

Efecto insecticida de un extracto metanólico de la flor *Malvastrum americanum* contra *Spodoptera frugiperda*

Insecticidal effect of a methanolic extract of the *Malvastrum americanum* flower against *Spodoptera frugiperda*

Jesús Manuel Villegas-Mendoza*

Instituto Politécnico Nacional, México

jmvillegas@ipn.mx

 <https://orcid.org/0000-0002-4644-8826>

Recepción: 29 de noviembre de 2023

Aprobación: 11 de julio de 2024



Ninfa María Rosas-García

Instituto Politécnico Nacional, México

nrosas@ipn.mx

 <https://orcid.org/0000-0002-3411-6250>

Maribel Mireles-Martínez

Instituto Politécnico Nacional, México

mmireles@ipn.mx

 <https://orcid.org/0000-0001-7626-8378>

RESUMEN

Primer estudio de *Malvastrum americanum* con los objetivos de identificarla molecularmente, identificar metabolitos y evaluar el extracto metanólico contra *Spodoptera frugiperda*. La identificación se realizó en la región ITS, para los metabolitos se utilizó la cromatografía de gases y espectroscopía infrarroja y se determinó el efecto insecticida en larvas con diferentes dosis del extracto metanólico. La planta presenta un 99.12% de similitud con *M. americanum*. Se identifica con mayor presencia p-(dimetilamino) benzaldehído, dodecametil ciclohexasiloxano, tetradecametil cicloheptasiloxano, hexadecametil ciclooctasiloxano, ácido 2-metilpropanoico, ácido propanoico, ácido hexadecanoico, así como grupos funcionales hidróxilo, alcanos, carbonilo. Una dosis letal media de DL50 de 9.23 mg/ml indica que *M. americanum* contiene sustancias bioactivas con propiedades insecticidas.

PALABRAS CLAVE: *Malvastrum americanum*, malva, gusano cogollero, bioactivos.

ABSTRACT

This is a first study of *Malvastrum americanum* with the objectives of molecularly identifying the plant, identifying metabolites and evaluating the methanolic extract against *Spodoptera frugiperda*. The identification was carried out in the ITS region, Gas Chromatography and Infrared Spectroscopy were used for the metabolites and the insecticidal effect was evaluated in larvae with different doses of the methanolic extract. The plant presented 99.12% similarity with *M. americanum*. P-(dimethylamino), cyclohexasiloxane dodecamethyl, cycloheptasiloxane tetradecamethyl, cyclooctasiloxane hexadecamethyl, 2-methylpropanoic acid, propanoic acid, hexadecanoic acid, as well as hydroxyl, alkane, and carbonyl functional groups were identified with a greater presence. And a median lethal dose of LD50 of 9.23 mg/ml indicating that *M. americanum* contains bioactive substances with insecticidal properties.

KEYWORDS: *Malvastrum Americanum*, malva, fall armyworm, bioactives.

INTRODUCCIÓN

El uso intensivo de insecticidas químicos ha provocado resistencia en los insectos, además de representar una amenaza a la salud humana y al medioambiente (Zhao *et al.*, 2022). Una alternativa para la disminución del uso

*AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

jmvillegas@ipn.mx

de insecticidas sintéticos son los extractos de plantas, ya que son menos perjudiciales para insectos benéficos, tienen mayor grado de degradación y son menos dañinos para el medioambiente (Da silva *et al.*, 2021); el uso de estos productos botánicos en el manejo de plagas se ha expandido, en particular en sistemas de producción agrícola de base agroecológica, cuyo mercado ha crecido de forma notable en los últimos años (Ansante *et al.*, 2015). En el caso de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), es considerada una plaga agrícola y representa una seria amenaza para la seguridad alimentaria a nivel mundial (Ngegba *et al.*, 2023). Al respecto, se han desarrollado varias investigaciones sobre este insecto y el empleo de productos naturales con efectos insecticidas, tal es el caso de extractos de *Hyptis marruboides* y *Ocimum basilicum* (Bibiano *et al.*, 2022), *Duguetia lanceolata* (Alves *et al.*, 2020) y extractos de *Tithonia diversifolia* con efectos en el ciclo biológico en las fases larvarias y de pupa (Miranda *et al.*, 2022), entre otros.

Por otra parte, *Malvastrum americanum*, una maleza en la zona norte de Tamaulipas, reporta distribución en ciudad Victoria, en áreas de baja humedad, alta velocidad de viento y valores máximos de calor (Sánchez-Reyes *et al.*, 2021), y en la localidad de Matamoros, como alimentos de venados (Olguín-Hernández *et al.*, 2017). Esta especie también se halla en el estado de Nuevo León, en las ciudades de Linares y Monterrey, y es conocida como “taparrabo” (Hernández-Ponce 2018, González-Elizondo, 1996) y como “malva”, con efectos en infecciones e irritaciones cutáneas (Alvarado-Vázquez *et al.*, 2010). Además, se ha reportado en otros países como Puerto Rico, Estados Unidos, Argentina, Australia y la India (Francis, 2004; Reid *et al.*, 2011; Belgeri *et al.*, 2014). Es una hierba nociva en el campo para el agricultor (Blanckaert *et al.*, 2007) y dañina para los ovinos, ya que les provoca mareos debido a la presencia de nitratos en la planta (Mitchell, 1982). No se encontró información sobre *Malvastrum americanum* respecto a la identificación de sus metabolitos secundarios y sus efectos biológicos hacia insectos; sin embargo, en la especie *Malvastrum coromandelianum* existen estudios, pero solo sobre efectos farmacológicos (Panda & Kar, 2016, Devi & Kumar, 2020 y Aderogba *et al.*, 2019). Por lo tanto, el estudio de metabolitos del extracto de la flor de *Malvastrum americanum* y su efecto contra larvas aportaría información determinante para la especie, así como para el control de larvas del gusano cogollero. Este es un primer estudio con los objetivos de realizar la identificación molecular de la planta, de sus metabolitos y evaluar el efecto insecticida de un extracto metanólico contra *Spodoptera frugiperda*.

1. METODOLOGÍA

1. 1. Recolecta de material vegetal

La recolecta se llevó a cabo en las periferias de la Ciudad de Río Bravo, Tamaulipas, en una zona no urbanizada a partir de un transecto de 5 km lineales con una posición geoespacial en 25°58'47.9"N, 98°06'12.7"W. Las plantas se recolectaron, desinfectaron, deshidrataron y almacenaron hasta su procesamiento.

