

Actividad insecticida de *Brugmansia arborea* (L.) Steud., en *Spodoptera frugiperda* j. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae)

María Guadalupe Valladares-Cisneros*

<https://orcid.org/0000-0001-7676-2325>

mg.valladares@uaem.mx

Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Mirna Gutiérrez-Ochoa

<https://orcid.org/0000-0003-4540-6963>

migutierrez@ipn.mx

Centro de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional.

Santos M. Herrera-Cadena

<https://orcid.org/0009-0009-9958-4598>

sherrerac@ipn.mx

Centro de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional.

Rodolfo Figueroa-Brito

<https://orcid.org/0000-0002-2435-1425>

rfigueroa@ipn.mx

Centro de Desarrollo de Productos Bióticos

Lucila Aldana-Llanos

<https://orcid.org/0000-0002-9912-6097>

laldana@ipn.mx

Centro de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional.

RESUMEN

La búsqueda de alternativas eco-amigables para el control de plagas continúa siendo un tema vigente y relevante. *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith es una plaga polífaga de gran interés agroalimentario. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto insecticida de fitoextractos etanólicos de flores y hojas; así como de los oleatos de acetite de oliva y soya con hojas de *Brugmansia arborea* en contra de *S. frugiperda*. Los resultados mostraron que el empleo de 125 ppm del fitoextracto etanólico de las flores de *B. arborea* redujo significativamente el peso de las larvas a los siete días de tratamiento e incremento el tiempo de desarrollo larval lo que permitió establecer que se ejerció una actividad anti alimentaria. Así mismo, 500 ppm del fitoextracto las hojas de *B. arborea* provoco el 90 % de la mortalidad total (larvas y pupas) e incremento el tiempo de emergencia de los adultos. 250 ppm del oleato de las hojas de *B. arborea* obtenido con aceite de oliva provocó el 76 % de mortalidad total de *S. frugiperda*. Estos resultados muestran el potencial insecticida de *B. arborea* para el control amigable y sustentable de este insecto plaga polífago.

Palabras clave: floripondio, trompeta de ángel, fitoextracto; oleato; insecto plaga

Licencia

Este trabajo está bajo una licencia Creative Commons Attribution 4.0 International.



Insecticidal Activity of *Brugmansia arborea* (L.) Steud., on *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: noctuidae)

ABSTRACT

The search for eco-friendly alternatives for pest control remains a current and relevant topic. *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith is a polyphagous pest of great agri-food concern. The aim of this study was to evaluate the insecticidal effect of ethanolic phytoextracts of flowers and leaves, as well as olive and soybean oils, applied with leaves of *Brugmansia arborea* against *S. frugiperda*. The results showed that the application of 125 ppm of the ethanolic phytoextract from flowers of *B. arborea* significantly reduced larval weight after seven days of treatment and increased larval development time, indicating an anti-feeding effect. Similarly, 500 ppm of the phytoextract applied to *B. arborea* leaves resulted in 90% total mortality (larvae and pupae) and increased adult emergence time. 250 ppm of oleate from olive oil and leaf of *B. arborea* resulted in 76% total mortality of *S. frugiperda*. These results demonstrate the insecticidal potential of *B. arborea* for the environmentally friendly and sustainable control of this polyphagous insect pest.

Keywords: *Floripondio; Angel Trumpet; Phytoextract; Oleate; Insect pest*

License

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license.



INTRODUCCIÓN

Incrementar la agricultura y reducir el impacto ambiental, son dos de los son dos objetivos de importancia global para 2050. Debido al crecimiento de la población, es necesario aumentar el suministro de alimentos, pero al mismo tiempo cuidar el medio ambiente. En este sentido, uno de los cereales más importantes como fuente alimenticia mundial es el maíz. Es saludable, rico en fibra, vitaminas, minerales y antioxidantes. Sin embargo, es susceptible a numerosos insectos nocivos, como insectos, ácaros y patógenos vegetales.

