

Extractos con nano y micropartículas sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)

Saúl Enrique Uribe-Rivera¹

Ernesto Cerna-Chávez¹

Yisa María Ochoa-Fuentes¹

Antonio Orozco-Plancarte²

Edgar Omar Rueda-Puente³

1 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25315. Tel. 844 2711563. (sauluribe.rivera@gmail.com; yisa8a@yahoo.com).

2 Culta, SA de CV. Blvd. Luis Echeverría Álvarez 1700, colonia AltaVista, Ciudad Mante, Tamaulipas, México. CP. 89880. Tel. 846 7353677. (antonioorozco25@outlook.es).

3 Departamento de Agricultura y Ganadería-Universidad de Sonora. Carretera a Bahía de Kino km 21.5, Hermosillo, Sonora, México. CP. 83323. Tel. 662 4548401. (edgar.rueda@unison.mx).

Autor para correspondencia: jabaly1@yahoo.com.

Resumen

Sitophilus zeamais es un insecto considerado plaga primaria de granos de maíz almacenados cuyos daños comprometen la producción de este. En la búsqueda de opciones para su control la nanotecnología combinada con extractos vegetales podría ser una opción viable. La investigación se realizó en 2023 en el Departamento de Parasitología Agrícola con el objetivo de evaluar el efecto insecticida de dos extractos comerciales: Higuer® y Etos®, solos y en combinación con nano y micropartículas de silicio, cobre, zinc y grafito. Para la evaluación se empleó la técnica de bioensayo por película residual, se prepararon los nano formulados a la concentración de 3% de cada uno de los nano y micro materiales. Se determinó la CL₅₀ de dos extractos comerciales solos y en combinaciones con nano y micropartículas. Se observó que los extractos combinados con nanopartículas de silicio presentan los valores más bajos de CL₅₀, seguido de las nanopartículas de cobre, grafito y zinc. En los valores de las combinaciones con micropartículas, estos fueron iguales o superiores a las encontradas con el extracto solo. Se concluyó que la combinación de los dos extractos con las nanopartículas de silicio destaca del resto de materiales al presentar valores de CL₅₀ más bajos.

Palabras clave:

gorgojo del maíz, granos almacenados, nanotecnología.



La plaga de *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae), es considerado la plaga primaria del grano de maíz, causante de pérdidas por daños directos e indirectos que ascienden alrededor del 90% de la producción en infestaciones severas (Achimon *et al.*, 2022). Si bien el método químico representa la principal vía de control, se han presentado situaciones como resistencia, daño a insectos no objetivo y contaminación del ambiente (Andrade-Bustamante *et al.*, 2023).

Investigaciones recientes destacan las bondades de nano y micropartículas y sus combinaciones con extractos sobre el género *Sitophilus*; por ejemplo, silicio al proporcionar elevada mortalidad y reducción de valores de CL_{50} (Seham y Sleem, 2020), cobre y zinc con mortalidades de hasta 90 y 70%, respectivamente (Badawy *et al.*, 2021) y grafeno con mortalidades de 100% (Moisis *et al.*, 2022)

Derivado de esto, surge la necesidad de explorar nuevas tecnologías que permitan lograr un control más eficiente; en este sentido encontramos el uso partículas a nano y micro escala enfocadas a las aplicaciones agrícolas (Sousa *et al.*, 2023), generando la oportunidad de desarrollo para emplear extractos de origen vegetal y sus mezclas con nano y micropartículas de distintos elementos y materiales proporcionando una potencial alternativa al método químico para lograr el control de insectos plaga de granos almacenados (Jasrotia *et al.*, 2022).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto insecticida de dos extractos vegetales comerciales y su combinación con nano y micropartículas de silicio, cobre, zinc y grafito sobre insectos adultos de *S. zeamais*, plaga de granos de maíz almacenados, bajo la hipótesis de que las combinaciones con nanos materiales presentarán efecto insecticida con valores de CL_{50} menores que sus contrapartes microparticulados y los extractos solos.

