

Extracto acuoso de hojas de *Gliricidia sepium*: Un insecticida biológico efectivo contra *Sitophilus oryzae*

Aqueous extract of *Gliricidia sepium* leaves: An effective biological insecticide against *Sitophilus oryzae*

María Ospina Ladino

Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia

Daniel Barrios Arenas

Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia

Jeisson Aguilar Ortiz

Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia

Diego Quintero Salazar

Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia

Luis López Muñoz*

Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia

Revista de la Facultad de Agronomía

Universidad Nacional de La Plata, Argentina

ISSN: 1669-9513

Periodicidad: Continua

vol. 123, 2024

redaccion.revista@agro.unlp.edu.ar

Recepción: 28 febrero 2024

Aprobación: 30 abril 2024

Publicación: noviembre 2024

URL: <http://portal.amelica>

DOI: <https://doi.org/10.24215/16699513e145>

***Autor de correspondencia:** lopezm@unillanos.edu.co

Resumen

Sitophilus oryzae es uno de los principales insectos plagas presente en cereales, en el departamento del Meta - Colombia, *Sitophilus oryzae* se encuentra ampliamente distribuido en los silos de arroz, en los cual ataca al grano y ocasiona daños en su estructura, provocando grandes pérdidas económicas en el sector. Definir el efecto insecticida del extracto de las hojas *Gliricidia sepium* por los métodos de superficie tratada y contacto directo permiten el aprovechamiento e incorporación de bio insecticidas como una base principal en la transición tecnológica al uso de insecticidas comerciales, ayudando en la mitigación de la resistencia adquirida por *Sitophilus oryzae*. El extracto fue obtenido mediante una extracción en fresco de las hojas del árbol mediante maceración en frío. El porcentaje de mortalidad y emergencia de insectos adultos se evaluó mediante los tratamientos aplicados en concentraciones de extracto de 0%, 50%, 80% y 100%. Los datos obtenidos se tomaron transcurridos los tiempos de 8 horas, 16 horas y 24 horas después de la fumigación. Los tratamientos aplicados se realizaron con 5 réplicas, obteniendo como resultado un mayor porcentaje de mortalidad en concentraciones de extracto del 80% y 100%, alcanzando hasta un 92% de mortalidad por el método de contacto directo. En el método de área tratada, además de demostrar un efecto repelente, se determinó un porcentaje de mortalidad de 68%. De manera que se define que el extracto de las hojas de *Gliricidia sepium* en concentraciones altas tiene efecto tóxico sobre los gorgojos *Sitophilus oryzae*, siendo una alternativa ecológica para el control de este insecto en los procesos poscosecha del arroz.

Palabras clave: Arroz, insecticida, mortalidad, resistencia

Abstract

Sitophilus oryzae is one of the main insect pests present in cereals, in the department of Meta - Colombia *Sitophilus oryzae* is widely distributed in rice silos, in which it attacks the grain and causes damage to its structure, causing great economic losses in the sector. Define the insecticidal effect of the *Gliricidia sepium* leaf extract by the treated surface and direct contact methods allowing the use and incorporation of bio insecticides as a main basis in the technological transition to the use of commercial insecticides, helping in the mitigation of acquired resistance by *Sitophilus oryzae*. The extract was obtained by fresh extraction of the leaves of the tree through cold maceration. The percentage of mortality and emergence of adult insects was evaluated through the treatments applied with the following extract concentrations: 0%, 50%, 80% and 100%. The data obtained were taken after the times of 8 hours, 16 hours and 24 hours after fumigation. The applied treatments were carried out with 5 replicates, resulting in a higher percentage of mortality in extract concentrations of 80% and 100%, reaching up to 92% mortality by the direct contact method. In the treated area method, in addition to demonstrating a repellent effect, a mortality percentage of 68% was determined. So it is defined that the extract of the leaves of *Gliricidia sepium* in high concentrations has a toxic effect on the weevils *Sitophilus oryzae*, being an ecological alternative for the control of this insect in the post-harvest processes of rice and its application method must be by direct contact in *Sitophilus oryzae*.

Keywords: Insecticide, mortality, resistance, rice

INTRODUCCIÓN

Las pérdidas post cosechas (PHL según sus siglas en inglés) es un desafío extendido y significativo que enfrentan los pequeños agricultores de granos básicos. Esta pérdida ocurre en diversas etapas, como la cosecha, el transporte, el procesamiento y el almacenamiento de granos, y es principalmente causada por plagas de insectos y moho (Sugri et al., 2021). Un ejemplo destacado es el maíz, el cultivo básico más importante, que se ve constantemente amenazado por el barrenador del grano, una plaga grande y altamente destructiva cuando se encuentra en condiciones de almacenamiento (Ndindeng et al., 2021).