1. 2. Identificación molecular de la planta

Se usaron hojas frescas de la planta (0.3 g), las cuales fueron reposadas por 48 h en una solución amortiguadora PBS 10X (80 g NaCl; 2 g KCl, 26.8 g Na₂HPO₄·7H₂O; 2.4 g KH₂PO₄ y pH 7.0) y enjuagadas con agua destilada estéril; después, nuevamente se mantuvieron en reposo en agua por 24 h para eliminar la mayor parte de mucílago. La extracción del ácido desoxirribonucleico genómico (DNA) se hizo con el protocolo para plantas mucilaginosas, modificado, que reporta Echevarría-Machado (2005). El tejido vegetal reposado en PBS se colocó en un tubo de 1.5 ml hasta 0.1 ml del volumen, se agregaron 600 µl de la solución *buffer* de extracción (10 mM Tris-HCl; 50 mM EDTA; 500 mM NaCl; 10 mM β-mercaptoetanol y pH 7.0.) y fue homogenizado con pistilo suavemente, luego se adicionaron 100 µl de 20% dodecilsulfato sódico. Se mezcló en vortex por 30 s y se mantuvo a 65 °C por 30 min y se dejó reposar por 2 min a temperatura ambiente. Enseguida se agregaron 500 µl de acetato

de potasio (5 M). La mezcla se agitó vigorosamente y se incubó en hielo por 1 h. Los tubos fueron centrifugados a 13 000 rpm durante 20 min. El sobrenadante (400 μ l) se transfirió a un tubo de 1.5 ml y se agregaron 300 μ l de sílice activado en agua destilada (2 g de dióxido de sílice Wako fueron resuspendidos en 15 ml de agua destilada estéril y centrifugada a 7 000 rpm dos veces, y el *pellet* fue resuspendido en 50 ml para su uso, se almacenó a temperatura ambiente) y se mezcló manualmente por inversión por 3 min. Nuevamente, se centrifugaron los tubos a 13 000 rpm por 3 min y el sobrenadante fue transferido a un tubo nuevo adicionando 600 μ l de isopropanol para precipitación del DNA. Las muestras se centrifugaron a 13 000 rpm por 1 min y la pastilla se lavó con 600 μ l de etanol al 70% y nuevamente se centrifugaron a 13 000 rpm por 1 min. Se decantó el alcohol y la pastilla se dejó secar a temperatura ambiente. La pastilla fue resuspendida con 30 μ l de *buffer* TE 1X. El DNA genómico fue visualizado en un gel de agarosa a 0.8%, teñido con SYBER Green y cuantificado por espectrofotometría (Nanodrop 2000, Thermo Fisher).

1. 3. Amplificación del marcador ITS

La identificación molecular se realizó sobre la región ITS (región espaciadora interna del transcrito) del DNA ribosomal nuclear que contiene la región 18S, 5.8S y 26S. La amplificación del marcador ITS se llevó mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), y se usaron los oligonucleótidos universales para eucariotes ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') e ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'), que describe White *et al.* (1990). La mezcla de la PCR se llevó a cabo en un volumen de 25 μ l, la reacción contenía 12.5 μ l del *buffer* GoTaq Green Master Mix 2X (Promega Corporation), 1 μ l de cada oligonucleótido a 5 μ M, 9.5 μ l de agua ultrapura estéril y 1 μ l de DNA a 50 ng/ μ l. El termociclador fue programado para ejecutar una desnaturalización inicial a 94 °C por 5 min, seguido de 30 ciclos a 94 °C por 30 s, hibridación a 58 °C por 30 s, extensión de 72 °C por 30 s y una extensión final de 72 °C por 7 min en un GeneAmp® PCR System 9700 Applied Biosystems. Se realizó la electroforesis de las muestras en un gel de agarosa al 1.5% en *buffer* TBE al 0.5X con 5 μ l de producto de PCR y 2 μ l de Syber Gold a 80 V durante 60 min en una cámara horizontal (Bio-Rad Wide Mini-Sub-Cell GT Systems). Las muestras se visualizaron en un fotodocumentador (Kodak-gel logic).

1. 4. Análisis de la secuencia

El producto amplificado fue purificado con ExoSAP-IT® (Affymetrix, 78200) de acuerdo con las instrucciones del fabricante (5 μ l del producto de PCR más 2 μ l de Exo SAP, mezclado por pipeteo) se mantuvo a 37 °C por 15 min para activar la enzima y luego a 80 °C por 15 min para inactivar la reacción. La secuenciación se llevó a cabo en Eurofins, en Texas, Estados Unidos, para ello se mezclaron 5 μ l del amplicón con 5 μ l del oligo ITS1 y del oligo ITS4. A las secuencias obtenidas se les realizó el ensamble pareado por muestra y la edición de secuencias con el programa SeqMan de Lasergene 8 (DNASTART® Inc., Madison, WI, USA), la nueva secuencia generada se depositó en el GenBank. Para la verificación de la identidad de las secuencias obtenidas de las regiones ITS se realizó un alineamiento con BLASTn^[1] en la base de datos del Genbank^[2] y se registró el resultado de la especie con el porcentaje de similitud más alto.

1. 5. Extracción metanólica

Las flores de *Malvastrum* fueron retiradas del resto de la planta y colocadas en agua con hipoclorito de sodio a 5% y lavadas con agua corriente por triplicado. Después, 200 g de flor se colocaron sobre papel estraza a temperatura ambiente (24 °C) y se dejaron secar por 5 d. Después se colocaron en recipientes de vidrio con 4 L de metanol por 7 días a temperatura ambiente. El metanol fue evaporado por rotoevaporador (Yamato RE200) a 45 °C previamente filtrado. La extracción cruda se guardó a 5 °C hasta su posterior uso.

1. 6. Cría de *Spodoptera frugiperda*

Las larvas del gusano cogollero fueron mantenidas a 26 °C, humedad relativa de 70% y una iluminación de 10:14 h luz: oscuridad. Las palomillas se alimentaron con una solución de azúcar a 15% en contenedores de plástico con capacidad de 4 L forrados con papel absorbente para la ovoposición y cubiertos con manta de cielo. Los huevecillos se colectaron y colocaron en bolsas de papel en oscuridad hasta la eclosión de larvas, las cuales se alimentaron con una dieta a base de harina de soya, germen de trigo, levadura, agar, vitaminas y un agente antimicrobiano hasta pupación.

1. 7. Bioensayos con larvas neonatas

Las larvas se colocaron en vasos de plástico de 28.4 ml con dieta. Para evaluar la mortalidad del extracto se utilizaron dosificaciones de 0.0, 1.0, 5.0 y 10.0 mg/ml y para la DL50 se utilizaron 1, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5 y 20 mg/ml, las cuales se disolvieron en metanol y se colocaron en la superficie de la dieta y un testigo negativo con solo metanol, y se dejaron reposar durante 2 h para que se evaporara el metanol. Los tratamientos consistieron en 10 larvas con 5 réplicas por dosificación durante 7 días.