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Toxicología de Insectos del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), localizado en Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México. Los insectos adultos de *S. zeamais* fueron obtenidos de colonias preexistentes del laboratorio de toxicología de la UAAAN, libres de aplicaciones de productos químicos, mantenidos en granos de maíz con fotoperiodo 12:12 (L:O) y humedad relativa (HR) de 35%.

Los extractos empleados Higuer[®], hecho a base higuera (*Ricinus communis* L.) y Etos[®], elaborado a base de pimienta (*Piper nigrum* L.), así como las nano y micropartículas de silicio, cobre, zinc y grafito, con esferas de 40-80 nanómetros y partículas de 100 micras, fueron proporcionadas por la empresa Culta, SA de CV, localizada en Ciudad Mante, Tamaulipas, México.

Se empleó un diseño experimental completamente al azar, con seis concentraciones más testigo para cada extracto solo y su combinación con cada tipo de material. Con tres repeticiones por concentración y 30 insectos por unidad experimental. Los nano y micro formulados fueron preparados a la concentración de 3% en vasos de precipitados de 100 ml empleando probetas, micropipetas y agua destilada.

El bioensayo fue por la técnica de película residual (FAO, 1974), en la cual se impregnó cada caja Petri con 1 ml de cada concentración, tanto de extracto solo como nano y micro formulado, con toma de datos las 24, 48 y 72 h considerando como criterio de muerte aquellos insectos que no respondieron al estímulo de calor al colocarlos sobre una plancha. Los datos de mortalidad fueron corregidos mediante la fórmula de Abbott (1925), considerando un valor de mortalidad no mayor al 15% del testigo por cada tratamiento, en aquellos tratamientos donde no hubo mortalidad del testigo se tomaron los datos directos y se estimó la concentración letal media (CL_{50}) por medio de un análisis probit (Finney, 1971), empleando el programa estadístico SAS System for Windows, versión 9.0

Los valores de CL_{50} estimados para Higuer[®], solo y sus combinaciones se muestran en el Cuadro 1. La combinación con nano silicio presenta el valor más bajo de CL_{50} con 57.2 ppm, seguido de grafito, cobre y por último zinc. Mientras que la combinación del extracto Higuer[®] con los micromateriales conlleva un aumento de la CL_{50} respecto del extracto solo (81.8 ppm). Se ha reportado el uso del extracto de *R. communis* como método efectivo para control de *S. zeamais*, tal como Wale y Assegie (2015) quienes estimaron un valor de CL_{50} de 2 040 ppm.

Cuadro 1. Concentración letal media, límites fiduciales y ecuación de predicción para *S. zeamais* con Higuer® y su combinación con nano y micromateriales.

Extracto Higuer®		CL ₅₀ (ppm)	LFI-LFS	Ecuación de predicción
Nanopartículas	Solo	81.8	67.7-95.7	Y= -4.7037 ±2.4592
	Si	57.2	10.5-193.4	Y= -2.1701 ±1.2347
	Cu	71.8	24.1-153.8	Y= -2.442 ±1.3159
	Zn	78.1	9.8 - 277.9	Y= -2.377 ±1.2558
Micropartículas	Gr	68.3	35-114.2	Y= -2.5862 ±1.4094
	Si	85.2	16.9-334.5	Y= -2.8252 ±1.453
	Cu	99.8	21.4-270.9	Y= -2.877 ±1.4395
	Zn	107.8	29.5-444.5	Y= -2.7638 ±1.3594
	Gr	103.8	84.2-125.5	Y= -3.0668 ±1.521

CL₅₀= concentración letal media; LFI= límite fiducial inferior; LFS= límite fiducial superior (95%); ppm= partes por millón. Si= silicio; Cu= cobre; Zn= zinc; Gr= grafito.

