

Alternativa sostenible para el control de plagas patrimoniales: acción insecticida de aceites esenciales frente a *Tenebrio molitor* L.

Guadalupe C. Cappellano^{1*}, Mariana V. Revuelta^{2,3}, Sandra Gómez-de-Saravia^{2,4}, María F. Rossi Batiz⁵

¹ Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

² Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas (CIDEPINT), CIC-CONICET-UNLP. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

³ Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina.

⁴ Universidad Nacional Arturo Jauretche. Buenos Aires, Argentina.

⁵ División Entomología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

* Autor a quien dirigir la correspondencia: guadalupecappellano27@gmail.com

Resumen

Este estudio se centró en evaluar la eficacia insecticida de aceites esenciales (AE) de *Thymus mastichina* (tomillo blanco) y *Cannabis sativa* (cannabis) de cepas locales CAT 1 y CAT 3 frente al insecto plaga *Tenebrio molitor*. El ensayo se extendió durante 30 días, monitoreando la mortalidad y el desarrollo de las larvas en cada grupo de tratamiento. Los resultados muestran una variabilidad significativa en efectividades de los aceites. El aceite de tomillo demostró ser el más eficaz, logrando una mortalidad del 100 %. En contraste, el aceite CAT 3 no presentó ningún efecto insecticida, ya que todas las larvas sobrevivieron y alcanzaron la etapa adulta. Finalmente, el aceite CAT 1 mostró un efecto intermedio: aunque la mortalidad fue baja (20 %), el 40 % de las larvas se vieron afectadas en su desarrollo, sin lograr completar su ciclo vital en el período del ensayo. Estos resultados convierten a los AE ensayados en una opción prometedora para su uso en recubrimientos de muros y mobiliario contra el daño de insectos, contribuyendo a la conservación del patrimonio cultural.

Sustainable alternative for the control of heritage pests: insecticidal action of essential oils against *Tenebrio molitor* L.

Summary

This study focused on evaluating the insecticidal efficacy of essential oils (EOs) of *Thymus mastichina* (white thyme) and *Cannabis sativa* (cannabis) from local strains CAT 1 and CAT 3 against the pest insect *Tenebrio molitor*. The trial was extended for 30 days, monitoring the mortality and development of larvae in each treatment group. The results show significant variability in the effectiveness of the oils. Thyme oil proved to be the most effective, achieving 100 % mortality. In contrast, CAT 3 oil did not present any insecticidal effect, since all larvae survived and reached the adult stage. Finally, CAT 1 oil showed an intermediate effect: although mortality was low (20 %), 40 % of the larvae were affected in their development, failing to complete their life cycle during the trial period. These results make the tested EOs a promising option for use in wall and furniture coatings against insect damage, contributing to the conservation of cultural heritage.

Introducción

Las plantas son organismos capaces de sintetizar compuestos que están directa o indirectamente implicados en la defensa frente a insectos plaga (Hartmann, 2007; Böttger y col., 2018) y que representan una buena alternativa al uso de insecticidas sintéticos debido a su baja toxicidad, naturaleza biodegradable y sostenibilidad (Koul y col., 2008).

Los insecticidas sintéticos y la fumigación son métodos eficaces en el control de insectos presentes en productos almacenados, bibliotecas y archivos. Sin embargo, el uso excesivo de estos insecticidas químicos provoca problemas indeseables en los seres humanos, contaminación del medio ambiente y resistencia de las plagas en cuestión (Yela, 1997;

Palabras clave: aceites esenciales — insecticidas

Key words: essential oils — insecticides

Kedia y col., 2014). Por lo tanto, es relevante desarrollar y estudiar alternativas sostenibles para combatir a los insectos plaga y así controlar el biodeterioro entomológico. Los productos naturales obtenidos de plantas, tales como los aceites esenciales, han demostrado efectos letales y subletales en un amplio espectro de organismos (bacterias, hongos, algas, insectos, etc). Estos productos, compuestos químicamente por monoterpenos, fenoles y sesquiterpenos (Isman, 2006) y presentan múltiples acciones para el control de plagas como toxicidad, repelencia, alimentación y disuasión de la oviposición (Isman y col., 2007; Issepi y col., 2019; Mediavilla y col., 1997). Además, son una alternativa amigable con el medio ambiente.

Tenebrio molitor (Tenebrionidae: Coleoptera) es una especie de insecto cosmopolita, considerada una importante plaga de productos almacenados y piezas de colecciones de estudio, tales como cereales y sus derivados, frutos secos, carne seca, harinas y huesos, pudiendo representar un importante agente de biodeterioro en objetos de naturaleza orgánica, tales como pieles, cueros, tejidos blandos deshidratados y esqueletos (Holden y col., 2013; Jara y Urra, 2022). En su desarrollo pasa por los estados de huevo, larva (9 a 20 estadios), pupa y adulto y el tiempo total de vida varía entre 90 y 120 días según la temperatura, calidad y disponibilidad de alimento, densidad poblacional, canibalismo y enemigos naturales (Cotton, 1927; Cotton y George, 1929).

