

Biotempo (Lima)



<https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Biotempo>

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

EVALUATION OF THE REPELLENT AND BIOCIDAL EFFECT OF THE EXTRACT AND POWDER OF LEAVES OF *AZADIRACHTA INDICA* A. JUSS., (NEEM) ON *ULOMOIDES DERMESTOIDES* (FAIRMARE, 1893) (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE)

EVALUACIÓN DEL EFECTO REPELENTE Y BIOCIDAL DEL EXTRACTO Y POLVO DE HOJAS DE *AZADIRACHTA INDICA* A. JUSS., (NEEM SOBRE *ULOMOIDES DERMESTOIDES* (FAIRMARE, 1893) (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE)

Diana Palomino-Reyes^{1*}; César Lozano-Lévano¹; Camila de la Cruz-Leytón¹

¹ Laboratorio de Biología Aplicada. Empresa NINDECYT. Lima, Perú.

*Corresponding author: dianay140898@gmail.com

Diana Yasmin Palomino-Reyes: <https://orcid.org/0000-0001-6618-7849>

César Lozano-Lévano: <https://orcid.org/0000-0002-5275-538X>

Camila de la Cruz-Leytón: <https://orcid.org/0000-0003-4955-0639>

ABSTRACT

Ulomoides dermestoides (Fairmare, 1893), commonly known as the peanut weevil, is an insect belonging to the order Coleoptera, family Tenebrionidae; it is characterized by being a pest of different stored grains such as peanuts, corn, and oats, among others; generating large economic losses. Azadirachtin is a triterpenoid present in the leaves, seeds, and trunk of the *Azadirachta indica* A. Juss (Neem) tree, belonging to the Meliaceae family, which has demonstrated a biocidal effect on different pests, acting at a reproductive, hormonal, digestive and neurological level, without causing harmful effects to the ecosystem. In this study, the biocidal and repellent effect of the extract and powder of *A. indica* leaves on *U. dermestoides* was evaluated by spraying the leaves dehydrated for 48 h at 40°C and their extract by hydrodistillation. The experimental design to evaluate the biocidal and repellent effect consisted of two groups with dilutions with distilled water in proportions of 1:0 and 1:1, respectively, both for the extract (Te1 and Te2) and for the powder (Tp1 and Tp2) and a control for both evaluations (Ce and Cp). Obtaining as a result that it has a low biocidal effect in both presentations (extract and powder), but it has a greater repellent effect in both presentations.

Keywords: *Azadirachta indica* – biocidal – grains – pests – repellent – *Ulomoides dermestoides*

RESUMEN

Ulomoides dermestoides (Fairmaire, 1893), conocido comúnmente como gorgojo del maní, es un insecto perteneciente al orden Coleoptera, familia tenebrionidae; se caracteriza por ser plaga de distintos granos almacenados como el maní, maíz, avena, entre otros; generando grandes pérdidas económicas. La azadiractina es un triterpenoide presente en las hojas, semillas y tronco del árbol *Azadirachta indica* A. Juss (Neem), perteneciente a la familia Meliaceae, que ha demostrado efecto biocida en diferentes plagas actuando a nivel reproductivo, hormonal, digestivo y neurológico, sin causar efectos nocivos al ecosistema. En este estudio se evaluó el efecto biocida y repelente del extracto y polvo de hojas de *A. indica* sobre *U. dermestoides*, mediante la pulverización de las hojas deshidratadas por 48 h a 40°C y el extracto de las mismas por hidrodestilación. El diseño experimental para evaluar el efecto biocida y repelente consistió en dos grupos con diluciones con agua destilada en proporción 1:0 y 1:1 respectivamente tanto para el extracto (Te₁ y Te₂) como para el polvo (Tp₁ y Tp₂) y un control para ambas evaluaciones (Ce y Cp). Obteniendo como resultado que tiene un bajo efecto biocida en las dos presentaciones (extracto y polvo), pero tiene mayor efecto repelente en ambas presentaciones.