Las plagas que afectan los productos almacenados causan pérdidas significativas en el peso, la calidad de los granos y productos de cereales almacenados (Fields y Kurunic, 2000; Neethirajan et al., 2007; Tawfeek et al., 2021). Los gorgojos de los granos (*Curculionidae*) son una preocupación importante en el almacenamiento de trigo, maíz y arroz. En particular, el gorgojo del arroz, *Sitophilus oryzae* L. (*Coleoptera: Curculionidae*), es una plaga especialmente dañina a nivel mundial (Ross et al., 2009). Las hembras depositan sus huevos dentro de los granos, y las larvas, que carecen de extremidades, permanecen dentro del grano durante todo su ciclo de vida (Tawfeek et al., 2021). La alimentación tanto de las larvas como de los adultos de *Sitophilus oryzae* puede reducir el peso del grano hasta en un 75%, lo que disminuye su valor nutricional y su capacidad de germinación y a su vez, se traduce en precios más bajos para los granos destinados al consumo (Dal Bello et al., 2000).

El “gorgojo de arroz”, es una plaga de infestación primaria; se alimenta del grano entero de los cereales (con preferencia el arroz) y consume el 26% del grano y los productos cerealeros: pastas, harinas y bizcochos (PlantwisePlus Knowledge Bank, 2021). La infestación generalmente comienza en el cultivo, y se extiende en los depósitos de almacenamiento (Liu et al., 2020); aparte de la pérdida en volumen, el “gorgojo de arroz” puede actuar como vector de algunos hongos de la familia de *Asteraceae* como *Aspergillus flavus* (hongos tóxicos), su vez ayuda a la contaminación, incidencia de ataques por insectos de infestación secundarios como la carcoma achatada (*Cryptolestes ferrugineus*) (Londoño y Martínez-Miranda, 2017).

El arroz es uno de los cultivos transitorios más importantes de Colombia, con una participación promedio en el valor agregado agrícola de 2,75%, la industria del arroz, por su parte, tiene una participación del 2,3% en el valor agregado de la industria total de alimentos y bebidas en el país; el cultivo, además, ha sido tradicionalmente la principal fuente de ingreso de más de 16.000 agricultores, y sus molinos son en algunos municipios la primera fuente de empleo formal. Ambos eslabones, primario y secundario, trabajan para suplir el consumo de arroz, cercano a 42,2 kilogramos de arroz per cápita (Parra et al., 2022). Actualmente ha aumentado la importancia de implementar nuevas alternativas en los procesos de mitigación de plagas en el sector agrícola de forma natural, ya que el mercado es cada vez más exigente en productos de calidad y sobre todo con una carga química mínima, para el caso de pesticidas, herbicidas y otras sustancias que puedan alterar la composición de los alimentos (Dalbon et al., 2021).

Actualmente se encuentra una problemática mundial al aumento de resistencia de los insectos plagas a las macromoléculas comerciales, esto lo podemos ver en los recientes estudios realizados alrededor del mundo, en diferentes industrias, en Australia se ha evaluado en la industria de cereales y su efecto en la resistencia de los insectos a diferentes insecticidas que se encontraron en el mercado, igualmente evalúan las nuevas metodologías de fumigación (Umina et al., 2019). En Egipto, se dio un estudio en el cual se da una advertencia a la alta resistencia de *Sitophilus oryzae* a la malatión, lo cual da como recomendación iniciar con un proceso de control al insecto rotativo para que no cree nueva resistencia a otros insecticidas comerciales (Attia et al., 2021). En China, se evaluó el desarrollo de resistencia a diferentes insecticidas comerciales, recomiendan suspender el uso de pesticidas a los que *Spodoptera litura* ha desarrollado altos niveles de resistencia para minimizar la resistencia, así como el uso de pesticidas a los que esta plaga sigue siendo susceptible, incluidos Spintoram, piridialilo, indoxacarb y hexaflumurón, clorfluazuron, clorfenapir y bifentrina se pueden integrar en aplicaciones alternativas de gestión de la resistencia (Wang et al., 2019). La importancia que tiene esta problemática es como diversas revisiones se están enfocando en diferentes apropiaciones de tecnologías como una base ecológica para la restauración de la biodiversidad perdida en diversos agroecosistemas, por lo que se abordan alternativas de gran relevancia en el campo, como el uso de insecticidas, pesticidas microbianos y otras alternativas de control biológico (Zelaya et al., 2022).

Los bioinsecticidas son una alternativa tecnológica de transición al uso tradicional de agroquímicos en los procesos de control agrícola, en un estado de almacenamiento se debe iniciar con la llegada de los pesticidas sintéticos, los pesticidas en polvo fueron eliminados durante casi cinco décadas como portadores de ingredientes activos en los pesticidas formulados, esto aunque ayudó en un inicio

al control de las diferentes plagas también inició un proceso adaptativo, en el cual estas tomaron resistencias a los pesticidas sintéticos (Stadler et al., 2010; Lara et al., 2019). Los efectos que tienen las diferentes plantas como agentes insecticidas, bactericidas y fungicidas son bastantes frecuentes, los biocontroladores son una alternativa al uso de productos comerciales, el uso de los insecticidas sintéticos se está viendo desplazados por alternativas más verdes, ya sean extractos de diferentes hojas o raíces, estos biocontroladores usualmente tienen diversos metabolitos secundarios (Owolabi et al., 2020).