Los huevos son de coloración amarillento, las larvas castaño-glabras, las pupas blanco amarillento y los adultos castaño oscuro con antenas moniliformes y un tamaño promedio de 1,5 cm (Linnaeus, 1758) (Figura 1).

Al igual que otras especies de tenebriónidos, en mayor medida son controlados mediante la aplicación de insecticidas sintéticos comerciales, que pueden ocasionar graves problemas a la salud humana y al ambiente, como también propiciar la generación de poblaciones resistentes debido a la continua exposición a dichos insecticidas (Dermauw y col., 2018). Por esta razón, resulta fundamental avanzar hacia el desarrollo de nuevas tecnologías ecológicas que puedan ser utilizadas en el control de este tipo de plagas.

Existe una vasta bibliografía sobre el uso de aceites esenciales como fuentes naturales con capacidad biocida que contribuyen en el control integrado de insectos plaga de diversos productos agropecuarios (Ben Amar y col., 2006; Cantó-Tejero y col., 2017; Koul y col., 2008). Sin embargo, la bibliografía es muy escasa en el área del control de plagas que afecta el patrimonio cultural.

Por consiguiente, teniendo en consideración la importancia que posee la especie y, dada la posibilidad de criar ejemplares bajo condiciones controladas, se realizó el presente ensayo con el objetivo de evaluar la actividad biocida de aceites esenciales de "tomillo blanco" *Thymus mastichina* y "cannabis" *Cannabis sativa* frente a larvas de *T. molitor*, a fin de incorporar estos componentes en recubrimientos protectores que puedan ser aplicados sobre muros y mobiliario en los que se guardan los materiales y piezas de valor.

Figura 1.- Estadios de *Tenebrio molitor*



De izquierda a derecha: adulto *, pupa, larva de último estadio. * Adaptado de Mori (1990). Escala: 1cm.

Materiales y Métodos

Se emplearon dos aceites esenciales en los ensayos experimentales: uno de tomillo blanco y otro de cannabis, obtenido a partir de las cepas locales CAT 1 y CAT 3.

Los ejemplares del último estadio larval de *T. molitor* fueron provistos por un criadero localizado en la localidad de Avellaneda (Buenos Aires). La verificación de la identificación taxonómica del insecto se realizó en el Laboratorio de Entomología del Museo de La Plata, empleando literatura especializada (Linnaeus, 1758).

Este estudio se centró en evaluar la eficacia insecticida de diferentes aceites esenciales contra las larvas del escarabajo de la harina, *T. molitor*. El ensayo se extendió durante 30 días, monitoreando la mortalidad y el desarrollo de las larvas en cada grupo de tratamiento.

Se dispusieron 50 larvas del último estadio en placas de Petri de 10 cm de diámetro con alimento (15 g de harina de trigo por cápsula). En la base de cada placa se colocó un papel de filtro (2,5 x 2,5 cm) embebido con 150 µl. Se realizaron cinco réplicas de cada aceite y dos de control (una con papel sin impregnar con aceite y otra con papel embebido en etanol 70 %) (Figura 2)

Dadas las características de su desarrollo y experiencias de cría previas (Castro-León y col., 2017; Rossi Batiz y col., 2025), se brindaron condiciones óptimas de cría bajo

Figura 2.- Disposición general de las placas ensayadas



Cápsulas con ejemplares de *Tenebrio molitor* en estado de larva.

Tabla 1.- Resultados del ensayo de eficacia insecticida de aceites esenciales

Aceite esencial	Individuos ensayados	Mortalidad	Supervivencia	Metamorfosis de Pupa/Adulto
Tomillo	5	100	0	0
CAT 1	5	20	40	40
CAT 3	5	0	100	100

control para evitar, en la medida de lo posible, muertes por factores desfavorables. Se mantuvieron las cápsulas a una temperatura de 25 ± 2 °C y oscuridad parcial. La humedad dentro de las cápsulas fue mantenida mediante el agregado de trozos de 2 cm³ de verdura cruda (papa o zanahoria) que se repuso cada 72 hs. No se controló la humedad ambiental porque no se consideró excesiva en ningún momento del ensayo.

El procedimiento experimental tuvo una duración de 30 días. A lo largo de este periodo, se monitoreó diariamente el progreso de las larvas con cada tratamiento para registrar la mortalidad y los cambios en su ciclo de vida. Además, se mantuvo una rutina de reposición de alimento para asegurar condiciones óptimas de crecimiento.