Palabras clave: *Azadirachta indica* – biocida – granos – plaga – repelencia – *Ulomoides dermestoides*

INTRODUCCIÓN

Ulomoides dermestoides (Fairmaire, 1893) es un insecto coleóptero comúnmente llamado gorgojo del maní; sin embargo, es plaga de distintos granos almacenados entre ellos el maíz, la harina, avena, salvado de arroz, maníes, nueces, levadura y pan (Deloya-Brito & Deloya, 2014). Esta plaga es generalmente controlada por insecticidas químicos lo cuales pueden causar contaminación ambiental y resistencia a los insecticidas (Plata-Rueda *et al.*, 2020), además pueden generar efectos nocivos en las personas debido a su alta capacidad de bioacumulación y su poder residual prolongado (Bett *et al.*, 2017; Amaral *et al.*, 2018). Actualmente se han evaluado posibles soluciones ante esta problemática como el uso de insecticidas a base de plantas, control de temperatura y humedad en el almacén (Upadhyay *et al.*, 2018; de Souza-Alves *et al.*, 2019).

Los plaguicidas botánicos, se sintetizan a partir de sus metabolitos, los cuales se encargan del crecimiento, producción y resistencia de estas; los alcaloides, aminoácidos, esteroides y fenoles, suelen ser los productos finales de estos metabolitos, los cuales pueden causar repelencia, actuar como reguladores de crecimiento e inhibidores de la alimentación hacia cierto tipo de plagas, evitando que sean consumidas por éstas. Actualmente presentan como una gran competencia para los

plaguicidas químicos industriales o sintéticos (Stevenson *et al.*, 2017).

Uno de los compuestos efectivos para la repelencia de las plagas como *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) es la azadiractina, que se extrae del árbol *A. indica*, perteneciente a la familia Meliaceae, orden Sapindales; se caracteriza por tener hojas pinnadas y un fruto tipo drupa lisa y elipsoidal de color amarillo verdoso (National Academy Press, 1992). Produce más de 150 triterpenoides vegetales; algunos de las principales moléculas presentes en esta planta son la salanina, la azadiractina, el melantriol, el nimbin y el nimbidin (Chaudhary *et al.*, 2017), todas estas en conjunto tienen un efecto biocida sobre muchos insectos; sin embargo, en ellas la molécula azadiractina es la que ha demostrado tener mayor efectividad tóxica sobre algunos insectos, esta es biodegradable y tiene la capacidad de inhibir el crecimiento y desarrollo de muchos insectos que lo ingieren (Denecke *et al.*, 2018; Brügger *et al.*, 2019). Sin embargo, parece tener poca o ninguna toxicidad para los vertebrados, así como tampoco presenta toxicidad para los controladores biológicos y polinizadores (Ramírez-Suarez & Ramírez-Calderón, 2018), es así como la azadiractina no afecta a los individuos que se encuentren dentro del mismo hábitat, convirtiéndola en una alternativa eficiente con poca toxicidad (Hernández-Fuentes *et al.*, 2021).

Dentro de los principales efectos causados a las plagas tenemos a los efectos antialimentarios, actuando a nivel enzimático (antifedancia secundaria) y sobre los quimiorreceptores del insecto (antifedancia primaria); los efectos en la reproducción, alterando el desarrollo de ovarios; y los efectos neuroendocrinos, inhibiendo la liberación de la hormona protoracicotrópica encargada de la síntesis y liberación de la ecdisona e inhibiendo la síntesis de hormonas a través de neurotransmisores (Acetilcolina, ácido G-aminobutírico, serotonina, octopamina), los cuales se encargan de la producción de la molécula 20-monoxigenasa de la cual se va a sintetizar la 20-hidroxiecdisona en hemolinfa y tejidos diana (Pimentel *et al.*, 2022).

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto repelente y biocida del extracto y polvo de hojas de *Azadirachta indica* A. Juss, sobre la plaga *U. dermestoides* de productos almacenados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el laboratorio de biología aplicada de la empresa NINDECYT, Los Olivos – Lima, Perú, entre los meses de agosto a noviembre del año 2020. La muestra consistió en 600 individuos de *U. dermestoides* adultos extraídos de la población cultivada en avena dentro de un recipiente de 12x24 cm con orificios para su oxigenación, proveniente del cultivo del laboratorio.

Recolección de hojas de Neem

Se recolectó 1 kg de hojas de *A. indica* de un árbol ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, Perú, para luego ser transportadas hacia el laboratorio.

