

CONTROL ORGÁNICO *in vitro* DEL GORGOJO DEL MAÍZ (*Sitophilus zeamais* Mots.)

In vitro ORGANIC CONTROL OF THE MAIZE WEEVIL (*Sitophilus zeamais* Mots.)

Díaz-Villanueva, G.E.; Ayvar-Serna, S.*; Díaz-Nájera, J.F.; Mancilla-Romani, M.G.

Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Guerrero 81. Primer piso. Col. Centro. CP. 40000, Iguala de la Independencia, Guerrero.

* E-mail: sergio.ayvar@csaegro.edu.mx

Fecha de envío: 26, mayo, 2025

Fecha de publicación: 10, diciembre, 2025

Resumen:

El maíz es uno de los cultivos de mayor relevancia económica y alimentaria a nivel mundial. Sin embargo, durante su almacenamiento enfrenta considerables pérdidas debido a la infestación del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky), especialmente cuando no se aplican medidas preventivas adecuadas. Diversos métodos de control se han empleado para mitigar estos daños, destacando los enfoques químicos, físicos y biológicos. En este contexto, se desarrolló una investigación experimental en el laboratorio, con el objetivo de evaluar la efectividad de insecticidas orgánicos en el control de *S. zeamais*. El estudio empleó un diseño completamente al azar con seis tratamientos y cinco repeticiones. Se utilizaron treinta cajas Petri, cada una con 10 gorgojos adultos y 3 gramos de maíz quebrado sin tratar. Los insecticidas orgánicos evaluados fueron Biodie® (formulado a base de argemonina, berberina, ricina y terthienyl) y Trilogy® (extracto de aceite de Neem clarificado hidrofóbico), aplicados en dosis de 5 y 10 mL·L⁻¹. Se consideró además un tratamiento testigo sin aplicación. Las variables analizadas incluyeron el número de gorgojos vivos y muertos y la efectividad biológica de los tratamientos. Los resultados del análisis estadístico mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$ y $P=0.0006$) en la mortalidad de los insectos. El producto Biodie® en las dosis probadas registró los mayores promedios de mortalidad, con reducciones notables en la población viva, mientras que Trilogy® fue menos efectivo en ambas concentraciones. Se concluye que el uso de insecticidas orgánicos, particularmente Biodie®, representa una alternativa ecológica y eficaz para el control del gorgojo en condiciones de almacenamiento; es promisorio para reducir pérdidas postcosecha mediante el manejo agrícola sustentable del grano para consumo humano.

Palabras clave: Insecticidas orgánicos, efectividad biológica, Biodie®, Trilogy®

Abstract:

Maize is one of the crops of greatest economic and food relevance worldwide. However, during storage, it faces considerable losses due to infestation by the maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky), especially when adequate preventive measures are not applied. Various control methods have been employed to mitigate these damages, highlighting chemical, physical, and biological approaches. In this context, an experimental investigation was conducted in the laboratory, with the aim of evaluating the effectiveness of organic insecticides in the control of *S. zeamais*. The study employed a completely randomized design with six treatments and five replications. Thirty Petri dishes were used, each containing 10 adult weevils and 3 grams of untreated cracked maize. The organic insecticides evaluated were Biodie® (formulated based on argemonine, berberine, ricin, and terthiophene) and Trilogy® (clarified hydrophobic neem oil extract), applied at doses of 5 and 10 mL·L⁻¹. A control treatment without application was also considered. The variables analyzed included the number of live and dead weevils and the biological effectiveness of the treatments. The results of the statistical analysis showed highly significant differences ($P < 0.0001$ and $P = 0.0006$) in insect mortality. The product Biodie® at the tested doses recorded the highest average mortality rates, with notable reductions in the live population, while Trilogy® was less effective at both concentrations. It is concluded that the use of organic insecticides, particularly Biodie®, represents an ecological and effective alternative for weevil control under storage conditions; it is promising for reducing post-harvest losses through the sustainable agricultural management of grain for human consumption.