1. 8. Análisis por cromatografía de gases-espectrometría de masas

Las muestras se analizaron con sistema GC-MS 6890-5975 (Agilent Technologies) equipado con una columna capilar de sílice fundida HP-5 MS (30 m × 0.25 mm espesor de película de 0.25 μ M), con un sistema de ionización de electrones con una energía de ionización de 70 eV. El gas portador fue helio a un caudal constante de 1 ml/min. Las temperaturas del inyector y de la línea de transferencia de masa se fijaron en 250 °C y 280 °C, respectivamente. El volumen de inyección fue de 2 μ l de solución con las siguientes condiciones de columna: la temperatura inicial de la columna se mantuvo a 40 °C durante 1 min, posteriormente se incrementó 5 °C por min hasta 250 °C manteniendo esa temperatura durante 3 min. El tiempo de corrida fue de 46 min. Para el análisis de los resultados, se empleó el programa GCMSD Data Analysis y el *software* NIST MS Search 2.0 con la biblioteca mainlib.

1. 9. Análisis de espectrometría de infrarrojo con transformada de Fourier

La muestra del extracto se analizó directamente en un equipo IR Bruker, ALPHA Platinum ATR en un rango 500-3500 cm^{-1}

1. 10. Análisis estadístico

Los datos se analizaron por medio de ANOVA y Probit con el programa IBM SPSS versión 22.

2. RESULTADOS

La cuantificación del DNA genómico del tejido vegetal fue de 59.9 ng/ μ l y una relación A260/ A280 de 1.86, lo que indica una buena pureza (Ahmed *et al.*, 2009). Se observó que la amplificación del control positivo perteneciente a *Jarcia sp.* con el marcador molecular ITS fue de aproximadamente 700 pb, mientras que la muestra problema ARB1 presentó un fragmento de aproximadamente 800 pb (figura 1).

Del alineamiento de la secuencia obtenida de la planta ARB1 (768 pb) con la base de datos del NCBI Blastn, se logró el porcentaje de identidad y el valor de expectativa, dicho valor se ocupó para verificar que la secuencia fuera acorde con las características de la planta. El resultado indicó que la planta ARB1 presentó un 99.12% de similitud con *M. americanum* (número de acceso AY591842.1) (figura 2).

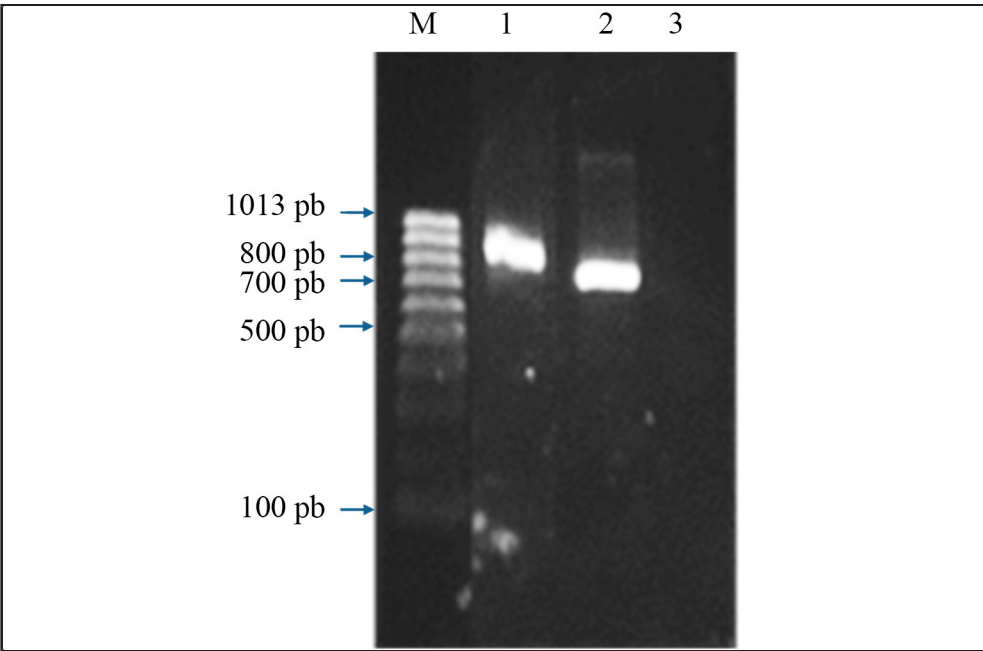


FIGURA 1
Producto de PCR del marcador molecular ITS

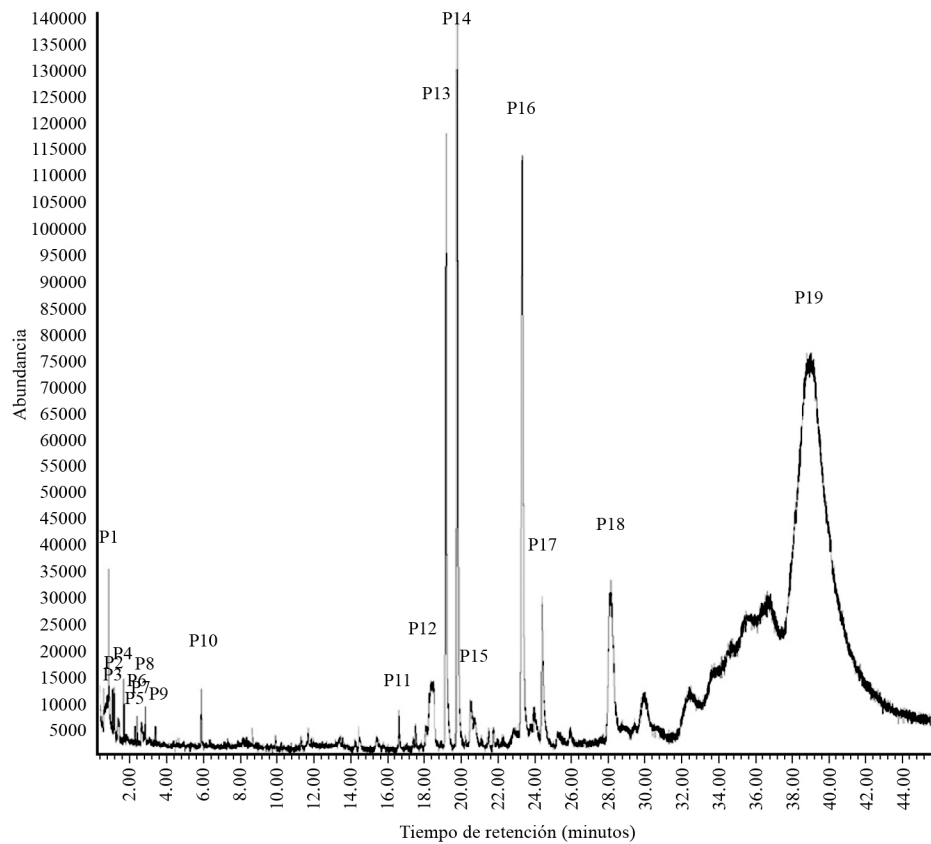
Fuente: elaboración propia.