Uno de los insectos nocivos más más importantes de las plantas de maíz es *Spodoptera frugiperda*, pertenece a la familia Noctuidae y tradicionalmente se conoce como gusano cogollero. Su notable adaptabilidad le permite desarrollarse y ser nocivo para más de 76 familias de plantas, causando daño al maíz, sorgo, soja, algodón, entre otras especies, por lo que se denomina como polífago (Montezano et al., 2018, Overton et al., 2021).

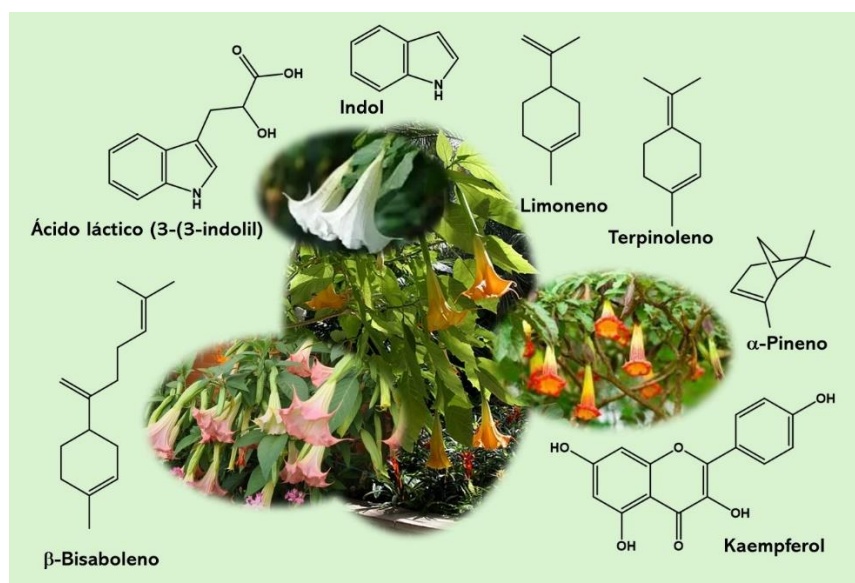
S. frugiperda es originó en regiones tropicales y subtropicales de América (Pogue 2002). También se ha encontrado en África central y occidental (Goergen et al. 2016), India (Sharanabasappa et al., 2018), Egipto (Gamil, 2020) y ya ha invadido algunas partes de Europa, se ha extendido por toda Asia y recientemente se identificó en Australia (EPPO, 2020). Debido a sus hábitos alimenticios generalistas, se considera como una plaga importante y se han reportado altas pérdidas de rendimiento que han tenido impactos económicos significativos (Overton et al., 2021; Day et al., 2017; Jeger et al., 2018).

Por otro lado, el uso continuo y excesivo de insecticidas químicos ha causado significativos daños ambientales (Ahmad et al., 2024; Barathi et al., 2024; Zikankuba et al., 2019). Por lo anterior, se considera que las alternativas naturales control de insectos serán respetuosas para el medio ambiente. En este sentido algunos de los estudios realizados extractos de acetato de etilo de *Adathoda vassica*, *Dathura metel* y *Tagetes erecta* en contra de *S.*

frugiperda, mostraron que *T. erecta* fue el extracto con mayor repelencia (Henagamage et al, 2023). Ramos-López et al., 2010; reportaron que el aceite de ricino (*Ricinus communis*) mostro una buena actividad insecticida e insectistática. Mientras que Zavala-Sánchez et al., 2013; reportaron que *Salvia microphylla* y *Salvia connivens* produjeron actividad insecticida contra *S. frugiperda*, produciendo letalidades medias en la viabilidad del insecto a 916 y 936 ppm, respectivamente.