Extracción de aceite esencial

Siguiendo el método de Arias *et al.* (2017) para la extracción del aceite esencial, se utilizó el método de hidrodestilación, usando 400 mL de agua destilada y 10 g de hojas secas para cuatro extracciones; los diferentes extractos se mezclaron para obtener una concentración inicial (Te1) y luego fue diluida con agua destilada en proporción 1:1 (Te2).

Evaluación de efecto repelente y biocida

Se realizó el lavado y la desinfección de las hojas y se

secaron en sombra; después se pesó y se trituraron con un mortero, para luego colocarlas en la estufa a 40°C por dos h (Tesfaye & Tefera, 2017). Se obtuvo un polvo que fue diluido para la evaluación del efecto repelente, haciendo uso de 2 g en 20 mL de agua destilada como concentración inicial (Tp₁) y este último diluido en proporción 1:1 en agua destilada para obtener la segunda concentración (Tp₂). Para la evaluación del efecto biocida, se aplicó el polvo directamente a los diferentes tratamientos.

Diseño experimental

Se utilizó un modelo adaptado de Espinoza *et al.* (2012) en la elaboración del diseño experimental para evaluar el efecto biocida, y para evaluar el efecto repelente la metodología de Iannacone *et al.* (2008). Para cada evaluación se utilizó 30 envases/placas Petri, en las que se separaron 15 para la evaluación con el aceite extraído de las hojas con dos concentraciones (Te1 y Te2), y 15 para la evaluación con las hojas en polvo con dos cantidades (Tp1= 1 g y Tp2= 0.5 g), cada una con cinco repeticiones y un control (Ce y Cp), y se colocaron diez insectos por envase / placa Petri (Figura 1). Para la evaluación del efecto biocida, se colocó 10 g de avena en el envase y se aplicó el extracto en forma de aspersor diariamente durante cinco días, mientras que la aplicación del polvo se realizó por única vez el primer día. Para la evaluación del efecto repelente, se colocó papel filtro cortado por la mitad en la base de la placa Petri, de las dos mitades, la de la izquierda fue a la que se le aplicó los tratamientos y a la derecha solo con agua destilada; para el grupo control, ambas mitades fueron bañadas con agua destilada, y se realizó el conteo del número de individuo por cada lado de la placa.