Resultados

Los resultados obtenidos luego de transcurrir 30 días de ensayo se muestran en la tabla 1.

Los resultados evidencian que, para el tomillo blanco, la efectividad fue del 100 %, ya que las 5 larvas de *T. molitor* murieron en forma instantánea. En cuanto al CAT 1, la efectividad fue parcial, con resultados variados: 20 % de mortalidad (1 larva muerta), 40 % de individuos que sobrevivieron (2 larvas vivas) y 40 % de individuos que lograron pupar (1 pupa y 1 adulto). Respecto al CAT 3, no hubo efectividad insecticida, ya que el 100 % de los individuos sobrevivieron, alcanzando el estadio adulto. En todos los casos, el ensayo control se observó un 100 % de supervivencia, alcanzando el estadio adulto.

En relación con la alimentación, se observó que las larvas consumieron la harina de trigo y, en el caso de los ejemplares de control, los adultos inclusive comieron los papeles de filtro.

Discusión y conclusiones

Los resultados de nuestro ensayo confirman que los aceites esenciales son una alternativa prometedora para el control de plagas, en línea con los hallazgos de otros investigadores. La alta letalidad observada con el aceite de tomillo (100 % de mortalidad) se alinea con estudios que demuestran las potentes propiedades insecticidas de los aceites esenciales. Por ejemplo, Pino-Benítez y col. (2023) obtuvieron

resultados satisfactorios con aceites de diversas plantas, lo que refuerza la idea de que estos compuestos poseen una actividad biológica considerable contra los insectos.

Además de la letalidad, el efecto del aceite CAT 1 sobre el desarrollo de las larvas es particularmente relevante. Aunque la mortalidad fue baja (20 %), el 40 % de los individuos no completaron su ciclo vital en el tiempo esperado, lo que sugiere que este aceite interrumpe la metamorfosis. Este tipo de efecto subletal es una característica importante de los aceites esenciales. De hecho, los hallazgos de Fernández-Ruiz y col. (2018) sobre el aceite de "palo santo" *Bursera graveolens*, corroboran este punto. Dicho estudio no solo encontró propiedades letales, sino también excelentes propiedades repelentes contra coleópteros, lo que podría explicar el letargo y la tendencia a agruparse observados en las larvas de CAT 1 y CAT 3. Este comportamiento indica una respuesta a un irritante, lo que sugiere que incluso los aceites que no causan mortalidad inmediata pueden tener un efecto significativo en el comportamiento y desarrollo de la plaga. Similar comportamiento, nuevamente, fue observado en estudios previos del grupo de investigación (Rossi Batiz y col., 2025), los que mostraron que aceites esenciales de "árbol de té" *Camellia sinensis*, "lavandín" *Lavandula híbrida* y "ajedrea" *Satureja montana* contra el insecto plaga *T. molitor* ejercieron una notable influencia en la reproducción de los insectos, ya que impidieron que los adultos produjeran posturas viables.

La variabilidad en la eficacia, desde la alta letalidad del tomillo hasta la falta de efecto del CAT 3, es consistente con la literatura. La composición química de cada aceite es única, y esto determina su actividad biológica. Por lo tanto, mientras que el aceite de tomillo se destaca como un candidato para el control de plagas letal, el CAT 1 podría ser investigado más a fondo por su capacidad de perturbar el desarrollo, ofreciendo una estrategia de control diferente pero igualmente valiosa.

Los resultados de este trabajo son meritorios porque se alinean con la creciente tendencia global de evitar el uso de insecticidas tóxicos. La investigación demuestra que los aceites esenciales actúan como una alternativa biocida ecológica y prometedora para futuras estrategias de control de plagas.

Se concluye que estos aceites, como el de "tomillo blanco", podrían ser integrados en recubrimientos protectores con actividad insecticida. Esta estrategia innovadora no solo contribuye a la protección de distintos acervos de valor patrimonial contra el deterioro entomológico, sino que también promueve prácticas de conservación más seguras

y sostenibles. Este enfoque es crucial para el diseño de soluciones de conservación que sean respetuosas tanto con los materiales como con los usuarios.

Agradecimientos

A las siguientes instituciones por el financiamiento otorgado: Comisión de Investigaciones Científicas, proyecto IP 2023-2024 (CICPBA) y Universidad Nacional de La Plata, proyectos (11/I268 y PPID N046).

Al grupo de investigación del CIM, UNLP-CONICET a cargo de los Investigadores Darío Andrinolo y Daniela Sedán por brindarnos gentilmente los aceites de *Cannabis sativa* (CAT 1 y CAT3).

