Estos hallazgos muestran que el extracto contiene diversos grupos de metabolitos secundarios, aunque su identificación individual requiere técnicas analíticas específicas.

La actividad insecticida del extracto varió según la concentración evaluada. El tratamiento de mayor concentración (75 %) presentó la mayor mortalidad larvaria, con un 66,67 % a las 80 horas, mientras que las concentraciones del 50 % y 25 % alcanzaron mortalidades de 24,47 % y 11,13 %, respectivamente. Estos resultados indican una mayor respuesta insecticida a la concentración más elevada dentro de las condiciones experimentales evaluadas.

La mortalidad observada durante el periodo experimental mostró diferencias en su evolución temporal entre los tratamientos, con una respuesta más temprana en el tratamiento de mayor concentración y efectos más tardíos en los tratamientos de menor concentración. Este comportamiento respalda el interés de continuar evaluando la relación entre concentración del extracto y respuesta larvaria mediante bioensayos con mayor número de individuos y análisis estadísticos que permitan establecer la significancia de las diferencias.

En conjunto, los resultados respaldan el potencial del extracto etanólico de hojas de A. indica como una alternativa botánica complementaria para el manejo de S. frugiperda. Sin embargo, antes de recomendar su aplicación agrícola, es necesario validar su eficacia en condiciones de campo, evaluar posibles efectos sobre organismos no objetivo y estandarizar su composición química y preparación.

REFERENCIAS

Abbott, W. S. (1925). A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. Journal of Economic Entomology, 18(2), 265-267. https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a

Abenaim, L., & Conti, B. (2023). Chitosan as a Control Tool for Insect Pest Management: A Review. Insects, 14(12), 949. https://doi.org/10.3390/insects14120949

Acharya, R., Sharma, S. R., Barman, A. K., Kim, S., & Lee, K. (2023). Control efficacy of azadirachtin on the fall armyworm, Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) by soil drenching. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 113(3), e22020. https://doi.org/10.1002/arch.22020

d'Errico, G., Sasanelli, N., Guastamacchia, F., Stillittano, V., & D'Addabbo, T. (2023). Efficacy of Azadirachtin in the Integrated Management of the Root Knot Nematode Meloidogyne incognita on Short- and Long-Cycle Crops. Plants, 12(6), 1362. https://doi.org/10.3390/plants12061362

De Paula, J. A. M., Brito, L. F., Caetano, K. L. F. N., De Morais Rodrigues, M. C., Borges, L. L., & Da Conceição, E. C. (2016). Ultrasound-assisted extraction of azadirachtin from dried entire fruits of Azadirachta indica A. Juss. (Meliaceae) and its determination by a validated HPLC-PDA method. Talanta, 149, 77-84. https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.11.005

Dong-soon, K. (2023). A Review on the Insecticidal Activity of Neem Extracts (Azadirachtin) and its Current Status of Practical use in Korea. Korean journal of applied entomology, 60(4), 463-471. https://doi.org/10.5656/KSAE.2021.11.0.039

El-Ansary, R. E., El-Lebody, K. A., Aburawash, R. A., Mahmoud, S. H., El-Sayed, G. M., & Hussein, M. I. (2026). Biochemical and molecular responses of Spodoptera frugiperda to insecticide exposure: Detoxification enzymes, gene expression, and genotoxic effects. Scientific Reports, 16(1), 12887. https://doi.org/10.1038/s41598-026-45372-w

FAO. (2018). Integrated management of the Fall Armyworm on maize. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://assets.accessagriculture.org/s3fs-public/FAO_FFS_guide_for_FAW_control.pdf

Forim, M. R., Da Silva, M. F. D. G. F., Cass, Q. B., Fernandes, J. B., & Vieira, P. C. (2010). Simultaneous quantification of azadirachtin and 3-tigloylazadirachtol in Brazilian seeds and oil of Azadirachta indica: Application to quality control and marketing. Analytical Methods, 2(7), 860. https://doi.org/10.1039/c0ay00008f

Gbotolorun, S., Osinubi, A., & Okanlawon, A. (2008). Antifertility potential of Neem flower extract on adult female Sprague-Dawley rats. Department of Anatomy, College of Medicine, University of Lagos, Lagos, Nigeria. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4791507/

Hashim, N., Abdullah, S., Hassan, L. S., Ghazali, S. R., & Jalil, R. (2021). A study of neem leaves: Identification of method and solvent in extraction. Materials Today: Proceedings, 42, 217-221. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.726

Hernandez-Trejo, A., Rodríguez-Herrera, R., Sáenz-Galindo, A., López-Badillo, C. M., Flores-Gallegos, A. C., Ascacio-Valdez, J. A., Estrada-Drouaillet, B., & Osorio-Hernández, E. (2021). Insecticidal capacity of polyphenolic seed compounds from neem (Azadirachta indica) on Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) larvae. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 56(12), 1023-1030. https://doi.org/10.1080/03601234.2021.2004853

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

Kaushik, N. (2002). Determination of azadirachtin and fatty acid methyl esters of Azadirachta indica seeds by HPLC and GLC. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 374(7-8), 1199-1204. https://doi.org/10.1007/s00216-002-1638-7