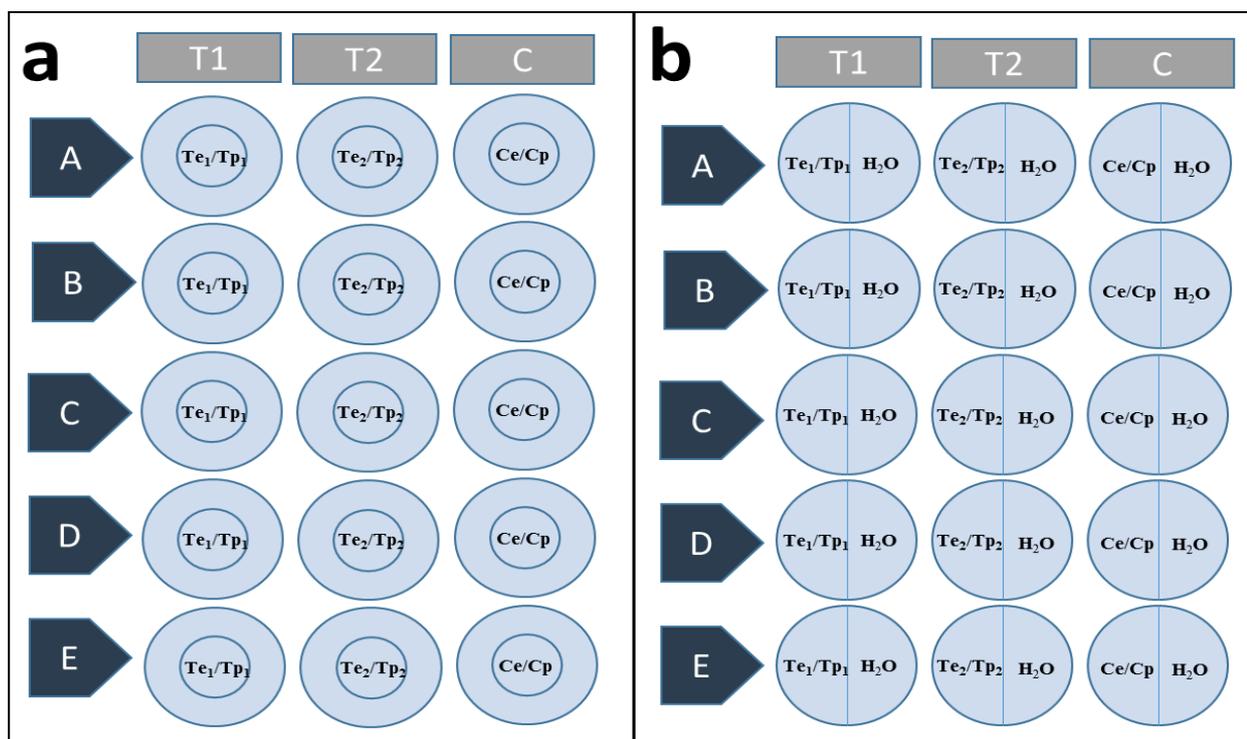


Figura 1. Diseño experimental para evaluar el efecto biocida y repelente de *A. indica* sobre *Ulomoides dermestoides*. (a) Evaluación del efecto biocida del extracto y polvo de hojas (b) Evaluación del efecto repelente del extracto y polvo de hojas; cada uno con sus repeticiones A, B, C, D y E.

Análisis de datos

Para la evaluación del efecto biocida los datos fueron analizados estadísticamente por medio del Software IBM SPSS Statistics 25 donde se realizó la prueba ANOVA, para determinar si existe significancia en la varianza de los diferentes grupos experimentales y grupo control. En caso de existir diferencias significativas se realizaron las pruebas de Tukey (Iannacone & Lamas, 2003). En el caso de la evaluación del efecto repelente lo datos fueron procesados en la hoja de cálculo Microsoft Excel 2019.

Aspectos éticos: Los autores declaran que se cumplieron todas las normas éticas nacionales e internacionales.

RESULTADOS

Efecto biocida

Extracto de hoja: En la figura 2 se muestra el número de individuos muertos durante los cinco días evaluados, mostrando que a partir del día dos empieza la mortandad de *U. dermestoides*, mientras que en el grupo control no hubo individuos muertos.