Keywords: Organic insecticides, biological effectiveness, Biodie®, Trilogy®.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) constituye la base alimentaria fundamental de la población mexicana y es, además, un insumo esencial para la ganadería y la agroindustria. Este cereal posee una notable importancia económica, política y social, al cultivarse en prácticamente todo el territorio nacional, donde más de tres millones de agricultores se dedican a su manejo y comercialización. Los principales estados productores son Sinaloa, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Tamaulipas, Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Guerrero. En donde se siembra en mayor superficie en la estación de lluvias (JAMA, 2019). Una vez cosechado y limpiado, el maíz debe ser almacenado antes de su uso o comercialización. No obstante, este periodo de almacenamiento se ve amenazado por diversos factores, siendo las infestaciones de insectos uno de los problemas más críticos, al ocasionar considerables pérdidas económicas.

Entre las principales plagas de los granos almacenados se encuentran especies como *Sitophilus zeamais* Motschulsky (gorgojo del maíz), *Sitophilus granarius* (L.), *Rhyzopertha dominica* (F.) y *Prostephanus truncatus* (Horn.). No obstante, son *S. zeamais* y *S. oryzae* L. las de mayor capacidad destructiva, pues pueden infestar los granos desde el campo. Estas especies son morfológicamente similares y se dificulta su identificación a simple vista. Los adultos de *S. zeamais* son cilíndricos, de aproximadamente 4 mm de longitud, con mandíbulas masticadoras fuertes, cuerpo de color oscuro con dos manchas claras en cada élitro y hembras capaces de ovipositar hasta 400 huevos a lo largo de su vida. Su ciclo de vida puede completarse en un mes; aunque se prolonga en condiciones de baja temperatura (Granados, 2021; Saavedra, 2022).

Con el fin de prevenir y controlar las infestaciones de las plagas de almacén, la FAO (2018) recomienda buenas prácticas de almacenamiento, como el uso de insecticidas antes de almacenar, el aseguramiento de depósitos adecuados, la selección de granos limpios, la restricción de aves y roedores, el mantenimiento de temperaturas bajas y la inspección frecuente de los granos. Una vez detectada una infestación, se aplican estrategias de control que incluyen fumigaciones para eliminar completamente los insectos en todas sus fases biológicas, complementadas con aplicaciones frecuentes de insecticidas líquidos o en polvo. Asimismo, se emplean alternativas de manejo que abarcan prácticas culturales, físicas, químicas y biológicas, como la manipulación del entorno del cultivo o del almacenamiento para reducir la incidencia de insectos mediante el uso de variedades criollas, cosechas en fechas precisas, secado adecuado del grano, aplicación de cal y almacenamiento en espacios fríos y secos, según lo ha señalado Morales et al. (2020).

El control físico contempla técnicas como la reducción de humedad y temperatura, almacenamiento hermético, uso de polvos abrasivos y radiación. La FAO (1993) destaca la importancia de mantener condiciones ambientales adversas para los insectos, ya que, esto limita su supervivencia y reproducción. Asimismo, la aplicación de polvos como la tierra de diatomeas y el almacenamiento hermético han demostrado alta efectividad en el manejo de plagas (Marrero-Artabe et al., 2020).

Aunque el control químico sigue siendo una herramienta eficaz, debe considerarse complementario a otras estrategias, debido a los efectos indeseables, tales como toxicidad, residualidad y generación de resistencia en las poblaciones de insectos. La FAO (1993) advierte sobre el uso controlado y cuidadoso de insecticidas y fumigantes, priorizando su aplicación bajo condiciones seguras y supervisadas.