Kempegowda, P. J., Deshmukh, S. S., Marulsiddappa Kalleshwaraswamy, C., Mallikarjuna, H. B., & Mota-Sanchez, D. (2026). Toxicity and Efficacy of Botanicals against Fall Armyworm, Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on Maize. Entomological News, 133(2), 197-206. https://doi.org/10.3157/021.133.0213

Khanal, D., Subedi, D., Banjade, G., Lamichhane, M., Shrestha, S., & Chaudhary, P. (2024). Efficacy of Different Pesticides against Fall Armyworm (Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) Lepidoptera: Noctuidae) under Laboratory Conditions in Rupandehi, Nepal. International Journal of Agronomy, 2024(1), 7140258. https://doi.org/10.1155/2024/7140258

Kilani-Morakchi, S., Morakchi-Goudjil, H., & Sifi, K. (2021). Azadirachtin-Based Insecticide: Overview, Risk Assessments, and Future Directions. Frontiers in Agronomy, 3, 676208. https://doi.org/10.3389/fagro.2021.676208

Lefebvre, T., Destandau, E., & Lesellier, E. (2021). Selective extraction of bioactive compounds from plants using recent extraction techniques: A review. Journal of Chromatography A, 1635, 461770. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2020.461770

Liang, Y., Liang, M., Chen, H., Hong, J., Song, Y., Yue, K., & Lu, Y. (2023). The Effect of Botanical Pesticides Azadirachtin, Celangulin, and Veratramine Exposure on an Invertebrate Species Solenopsis invicta (Hymenoptera: Formicidae). Toxins, 16(1), 6. https://doi.org/10.3390/toxins16010006

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

Nexticapan-Garcéz, A., Magdub-Méndez, A., Vergara-Yoisura, S., & Martin-Mex, R. (2009). Fluctuación poblacional y daños causados por gusano cogollero (Spodoptera frugiperda JE Smith) en maíz cultivado en el sistema de producción continua afectado por el huracán isidoro. Universidad y ciencia, 25(3), 273-277.

Pavela, R., & Benelli, G. (2016). Essential Oils as Ecofriendly Biopesticides? Challenges and Constraints. Trends in Plant Science, 21(12), 1000-1007. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.10.005

Piepho, H.-P., Malik, W. A., Bischoff, R., El-Hasan, A., Scheer, C., Sedlmeier, J. E., Gerhards, R., Petschenka, G., & Voegele, R. T. (2024). Efficacy assessment in crop protection: A tutorial on the use of Abbott's formula. Journal of Plant Diseases and Protection, 131(6), 2139-2160. https://doi.org/10.1007/s41348-024-00968-0

Prakash, G., Emmannuel, C. J. S. K., & Srivastava, A. K. (2005). Variability of azadirachtin inAzarirachta indica (neem) and batch kinetics studies of cell suspension culture. Biotechnology and Bioprocess Engineering, 10(3), 198-204. https://doi.org/10.1007/BF02932013

Rajarajan, K., Singh, S., Arunachalam, A., & Handa, A. K. (2025). Evaluation of genetic variability in neem (Azadirachta indica) germplasm for azadirachtin yield across peninsular and central India. Ecological Genetics and Genomics, 36, 100371. https://doi.org/10.1016/j.egg.2025.100371

Shu, B., Yu, H., Li, Y., Zhong, H., Li, X., Cao, L., & Lin, J. (2021). Identification of azadirachtin responsive genes in Spodoptera frugiperda larvae based on RNA-seq. Pesticide Biochemistry and Physiology, 172, 104745. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.104745

Song, L., Wang, J., Gao, Q., Ma, X., Wang, Y., Zhang, Y., Xun, H., Yao, X., & Tang, F. (2018). Simultaneous determination of five azadirachtins in the seed and leaf extracts of Azadirachta indica by automated online solid-phase extraction coupled with LC–Q-TOF–MS. Chemistry Central Journal, 12(1), 85. https://doi.org/10.1186/s13065-018-0453-y

Tripathi, S., Mahra, S., Sharma, S., Mathew, S., & Sharma, S. (2024). Interaction of silver nanoparticles with plants: A focus on the phytotoxicity, underlying mechanism, and alleviation strategies. Plant Nano Biology, 9, 100082. https://doi.org/10.1016/j.plana.2024.100082

© Los autores. Este artículo se publica en Prisma ODS bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Esto permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, incluidos fines comerciales, siempre que se otorgue la atribución adecuada a los autores y a la fuente original.

: https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i6.414

Cómo citar este artículo (APA 7ª edición):
Gavin Moyano, C., Moran Sánchez, N., Bermeo Pesantes, F., Jama Aveiga, E., & Choez Chavez, D. (2026). Eficacia del extracto etanólico de Azadirachta en el control de Spodoptera frugiperda en estadio larvario. *Prisma ODS: Revista Multidisciplinaria Sobre Desarrollo Sostenible*, *5*(6), 84-104. https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i6.414