Nota: gel de agarosa 1.5%, M. marcador molecular 100 pb (Hyperlader 100 pb, bioline), 1. Muestra vegetal ARB1, 2. Control positivo (planta de Jarcia) y 3. Blanco. Tamaño aproximado de 700 pb.

Score	Expect	Identities	Gaps	Strand
1223 bits(662)	0.0	675/681(99%)	1/681(0%)	Plus/Plus
Query 39	GTCTGAAACCTGCTAGCAGAACGACCCGCGAACGTGATATCAAACTAATCGTGGGGG	98		
Sbjct 1	GTCTGAAACCTGCTAGCAGAACGACCCGCGAACGTGATATCAAACTAATCGTGGGGG	60		
Query 99	TGCGGTTGCATCAAATCCCCTCGGTGCTTGGTGTGCTTGGCCTTGACCAATCGCCCT	158		
Sbjct 61	TGCGGTTGCATCAAATCCCCTCGGTGCTTGGTGTGCTTGGCCTTGACCAATCGCCCT	120		
Query 159	TTGGGCGGGTGAGATGCCAGGTCTCGTCAAACTCAAGGCAAAACGAACAAACCCCGGC	218		
Sbjct 121	TTGGGCGGGTGAGATGCCAGGTCTCGTCAAACTCAAGGCAAAACGAACAAACCCCGGC	180		
Query 219	GCGAATTGCGCCAAAGGAAT-AAAAAATGAAAGAGTTACGCTCTGCTGACCGTCCCGT	277		
Sbjct 181	GCGAATTGCGCCAAAGGAATAAAAAATGAAAGAGTTACGCTCTGCTGACCGTCCCGT	240		
Query 278	GTGCGGTGCTCTGTGTGGCAGTGACGCTTTACTTTTGTGCGTAAATACAAACGACTCT	337		
Sbjct 241	GTGCGGTGCTCTGTGTGGCAGTGACGCTTTACTTTTGTGCGTAAATACAAACGACTCT	300		
Query 338	CGGCAACGGATATCTCGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCGAAATGCGATACTTGGT	397		
Sbjct 301	CGGCAACGGATATCTCGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCGAAATGCGATACTTGGT	360		
Query 398	GTGAATTGCAAGATCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCCAAGCCAT	457		
Sbjct 361	GTGAATTGCAAGATCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCCAAGCCAT	420		
Query 458	TAGGCCGAGGGCACGCTGCTCGGTGTACGCAATCGTCCGCCCATCAAAACCTAAGCC	517		
Sbjct 421	TAGGCCGAGGGCACGCTGCTCGGTGTACGCAATCGTCCGCCCATCAAAACCTAAGCC	480		
Query 518	CTCGGGCTACGGTTGAATTGTGGGCGGAACTGGCCTCCCGTGCCTCACCCTCGCGGT	577		
Sbjct 481	CTCGGGCTACGGTTGAATTGTGGGCGGAACTGGCCTCCCGTGCCTCACCCTCGCGGT	540		
Query 578	TGGCCTAAATTTGAGTCTCGGCGATGAAGTCCGCGACAATCGGTGGGAATGCTATTAG	637		
Sbjct 541	TGGCCTAAATTTGAGTCTCGGCGATGAAGTCCGCGACAATCGGTGGGAATGCTATTAG	600		
Query 638	CTGCCTCGTTCGAGTCTGTGCGCTGTTGATTAGGACCTTTGACCTTCTTGGCATC	697		
Sbjct 601	CTGCCTCGTTCGAGTCTGTGCGCTGTTGATTAGGACCTTTGACCTTCTTGGCATC	660		
Query 698	ACAACGTCGATGCTCGCATCG 718			
Sbjct 661	ACAACGTCGATGCTCGCATCG 681			

FIGURA 2
Alineamiento de la secuencia obtenida mediante la amplificación del marcador molecular ITS de la planta ABR1 perteneciente a *M. americanum*
Fuente: elaboración propia.

El análisis por cromatografía de gases-espectrometría de masas permitió la identificación de 19 metabolitos con un contenido relativo de 99.9% (gráfica 1 y cuadro 1).



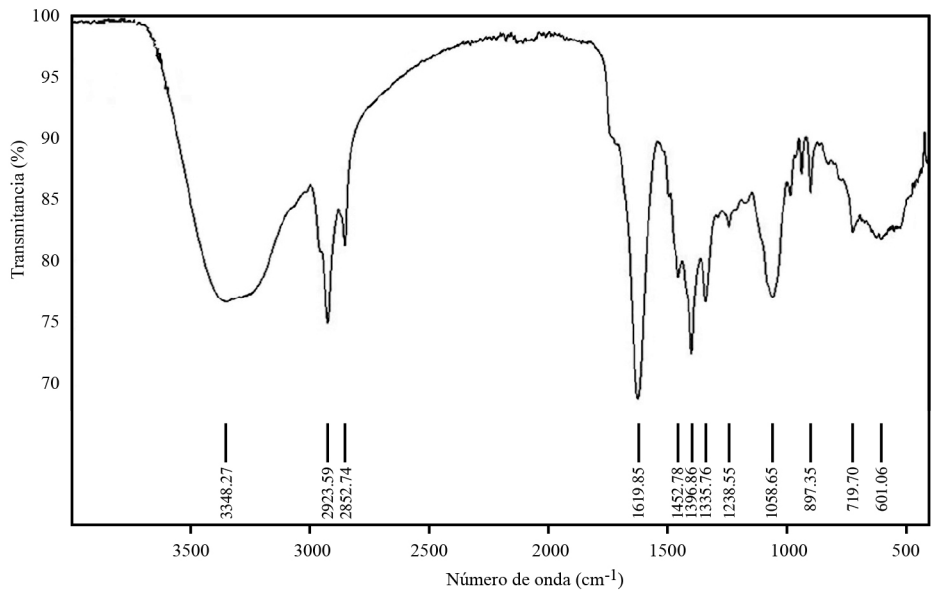
GRÁFICA 1
Cromatograma del extracto metanólico
Fuente: elaboración propia.