Por otro lado, el uso de insecticidas derivados de plantas con propiedades repelentes, insecticidas, acaricidas y fungicidas. Entre ellas se destacan especies como *Azadirachta indica*, *Ruta graveolens*, *Tagetes erecta*, *Cinnamomum zeylanicum*, *Allium sativum*, *Nicotiana tabacum* y *Ocimum basilicum*, cuyas propiedades se han documentado ampliamente. Por ejemplo, el neem genera efectos antialimentarios, inhibe el desarrollo, reduce la fecundidad y causa malformaciones en insectos (García *et al.*, 2012); la canela actúa como insecticida, fungicida y acaricida, el ajo, rico en tiosulfatos, afecta el sistema nervioso de los insectos (Huerta, 2018); la albahaca presenta efectos bioinsecticidas y repelentes debido a su contenido de fenilpropanoides (Teyuco, 2022) y el tabaco posee acción insecticida por contacto (Diario, 2018).

El empleo de plantas con propiedades insecticidas, como el epazote (*Dysphania ambrosioides*) constituye una técnica tradicional eficaz para el manejo de plagas (Teyuco, 2022). Asimismo, Rangel-Fajardo *et al.* (2020) demostraron que dosis de 7 y 10 g de polvo de epazote por kilogramo de semilla son efectivas porque disminuyen significativamente la pérdida de peso del grano y la sobrevivencia de *S. zeamais*.

La utilización de productos botánicos, en combinación con métodos físicos y culturales, representan enfoques integrales y sustentables para la protección del maíz almacenado frente a plagas, favoreciendo la reducción de pérdidas post cosecha y la preservación de la inocuidad alimentaria.

La presente investigación se enfocó a comparar la efectividad de dos productos botánicos comerciales para seleccionar el de mayor potencial para reducir la incidencia del gorgojo en grano de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en el Laboratorio de Entomología del Centro de Estudios Profesionales (CEP) del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), ubicado en el kilómetro 14.5 de la carretera Iguala-Cocula, bajo las coordenadas $18^{\circ} 22' 52''$ latitud norte y $99^{\circ} 33' 52''$ longitud oeste, respecto al meridiano de Greenwich, a una altitud de 640 m. El clima de la región corresponde al tipo Awo (w) (i') g, caracterizado por ser el más seco de los climas cálidos subhúmedos, con lluvias de verano equivalentes al coeficiente de precipitación P/T = 43.2 y precipitaciones invernales menores al 5 % del total anual (García, 2005). Los suelos predominantes presentan texturas finas, con un contenido de arcilla entre 61.40 y 77.40 %. Durante la estación seca desarrollan grietas profundas de entre 1 y 5 cm de ancho. El pH es moderadamente alcalino (7.6), sin problemas de salinidad, y con contenidos de 0.27 y 5.3% de materia orgánica y nitrógeno, respectivamente. Estos suelos se consideran terrenos muy ricos para actividades agrícolas (Basilio, 1993).

Para la evaluación se consideraron como tratamientos, dos insecticidas orgánicos en dos dosis cada uno, además de sus respectivos testigos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos y dosis de plaguicidas botánicos para el control in vitro de *S. zeamais*.

Table 1. Treatments and doses of botanical pesticides for the in vitro control of *S. zeamais*.

Nº	Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis [§] mL L ⁻¹
T1	Biodie®	Argemonina+berberina+ricina+terthienyl	5
T2	Biodie®	Argemonina+berberina+ricina+terthienyl	10
T3	Testigo	Sin ingrediente activo	0
T4	Trilogy®	Extracto de aceite de neem clarificado hidrofóbico.	5
T5	Trilogy®	Extracto de aceite de neem clarificado hidrofóbico.	10
T6	Testigo	Sin ingrediente activo	0

[§]Las dosis se calcularon tomando en cuenta las recomendadas por el fabricante del producto (DEAQ, 2023).