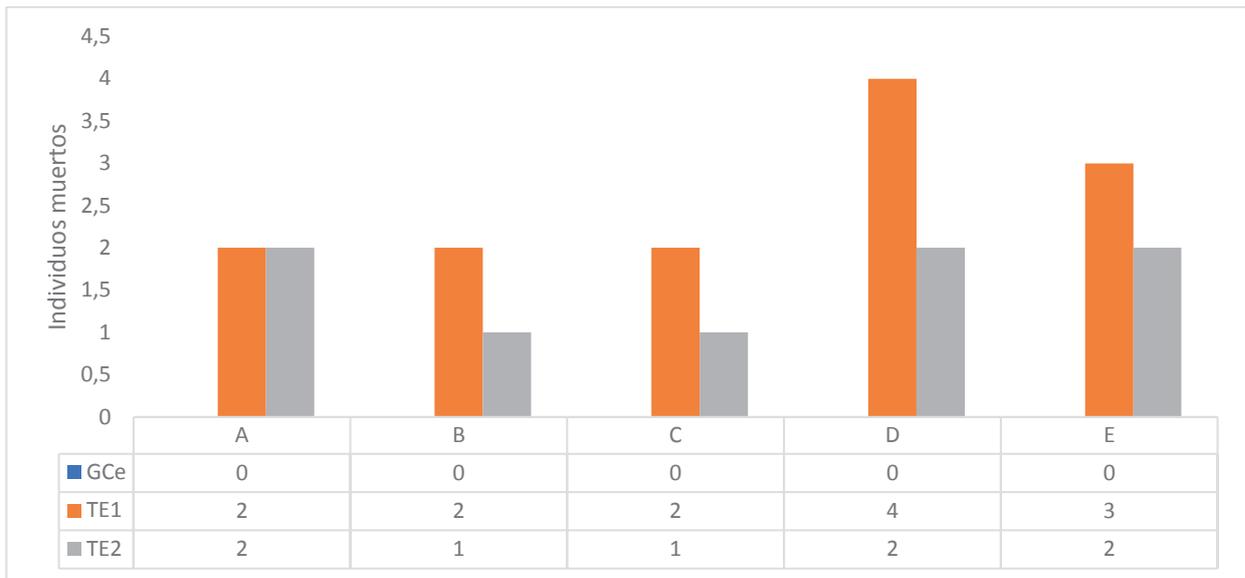


Figura 2. Media de *Ulomoides dermestoides* en cada repetición (A, B, C, D y E), expuestos a dos concentraciones: $TE_1 = 1g$ y $TE_2 = 0,5g$ de extracto de hojas de *Azadirachta indica*, evaluados en el quinto día de aplicación de los tratamientos.

Se realizó la prueba ANOVA de los datos de la figura 2 ($F = 23,45$) y una significancia de 0,000; comprobándose que existe diferencias significativas entre los tratamientos y el grupo control. Además, se ejecutó la prueba Tukey generando los siguientes resultados: $TE_1/Ce = 0,000$, $TE_2/Ce = 0,003$ y $TE_1/TE_2 = 0,055$; indicando significancia entre los tratamientos TE_1 y el grupo control, así mismo, el TE_2 y el control.

Polvo de hoja: en la figura tres se muestra a los individuos muertos después de evaluarlos cinco días, mostrando que a partir del día dos empieza la muerte de algunos individuos de *U. dermestoides*, mientras que en el grupo control no hubo muertos. En la figura 3 se observa las medias de mortalidad de los insectos evaluados.

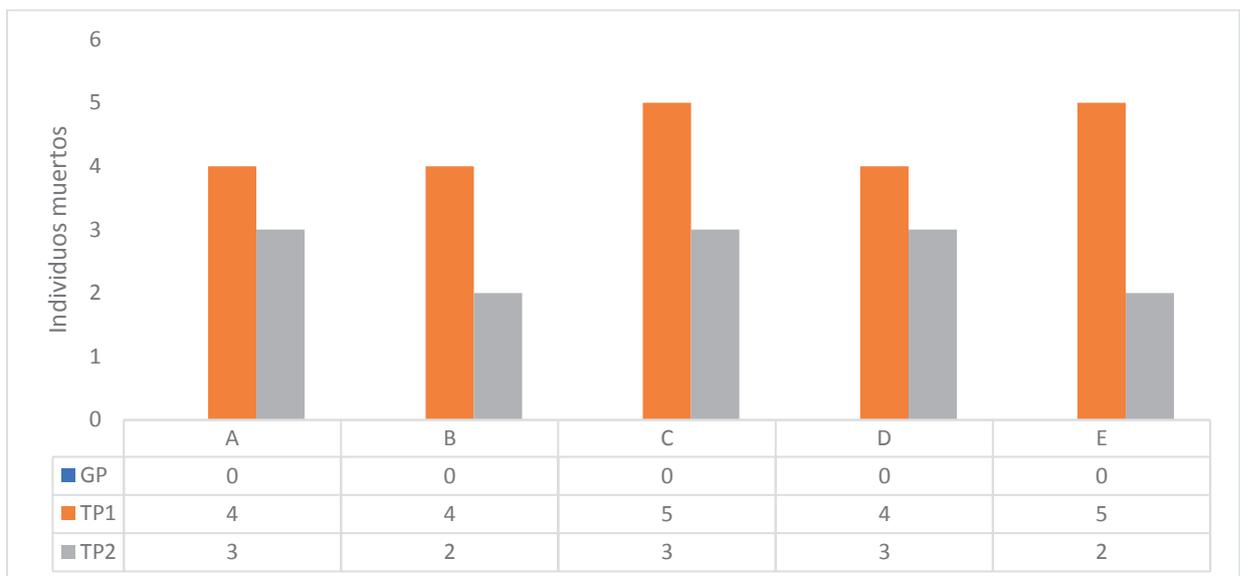


Figura 3. Media de *Ulomoides dermestoides* muertos en cada repetición (A, B, C, D y E), expuestos a dos concentraciones TP_1 (100%) y TP_2 (50%) de polvo de hojas *Azadirachta indica*, evaluados en el quinto día de aplicación de los tratamientos.