Se ha mencionado que los compuestos naturales con actividad insecticida suelen actuar sobre el sistema nervioso de los insectos provocando la parálisis o muerte del insecto (Chaudhary, 2024). Compuestos naturales como alcaloides, terpenos y compuestos fenólicos, que tienen propiedades insecticidas, pueden ser utilizados como alternativas de control a los insecticidas sintéticos, ya que además suelen ser biodegradables y dependiendo de la dosis podrían resultar menos tóxicos para organismos no objetivo (incluyendo humanos en algunos casos). El género *Brugmansia*, comúnmente conocida como “trompeta de ángel”, es nativa de Sudamérica y pertenece a la familia Solanaceae, contiene aproximadamente siete a ocho especies distribuidas en Europa, África y Asia (Kim, 2020). Estas plantas son usadas en la medicina tradicional de diferentes partes del mundo para tratar inflamaciones, artritis reumatoide, infecciones cutáneas, dolor de cabeza, asma, cólicos, dolores, etc., (Rojas, 2023). Los compuestos químicos que mayormente se han aislado y reportado para las *Brugmasias* son alcaloides de tipo tropano, pirrilodínico e indol, terpenos y flavonoides., entre algunos menos (Figura 1).

Figura 1. *Brugmansias* y algunos de sus compuestos.



Las actividades farmacológicas mayormente estudiadas y reportadas de los extractos orgánicos y compuestos aislados de *B. arborea* son antiinflamatoria, antioxidante, antiespasmódica, anti-adictiva, antibacteriana, antiasmática, antinoniceptiva, antiprotozoaria, citotóxica, y tóxica (Algradi, 2021). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto bioinsecticida de fitoextractos de flores y hojas de *B. arborea* en larvas de *S. frugiperda*, como una alternativa de control amigable con el ambiente.

METODOLOGÍA

Localización del área de estudio

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Entomología del Departamento de Interacciones Planta e Insecto del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional (CEPROBI-IPN).

Insectos: adaptación de la cría

El gusano cogollero se crió en laboratorio y se mantuvo individualmente en recipientes de plástico de 3.5 cm de alto por 4 cm de diámetro con tapa de rosca, proporcionándoles 15 mL de dieta artificial. Las larvas fueron mantenidas en una incubadora marca Precisión modelo

818 a una temperatura de $27\pm 1^{\circ}\text{C}$, la humedad relativa fue de 60-70% y un fotoperiodo de 12-12 L-O. Las larvas puparon en los mismos recipientes y al emerger los adultos fueron colocados en bolsas de papel encerado para que copularan y se les colocó dentro de cada bolsa una caja Petri de plástico de 10 cm de diámetro con algodón humedecido con solución azucarada al 10%, para su alimentación.

Dieta artificial para la cría del *S. frugiperda* (insecto plaga)

Para la cría masiva del gusano cogollero y de las bioevaluaciones se utilizó una dieta artificial, que consistió de frijol peruano (11.27%), germen de trigo (5.16%), levadura de cerveza (3.28%), ácido ascórbico (0.32%), ácido sórbico (0.10%), metil para-hidroxibenzoato (0.20%), 0.94% de formaldehído al 10%, agar (1.40%). El agua empleada para el frijol fue al 43.53% y agua usada en la disolución del agar fue del 33.80% (Burton y Perkins, 1987).

Obtención de los fitoextractos y oleatos de *Brugmansia arborea*.

Las flores y hojas de *B. arborea* fueron colectadas en las áreas verdes de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Chamilpa, Morelos, México. Las flores y hojas se dejaron secar en forma separada a temperatura ambiente. Posteriormente 350 g de flores y 500 g de hojas secas se maceraron individualmente con un litro de etanol grado alimenticio por 72 h, al término de este tiempo el solvente se filtró y fue recuperado por destilación a presión reducida empleando un rotaevaporador marca BUCHI. Para asegurar una extracción exhaustiva, el procedimiento de maceración se repitió en dos ocasiones. Para asegurar que los extractos se encontraban libres de disolvente se sometieron a evaporación controlada usando el rotaevaporador.