Por su parte El-naby *et al.* (2020) evaluaron nanoemulsiones de *R. communis* y el extracto solo, contra *Sitophilus oryzae* estimando la CL₅₀ de la nanoemulsión en 1 300 vs 2 500 ppm del extracto solo, resultados que difieren con el obtenido en este trabajo (Higuer® 81.8 e Higuer® + nano silicio 57.2 ppm) siendo este muy inferior a los reportado por estos autores.

Si bien se observó que los límites fiduciales se traslapan y estadísticamente son iguales, se busca entre los extractos solos y sus combinaciones con los materiales nano y microparticulados aquel tratamiento que presente un valor menor de CL₅₀.

Los valores de CL₅₀ estimados para el extracto Etos® solo y sus combinaciones se muestran en el Cuadro 2. En la combinación del extracto con nanopartículas los valores de CL₅₀ disminuyen, comparados con el extracto solo, destacando silicio con 67.77 ppm, seguido de cobre, grafito y zinc. El extracto de *P. nigrum* es buena herramienta para el control del género *Sitophilus* acorde con mortalidades reportadas por Abdel-Mogib *et al.* (2017), del 100% sobre adultos de *S. oryzae*; sin embargo, el valor de CL₅₀ estimado corresponde a 2 400 ppm.

Cuadro 2. Concentración letal media, límites fiduciales y ecuación de predicción para *S. zeamais* con Etos® y sus combinaciones con nano y micropartículas.

Extracto Etos®		CL50 (ppm)	LFI-LFS	Ecuación de predicción
Nanopartículas	Solo	102.2	13.7- 316.1	Y= -2.6992 ±1.3431
	Si	67.7	19-154.9	Y= -2.3558 ±1.2854
	Cu	79.2	14-218.2	Y= -2.5056 ±1.3192
	Zn	85.4	19.6-190	Y= -3.0722 ±1.5902
Micropartículas	Gr	83.8	12.3-230.4	Y= -2.7277 ±1.4182
	Si	100.4	41.9-190.5	Y= -2.6139 ±1.3056
	Cu	108.5	17.5-318	Y= 2.7252 ±1.3388
	Zn	113.4	58.4-181	Y= -3.2658 ±1.5894
	Gr	106.2	20.5-272.5	Y= -2.8522 ±1.4077

CL₅₀= concentración letal media; LFI = límite fiducial inferior; LFS límite fiducial superior (95%); ppm= partes por millón; Si= silicio; Cu= cobre; Zn= zinc; Gr= grafito.

Asimismo, Choden *et al.* (2021) evaluaron extracto de *P. nigrum* sobre adultos de *S. zeamais* y obtuvieron una CL₅₀ de 500 ppm, superior al de esta investigación (102.2 ppm) En cuanto a

nanofórmulaciones con *P. nigrum*, Rajkumar *et al.* (2020) evaluaron nanopartículas de quitosano cargadas con el aceite esencial contra *S. oryzae* y reportaron una CL₅₀ de 25.03 vs 48.97 ppm del extracto solo, aunque se redujo el valor de CL₅₀, difiere al presente trabajo (Etos[®] 102.2 vs Etos[®] + nano silicio 67.7 ppm).

Para las nanopartículas de cobre se obtuvieron los valores de CL₅₀ en ppm de 71.8 y 79.2 ppm, Higer[®] y Etos[®] respectivamente, mientras que lo reportado por Dikbaş *et al.* (2021) al evaluar nanopartículas de cobre sobre *S. zeamais*, lograron mortalidades de 100% con CL₅₀ de 6 ppm, esto gracias a la adición de quitosano de origen bacteriana a la nanofórmula. Por otro lado, Wazid *et al.* (2020) reportaron que las nanopartículas de silicio fueron más efectivas sobre *S. oryzae* seguidas de las de cobre y por último zinc. En cuanto a nanografeno Moisisidis *et al.* (2022) evaluaron dos tipos de nanografeno y reportaron que lograron 100% de mortalidad contra *S. oryzae* a 500 ppm.