Se realizó la prueba ANOVA de la figura 2 ($F= 122,33$) y una significancia de 0,000; comprobándose que existe diferencias significativas entre los tratamientos y el grupo control. Además, se ejecutó la prueba Tukey generando los siguientes resultados: $TP_1/Cp = 0,000$, $TP_2/Cp = 0,000$ y $TP_1/TP_2 = 0,000$; indicando significancia entre los pares mencionados.

Efecto repelente

El efecto de repelencia arrojó los resultados que se

muestra en la tabla 1, donde indica el número de individuos ubicados ya sea en la mitad del papel filtro con los tratamientos TE (extracto de hoja del Neem) y TP (polvo de hoja de Neem), o en la mitad que solo contenía agua destilada. Mostrando que, en promedio, una mayor repelencia con 92% en la prueba del efecto repelente (extracto), en el tratamiento TE1; también se observó, una mayor repelencia en la prueba del efecto repelente en polvo de 80% en el tratamiento TP1

Tabla 1. Número de individuos de *Ulomoides dermestoides*, expuestos al extracto de hojas de *Azadirachta indica*, que fueron repelidos para cada tratamiento Te1 (100%), Te2 (50%), Tp1(1g), Tp2 (0,5 g) y el grupo control (Ce y Cp).

Repetición	Efecto repelente (Extracto)						Efecto repelente (Polvo)					
	Te ₁		Te ₂		Ce		Tp ₁		Tp ₂		Cp	
	T ₁	H ₂ O	T ₂	H ₂ O	C	H ₂ O	T ₁	H ₂ O	T ₂	H ₂ O	C	H ₂ O
A	0	10	1	9	6	4	0	10	2	8	2	8
B	0	10	1	9	2	8	2	8	2	8	4	6
C	1	9	1	9	1	9	0	10	4	6	3	7
D	1	9	5	5	10	0	1	9	4	6	10	0
E	0	10	0	10	2	8	2	8	2	8	4	6
Media	0,4	9,6	1,6	8,4	4,2	5,8	1	9	2,8	7,2	4,6	5,4
Repelencia (%)	92		68		16		80		44		8	

DISCUSIÓN

Nuestros resultados demuestran que *A. indica* tiene una mejor respuesta como repelente que efecto biocida, debido a su rápida acción para repeler a los individuos evaluados *U. dermestoides*.

Los resultados de la presente investigación concuerdan con Moguel (2019), porque este utilizó al Neem como biocida contra *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896), macerando las hojas por medio de una extracción etanólica. Tuvo mayor mortalidad que el método de hidrodestilación, aplicada en esta investigación; así mismo también se observó que mientras más pasaba el tiempo de maceración (evaluación a 72 h) mayor era la tasa de mortalidad del insecto, mientras que en nuestro estudio se mantuvo entre 2 a 3 individuos muertos durante los días de evaluación.

Pimentel *et al.* (2022) en su trabajo utilizaron semillas de *A. indica* para el control de *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889), aplicando dos concentraciones de 3% y 5%,

combinando el polvo de las semillas con agua destilada para su aspersión, teniendo como resultado que la concentración mayor, al igual que en este estudio, fue más eficaz para la eliminación de la plaga. Estos mismos resultados coinciden con Hernández *et al.* (2019), que no solo evaluó el estadio adulto, sino evaluaron también huevos y larvas, teniendo mayor eficacia en larvas y adultos que en huevos; y también con Cruz (2018) que evaluó a las plagas en condiciones de invernadero y de laboratorio, aplicando el polvo de Neem para el control de estas, obteniendo resultados similares.

Los resultados de este estudio coinciden con los de González *et al.* (2020) quienes evaluaron el efecto de repelencia de neem contra *Anophelex* spp. aplicando la azaradictina, en tres concentraciones diferentes (1%, 2% y 3%), extraída por Soxhlet, directamente en los cerdos. Obteniendo un porcentaje de repelencia del 88% del insecto plaga, sin afectar al cerdo; al igual que en nuestro estudio ambas concentraciones para evaluar la repelencia de Neem a los gorgojos, fueron muy eficaces. Los resultados de repelencia son similares a lo expuesto

por Gonzáles-Gómez *et al.* (2006), que aplicaron el extracto de Neem en concentraciones 0%, 1%, 2% y 4% sobre pupas de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 que fueron expuestas al acaro *Varroa destructor* Anderson & Trueman, 2000, dando como resultados diferencias significativas en el valor de repelencia, tomando en cuenta el extracto y la concentración de este, como en nuestro estudio; así mismo, pudieron resaltar que la persistencia de la repelencia del Neem puede durar un máximo de 72 h en el lugar de aplicación, logrando una expulsión completa de la plaga.