CUADRO 1
Metabolitos identificados mediante GC/MS de la flor de *M. americanum*

Núm.	Compuesto identificado	Peso molecular (g/mol)	Tiempo de retención	Contenido relativo (%)
1	(<i>E</i>)-2,6-dimetiloct-2-ene-1,6-diol	172.2	0.768	0.28
2	Ácido pentanoico	102.3	0.985	0.05
3	β -D- Glucopiranosido, metilo	194.1	1.061	0.16
4	Ácido 3-hidroxidodecanoico	216.3	1.610	0.15
5	Ácido fenilacético	216.3	2.220	0.05
6	Miristato de glicerol	302.4	2.331	0.07
7	2-Metilbutanol	88.1	2.565	0.25
8	3,5,5-trimetil-1 hexeno	126.2	2.769	0.08
9	D-esfingosina	299.5	3.325	0.07
10	β -butoxietanol	118.1	5.825	0.24
11	2,5-bornanodiona	166.2	16.565	0.24
12	Dodecametil ciclohexasiloxano	444.9	18.448	2.3
13	Ácido propanoico	116.1	19.124	5.74
14	Ácido 2-metilpropanoico	216.3	19.752	7.15
15	p-anisaldehído	152.1	20.498	1.34
16	Tetradecametil cicloheptasiloxano	519.0	23.270	8.89
17	p-(dimetilamino) benzaldehído	149.1	24.353	2.69
18	Hexadecametil ciclooctasioxano	593.2	28.101	5.08
19	Ácido hexadecanoico	270.4	38.995	65.08
Total				99.9

Fuente: elaboración propia.

Del análisis de FT-IR las absorbancias obtenidas muestran varios enlaces de diferentes grupos funcionales como enlaces O-H en 3 348 cm⁻¹ relacionados con polifenoles y flavonoides, 2 852 cm⁻¹ enlaces C-H grupo alcanos, enlaces C=C, C=O 1 620-1 560 cm⁻¹, anillo fenólico en 1 458-1 591 cm⁻¹, enlaces C-H en 1 452 cm⁻¹ relacionados con terpenos, compuestos aromáticos y C-Cl enlaces alifáticos de cloro en 879 y 719 cm⁻¹ (gráfica 2).



GRÁFICA 2
FT-IR de muestra metanólica de flor *Malvastrum*
Fuente: elaboración propia.

Los bioensayos de alimentación mostraron diferencias significativas en la mortalidad ($F = 67.82$, $gl = 3$, $p < 0.05$) con 7 días de exposición en cada tratamiento y también mostraron la mortalidad más alta 60% en 10 mg/ml (cuadro 2) y con una $DL50 = 9.239$ mg/ml (95% CI = 8.49-10.01, $X^2 = 19.85$, $p < 0.05$).

CUADRO 2
Bioensayo de toxicidad del extracto metanólico contra larvas neonatas de *Spodoptera*

Concentración mg/ml	Mortalidad (%)
0.00	00.00 ± 0.00 ^a
1.00	06.00 ± 2.44 ^b
5.00	24.00 ± 2.44 ^c
10.00	62.00 ± 5.83 ^d

Fuente: elaboración propia.
Nota: medias con diferente letra indican diferencias significativas. Prueba Tukey = $p < 0.05$.

3. DISCUSIÓN

Los bioactivos mayoritarios en GC/MS del extracto metanólico de la flor de *M. americanum* fueron p-(di-metilamino) benzaldehído, dodecametil ciclohexasiloxano, tetradecametil cicloheptasiloxano, hexadecametil ciclooctasiloxano, ácido 2-metilpropanoico, ácido propanoico, ácido hexadecanoico; todos estos de importancia farmacéutica con actividad antiinflamatoria, anticancerígena, antioxidante, hipocolesterolémica, nematocida, antimicrobial y antiandrogénico (El-Kawy *et al.*, 2022; Akter *et al.*, 2016; Gilani y Najafpour, 2022; Prasa-

thkumar *et al.*, 2021; Ajala *et al.*, 2020; Xavier *et al.*, 2022, Abdali *et al.*, 2022). Ninguno de estos compuestos se ha reportado con efectos insecticidas. Aunque el análisis por FT-RI ha identificado fitocompuestos activos contra insectos, como los flavonoides, estos compuestos son una gran clase de metabolitos secundarios con aproximadamente 15 000 estructuras identificadas, algunas de las cuales se reportan con actividad insecticida y con efectos antialimentarios (Gautam *et al.*, 2023; Nenaah, 2013; Hernández *et al.*, 1999), como atrayentes de polinizadores (Schnarr *et al.*, 2022), así también algunos flavonoides forman parte de su dieta, pigmentación de las alas y participación en la comunicación visual (Fu *et al.*, 2021). Otro compuesto descubierto son los terpenos, de los cuales existen alrededor de 80 000 estructuras con diferentes tipos y funciones en la naturaleza (Winnacker, 2023), de los cuales se reportan con actividad en el ciclo biológico de los insectos (Tulashie *et al.*, 2021), como en los huevos y las larvas (Magrini *et al.*, 2015; De Souza Tavares *et al.*, 2009) al afectar la pupa y causar malformaciones en los adultos (Scapinello *et al.*, 2014). Estos compuestos son responsables del aroma de las plantas y juegan un papel fundamental en la defensa de las plantas. Muchos de estos compuestos han sido incluidos como agentes activos en biopesticidas (Fei *et al.*, 2023) y su actividad biológica en insectos está relacionada con la inhibición de la actividad acetilcolinesterasa (Herrera *et al.*, 2015). También se han encontrado grupos alcanos y, aunque hay muy poca información, se reporta que tienen un efecto en la regulación del crecimiento (Céspedes *et al.*, 2013), ya que forma parte de la estructura epicuticular de las hojas y flores y tienen una función de barrera contra insectos (Ardenghi *et al.*, 2017).

Muchos de estos compuestos se derivan de especies aromáticas que se encuentran en muchas familias botánicas como *Rutaceae*, *Labiatae*, *Compositae*, *Meliaceae* y *Malvaceae* de la cual pertenece *M. americanum* (Song *et al.*, 2022). Metabolitos como flavonoides, fenoles, quinonas y lactonas pueden tener toxicidad aguda, propiedades repelentes y antialimentarios, y afectar los sistemas reproductivos y los ciclos biológicos de larvas y adultos (Henagamage *et al.*, 2023; Vargas-Méndez *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2016).