En el caso de los micro materiales los valores más bajos se encontraron con las micropartículas de silicio y solamente con este existe una ligera disminución del valor de CL₅₀ respecto de los extractos solos. Ciniviz y Mutlu (2020) evaluaron silicio microparticulado (8- 12 µ) sobre *S. zeamais*, logrando mortalidades del 91 al 100% con 1 500 a 2 000 ppm. Por su parte Das *et al.* (2019) evaluaron nano y micropartículas de aluminio, titanio y zinc sobre *S. oryzae* y lograron mortalidades del 100% con nanopartículas de aluminio, seguidas por titanio y por último zinc, concluye que los nanomateriales fueron mejor que los microparticulados, coincidiendo con este estudio.

El hecho de que las nanopartículas combinadas con los extractos poseen valores menores de CL₅₀ comparado con micropartículas, es atribuido a que exhiben propiedades como acarreadoras de compuestos activos, grandes superficies específicas y mejor capacidad de adhesión y penetración en estructuras de los insectos (Menossi *et al.*, 2021).

Conclusiones

Las combinaciones de los extractos Higer[®] y Etos[®] con las nanopartículas de silicio representó una opción viable en el control de *S. zeamais* ya que de todos los tratamientos presentaron los valores de CL₅₀ más bajos, respectivamente, seguido de las opciones con cobre, grafito y zinc. En relación con las micropartículas presentaron valores iguales o superiores a los reportados en los extractos solos. Por lo que se recomienda realizar investigación sobre este tipo de partículas.

Bibliografía

- 1 Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of insecticide. Journal of Economic Entomology. 18(2):265-267.
- 2 Abdel-Mogib, M. and Abou-Elnaga, Z. 2017. Toxicity of three chemical extracts of black pepper fruits against two stored grain insect pests. International Journal of Pharmaceutical Science Invention. 6(10):20-29.
- 3 Achimón, F. F.; Peschiutta, M. L.; Brito, V. D.; Beato, M. M.; Pizzolitto, R. P.; Zygadlo, J. A. and Zunino, M. P. 2022. Exploring contact toxicity of essential oils against *Sitophilus zeamais* through a meta-analysis approach. Plants. 11(22):3070. Doi: <https://doi.org/10.3390/plants11223070>.
- 4 Andrade-Bustamante, G.; Suárez-Hernández, A. M.; Aispuro-Hernández, E. y Martínez-Ruiz, F. E. 2023. *Trichoderma harzianum* y espinosina en el control de gorgojo del trigo *Sitophilus granarius* (L. 1758). Biotecnia. 25(1):94-99. 10.18633/biotecnia.v25i1.1819.
- 5 Badawy, A. A.; Abdelfattah, H. N.; Salem, S. S.; Awad, M. F. and Fouda, A. 2021. Efficacy assessment of biosynthesized copper oxide nanoparticles (CuO-NPs) on stored grain insects and their impacts on morphological and physiological traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) plant. Biology. 10(3):2-20.