Se empleó el diseño completamente al azar, con cinco repeticiones. La unidad experimental fue la caja Petri estéril desechable (8 y 8.5 cm de diámetro, 1.5 cm de altura) en donde se colocaron 10 adultos de gorgojo y 3 g de maíz quebrado sin tratar. En total se utilizaron 30 cajas. Los insecticidas orgánicos se aplicaron una vez, mediante aspersión directa con atomizador de 10 mL de capacidad. Las cajas Petri se incubaron a temperatura ambiente (\approx 28 °C) y fotoperiodo de luz natural (12 h) en el laboratorio de Entomología del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, en donde se proporcionaron los insectos para el experimento. Se registraron datos del número de insectos vivos y muertos cada hora en ocho evaluaciones. Con estos datos se calculó la efectividad biológica por tratamiento, con la fórmula de Abbott (1925): % de efectividad biológica = $(A-B)/A \times 100$; donde A representa el valor del testigo absoluto y B el valor del tratamiento evaluado. Los datos obtenidos se sometieron a los análisis de varianza y de regresión lineal simple, mediante el programa Statistical Analysis System (SASInstitute, 2015), considerando el diseño completamente al azar, de acuerdo con el modelo estadístico utilizado (Steel y Torrie, 1998). Además, se llevó a cabo la comparación de medias mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las ocho evaluaciones realizadas para la variable número de gorgojos vivos, se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P < 0.01$). Al finalizar el ensayo, las unidades experimentales tratadas con el insecticida orgánico Biodie® (argemona+berberina+ricina+terthienyl), en dosis de 5 y 10 $\text{mL} \cdot \text{L}^{-1}$ registraron los promedios más bajos de gorgojos vivos, con 4 y 4.75 adultos, respectivamente (Cuadro 2). En contraste, en las unidades experimentales correspondientes al testigo, el número de adultos vivos se mantuvo constante con 10 gorgojos durante todo el periodo de evaluación (Cuadro 2).

Estos resultados confirman la eficacia biológica de Biodie® en las dos concentraciones para reducir la población de *Sitophilus zeamais* en condiciones de almacenamiento, en comparación con el testigo sin tratamiento.

Cuadro 2. Valores promedios de gorgojos vivos por número de muestreo y tratamiento.

Table 2. Mean values of live weevils per sampling number and treatment.

Nº	Tratamiento	Evaluaciones diarias							
		1	2	3	4	5	6	7	8
T1	Biodie®	7.00 b†	6.00 b	5.7500 b	5.250 b	4.750 b	4.750 b	4.00 b	4.00 b
T2	Biodie®	5.750 b	5.250 b	4.750 b	4.500 bc	3.750 bc	3.750 bc	5.250 b	4.750 b
T3	Testigo	10.00 a	10.000 a	10.000 a	10.00 a	10.000 a	10.00 a	10.00 a	10.00 a
T4	Trilogy®	4.750 b	4.500 b	4.250 b	3.250 c	3.250 bc	3.00 c	2.50 b	7.750 ab
T5	Trilogy®	5.70 b	4.750 b	3.500 b	2.750 c	2.750 c	2.50 c	2.00 b	7.50 ab
T6	Testigo	10.00 a	10.000 a	10.000 a	10.00 a	10.000 a	10.00 a	10.00 a	10.00 a
	Prob. Fc	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.0101*
	DMS	2.8525	3.4757	2.7478	1.8243	1.588	1.6245	3.4736	5.026

†Valores de medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). DSH: Diferencia Significativa Honesta de Tukey.

Por otro lado, en correspondencia con los resultados de la variable anterior, se determinó que, en las ocho evaluaciones del número de gorgojos adultos muertos, se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P < 0.0001$). El tratamiento con Biodie® (argemonina+berberina+ricina+terthienyl), en dosis de 5 y 10 $\text{mL} \cdot \text{L}^{-1}$, provocó los promedios más altos de mortalidad de insectos (Cuadro 3). En contraste, el tratamiento con Trilogy® (extracto de aceite de neem), en las dos dosis evaluadas (tratamientos 4 y 5), mostró los promedios más bajos en esta variable de respuesta.

Cuadro 2. Valores promedios de gorgojos muertos por número de muestreo y tratamiento.

Table 2. Mean values of dead weevils per sampling number and treatment.