Al respecto, el metanol es un disolvente orgánico eficaz para la extracción de fitoquímicos, que tiene la capacidad de extraer una gran cantidad de compuestos fenólicos, terpenos y alcoholes (Alam *et al.*, 2022) y se ha utilizado también para extraer y evaluar metabolitos de diversas plantas contra *Spodoptera frugiperda*. Tal es el caso de *Vernonanthura nebularum* que a dosis de 300 µg/g no causó mortalidad en larvas de *S. frugiperda*, pero sí afectó 30% de las pupas, determinando que la lactona sesquiterpénica fue responsable de este efecto (Sosa *et al.*, 2019). *Annona montana* causó 40% de mortalidad en larvas, lo cual confirma que montanacina-D está asociada a esta actividad (Hidalgo *et al.*, 2020); extracto metanólico de *Duguetia lanceolata* fue fraccionada con diclorometano para obtener dos compuestos: 2,4,5-trimetoxiestiro y trans-asarona causaron una mortalidad de 90% a 257 µg/ml. Estos metabolitos son fenilpropanoides reconocidos por su protección a las plantas contra los herbívoros, mientras la trans-asarona se considera mutagénica y genotóxica (Alves *et al.*, 2020). Se reporta que el extracto de Neem (*Azadirachta indica*) causó una mortalidad de 100% a una dosis de 3% v/v a *S. frugiperda* rociado sobre las hojas de maíz a las 12 h de evaluación (Tulashie *et al.*, 2021); de un extracto de *Melia volkensii* se obtuvieron dos compuestos con actividad antialimentaria en concentraciones de 0.03% identificados como toosendánina y salanninolida (Jaoko *et al.*, 2023). Cabe mencionar que este es un primer estudio de una extracción metanólica de planta *Malvastrum americanum* y no es posible comparar con otras investigaciones de la misma planta, pero consideramos que las concentraciones de esta investigación del extracto crudo son altas comparadas con ensayos con metabolitos puros, mientras que para la concentración porcentual v/v de extractos metanólicos de otras plantas las concentraciones reportadas en este experimento fueron menores. Posiblemente, el efecto de mortalidad del extracto crudo de *M. americanum* sea el conjunto de compuestos encontrados que pueden tener un efecto sinérgico sobre la actividad biológica hacia *S. frugiperda*. El análisis de fitoquímicos de extracciones crudas es el primer paso para determinar si existen metabolitos de interés, así como también si la evaluación de estos extractos aporta información de su actividad biológica hacia el insecto, lo que impulsa abrir camino a la investigación científica de los compuestos producidos por *M. americanum* y su actividad insecticida hacia lepidópteros de interés agrícola.

PROSPECTIVA

El uso de insecticidas químicos en todo el mundo es un gran problema para el medioambiente y para los seres vivos debido a que causan efectos negativos en el ecosistema terrestre y acuático, aunado a enfermedades agudas y crónicas, especialmente por exposición ocupacional. Entre las alternativas para disminuir el uso de químicos, se encuentra la búsqueda de nuevas moléculas capaces de controlar plagas de insectos que sean biodegradables y no tóxicas. Las plantas producen metabolitos secundarios de los que se valen para su auto-protección contra el ataque de insectos, los cuales actúan como repelentes, inhibidores de la alimentación y reguladores de crecimiento. Este mecanismo natural nos permite el estudio de moléculas que tengan acción insecticida o repelente, las cuales contribuyan a regular las poblaciones de *S. frugiperda* desde sus etapas de huevo, larva y adulto para protección de cultivos de importancia económica. Por tanto, esta variedad de moléculas puede ser agente activo de bioinsecticidas comerciales que los agricultores utilicen para la protección de sus cultivos en equipos convencionales de fumigación. Sin embargo, algunos productos biológicos en el mercado suelen ser de alto costo por su producción, extracción y formulación, por lo que la generación de conocimiento científico en esta área favorece el descubrimiento de nuevas plantas con capacidad de generar moléculas insecticidas que estén al alcance de la sociedad con tecnología para que puedan ser producidas fácil y económicamente.

CONCLUSIONES

La extracción con metanol de las flores de *Malvastrum americanum* contienen metabolitos secundarios como terpenos, flavonoides y alcanos con actividad contra *Spodoptera frugiperda*, así como compuestos volátiles y semi-volátiles que pueden usarse para diseñar bioinsecticidas amigables con el medioambiente.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los árbitros por sus observaciones, las cuales aportaron a la mejora del artículo. Así también, a la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional

REFERENCIAS

- Abdali, S. A., & Al-Haidarey, M. J. S. (2022). Identification of lipid compounds in the plant of *Ceratophyllum demersum* using two different solvents. *Materials Today: Proceedings*, 60, 1596-1605. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.06.008>
- Aderogba, M. A., Madikizela, B., & McGaw, L. J. (2019). Bioactive constituents from *Malvastrum coromandelianum* (L.) Garcke leaf extracts. *South African Journal of Botany*, 126, 371-376. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.06.008>
- Ahmed, I., Islam, M., Arshad, W., Mannan, A., Ahmad, W., & Mirza, B. (2009). High-quality plant DNA extraction for PCR: an easy approach. *Journal of applied genetics*, 50(2), 105-107.
- Ajala, E. O., Ajala, M. A., Tijani, I. A., Adebisi, A. A., & Suru, I. (2020). Kinetics modelling of acid hydrolysis of cassava (*Manihot esculanta* Cranz) peel and its hydrolysate chemical characterisation. *Journal of King Saud University-Science*, 32(4), 2284-2292. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.03.003>
- Akter, K., Barnes, E. C., Loa-Kum-Cheung, W. L., Yin, P., Kichu, M., Brophy, J. J., & Jamie, J. F. (2016). Antimicrobial and antioxidant activity and chemical characterisation of *Erythrina stricta* Roxb (Fabaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 185, 171-181. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.03.011>