En la evaluación repelente del extracto de hojas se obtuvo un porcentaje de repelencia de 92% para el grupo Te_1 y 68% para Te_2 , para el caso del polvo de hojas se obtuvo un porcentaje de repelencia de 80% y 44% para los grupos Tp_1 y Tp_2 respectivamente, siendo para ambos casos T_1 el que mostró el mayor porcentaje de repelencia; sin embargo, el efecto repelente del extracto de hojas fue mayor al efecto repelente causado por el polvo de hojas. Estos resultados se contrastan con un estudio realizado por Trinidad & Gaona (2011), donde determinaron que el polvo de hojas de *A. indica* produce efectos repelentes sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) únicamente en el tratamiento de mayor dosis 5%, menores a este no causan efectos repelentes.

Se concluye que se observó el efecto biocida de *A. indica* en *U. dermestoides* con el extracto de hoja, a partir del tercer día de aplicación de los tratamientos, con una mortalidad máxima de 4 de 10 individuos. El polvo de hoja tuvo mayor eficacia al demostrar el efecto biocida sobre *U. dermestoides*, a partir del segundo día de tratamiento, con una mortalidad máxima de 5/10 individuos. Se observó el efecto de repelencia del Neem en *U. dermestoides* desde el día 1, tanto si se usó el extracto o el polvo de hoja, repeliendo casi en su totalidad a casi el 100% de los individuos expuestos a los tratamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, K. D.; Martínez, L. C.; Lima, M. A. P.; Serrão, J. E. & Della Lucia, T. M. C. 2018. Azadirachtin impairs egg production in *Atta sexdens* leaf-cutting ant queens. *Environmental pollution*, 243: 809-814.
- Arias, J.; Silva, G.; Figueroa, I.; Fischer, S.; Robles-Bermúdez, N.; Rodríguez-Maciel, J. & Lagunes-Tejeda, A. 2017. Actividad insecticida, repelente y antialimentaria del polvo y aceite esencial de frutos de *Schinus molle* L. para el control de *Sitophilus zeamais* (Motschulsky). *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 33: 93-104.
- Bett, P.; Deng, A.; Ogendo, J.; Kariuki, S.; Kamatenesi, M.; Mihale, J. & Torto, B. 2017. Residual contact toxicity and repellence of *Cupressus lusitanica* Miller and *Eucalyptus saligna* Smith essential oils against major stored product insect pests. *Industrial Crops and Products*, 110: 65-74.
- Brügger, B.; Martínez, L.; Plata-Rueda, A.; Soares M.; Wilcken, C.; Carvalho, A.; Serrao J.; Monteneiro, B. & Zanuncio, J. 2019. Bioactivity of the *Cymbopogon citratus* (Poaceae) essential oil and its terpenoid constituents on the predatory bug, *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Scientific reports*, 9: 1-8.
- Chaudhary, S.; Kanwar, R. K.; Sehgal, A.; Cahill, D. M.; Barrow, C. J.; Sehgal, R. & Kanwar, J. R. 2017. Progress on *Azadirachta indica* based biopesticides in replacing synthetic toxic pesticides. *Frontiers in plant science*, 8: 610.
- Cruz, A. 2018. *Extractos de neem (Azadirachta indica A. Juss.) para el control de mosca blanca (Bemisia tabaci Genn) en un cultivo de tomate*. [Tesis para optar el grado de Maestro. Facultad de agronomía. Universidad autónoma de Nuevo León. Monterrey, México].
- de Souza-Alves, M.; Campos, I.; de Brito, D.; Cardoso, C.; Pontes, E. & de Souza, M. 2019. Efficacy of lemongrass essential oil and citral in controlling *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae), a post-harvest cowpea insect pest. *Crop protection*, 119: 191-196.
- Deloya-Brito, G. & Deloya, C. 2014. Sustancias producidas por el Coleóptero *Ulomoides dermestoides* (Chevrolat, 1878) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae): Efecto antiinflamatorio y citotóxico. *Acta Zoológica Mexicana*, 30: 655-661.
- Denecke, S.; Swevers, L.; Douris, V. & Vontas, J. 2018. How do oral insecticidal compounds cross the insect midgut epithelium?. *Insect biochemistry and Molecular Biology*, 103: 22-35.
- Espinoza, M.; Silva, G.; Tapia, M.; Rodriguez, C.; Lagunes, A.; Santillán-Ortega, C. & Aguilar-Medel, S. 2012. Actividad Insecticida de *Melia azedarach* L. (Meliaceae) Sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 28: 81-87.