La preparación de los oleatos consistió en colocar 100 gramos de hojas secas y trituradas de *B. arborea* en 150 ml de aceite de olivo. Colocando la misma cantidad de material vegetal en 150 ml de aceite de soya. Las mezclas hojas-aceite se calentaron a 60°C en baño María,

manteniendo la temperatura controlada, por 3 h. Posteriormente, se dejaron enfriar por 24 h y el oleato se filtró. Dependiendo del aceite empleado se consideraron como: oleato de aceite de oliva (OAO) y oleato de aceite de soya (OAS).

Análisis espectroscópico de los extractos de *B. arborea*.

La espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) se realizó a los extractos orgánicos mediante la formación de película de cada extracto individual sobre una celda de NaCl empleando un equipo espectrómetro infrarrojo modelo Spectrum Two, de la marca Perkin Elmer y las vibraciones detectadas fueron transformadas por la ecuación de Fourier a señales usando el software Spectrum 10TM para su visualización. La técnica de FTIR se realiza en una celda plana de NaCl, transparente a la radiación infrarroja, lo que permite el paso de la luz para que sean detectadas las absorciones de radiación infrarroja de los diferentes enlaces químicos presentes en la muestra. A través de lo cual es posible distinguir los diferentes y principales grupos funcionales del fitoextracto.

Bioensayos con *Spodoptera frugiperda*

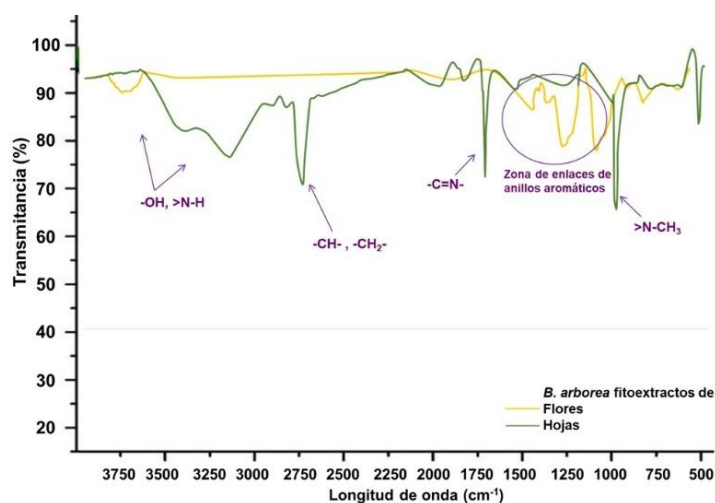
Se utilizaron 50 larvas del primer estadio de *S. frugiperda* por tratamiento. Los fitoextractos y oleatos se evaluaron individualmente en concentraciones de 125, 250, 500, 750 y 1000 ppm, los cuales se incorporaron previamente a la dieta artificial. Con ayuda de un pincel de pelo de marta del número uno, una larva fue colocada en cada contenedor. El control solo incluyó dieta artificial. Los recipientes se colocaron en la cámara incubadora a 27 ± 1 °C, bajo humedad relativa de 60-70% y fotoperiodo de 12-12 L-O. El diseño experimental fue completamente al azar, cada larva se consideró como unidad experimental. Las variables de respuesta fueron peso de las larvas a los 14 días, desarrollo larval, peso de pupas y mortalidad. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza, usando el programa estadístico SigmaPlot versión 11.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químico de los fitoextractos de *B. arborea*

Los espectros de infrarrojo que permiten distinguir los grupos funcionales de los compuestos presentes en los extractos orgánicos de las flores y las hojas de *B. arborea* se muestran en la Figura 2.

Figura 2. Espectroscopia de infrarrojo de los fitoextractos de *B. arborea*.