El árbol *Gliricidia sepium* en Colombia es conocida comúnmente como matarratón y en otros países y más específicamente en México se conoce con el nombre de madero negro o madre cacao (PlantwisePlus Knowledge Bank, 2022). *Gliricidia sepium* es ampliamente estudiada por sus numerosos usos tradicionales, incluido el tratamiento de la tos, el asma, el tratamiento de la urticaria, las quemaduras, la sarna, la dermatitis, el efecto antipruriginoso en la piel y el tratamiento de infecciones causadas por bacterias y protozoos (Wafaey et al., 2023). Un estudio comparativo de toxicidad en *Tithonia diversifolia* y *Gliricidia sepium* en Filipinas, indican que los fitoquímicos detectados en las hojas de estos árboles, demuestran las diversas actividades biológicas exhibidas por estas especies (Ang et al., 2019). Bajo estos criterios se puede incidir que las actividades biológicas particulares de *Gliricidia sepium* puede ser un potencial bio insecticida aplicado en la industria agroalimentaria. Una vez expuesto esto, el objetivo de la investigación planteó el análisis de la actividad insecticida del extracto de las hojas de *Gliricidia sepium* aplicándolo en *Sitophilus oryzae* y presentarlo como una alternativa ecológica en la rotación de insecticidas en el almacenamiento del arroz.

METODOLOGÍA

Con el fin de evaluar el potencial insecticida del extracto obtenido de *Gliricidia sepium* se llevó a cabo una extracción en frío, una crianza de *Sitophilus oryzae* que fue nuestro vector a controlar bajo dos diferentes métodos de aplicación del extracto, estos se criaron por 30 días, esto con el fin de garantizar la cantidad y calidad de los vectores utilizados, la crianza se llevó a cabo en el laboratorio de control biológico y entomología de la Universidad de los Llanos. Se alimentaron con arroz de la variedad Paddy durante su tiempo de crianza.

OBTENCIÓN DEL EXTRACTO

Se pesó un kilogramo (1 kg) de hojas de árbol de matarratón (*Gliricidia sepium*), obtenido en la ciudad de Villavicencio - Meta, iniciando se higienizó el producto retirando impurezas y agentes extraños, seguidamente se lavó con una solución de 0,1 M de ácido acético para disminuir la carga microbiana de las hojas. Posteriormente se procedió a realizar una disminución de partícula hasta obtener una harina homogénea; por acción mecánica de prensado en frío se obtuvo extracto puro; con un papel filtro estándar se obtuvo un de extracto líquido, se repitió el mismo procedimiento hasta obtener 100 mL del extracto. A continuación, se realizaron diluciones con agua destilada, adicionando 50 mL y 20 mL de extracto a una solución final de 100 mL, para finalizar se depositaron en frascos de vidrio y se almacenaron por 24 horas.

MÉTODO DE CONTACTO DIRECTO

El método de contacto directo se desarrolló con condiciones mencionadas por Luna et al. (2018). Se colocaron 15 unidades de *Sitophilus oryzae* en cajas de Petri, en contacto directo con cada uno de los tratamientos (0%, 50%, 80% y 100%), y su patrón control. Para cada tratamiento y hora evaluada se dispuso de gorgojos diferentes, con ayuda de un aspirador bucal entomológico se pusieron dentro de cajas Petri, luego se procedió a la aplicación de los tratamientos con ayuda de un frasco atomizador, con un volumen de aplicación de 1 mL.

Una vez terminado el tiempo de evaluación se procedió a realizar la validación de los datos obtenidos, los cuales fueron expresados en porcentaje de efectividad en la mortalidad de vectores.

MÉTODO DE SUPERFICIE TRATADA

Se utilizó la metodología descrita por Betancur et al. (2010) con las siguientes modificaciones; se tomaron 15 unidades de gorgojos (*Sitophilus oryzae*) y se colocaron en una caja Petri, se impregnó una superficie que estaba presente en el ambiente del gorgojo, en este caso se utilizó una superficie rugosa (costal de fique 2x2cm) que es el material más común en almacenamiento de arroz. La superficie fue impregnada con las diferentes concentraciones de los tratamientos (0%, 50%, 80% y 100%) y su patrón de control.

Después de la aplicación y la introducción de los gorgojos, se tomaron datos de comportamiento y de las variables de respuesta en porcentaje de efectividad en la mortalidad de los vectores.

DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental implementado fue completamente al azar, con 5 repeticiones por cada tratamiento. Las evaluaciones de efectos se dieron con una diferencia de 8 horas después de la aplicación de los métodos, se realizó el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, el cual arrojó que los datos no se comportan de forma normal (Ver Figuras 1,2,3), por lo cual finalmente se llevó a cabo un test de Kruskal Wallis para datos no paramétricos, con un nivel de significancia $p < 0,05$ esto con la finalidad de determinar los grupos y las diferencias significativas entre cada uno de los tratamiento y métodos, esto se comprobó por medio del software estadístico Infostat. La comparación de los métodos se expresó en el rendimiento de mortalidad de vectores, lo cual nos permitió observar la efectividad de cada metodología aplicada, a los resultados se les realizó una transformación porcentual de los datos obtenidos.

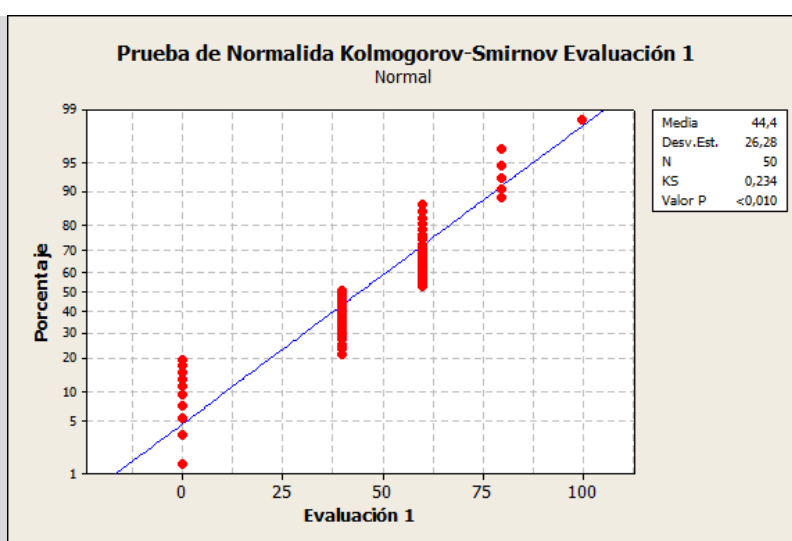


FIGURA 1

Prueba de normalidad para los datos obtenidos en la primera evaluación (8 horas). Valor $P < 0,05$ se concluye que los valores no tienen una distribución normal.

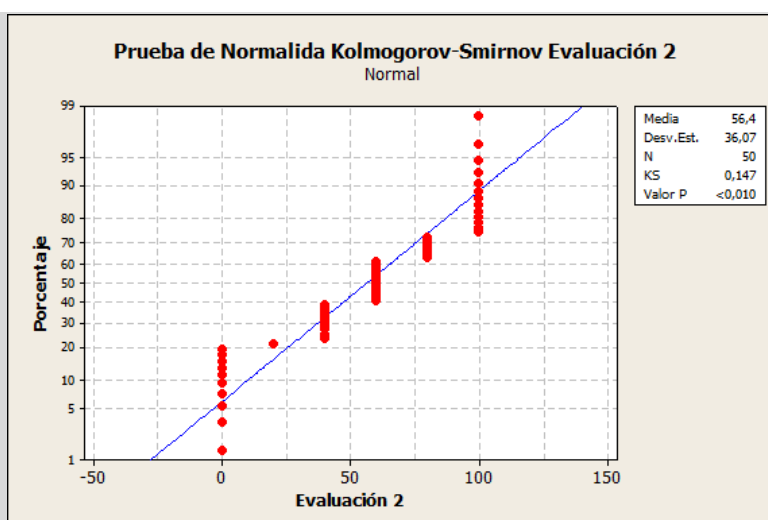


FIGURA 2

Prueba de normalidad para los datos obtenidos en la primera evaluación 2 (16 horas). Valor $P < 0,05$ se concluye que los valores no tienen una distribución normal.

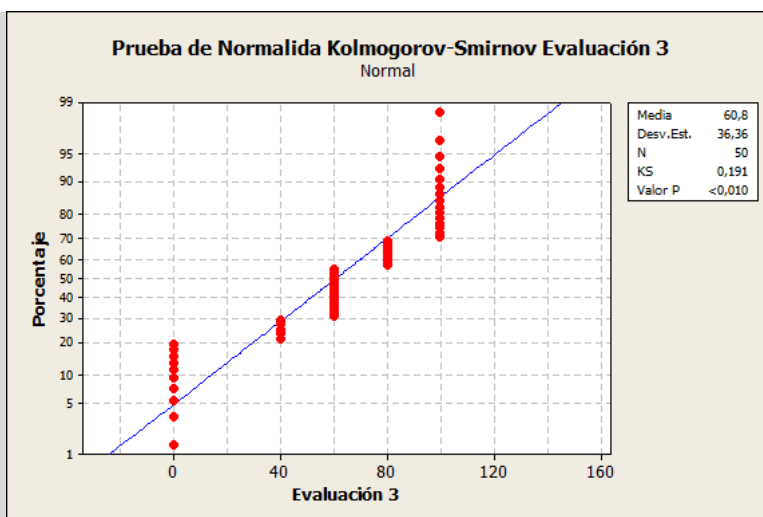


FIGURA 3

Prueba de normalidad para los datos obtenidos en la primera evaluación 3 (24 horas). Valor $P < 0,05$ se concluye que los valores no tienen una distribución normal.