- González, A.; Suárez, H.; Mogollón, G.; Ortiz, T. & Ordinola, A. 2020. Efecto repelente del aceite de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) contra zancudos (*Anophelex* spp) en lechones. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 31, e17544-e17544.
- González-Gómez, R., Otero Colina, G., Villanueva Jiménez, J. A., Pérez Amaro, J. A., & Soto Hernández, R. M. 2006. Toxicidad y repelencia de *Azadirachta indica* contra *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). Agrociencia, 40: 741-751.
- Hernández, A.; Estrada, B.; López, J.; Rios, C.; Varela, S.; Rodríguez, R. & Osorio, E. 2019. *In vitro* evaluation of native entomopathogenic fungi and neem (*Azadirachta indica*) extracts on Spodoptera frugiperda. Phyton, 88: 47.
- Hernández-Fuentes, L. M., Nolasco-González, Y., Orozco-Santos, M., & Montalvo-Gonzalez, E. 2021. Toxicidad de insecticidas contra (*Optatus palmaris* Pascoe) en guanábana. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 12: 49-60.
- Iannacone, J. & Lamas, G. 2003. Efecto insecticida de cuatro extractos botánicos y del cartap sobre la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), en el Perú. Entomotropica, 18: 95-105.
- Iannacone, J.; Wong, Y.; Alcántara, P. & Rodríguez, R. 2008. Actividad insecticida y repelente de plantas en el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*. Revista Scientia, 10: 146-154.
- Moguel, J. 2019. *Capacidad Antioxidante y Bioinsecticida, en la Grana Cochinilla (Dactylopius opuntiae), de los extractos de las hojas de Neem (Azadirachta Indica)*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Chiapas, México].
- National Academy Press. Panel on Neem. 1992. *Neem a tree for solving global problems*. Board on Science and Technology for International Development National Research Council. Washington. pp. 23-31.
- Pimentel, K.; Pérez, D.; Peña, L.; Pérez, T. & Revol, M. 2022. Uso de extracto obtenido de semillas de *Azadirachta indica* para el control de *Bemisia tabaci* en tomate. Revista ECOVIDA, 12, 192-199.
- Plata-Rueda, A.; Martínez, L.; Rolim, G.; Coelho, R.; Santos, M.; Tavares, W.; Zanuncio, J. & Serrão, J. 2020. Insecticidal and repellent activities of *Cymbopogon citratus* (Poaceae) essential oil and its terpenoids (citral and geranyl acetate) against *Ulmoides dermestoides*. Crop Protection, 137: 105299.
- Ramírez-Suarez, T.F. & Ramírez-Calderón, I.P. 2018. *Obtención y propuesta de producción por lotes de un repelente natural a base de aceite de neem*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú].
- Stevenson, P.; Isman, M. & Belmain, S. 2017. Pesticidal plants in Africa: a global vision of new biological control products from local uses. Industrial Crops and Products, 110: 2-9.
- Tesfaye, B. & Tefera, T. 2017. Extraction of essential oil from neem seed by using soxhlet extraction methods. International Journal of Advanced Engineering, Management and Science, 3: 239870.
- Trinidad, V. & Gaona, F. 2011. Acción insecticida y repelente del Neem sobre adultos de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) en granos de poroto (*Vigna unguiculata*) Insecticide. Investigación Agraria, 13: 107-111.
- Upadhyay, N.; Dwivedy, A.; Kumar, M.; Prakash, B. & Dubey, N. 2018. Essential oils as eco-friendly alternatives to synthetic pesticides for the control of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Essential Oil Bearing Plants, 21: 282-297.

Received September 7, 2022.

Accepted October 29, 2022.