En los espectros aprecian dos señales amplias a 3550 cm^{-1} y en 3328 cm^{-1} que evidencian las vibraciones características para enlaces O–H y >N–H, respectivamente. Alrededor de los 2750 cm^{-1} se muestra una señal producida de las vibraciones energéticas de enlaces C–H de cadena. En 1750 cm^{-1} se aprecia una señal intensa de enlace doble entre átomos de carbono y nitrógeno (C=N), en el rango de 1100 a 1600 cm^{-1} se aprecian las señales de vibración de dobles enlaces C=C de sistemas aromáticos. En 1020 cm^{-1} se observa una señal de enlace sencillo >N–CH₃.

Actividad biológica de los extractos y oleatos de *B. arborea*

Los resultados obtenidos (promedio y error estándar) de la evaluación individual de los fitoextractos de *B. arborea* en contra de las larvas del gusano cogollero del maíz *S. frugiperda* a los 14 días de tratamiento y en estadio de pupa, se muestran en el Tabla 1. Se observa que

el efecto del extracto de las flores de *B. arborea* a 250 y 750 ppm redujo significativamente el peso de las larvas, este extracto mostró una actividad anti alimentaria. En cuanto al peso de las larvas tratadas con el extracto de hojas de *B. arborea*, se observaron diferencias significativas ($F = 4.736$ y $P \leq 0.05$), observándose que las larvas alimentadas con el extracto de hojas a 1000 ppm obtuvieron el mayor peso [EH1000]. Respecto al peso de las pupas los tratamientos del extracto de hojas de *B. arborea* mostraron mayor peso comparados contra el testigo. Únicamente, el tratamiento EF a 750 ppm causó una disminución el peso. El peso de las pupas, que recibieron el tratamiento EF en diferentes concentraciones arrojó arrojó una $F = 5.28$ y $P < 0.001$ en el análisis de ANOVA, continuando la tendencia de mayor peso en las pupas tratadas con estos tratamientos, respecto del testigo.

Tabla 1. Efecto de los fitoextractos etanólicos de *Brugmansia arborea* sobre el peso de *Spodoptera frugiperda*.

Tratamiento (ppm)		Peso larvas (g)	Peso pupas (g)
		14 días*	
Testigo		0.367 ± 0.0288 ^c	0.196 ± 0.0063 ^b
EH	125	0.449 ± 0.0309 ^b	0.231 ± 0.0017 ^a
	250	0.399 ± 0.0345 ^{bc}	0.234 ± 0.0048 ^a
	500	0.405 ± 0.0348 ^b	0.203 ± 0.0143 ^b
	750	0.452 ± 0.0115 ^b	0.212 ± 0.0108 ^b
	1000	0.533 ± 0.0053 ^a	0.229 ± 0.0309 ^{ab}
EF	125	0.127 ± 0.0101 ^b	0.200 ± 0.0066 ^b
	250	0.093 ± 0.0042 ^b	0.199 ± 0.0066 ^b
	500	0.158 ± 0.0075 ^c	0.197 ± 0.0059 ^b
	750	0.096 ± 0.0079 ^c	0.183 ± 0.0063 ^c
	1000	0.115 ± 0.0093 ^d	0.216 ± 0.0063 ^a

EH = Extracto hojas, **EF**= Extracto flores. Las letras muestran la prueba de Tukey

* Promedio y desviación estándar. La *n* de larvas a los 14 días fue de 47, excepto para el tratamiento EF 1000 que fue de 43.

La *n* de pupas fue diferente en todos los tratamientos

En el Tabla 2 se muestra que la duración en días de las larvas se incrementó en un día con respecto al testigo, no así el tiempo de las pupas. Y el porcentaje de mortalidad fue mayor para los tratamientos con el fitoextracto de las flores. Y el mayor porcentaje de mortalidad

(90%) se alcanzó con 500 ppm del fitoextracto de hojas de *B. arborea*.

Tabla 2. Efecto de los fitoextractos etanólicos de *B. arborea* en el desarrollo y mortalidad de *S. frugiperda*.