RESULTADOS

En las siguientes Tablas (Tablas 1, 2, 3 y 4) se muestra el resumen de la aplicación de la prueba de Kruskal Wallis para valores no paramétricos estos denotan la efectividad del extracto de las hojas de matarratón (*Gliricidia sepium*) y las diluciones usadas, este porcentaje de efectividad se tiene con base en la mortalidad del coleóptero gorgojo (*Sitophilus oryzae*) mediante el método de contacto directo, se realizaron tres evaluaciones de observación directa correspondientes a 8, 16 y 24 horas después de aplicado los extractos.

TABLA 1

Resultados de evaluación 1 (8 horas). Resultados con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba Kruskal Wallis ($p > 0,05$). Fuente: elaboración propia.

Tratamiento	Método	Efectividad %
1	2	0a
1	1	0a
2	2	40ab
3	2	44ab
2	1	44ab
4	2	52bc
3	1	56bc
5	2	68c
5	1	68c
4	1	72c

En la evaluación 1 correspondiente al tiempo transcurrido de 8 horas se puede observar que el tratamiento 4 aplicado por el método de contacto directo tuvo un porcentaje mayor (78%) de efectividad que el insecticida comercial, este tratamiento corresponde a una dilución del extracto puro

en un porcentaje del 80% en extracto de *Gliricidia sepium*. En el método de superficie tratada el mejor tratamiento correspondiente a las diluciones del extracto para esta evaluación fue el tratamiento 4 con un porcentaje de efectividad del 52% una diferencia altamente marcada entre cada método de aplicación.

TABLA 2

Resultados de evaluación 2 (16 horas). Resultados con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba Kruskal Wallis ($p > 0,05$). Fuente: elaboración propia.

Tratamiento	Método	Efectividad %
1	2	0a
1	1	0a
2	2	40ab
2	1	48ab
3	2	52ab
4	2	56bc
3	1	76bcd
4	1	92cd
5	2	100d
5	1	100d

Una vez realizada la evaluación 2 después de transcurridas 16 horas se percibe un aumento en el tratamiento 4 bajo el método de contacto directo con un aumento al 92% en la efectividad observada.

TABLA 3

Resultados de evaluación 3 (24 horas). Fuente: elaboración propia. Resultados con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba Kruskal Wallis ($p > 0,05$).

Tratamiento	Método	Efectividad %
1	2	0a
1	1	0a
2	2	44ab
3	2	60ab
2	1	60ab
4	2	68bcd
3	1	84cd
4	1	92cd
5	2	100d
5	1	100d

En la evaluación 3 se identifica un aumento sustancial en el tratamiento 3 por el método directo con un 84%, el tratamiento 4 mantiene su efectividad en esta evaluación, manteniendo un aumento del 68%.

TABLA 4

Resultados de la efectividad en cada método en cada evaluación. Resultados con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba Kruskal Wallis ($p > 0,05$).

Método	Efectividad (%)		
	Evaluación 1	Evaluación 2	Evaluación 3
2	40,8a	49,6a	54,4a
1	48b	63,2b	67,2b

En el porcentaje de efectividad de los métodos se observa que, el método 1 (contacto directo) es el que mantiene un nivel de efectividad mayor al método 2, también se identifica que con el paso del tiempo esto aumenta de forma lineal.

DISCUSIÓN

Los resultados dieron resultados que, si se contrarrestan con estudios comparativos para evaluar el potencial insecticida de diversas plantas, revelando que *Cannabis indica* exhibió un porcentaje de afectación del 46,66% en *Sitophilus oryzae*, mientras que *Eclipta alba* mostró un 51,11%. Estas plantas también presentan un perfil citotóxico, similar al de *Gliricidia sepium*, según varios autores (Labbafi et al., 2021). Al comparar los perfiles citotóxicos de estas plantas con el de *Gliricidia sepium*, expuesto por diferentes autores, se observa una notable similitud en sus componentes toxicológicos (Wafaey et al., 2023).

En la selección del mejor tratamiento, se logra determinar que en el método de contacto directo los tratamientos 4 (92%), 3 (84%) y en el método de superficie tratada en los tratamientos 4 (68%), 3 (60%), todos en la evaluación 3 (24 horas), tienen unas diferencias significativas sobre el tratamiento 5 que es el comercial. Se encontraron resultados similares donde *A. Calamus* tiene un porcentaje de mortalidad en gorgojos adultos del cien por ciento. Esto mismo es confirmado posteriormente al encontrar que el polvo de *A. Calamus* es un efectivo plaguicida en cultivos de arroz en la etapa de cosecha (Rajeswari y Srinivasan, 2019; Rani et al., 2019).