Nº	Tratamiento	Evaluaciones diarias							
		1	2	3	4	5	6	7	8
T1	Biodie®	3.00 b	4.00 a	4.250 a	3.50 b	5.250 b	5.250 b	6.00 a	6.00 a
T2	Biodie®	4.250 a	4.750 a	5.250 a	5.00 ab	6.250 ab	6.50 ab	4.750 a	5.250 a
T3	Testigo	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00b	0.00b	0.00 b	0.00 b	0.00 b
T4	Trilogy®	5.250 a	5.50 a	5.750 a	6.750 a	6.750 ab	7.00 ab	7.50 a	2.250 ab
T5	Trilogy®	4.250 a	5.250 a	6.50 a	7.250 a	7.250 a	7.50 a	8.00 a	2.500 ab
T6	Testigo	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00b	0.00b	0.00 b	0.00 b	0.00 b
	Prob. Fc	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.0101**
	DMS	2.8525	3.4757	2.7478	2.4457	1.588	1.7754	3.4736	5.026

Valores de medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). DMS: Diferencia Significativa Honesta de Tukey. **=Diferencias altamente significativas.

La efectividad biológica de los tratamientos al finalizar las ocho evaluaciones se presenta en la Figura 1. Los resultados obtenidos en este estudio subrayan la importancia de realizar evaluaciones *in vitro* previas a la aplicación *in vivo* de productos botánicos comerciales para el control de insectos plaga de almacén, dado que la eficacia puede variar significativamente según el compuesto y las condiciones específicas. En el caso de *Sitophilus zeamais*, esta variabilidad ha sido documentada en investigaciones previas.

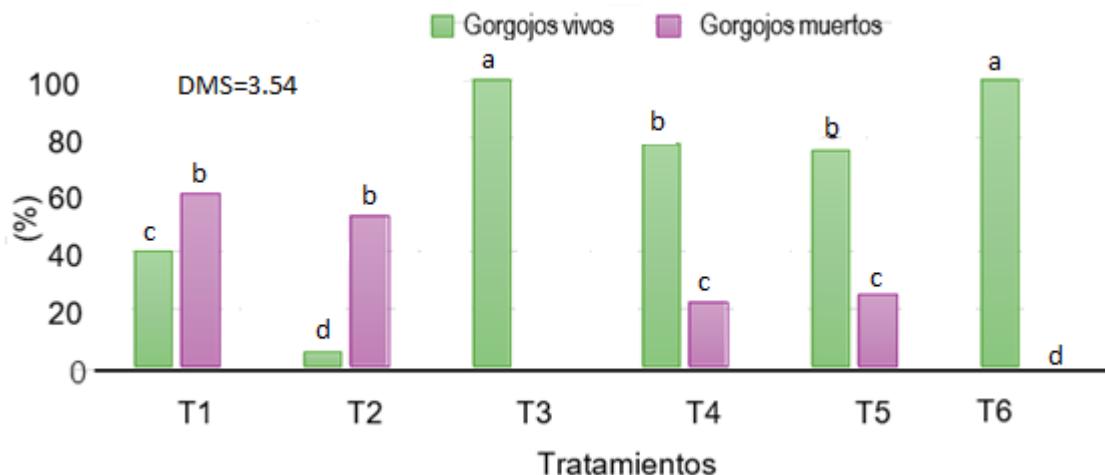


Figura 1. Efectividad biológica de los tratamientos después de ocho días de exposición del gorgojo de maíz en condiciones *in vitro*. Los valores promedio en las columnas con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, ≤ 0.05).

Figure 1. Biological effectiveness of treatments after eight days of exposure of the maize weevil under *in vitro* conditions.. DMS = Minimum Significant Difference. Mean values in columns with the same letters are not statistically different (Tukey, < 0.05).

En el experimento realizado por Martins *et al.* (2022) demostraron que tanto el aceite de copaiba [*Copaifera officinalis* (Jacq.) L.] como el extracto de neem (*Azadirachta indica* Juss.) modificaron significativamente la locomoción de *S. zeamais*, evidenciando un incremento en la atracción y contacto con la masa de grano respecto al control. Este fenómeno, más marcado para el extracto de neem, sugiere un efecto semioquímico de atracción que induce a los adultos a deambular hacia las zonas tratadas, lo cual podría potenciar la exposición al principio activo y, en consecuencia, mejorar la eficacia del control. Las alteraciones en la trayectoria de movimiento observadas indican que estos compuestos afectan el comportamiento

del insecto, contribuyendo a reducir tanto el daño cualitativo como cuantitativo en productos almacenados.