Tratamiento (ppm)		Duración en días		% Mortalidad total
		Larva	Pupa	
Testigo		25.419 ± 0.0761 ^b	8.833 ± 0.136 ^a	16
EH	125	24.444 ± 0.0975 ^c	7.278 ± 0.109 ^c	64
	250	24.043 ± 0.0435 ^d	7.412 ± 0.123 ^c	66
	500	25.786 ± 0.1140 ^a	7.400 ± 0.245 ^c	90
	750	25.286 ± 0.1220 ^b	7.333 ± 0.211 ^c	88
	1000	24.333 ± 0.1310 ^c	8.250 ± 0.131 ^b	70
EF	125	25.412 ± 0.0857 ^c	8.800 ± 0.416 ^a	80
	250	27.429 ± 0.0849 ^a	9.385 ± 0.694 ^a	74
	500	25.000 ± 0.1000 ^d	8.200 ± 0.460 ^a	70
	750	26.500 ± 0.0822 ^b	7.857 ± 0.254 ^{ab}	72
	1000	26.405 ± 0.1060 ^b	8.429 ± 0.254 ^b	58

EH = Extracto hojas, **EF** = Extracto flores. Las letras muestran la prueba de Tukey

Algunos autores han observado que, en los ensayos realizados con extractos vegetales en contra de insectos, algunos tratamientos reducen el peso larval e incrementan el peso de la pupa; atribuyendo este efecto a la existencia de alteración del proceso de crecimiento y desarrollo por el contenido químico de los extractos vegetales en estudio, y a que ciertas sustancias resultan tóxicas, ya que, si bien no conducen al deceso del insecto, producen hormesis y afectan su metamorfosis (Murakami, 2020; Cutler, 2013; Cohen, 2006).

Por otro lado, las plantas (polvos), extractos y/o fracciones, que pueden ser consideradas interesantes y prometedoras por su actividad insecticida, son aquellos que producen más del 40% de la mortalidad del organismo ensayado (Silva, 2005). Por lo que *B. arborea* es una especie vegetal prometedora para continuarse estudiando como fitoinsecticida ya que los alcaloides son también prometedores como insecticidas botánicos (Al-Ani, 2022).

Los resultados de los oleatos mostraron que el OAO ejerció mayor mortalidad en contra de *S. frugiperda* comparado con el OAS. Los mejores porcentajes de mortalidad alcanzados por OAO fueron 76 % (250 ppm) y 49 % (500 ppm). Una observación adicional fue que el AOA provocó

mayor mortalidad de pupas que de larvas (Tabla 3 y 4). Los porcentajes alcanzados por OAS fueron de 32% (500 ppm) y de 26% (750 ppm).

Tabla 3. Efecto del oleato de aceite de oliva con hojas de *B. arborea* sobre el peso de *S. frugiperda*.

Tratamiento (ppm)	Peso larvas (g)	Peso pupas (g)*
	14 días*	
Testigo ^{&}	0.19 ±0.05	0.17+0.07
125	0.35±0.16	0.16+0.07
250	0.42±0.16	0.14+0.07
500	0.31±0.18	0.15+0.08
750	0.26±0.21	0.14+0.08
1000	0.18±0.13	0.16+0.06

* Promedio y desviación estándar. & únicamente aceite de oliva en dieta artificial. Las letras muestran la prueba de Tukey. La *n* de larvas a los 14 días fue de 50.

Tabla 4. Efecto del oleato de aceite de oliva de hojas de *B. arborea* sobre mortalidad de *S. frugiperda*.