La aplicación del método directo tiene una mayor eficiencia a comparación del método de superficie tratada, puesto que este primero, es principalmente utilizado en la industria insecticida, ya que este realiza un daño en la epidermis de los insectos (Centanaro et al., 2021). Mientras que el método de superficie tratada es mayormente utilizado en el control de plagas en campo, ya que este tiende a ser efectivo a sustancias o extractos que les permita adherirse o absorberse a una matriz (Uriña et al., 2019). Lo podemos comprobar en este estudio, con la diferencia de efectividad que muestra la Tabla 3, donde el método por contacto directo tiene una efectividad sobre *Sitophilus oryzae* de un 59,4% y el método de superficie tratada del 48,2%.

Los estudios realizados sobre la actividad insecticida de contacto del aceite esencial de *Launaea taraxacifolia* contra *Sitophilus oryzae* muestran valores medios de concentración letal para el contacto tópico con el aceite esencial de *Launaea taraxacifolia* en los que se evaluaron en un período de 120 horas, alcanzaron valores entre 54,38 $\mu\text{L/mL}$ (24 horas) y 10,10 $\mu\text{L/mL}$ (120 horas). La actividad insecticida del aceite esencial de *Launaea taraxacifolia* se puede atribuir a los componentes como limoneno (48,8%), sabineno (18,8%) y citronelal (11,0%), esta comparación se puede dar con la composición de *Gliricidia sepium* que en hojas tiene como componentes principales terpenos como el (*E*) hexadecatríne (16,9%) y pentadecanal (16%), que son asociados a su actividad antifúngica y tóxica (Alade et al., 2021). Lo que permite que *Gliricidia sepium* tenga efecto insecticida sobre diferentes insectos ya que la presencia de monoterpenos oxigenados y carburados tienen un efecto insecticida esto confirmado por estudios donde los compuestos que contienen oxígeno tienen una alta toxicidad por contacto, mientras que los compuestos de hidrocarburos tienen una alta toxicidad desinfectante. Cuando se probaron sus actividades insecticidas contra *Sitophilus oryzae* en trigo almacenado, se encontró que el transcinamaldehído era el compuesto más potente, con una tasa de mortalidad del 73,9% con una tasa de aplicación de 0,5 g/kg y una mortalidad completa (100%) en 1 y 5 g/kg después de 1 semana de tratamiento (Saad et al., 2018). Otras plantas con propiedades similares a *Gliricidia sepium* son *Cympogon citratus*, *Lantana camara*, *Artemisia camphorate* y

Imperata cylindrica, estas plantas en al contacto directo de sus extractos son letales para *Sitophilus oryzae* (Tawfeek et al., 2021).

Estudios recientes muestran que nicotina residual de los cigarrillos tiene un efecto insecticida, aunque este a comparación de los que se realizan de matrices biológicas tiene un rendimiento entre el 14% y 16% (Gudeta et al., 2021). El efecto insecticida que tiene *Gliricidia sepium* sobre *Sitophilus oryzae* puede contribuir a modificar la susceptibilidad y mecanismos de resistencias que han venido desarrollando los diferentes insectos plagas en granos y cereales, lo cual en latinoamérica ya está siendo un problema, principalmente en silos de arroz, maíz y otros cereales (Davila Medina et al., 2018).

CONCLUSIONES

El proceso de validar si el extracto de las hojas de *Gliricidia sepium* tenía un efecto insecticida se comprobó mediante la preparación de diferentes extractos, se logró definir teóricamente la razón por la cual esta planta cuenta con un potencial como insecticida botánico, se identificaron teóricamente cada uno de los componentes bioactivos que pueden llegar a aportar este efecto, mostrándonos que el porcentaje de efectividad de estos extractos sobrepasan el 40% en ambos métodos, siendo el método de contacto directo el más efectivo con un 59,4% de mortalidad efectiva sobre *Sitophilus oryzae*. La validación de los dos diferentes métodos de aplicación permitió que se llevará a cabo un análisis sobre la importancia de cómo debe aplicarse de forma correcta este producto.

El mejor tratamiento finalmente fue el 4, el cual mediante el método de contacto directo alcanzó una efectividad del 92%; mientras que mediante el método de superficie tratada su efectividad solo llegó al 68%. En la primera evaluación (8 horas) del tratamiento 4 utilizando el método de contacto directo, que se observa en la Figura 1, se evidenció una mayor tasa de efectividad en comparación al tratamiento 5. Esto se atribuye a la interacción entre los principios activos de *Gliricidia sepium* y los componentes activos del insecticida comercial.