Por otro lado, la azadiractina —principal metabolito activo del neem— ha sido ampliamente estudiada por su capacidad para interferir en el sistema endocrino de los insectos (Schmutterer, 1990; Mordue & Blackwell, 1993). Se ha documentado que este tetranortriterpenoide inhibe la síntesis de quitina, altera el metabolismo de muda, afecta el desarrollo de huevos, larvas y pupas, dificulta los procesos de apareamiento y oviposición; en consecuencia, resulta en la esterilidad del insecto y muerte larvaria (Karnavar, 1987; Murugan, 2010). Estas acciones subletales y letales combinadas refuerzan el potencial de la azadiractina como componente central de estrategias de manejo integrado de plagas.

Asimismo, los estudios de Nukenine et al. (2011) y Danga et al. (2015) corroboraron estos mecanismos, pues, el primero reportó una mortalidad máxima del 99 % en adultos y supresión completa de la progenie F₁ con NeemAzal® PC KG 0.1 (12 g kg⁻¹) en 14 días, sin comprometer la integridad ni la calidad de los granos; el segundo autor mencionado, registró LC₅₀ de 0.04–0.11 g kg⁻¹ de NeemPro® en tres variedades de maíz, con ello, logró la inhibición total de la emergencia de la progenie, la reducción del daño y la conservación de la germinabilidad de la semilla, tras cuatro meses de almacenamiento. Estos hallazgos sustentan el uso de formulaciones basadas en neem y copaiba como alternativas sostenibles y de baja residualidad para la protección poscosecha del maíz. No obstante, es crucial considerar que la eficacia de estos productos puede estar influenciada por factores como la concentración del principio activo, las condiciones ambientales y las características específicas del grano almacenado. Por ello, se recomienda la realización de estudios adicionales que evalúen la interacción de estos factores para optimizar las estrategias de control de insectos plaga en almacén.

CONCLUSIÓN

La aplicación de Biodie® provocó una mortalidad significativamente superior a la de Trilogy®. Este hallazgo subraya la importancia de realizar evaluaciones preliminares *in vitro* para determinar la eficacia potencial de productos comerciales antes de su

implementación a campo, dada la variabilidad en el comportamiento de diferentes formulaciones sobre las poblaciones de plagas objetivo. El producto Biodie® resulta prometedor para su inclusión futura como componente estratégico en programas de manejo integrado de plagas de granos almacenados, con la finalidad de continuar promoviendo prácticas de bajo impacto ambiental y la reducción en el uso de insecticidas de síntesis química.

Agradecimientos

Se agradece al personal del laboratorio de Entomología Agrícola del Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero por las facilidades otorgadas y proporcionar, equipo, materiales y los recursos económicos requeridos para la realización de la investigación.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. (1925): Un método para calcular la eficacia de un insecticida. *Revista de Entomología Económica*, 18, 265–267
- Basilio, M. A. (1993). Caracterización físico-química de los campos experimentales del CEP CSAEGRO. Tesis de licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Gro. México 82 pp.
- Danga, S.P. Y., Nukenine, E.N., Fotso, G.T., & Adler, C. (2015). Use of NeemPro®, a neem product to control maize weevil *Sitophilus zeamais* (Motsch.) (Coleoptera: Curculionidae) on three maize varieties in Cameroon. *Agriculture & Food Security*, 4(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s40066-015-0039-z>
- DEAQ. (2023). Diccionario de Especialidades Agroquímicas. Disponible en: <https://www.agroquimicos-organicosplm.com/>
- Diario. (2018). *Tabaco como insecticida y fungicida por contacto*. Recuperado de <https://www.diario.com/tabaco-insecticida>
- FAO. (1993). *Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de <https://www.fao.org/4/x5027s/x5027s00.htm>
- FAO. (2018). *Conservación y protección de los granos almacenados*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de <https://www.fao.org/4/x5041s/x5041s00.htm>