Tratamiento (ppm)	% Mortalidad		% Mortalidad total
	Larval	Pupal	
Testigo	6	4	10
125	8	20	28
250	6	70	76
500	7	42	49
750	10	34	44
1000	2	23	25

Los resultados muestran que los oleatos son diferentes en su actividad como insecticidas, así como en su composición, el aceite de oliva se destaca por su alto contenido de ácido oleico (monoinsaturado), mientras que el aceite de soya es rico en ácido linoleico (poliinsaturado). La preparación del oleato activo se favoreció empleando el aceite de oliva y los componentes químicos contenidos en este oleato afectaron el desarrollo del insecto mismo que se distinguió por la elevada muerte de pupas.

CONCLUSIONES

Todos los tratamientos evaluados de las hojas y flores de *B. arborea* causaron un alto

porcentaje de mortalidad de *S. frugiperda*. Los alcaloides presentes en *B. arborea* presentan actividad insecticida afectando la alimentación, crecimiento y desarrollo de *S. frugiperda*. El oleato de *B. arborea* obtenido con aceite de oliva provocó en una concentración de 250 ppm el 76 % de mortalidad total de *S. frugiperda*, con lo cual se comprobó su actividad insecticida. Por lo que se debe continuar investigando el potencial de *B. arborea* para desarrollar insecticidas naturales y reducir el uso de pesticidas sintéticos, promoviendo un manejo integrado de plagas más sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, M. F., Ahmad, F. A., Alsayegh, A. A., Zeyaulah, M., AlShahrani, A. M., Muzammil, K., Saati, A. A., Wahab, S., Elbendary, E. Y., Kambal, N., Abdelrahman, M. H. Hussain, S. (2024) Pesticides impacts on human health and the environment with their mechanisms of action and possible countermeasures. *Heliyon*, 10: e29128.
- Al-Ani, E. H., Al-Khazraji, H. I., & Al-Shaibani, M. B. (2022). The Use of Alkaloids as Botanical Insecticides. *ACE Res. J. Microbiol. Biotechnol*, 33, 33-41.
- Algradi, A. M., Liu, Y., Yang, B. Y., & Kuang, H. X. (2021). Review on the genus *Brugmansia*: Traditional usage, phytochemistry, pharmacology, and toxicity. *Journal of Ethnopharmacology*, 279, 113910.
- Barathi, S., Sabapathi, N., Kandasamy, S., & Lee, J. (2024) Present status of insecticide impacts and eco-friendly approaches for remediation-a review. *Environmental Research*, 240: 117432.
- Burton, L. R. and Perkins, D. (1987) Rearing the corn earworm and fall armyworm for maize resistance studies. Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects. CIMMYT. México. 35-37.

- Chaudhary, S., Kumar Yadav, S., Verma, P., Sagar, S., & Lal, M. (2024). Botanical Insecticides for Crop Protection: Major Classes and Possible Mechanisms of Action. *IntechOpen*. doi: 10.5772/intechopen.1006743
- Cohen, E. (2006). Pesticide-mediated homeostatic modulation in arthropods. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 85(1), 21-27.
- Cutler, G. C. (2012). Insects, insecticides and hormesis: evidence and considerations for study. Dose-response, 11(2), *Dose-Response*, 11(2):154–177
- Day, R., Abrahams, P., Bateman, M., Beale, T., Clotey, V., Cock, M., Colmenarez, Y., Corniani, N., Early, R., Godwin, J., Gomez, J., Moreno, P.G., Murphy, S.T. (2017) Fall armyworm: impacts and implications for Africa. *Outlooks Pest Manag.*, 2017, 28, 196–201.
- Gamil, W. E. (2020) Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Aspectos biológicos como una nueva plaga exótica invasora en Egipto. *Revista Académica Egipcia de Ciencias Biológicas. A, Entomología*, 13(3), 189-196.
- Goergen G, Kumar P. L, Sankung S. B, Togola A, Tamo M. (2016) Primer informe de brotes del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*, J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), una nueva plaga exótica invasora en África occidental y central. *PLoS ONE*, 11(10): e0165632.
- 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*, 2023, 48, 102636.
- Jeger, M., Bragard, C., Caffier, D., Candresse, T., Chatzivassiliou, E., Dehnen-Schmutz, K., Gilioli, G., Grégoire, J. C., Jaques Miret, J.A., Navarro, M. N., Niere, B., Parnell, S., Potting, R., Rafoss, T., Rossi, V., Urek, G., Van Bruggen, A., Van der Werf, W., West, J... (2018)