La incorporación de nuevos bioinsecticidas contribuye a mejorar la rotación de insecticidas comerciales en industrias de cereales y granos. Estos permiten el cambio de los principios activos usados cotidianamente. También son vistos como una solución parcial al aumento de resistencias en diferentes insectos plagas, ya que sus distintos compuestos bioactivos evitan que los insectos generen resistencia rápidamente.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de los Llanos que fue nuestra financiadora principal, al programa de ingeniería agroindustrial que nos facilitó el acceso al conocimiento y a la información, al laboratorio polifuncional de ingeniería agroindustrial de la Universidad de los Llanos y al laboratorio de control biológico de ingeniería agronómica y al grupo y semillero de investigación Agroindustria y Desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alade, A., Aboaba, S., Satyal, P., y Setzer, W. (2021). Evaluation of chemical profiles and biological properties of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. volatile oils from Nigeria. *Natural Volatiles and Essential Oils*, 8(3), 34–43. <https://doi.org/10.37929/nveo.862407>
- Ang, A. M. G., Enot, M. M., Baltazar, G.J.D., Alinapon, C. V., Buncales, E. O., y Barbosa, G. B. (2019). Antioxidant and Cytotoxic Activity of the Leaf Ethanolic Extracts of *Tithonia diversifolia* and *Gliricidia sepium* from Bukidnon, Philippines. *Asian Journal of Biological and Life Sciences*, 8(1), 08–15. <https://doi.org/10.5530/ajbls.2019.8.2>
- Attia, M. A., Wahba, T. F., Shaarawy, N., Moustafa, F. I., Guedes, R. N. C., y Dewar, Y. (2020). Stored grain pest prevalence and insecticide resistance in Egyptian populations of the red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) and the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 87, 101611. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101611>
- Betancur, J. R., Silva, G. A., Rodríguez, J. C. M., Fischer, S. G., y Zapata, N. S. M. (2010). Actividad insecticida del aceite esencial de *Peumus boldus* Molina sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(3), 399–407.

- Centanaro Quiroz, P. H., Inga Campoverde, J. A., Carrasco Schuldt, Á. S., y Peña Haro, C. A. (2021). Efecto de tres insecticidas orgánicos en el control del pulgón verde (*Myzus persicae*); trips (*Frankliniella occidentalis*) en el cultivo de pimiento. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 5(40), 93–103. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol5iss40.2021pp93-103>
- Dal Bello, G., Padin, S., López Lastra, C., y Fabrizio, M. (2000). Laboratory evaluation of chemical-biological control of the rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in stored grains. *Journal of Stored Products Research*, 37(1), 77–84. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00009-6)
- Dalbon, V. A., Acevedo, J. P. M., Ribeiro Junior, K. A. L., Ribeiro, T. F. L., Da Silva, J. M., Fonseca, H. G., y Porcelli, F. (2021). Perspectives for synergic blends of attractive sources in south american palm weevil mass trapping: Waiting for the red palm weevil Brazil invasion. *Insects*, 12(9), 828. <https://doi.org/10.3390/insects12090828>
- Dávila Medina, M. D., Cerna Chávez, E., Aguirre Uribe, L. A., García Martínez, O., Ochoa Fuentes, Y. M., Gallegos Morales, G., y Landeros Flores, J. (2018). Susceptibilidad y mecanismos de resistencia a insecticidas en *Bactericera cockerelli* (Sulc.) en Coahuila, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6), 1145–1155. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i6.1365>
- Fields, P., y Korunic, Z. (2000). The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 36(1), 1–13. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(99\)00021-1](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(99)00021-1)
- Gudeta, B., Solomon, S., y Ratnam, M. V. (2021). Bioinsecticide production from cigarette wastes. *International Journal of Chemical Engineering*, 2021(1), 4888946. <https://doi.org/10.1155/2021/4888946>
- Labbafi, M., Ahvazi, M., Khalighi-Sigaroodi, F., Khalaj, H., Ahmadian, S., Tajabadi, F., y Amini, S. (2021). Essential oil bioactivity evaluation of the different populations of *Cupressus* against adult rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.). *Journal of Medicinal Plants*, 20(77), 79–92. <https://doi.org/10.52547/jmp.20.77.79>
- Lara, J., Martínez-Hernández, A., y Pech-Chuc, C. M. (2019). Control microbiano de plagas en el sureste mexicano: Cinco años de servicio de la unidad de producción de bioinsecticidas (UPBIO®). *Agro Productividad*, 12(10), 65–66. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1528>
- Liu, T. T., Chao, L. K. P., Hong, K. S., Huang, Y. J., y Yang, T. S. (2020). Composition and insecticidal activity of essential oil of *Bacopa caroliniana* and interactive effects of individual compounds on the activity. *Insects*, 11(1), 23. <https://doi.org/10.3390/insects11010023>
- Londoño, E. M., y Martínez-Miranda, M. M. (2017). Aflatoxinas en alimentos y exposición dietaria como factor de riesgo para el carcinoma hepatocelular. *Biosalud*, 16(1), 53–66. <https://doi.org/10.17151/biosa.2017.16.1.7>
- Luna, A., Lomeli-Flores, J. R., Rodríguez-Leyva, E., Tovar-Hernández, H., Vanegas-Rico, J. M., y Murillo-Hernández, J. E. (2018). Toxicidad de un insecticida botánico sobre *Bombus impatiens*, *Apis mellifera*, *Chrysoperla carnea* y *Orius insidiosus*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7), 1423–1433. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.851>
- Ndindeng, S. A., Candia, A., Mapiemfu, D. L., Rakotomalala, V., Danbaba, N., Kulwa, K., y Futakuchi, K. (2021). Valuation of rice postharvest losses in Sub-Saharan Africa and its mitigation strategies. *Rice Science*, 28(3), 212–216. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2021.04.001>
- Neethirajan, S., Karunakaran, C., Jayas, D. S., y White, N. D. G. (2007). Detection techniques for stored-product insects in grain. *Food Control*, 18(2), 157–162. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.09.008>
- Owolabi, M. S., Ogundajo, A. L., Alafia, A. O., Ajelara, K. O., y Setzer, W. N. (2020). Composition of the essential oil and insecticidal activity of *Launaea taraxacifolia* (Willd.) Amin ex C. Jeffrey growing in Nigeria. *Foods*, 9(7), 914. <https://doi.org/10.3390/foods9070914>
- Parra, R. I., Flórez G. S., y Rodríguez, D. (2022). *La Competitividad De La Cadena Del Arroz En Colombia Un Compromiso Con El Bienestar Del Agricultor*. Fedesarrollo. <http://hdl.handle.net/11445/4237>
- PlantwisePlus Knowledge Bank. (2021). *Sitophilus oryzae* (lesser grain weevil). <https://doi.org/10.1079/pwkb.species.10887>