- García, E. (2005). *Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen*. 4a ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México. 217 pp.
- García, J., Hernández, A., & Morales, C. (2012). Efecto de extractos vegetales sobre plagas de granos almacenados. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 30(2), 145-153.
- García, M., Pérez, L., & Rodríguez, A. (2012). *Efectos del extracto de neem en plagas agrícolas*. Revista de Entomología Agrícola, 45(2), 123-130. Recuperado de <https://www.revistaentomologiaagricola.com/neem-plagas>
- Granados, A. (2021). *Plagas de los granos almacenados en México*. Editorial Agropecuaria.
- Huerta, S. (2018). Uso de plantas medicinales con propiedades insecticidas en el control de plagas. *Revista Ciencia y Agricultura*, 15(2), 56-63.
- JAMA. (2019). Producción de maíz en México: situación actual. *Revista de Agricultura Mexicana*, 23(3), 27-35.
- Karnavar, G. K. (1987). Influence of azadirachtin on insect nutrition and reproduction. *Proceedings: Animal Sciences*, 96(3), 341-347.
- Martins, J. C., Silva, É. M., da Silva, R. S., & Ferreira, S. R. (2022). Copaiba oil and neem extract can be a potential alternative for the behavioral control of *Sitophilus zeamais*. *Brazilian Journal of Biology*, 84, e254628. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.254628>
- Morales, H., Pérez, L., & Sánchez, M. (2020). Prácticas tradicionales en el almacenamiento de maíz. *Revista Agroproductividad*, 13(5), 66-73.
- Murugan, K. (2010). Bioefficacy of plant derivatives on the repellency, damage assessment and progeny production of the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Julius-Kühn-Archiv*, (425), 874.
- Mordue (Luntz), A. J., & Blackwell, A. (1993). Azadirachtin: an update. *Journal of Insect Physiology*, 39(11), 903–924. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(93\)90001-8](https://doi.org/10.1016/0022-1910(93)90001-8)
- Nukenine, E. N., Adler, C., & Reichmuth, C. (2011). Comparative efficacy of NeemAzal and local botanicals derived from *Azadirachta indica* and *Plectranthus glandulosus* against *Sitophilus zeamais* on maize. *Journal of Pest Science*, 84(4), 393–399. <https://doi.org/10.1007/s10340-011-0373-2>
- Rangel-Fajardo, M., Martínez, D., & Romero, P. (2020). Eficacia de *Dysphania ambrosioides* en el control de *Sitophilus zeamais*. *Revista de Protección Vegetal*, 35(4), 102-109.
- Saavedra, P. (2022). Plagas de importancia económica en granos almacenados. *Revista Fitosanitaria Mexicana*, 29(1), 39-46.
- SAS Institute. (2015). *SAS user's guide: Statistics*. Relase 6.03. Ed. SAS Institute incorporation, Cary, N.C. USA. 1028 pp.

- Schmutterer, H. (1990). Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology*, 35(1), 271–297. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.35.010190.001415>
- Steel, G. D. and Torrie, J. H. (1998). *Bioestadística: principios y procedimientos*. Segunda Edición. Graw Hill. México, D. F. 392 pp.
- Teyuco, V. (2022). Plantas con actividad bioinsecticida en el control de plagas de granos almacenados. *Revista Agroecológica*, 20(2), 70-78.
- Teyuco, R. (2022). Uso tradicional de plantas con propiedades insecticidas en el almacenamiento de granos. *Agroecología y Desarrollo*, 15(3), 55-62. Recuperado de <https://www.agroecologiadesarrollo.com/plantas-insecticidas>
- Marrero-Artabe, L., Torrent Molina, J., Velázquez Carrera, N., Socorro Fuentes, V., & Ramírez González, M. (2020). Eficacia de Tierra Diatomea para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en un silo metálico. *Revista de Protección Vegetal*, 35(1).