- MacLeod, A. Pest risk assessment of *Spodoptera frugiperda* for the European Union. *EFSA J.*, 16, 5351
- Kim, H.G., Jang, D., Jung, Y.S., Oh, H.J., Oh, S.M., Lee, Y.G., Kang, S.C., Kim, D.O., Lee, D.Y., Baek, N.I. (2020). Anti-inflammatory effect of flavonoids from *Brugmansia arborea* L. Flowers. *J. Microbiol. Biotechnol.*, 30, 163–171. <https://doi.org/10.4014/jmp.1907.07058>.
- (Montezano D. G, A. Specht, D. R. Sosa-Gómez, V. F. Roque-Specht, J. C. Sousa-Silva, S. V. Paula-Moraes, J. A. Peterson and T. E. (2018) Hunt Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*, 26(2), 286-300.
- Murakami, A. (2020) Hormesis-Mediated Mechanisms Underlying Bioactivities of Phytochemicals. *Curr Pharmacol Rep* 6, 325–334. <https://doi.org/10.1007/s40495-020-00235-4>
- Overton, K., Maino, J. L., Day, R., Umina, P. A., Bett, B., Carnovale, D., Ekesi, S., Meagherf, R., Reynolds, O. L. (2021) Impactos globales en los cultivos, pérdidas de rendimiento y umbrales de acción para el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*): Una revisión. *Crop Protection*, 145, 105641.
- Pogue, M. G. (2002) Una revisión mundial del género *Spodoptera guenée* (Lepidoptera: Noctuidae). *Memorias de la Sociedad Americana de Entomología*, 43:1-222.
- Ramos-López, M. A., Pérez, S., Rodríguez-Hernández, G. C., Guevara-Fefer, P., & Zavala-Sanchez, M. A. (2010) Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *African Journal of Biotechnology*, 9(9): 1359-1365.
- Rojas, S., Madriñan, S., Stahl, M., & Harter, K. (2023). Cultural use of tropane alkaloids of *Brugmansia* species and cultivars in Colombia depends on local plant growth environment rather than genetic diversity. *bioRxiv*, 2023-11.

- Salinas-Sánchez, D. O., Aldana-Llanos, L., Valdés-Estrada, M. E., Gutiérrez-Ochoa, M., Valladares-Cisneros, G., & Rodríguez-Flores, E. (2012) Insecticidal activity of *Tagetes erecta* extracts on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*, 95(2), 428-432.
- Sharanabasappa, S., Kalleshwaraswamy, CM, Asokan, R., Swamy, H.M.M., Marutid, MS, Pavithra, H.B., Kavita, H., Navi, S., Prabhu, ST y Goergen, G. (2018) Primer informe del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), una plaga exótica invasora del maíz en la India. *Manejo de Plagas en Ecosistemas Hortícolas*, 24(1): 23-29.
- Silva, G., Orrego, O., Hepp, R., & Tapia, M. (2005). *Búsqueda de plantas con propiedades insecticidas para el control de Sitophilus zeamais en maíz almacenado. Pesquisa agropecuária brasileira*, 40, 11-17.
- Zavala-Sánchez, M. A., Gutiérrez, S. P., Romo-Asunción, D., Cárdenas-Ortega, N. C., & Ramos-López, M. A. (2013) Activity of four *Salvia* species against *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Southwestern Entomologist*, 38(1), 67-73.
- Zikankuba, V. L., Mwanyika, G., Ntwenya, J. E., & James, A. (2019) Pesticide regulations and their malpractice implications on food and environment safety. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1): 1601544.