- PlantwisePlus Knowledge Bank. (2022). *Gliricidia sepium* (*gliricidia*). <https://doi.org/10.1079/pwkb.species.25380>
- Rajeswari, R. y Srinivasan M. R. (2019). Efficacy of different botanicals against Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) in stored paddy seeds. *Madras Agricultural Journal*, 106 (7-9), 533-536. <http://dx.doi.org/10.29321/MAJ.2019.000299>
- Rani, S. S., Justin, C. G. L., Gunasekaran, K., y Joyce, S. S. (2019). Efficacy of green synthesized silver nanoparticle, plant powders and oil against rice weevil *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) on sorghum seeds. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(5), 38-42.
- Ross, P. R., Pugazhvendan, S. R., Elumalai, K., y Soundararajan, M. (2009). Repellent activity of chosen plant species against *Tribolium castaneum*. *World Journal of Zoology*, 4(3), 188-190.
- Saad, M. M. G., Abou-Taleb, H. K., y Abdelgaleil, S. A. M. (2018). Insecticidal activities of monoterpenes and phenylpropenes against *Sitophilus oryzae* and their inhibitory effects on acetylcholinesterase and adenosine triphosphatases. *Applied Entomology and Zoology*, 53(2), 173-181. <https://doi.org/10.1007/s13355-017-0532-x>
- Stadler, T., Buteler, M., y Weaver, D. K. (2010). Nano insecticidas: Nuevas perspectivas para el control de plagas. *Revista de La Sociedad Entomológica Argentina*, 69(3-4), 149-156.
- Sugri, I., Abubakari, M., Owusu, R. K., y Bidzakin, J. K. (2021). Postharvest losses and mitigating technologies: evidence from Upper East Region of Ghana. *Sustainable Futures*, 3, 100048. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2021.100048>
- Tawfeek, M. E., Ali, H. M., Akrami, M., y Salem, M. Z. M. (2021). Potential insecticidal activity of four essential oils against the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *BioResources*, 16(4), 7767-7783. <https://doi.org/10.15376/biores.16.4.7767-7783>
- Umina, P. A., McDonald, G., Maino, J., Edwards, O., y Hoffmann, A. A. (2019). Escalating insecticide resistance in Australian grain pests: contributing factors, industry trends and management opportunities. *Pest Management Science*, 75(6), 1494-1506. <https://doi.org/10.1002/ps.5285>
- Uriña, M. M., Peña Haro, C. A., Centanaro Quiroz, P. H., y Damian Quito, L. F. (2019). Respuesta agronómica del cultivo de maíz (*Zea mays*): aplicación de insecticidas para el control del vector de la cinta roja (*Spiroplasma kunkellii*). *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 3(27), 21-28. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol3iss27.2019pp21-28>
- Wafaey, A.A., El-Hawary, S.S., Kirolos, F.N., y Abdelhameed, M.F. (2023). An overview on *Gliricidia sepium* in the pharmaceutical aspect: A review article. *Egyptian Journal of Chemistry*, 66(1), 479-496. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2022.129184.5713>
- Wang, X., Lou, L., y Su, J. (2019). Prevalence and stability of insecticide resistances in field population of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) from Huizhou, Guangdong Province, China. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(3), 728-732. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.05.009>
- Zelaya, L. X., Chávez-Díaz, I. F., De los Santos-Villalobos, S., Cruz-Cárdenas, C. I., Ruíz-Ramírez, S., y Rojas-Anaya, E. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 27, 69-79. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3251>