Referencias bibliográficas

- Böttger, A.; Vothknecht, U.; Bolle, C.; Wolf, A. (2018). "Plant secondary metabolites and their general function in plants" in *Lessons on Caffeine, Cannabis & Co. Plant-derived drugs and their interaction with Human Receptors*, 3-17. Springer, Switzerland.
- Ben Amar, M. (2006). "Cannabinoids in medicine: A review of their therapeutic potential". *Journal of Ethnopharmacology* 105: 1-25.
- Cantó-Tejero M., Guirao P., Pascual-Villalobos M. (2017). "El uso de aceites esenciales como insecticidas y repelentes de pulgones". *Boletín SEEA n° 2*, 17-18.
- Castro-León, C.A.; Cervantes-Mayagoitia, J.F.; Schettino-Bermúdez, B.S.; Noguera-Hernández, N. (2017). "Comparación de cinco dietas alimenticias en la cría de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae)". *Entomología Mexicana* 4: 616-620.
- Cotton, R.T. (1927). "Notes on the biology of the mealworms *Tenebrio molitor* Linné and *T. obscurus* Fab". *Annals of the Entomological Society of America* 20: 81-86.
- Cotton, R.T.; St George, R.A. (1929). "The mealworms". *Technical Bulletins, United States Department of Agriculture* 95: 1-37.
- de Mori, F. (1990). "Réalisation office de coopération et d'information muséographiques et muséum d'histoire naturelle". Pour le compte du ministère de l'Éducation nationale, de la jeunesse et des sports. Direction de la programmation et du développement universitaire (Mission Musées).
- Dermauw, W.; Pym, A.; Bass, C.; Van Leeuwen, T.; Feyereisen, R. (2018). "Does host plant adaptation lead to pesticide resistance in generalist herbivores?" *Current Opinion in Insect Science* 26: 25-33.
- Fernández-Ruiz, M.; Yepes-Fuentes, L.; Tirado-Ballestas, I.; Orozco, M. (2019). "Actividad repelente del aceite esencial de *Bursera graveolens* Jacq. ex L., frente *Tribolium castaneum* Herbst, 1797 (Coleoptera: Tenebrionidae)". *Anales de Biología* 40: 87-93. <http://dx.doi.org/10.6018/analesbio.40.10>
- Hartmann, T. (2007). "From waste products to ecochemicals: fifty-year research of plant secondary metabolism". *Phytochemistry* 68: 2831-2846.
- Holden, A.R.; Harris, J.M.; Timm, R.M. (2013). "Paleoecological and taphonomic implications of insect damaged pleistocene vertebrate remains from Rancho La Brea, Southern California". *Plos One* 8(7): 1-9.
- Isman, M.B. (2006). "Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world". *Annual Review of Entomology* 51: 45-66.
- Isman, M.B.; Akhtar, Y. (2007). "Plant Natural Products as a Source for Developing Environmentally Acceptable Insecticides" en Ishaaya, N.; Horowitz, A.R. (eds.) *Insecticides Design Using Advanced Technologies* Cap 10. Springer. Berlin: 235-248. https://doi.org/10.1007/978-3-540-46907-0_10
- Jara, D.; Urra, F. (2022). "Uso de *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) como agente biológico para la limpieza de osamentas de pequeños vertebrados". *Revista Chilena de Entomología* 48(3): 505-509.
- Kedia, A.; Prakash, B.; Mishra, P.K.; Chanotiya, C.S.; Dubey, N.K. (2014). "Antifungal, antiaflatoxigenic, and insecticidal efficacy of spearmint (*Mentha spicata* L.) essential oil". *International Biodeterioration & Biodegradation* 89: 29-36.
- Koul, O.; Walia, S.; Dhaliwal, G.S. (2008). "Essential oils as green pesticides: potential and constraints". *Biopesticides International* 4(1): 63-84.
- Linnaeus, C. (1758). "Systema Naturae per regna tria naturæ, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis". Tomus I. Editio decima, reformata. Holmiæ: impensis direct. Laurentii Salvii, i-ii, 1-824.
- Mediavilla V., Steinemann S. (1997). "Essential oil of *Cannabis sativa* L. strains". *Journal of the International Hemp Association* 4 (2): 82-84.
- Pino-Benítez, N.; Torralbo-Cabrera, Y.P.; Stashenko, E.E. (2023). "Actividad repelente e insecticida de cuatro aceites esenciales de plantas recolectadas en Chocó-Colombia contra *Tribolium castaneum*". *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*: 568-576. ISSN 0717 7917.
- Rossi Batiz, M.F.; Revuelta, M.V.; Gómez de Saravia, S.G. (2025). "Acción biocida de aceites esenciales frente al insecto plaga *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae)". *Revista Chilena de Entomología* 51(1): 51-56.
- Yela, J.L. (1997). "Insectos causantes de daños al patrimonio histórico y cultural: caracterización, tipos de daño y métodos de lucha (Arthropoda: Insecta)". *Bol. Sociedad Entom. Aragonesa* 20: 111-122.