- 6 Choden, S. S.; Yangchen, U. U. and Tenzin, J. J. 2020. Evaluation on the efficacy of *Piper nigrum* as a bio-pesticide against *Sitophilus zeamais*. Naresuan University Journal: Science and Technology. 29(2):84-95.
- 7 Ciniviz, G. G. and Mutlu, Ç. C. 2020. Effectiveness of some native diatomaceous earth against maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), under controlled conditions. Agriculture & Forestry. 66(4):151-162.
- 8 Das, S. S.; Yadav, A. A. and Debnath, N. N. 2019. Entomotoxic efficacy of aluminium oxide, titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles against *Sitophilus oryzae* (L.). Journal of Stored Products Research. 83(1):92-96.
- 9 Dikba#, N. N.; Uçar, S. S.; Tozlu, G. G.; Öznülüer Özer, T. and Kotan, R. 2021. Bacterial chitinase biochemical properties, immobilization on zinc oxide (ZnO) nanoparticle and its effect on *Sitophilus zeamais* as a potential insecticide. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 37(10):1-14.
- 10 El-Naby, A.; Shimaa, S. I.; Mahmoud, F. H.; El-Habal, N. A.; Abdou, M. S. and Abdel-Rheim, K. H. 2020. Efficacy of prepared castor oil nanoemulsion formulation against rice weevil *Sitophilus Oryzae* on stored wheat grain and Its Acute. Egyptian Scientific Journal of Pesticides. 6(4):33-34.
- 11 Finney, D. J. 1971. Probit Analysis. Cambridge at the Univ. Press. 3rd Ed. 120 p.
- 12 FAO. 1974. Food and Agriculture Organization. Recommended methods for the detection and measurement of the resistance of agricultural pests to pesticides. FAO plant protection bulletin 27.
- 13 Jasrotia, P. P.; Nagpal, M. M.; Mishra, C. N.; Sharma, A. K.; Kumar, S. S.; Kamble, U. R. and Singh, G. P. 2022. Nanomaterials for postharvest management of insect pests: Current state and future perspectives. Frontiers in Nanotechnology. 3(1):1-19. Doi.org/10.3389/frnano.2021.811056.
- 14 Menossi, M. M.; Ollier, R. P.; Casalongué, C. A. and Alvarez, V. A. 2021. Essential oil# loaded bio#nanomaterials for sustainable agricultural applications. Journal of Chemical Technology & Biotechnology. 96(8):2109-2122.
- 15 Moisisdis, I. C.; Sakka, M. K.; Karunagaran, R. U.; Losic, D. D. and Athanassiou, C. G. 2022. Insecticidal effect of graphene against three stored-product beetle species on wheat. Journal of Stored Products Research. 98(1):1-8.
- 16 Rajkumar, V. V.; Gunasekaran, C. C.; Dharmaraj, J. J.; Chinnaraj, P. C.; Paul, C. A. and Kanithachristy, I. I. 2020. Structural characterization of chitosan nanoparticle loaded with *Piper nigrum* essential oil for biological efficacy against the stored grain pest control. Pesticide Biochemistry and Physiology. 166(1):1-9.
- 17 SAS. 2002. Statistical Analysis System: Version 9.0. SAS Institute Inc., Cary.
- 18 Seham, I. M. and Fatma, S. M. A. 2020. Contact toxicity, repellent activity and residual effect of *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae) and *Piper nigrum* L. (Pipeaceae) powders against *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Entomology and Zoology Studies. 8(6):2053-205.
- 19 Sousa, P. A.; Neto, J. J.; Barbosa, J. V.; Peres, J. J.; Magro, A. A.; Barros, G. G. and Bastos, M. M. 2023. Novel approach for a controlled delivery of essential oils during long-term maize storage: clove bud and pennyroyal oils efficacy to control *Sitophilus zeamais*, reducing grain damage. Insects. 14(4):366-383.
- 20 Wale, M. M. and Assegie, H. H. 2015. Efficacy of castor bean oil (*Ricinus communis* L.) against maize weevils (*Sitophilus zeamais* Mots.) in northwestern Ethiopia. Journal of Stored Products Research. 63(1):38-41.
- 21 Wazid, S. N.; Prabhuraj, A. A.; Naik, R. H.; Shakuntala, N. M. and Sharanagouda, H. H. 2020. The persistence of residual toxicity of zinc, copper and silica green nanoparticles against important storage pests. Journal of Entomology and Zoology Studies. 8(5):1207-1211.

Extractos con nano y micropartículas sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 January 2025
Date accepted: 01 March 2025
Publication date: 19 May 2025
Publication date: Apr-May 2025
Volume: 16
Issue: 3
Electronic Location Identifier: e3633
DOI: 10.29312/remexca.v16i3.3633

Categories

Subject: Nota de investigación

Palabras clave:

Palabras clave:

gorgojo del maíz
granos almacenados
nanotecnología

Counts

Figures: 0
Tables: 2
Equations: 0
References: 21
Pages: 0