- Alam, T., Jilani, G., Chaudhry, A. N., Ahmad, M. S., Aziz, R., & Ahmad, R. (2022). Terpenes and phenolics in alcoholic extracts of pine needles exhibit biocontrol of weeds (*Melilotus albus* and *Asphodelus tenuifolius*) and insect-pest (*Plutella xylostella*). *Journal of King Saud University-Science*, 34(4), 101913. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101913>
- Alvarado-Vázquez, M. A., Estrada, A. R., & Limón, S. M. (2010). *De la lechuguilla a las biopelículas vegetales: las plantas útiles de Nuevo León*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Alves, D. S., Costa, V. A., Machado, A. R., Oliveira, D. F., & Carvalho, G. A. (2020). *Duguetia lanceolata* A. St.-Hil. stem bark produces phenylpropanoids lethal to *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Crop protection*, 127, 104965. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104965>
- Ansante, T. F., Do Prado Ribeiro, L., Bicalho, K. U., Fernandes, J. B., Vieira, P. C., & Vendramim, J. D. (2015). Secondary metabolites from Neotropical Annonaceae: Screening, bioguided fractionation, and toxicity to *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Industrial Crops and Products*, 74, 969-976. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.058>
- Ardenghi, N., Mulch, A., Pross, J., & Niedermeyer, E. M. (2017). Leaf wax n-alkane extraction: An optimised procedure. *Organic Geochemistry*, 113, 283-292. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2017.08.012>
- Belgeri, A., Navie, S. C., Vivian-Smith, G., & Adkins, S. W. (2014). Early recovery signs of an Australian grassland following the management of *Parthenium hysterophorus* L. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 209(10), 587-596.
- Bibiano, C. S., Alves, D. S., Freire, B. C., Bertolucci, S. K. V., & Carvalho, G. A. (2022). Toxicity of essential oils and pure compounds of *Lamiaceae* species against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and their safety for the nontarget organism *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Crop Protection*, 158, 106011. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.106011>
- Blanckaert, I., Vancraeynest, K., Swennen, R. L., Espinosa-Garcia, F. J., Pinero, D., & Lira-Saade, R. (2007). Non-crop resources and the role of indigenous knowledge in semi-arid production of Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119(1-2), 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.06.015>
- Céspedes, C. L., Molina, S. C., Muñoz, E., Lamilla, C., Alarcon, J., Palacios, S. M., & Avila, J. G. (2013). The insecticidal, molting disruption and insect growth inhibitory activity of extracts from *Condalia microphylla* Cav. (Rhamnaceae). *Industrial Crops and Products*, 42, 78-86. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.05.002>
- Da Silva, A. S., De Lira Pimentel, C. S., dos Santos, F. H. G., de Araújo, H. D. A., Paiva, P. M. G., Da Silva, N. H., & Navarro, D. M. D. A. F. (2021). Insecticidal activity of the ether extract from the lichen *Ramalina complanata* and an isolated metabolite (divaricatic acid) against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 35, 102049. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102049>
- De Souza Tavares, W., Cruz, I., Petacci, F., De Assis Júnior, S. L., De Sousa Freitas, S., Zanuncio, J. C., & Serrão, J. E. (2009). Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). *Industrial Crops and Products*, 30(3), 384-388. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.07.007>
- Devi, S., & Kumar, V. (2020). Comprehensive structural analysis of cis-and trans-tiliroside and quercetrin from *Malvastrum coromandelianum* and their antioxidant activities. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(1), 1720-1730. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2018.01.009>

- Echevarría-Machado, I., Sánchez-Cach, L. A., Hernández-Zepeda, C., Rivera-Madrid, R., & Moreno-Valenzuela, O. A. (2005). A simple and efficient method for isolation of DNA in high mucilaginous plant tissues. *Molecular Biotechnology*, 31(2), 129-135. <https://doi.org/10.1385/MB:31:2:129>
- El-Kawy, O. A., Shweeta, H. A., & Attallah, K. M. (2022). Radioiodination, nasal nanoformulation and preliminary evaluation of isovanillin: A new potential brain cancer-targeting agent. *Applied Radiation and Isotopes*, 189, 110464. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2022.110464>
- Fei, T., Gwinn, K., Leyva-Gutierrez, F. M., & Wang, T. (2023). Nanoemulsions of terpene by-products from cannabidiol production have promising insecticidal effect on *Callosobruchus maculatus*. *Heliyon*, 9(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15101>
- Francis, J. K. (2004). Wildland shrubs of the United States and its Territories: thamnisc descriptions: volume 1. *General Technical Report-International Institute of Tropical Forestry, USDA Forest Service (IITF-GTR-26)*.
- Fu, X., Chai, C. L., Li, Y. P., Li, P., Luo, S. H., Li, Q., & Liu, Y. Q. (2021). Metabolomics reveals abundant flavonoids in edible insect *Antheraea pernyi*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 24(3), 711-715. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.06.004>
- Gautam, H., Sharma, A., & Trivedi, P. K. (2023). The role of flavonols in insect resistance and stress response. *Current Opinion in Plant Biology*, 73, 102353. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2023.102353>
- Gilani, S., & Najafpour, G. (2022). Evaluation of the extraction process parameters on bioactive compounds of cinnamon bark: A comparative study. *Process Biochemistry*, 114, 93-101. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2022.01.022>
- González-Elizondo, M. (1996). *Análisis de la vegetación secundaria de Linares N. L.* (tesis de maestría en ciencias forestales), México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Henagamage, A. P., Ranaweera, M. N., Peries, C. M., & Premetilake, M. M. S. N. (2023). Repellent, antifeedant and toxic effects of plants-extracts against *Spodoptera frugiperda* larvae (fall armyworm). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 48, 102636. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102636>
- Hernández, M. M., Heraso, C., Villarreal, M. L., Vargas-Arispuro, I., & Aranda, E. (1999). Biological activities of crude plant extracts from *Vitex trifolia* L. (Verbenaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 67(1), 37-44. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(99\)00041-0](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00041-0)
- Hernández-Ponce, J. E. (2018). *Caracterización del matorral espinoso tamaulipeco con diferente grado de disturbio en el municipio de Montemorelos, Nuevo León* (tesis de maestría en ciencias forestales). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Herrera, J. M., Zunino, M. P., Dambolena, J. S., Pizzolitto, R. P., Gañan, N. A., Lucini, E. I., & Zygadlo, J. A. (2015). Terpene ketones as natural insecticides against *Sitophilus zeamais*. *Industrial Crops and Products*, 70, 435-442.
- Hidalgo, J. R., Gilabert, M., Cabedo, N., Cortes, D., & Neske, A. (2020). Montanacin-L and montanacin-K two previously non-described acetogenins from *Annona montana* twigs and leaves. *Phytochemistry Letters*, 38, 78-83. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2020.04.016>
- Jaoko, V., Taning, C. N. T., Backx, S., Motti, P., Mulatya, J., Vandenabeele, J.,... & Mangelinckx, S. (2023). Bioactivity-guided isolation of toosendanin and salanninolide from *Melia volkensii* and their antifeedant activity against economically important insect pests. *Crop Protection*, 173, 106353. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106353>

- Magrini, F. E., Specht, A., Gaio, J., Girelli, C. P., Miguez, I., Heinzen, H., & Cesio, V. (2015). Antifeedant activity and effects of fruits and seeds extracts of *Cabralea canjerana canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae) on the immature stages of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Industrial Crops and Products*, 65, 150-158. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.032>
- Miranda, M. A. F. M., Matos, A. P., Volante, A. C., Cunha, G. O. S., & Gualtieri, S. C. J. (2022). Insecticidal activity from leaves and sesquiterpene lactones of *Tithonia diversifolia* (Helms.) A. Gray (Asteraceae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *South African Journal of Botany*, 144, 377-379. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.09.002>
- Mitchell, A. S. (1982). Economic aspects of the Malvaceae in Australia. *Economic botany*, 36(3), 313-322. <https://www.jstor.org/stable/4254404>
- Nenaah, G. E. (2013). Potential of using flavonoids, latex and extracts from *Calotropis procera* (Ait.) as grain protectants against two coleopteran pests of stored rice. *Industrial Crops and Products*, 45, 327-334. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.12.043>
- Ngegba, P. M., Cui, G., Li, Y., & Zhong, G. (2023). Synergistic effects of chlorantraniliprole and camptothecin on physiological impairments, histopathological, biochemical changes, and genes responses in the larvae midgut of *Spodoptera frugiperda*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 191, 105363. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105363>
- Olguín-Hernández, C. A., González Saldívar, F. N., Cantú Ayala, C. M., Rocha Domínguez, L., Uvalle Saucedo, J. I., & Marmolejo Monsivais, J. G. (2017). Competencia alimentaria entre el venado cola blanca y tres herbívoros exóticos en el noreste de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(42), 727.
- Panda, S., & Kar, A. (2016). Role of a gitogenin-type steroidal saponin (3-O- β -d-glucopyranosyl (1 $\rightarrow$ 2)- β -d-glucopyranosyl (1 $\rightarrow$ 4)- β -d-galactopyranoside-25R, 5 α -spirostane-2 α , 3 β -diol), isolated from the leaves of *Malvastrum coromandelianum* in regulating thyrotoxicosis in rats. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 26(19), 4804-4807. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2016.08.025>
- Prasathkumar, M., Raja, K., Vasanth, K., Khusro, A., Sadhasivam, S., Sahibzada, M. U. K., & Elshikh, M. S. (2021). Phytochemical screening and in vitro antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory, anti-diabetic, and wound healing attributes of *Senna auriculata* (L.) Roxb. leaves. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(9), 103345. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103345>
- Reid, M. A., Ogden, R., & Thoms, M. C. (2011). The influence of flood frequency, geomorphic setting and grazing on plant communities and plant biomass on a large dryland floodplain. *Journal of Arid Environments*, 75(9), 815-826. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.03.014>
- Sánchez-Reyes, U. J., Niño-Maldonado, S., Barrientos-Lozano, L., Treviño-Carreón, J., Meléndez-Jaramillo, E., Sandoval-Becerra, F. M., & Jones, R. W. (2021). Structural changes of vegetation and its association with microclimate in a successional gradient of low thorn forest in northeastern Mexico. *Plant Ecology*, 222, 65-80. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11258-020-01088-z>
- Schnarr, L., Segatto, M. L., Olsson, O., Zuin, V. G., & Kümmerer, K. (2022). Flavonoids as biopesticides—Systematic assessment of sources, structures, activities and environmental fate. *Science of the Total Environment*, 824, 153781. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153781>
- Silva, C. T., Wanderley-Teixeira, V., Cunha, F. M., Oliveira, J. V., Navarro, D. M., & Teixeira, Á. A. (2016). Biochemical parameters of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) treated with citronella oil (*Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor) and its influence on reproduction. *Acta Histochemica*, 118(4), 347-352. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2016.03.004>

- Song, C., Zhao, J., Zheng, R., Hao, C., & Yan, X. (2022). Chemical composition and bioactivities of thirteen non-host plant essential oils against *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 25(2), 101881. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2022.101881>
- Sosa, A., Diaz, M., Salvatore, A., Bardon, A., Borkosky, S., & Vera, N. (2019). Insecticidal effects of *Vernonanthura nebularum* against two economically important pest insects. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(5), 881-889. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.01.005>
- Scapinello, J., Oliveira, J. V., Ribeiros, M. L., Tomazelli Jr, O., Chiaradia, L. A., & Dal Magro, J. (2014). Effects of supercritical CO₂ extracts of *Melia azedarach* L. on the control of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). *The Journal of Supercritical Fluids*, 93, 20-26. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.05.008>
- Tulashie, S. K., Adjei, F., Abraham, J., & Addo, E. (2021). Potential of neem extracts as natural insecticide against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4, 100130. <https://doi.org/10.1016/j.csee.2021.100130>
- Vargas-Méndez, L. Y., Sanabria-Flórez, P. L., Saavedra-Reyes, L. M., Merchan-Arenas, D. R., & Kouznetsov, V. V. (2019). Bioactivity of semisynthetic eugenol derivatives against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae infesting maize in Colombia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1613-1620. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.09.010>
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S. J. W. T., & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR protocols: a guide to methods and applications*, 18(1), 315-322.
- Winnacker, M. (2023). Terpene-Based Polyamides: A Sustainable Polymer Class With Huge Potential. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 100819. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2023.100819>
- Xavier, T. F., Sabitha, R., & Balavivekananthan, S. (2022). In vitro pharmacological investigations of *Oxystelma esculentum* R. Br. and in silico molecular docking analysis of its leaf constituents on diabetic related target. *South African Journal of Botany*, 149, 320-338. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.06.021>
- Zhao, R., Wang, H. H., Gao, J., Zhang, Y. J., Li, X., Zhou, Liang, P., Gao, X. W., & Gu, S. H. (2022). Plant volatile compound methyl benzoate is highly effective against *Spodoptera frugiperda* and safe to non-target organisms as an eco-friendly botanical-insecticide. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 245, 114101. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114101>

NOTAS

[1] Disponible en <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/>

[2] Disponible en www.ncbi.nlm.nih.gov



Disponible en: <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/22245>

Cómo citar el artículo:

Villegas-Mendoza, J. M., Rosas-García, N. M. y Mireles-Martínez, M. (2025). Efecto insecticida de un extracto metanólico de la flor *Malvastrum americanum* contra *Spodoptera frugiperda*. *CIENCIA ergo-sum*, 32. <https://doi.org/10.30878/ces.v32n0a23>

DOI: <https://doi.org/10.30878/ces.v32n0a23>



Licencia Creative Commons Atribución-No-Comercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Declaración de autoría (CRediT):

Jesús Manuel Villegas Mendoza: conceptualización, análisis formal, investigación, Redacción-revisión y edición, Administración del proyecto

Ninfa María Rosas García: curación de datos, Metodología, Validación,

Maribel Mireles Martínez: análisis formal, Software, Redacción-borrador original