

TRABAJO

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD INSECTICIDA BOTÁNICO DE *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze (Lamiales: Lamiaceae) SOBRE *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) Y SU PERFIL FITOTÓXICO Y CITOTÓXICO

EVALUATION OF THE BOTANICAL INSECTICIDAL ACTIVITY OF *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze (Lamiales: Lamiaceae) ON *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Chrysomelidae) AND ITS PHYTOTOXIC AND CYTOTOXIC PROFILE

Rivera Funes, M. del C.¹, Cari, A. Y¹ y Leaño, M. C.²

¹ Laboratorio de Análisis Genético (LAG). Cátedra de Genética. Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu

² Cátedra de Bioestadística y Diseño Experimental. Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu

*Autor para correspondencia:
maria_rviera@funes@fca.unju.edu.ar

Período de Publicación:
Junio 2026

Historial:
Recibido: Marzo 2026
Aceptado: Junio 2026

RESUMEN

En este estudio se evaluó el potencial insecticida de infusiones de *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze ("muña muña") sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say), así como su seguridad y concentración toxicológica mediante bioensayos en *Lactuca sativa* L. y *Allium cepa* L. Se prepararon infusiones acuosas de *C. gilliesii* (Benth.) Kuntze a diferentes concentraciones (5, 15, 30, 40, 80 g L⁻¹), junto a controles negativo (agua destilada) y positivo (EDTA). Se determinó el porcentaje de inhibición de la germinación en *L. sativa* L., el índice mitótico en *A. cepa* L. Posteriormente, se seleccionaron concentraciones de 80, 100 y 120 g L⁻¹ de *C. gilliesii* (Benth.) Kuntze para evaluar su actividad insecticida sobre adultos de *A. obtectus* (Say) tras un periodo de exposición de 24 horas. Los datos fueron analizados con Kruskal-Wallis y comparaciones múltiples ($p < 0,05$). Los resultados mostraron un efecto dosis-dependiente en todos los ensayos: en *L. sativa* L., la inhibición de germinación aumentó desde 3% (5 g L⁻¹) hasta 96% (80 g L⁻¹); en *A. cepa* L., el índice mitótico se redujo desde 15,6% (5 g L⁻¹) hasta 1,04% (80 g L⁻¹). La concentración de 5 g L⁻¹ no presentó diferencias significativas con el control negativo en los bioensayos vegetales, identificándose como umbral de seguridad. En el ensayo insecticida, la mortalidad de *A. obtectus* (Say) alcanzó 58% a 100 g L⁻¹ y 85% a 120 g L⁻¹, con diferencias significativas respecto al control negativo. Se concluye que *C. gilliesii* (Benth.) Kuntze posee actividad insecticida promisorio sobre *A. obtectus* (Say) y que la concentración de 100 g L⁻¹ es la que ofrece mejor balance entre eficacia y seguridad toxicológica.

Palabras claves: *Allium cepa*, índice mitótico, *Lactuca sativa*, umbral de seguridad

SUMMARY

This study evaluated the insecticidal potential of *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze ("muña muña") infusions against *Acanthoscelides obtectus* (Say), as well as their safety and toxicological concentration, using bioassays on *Lactuca sativa* L. and *Allium cepa* L. Aqueous infusions of *C. gilliesii* (Benth.) Kuntze were prepared at different concentrations (5, 15, 30, 40, 80 g L⁻¹), along with negative (distilled water) and positive (EDTA) controls. The percentage of germination inhibition in *L. sativa* L. and the mitotic index in *A. cepa* L. were determined. Subsequently, concentrations of 80, 100, and 120 g L⁻¹ of *C. gilliesii* (Benth.) Kuntze were selected to evaluate their insecticidal activity against adult *A. obtectus* (Say) after a 24-hour exposure period. Data were analyzed using the Kruskal-Wallis test and multiple comparisons ($p < 0.05$). Results showed a dose-dependent effect in all assays: in *L. sativa* L., germination inhibition increased from 3% (5 g L⁻¹) to 96% (80 g L⁻¹); in *A. cepa* L., the mitotic index decreased from 15.6% (5 g L⁻¹) to 1.04% (80 g L⁻¹). The concentration of 5 g L⁻¹ showed no significant differences compared to the negative control in the plant bioassays, and was identified as the safety threshold. In the insecticide assay, mortality of *A. obtectus* (Say) reached 58% at 100 g L⁻¹ and 85% at 120 g L⁻¹, with significant differences compared to the negative control. It is concluded that *C. gilliesii* (Benth.) Kuntze has promising insecticidal activity against *A. obtectus* (Say), with the concentration of 100 g L⁻¹ offering the best balance between efficacy and toxicological safety.

Keywords: *Allium cepa*, mitotic index, *Lactuca sativa*, safety threshold

INTRODUCCIÓN

La agricultura constituye el principal motor de crecimiento económico para los países en desarrollo. En América Latina, este sector ha experimentado una notable expansión en las últimas décadas, impulsado por una creciente demanda mundial de alimentos y bioproductos (García, Pérez & Salcedo, 2020). En este contexto, Argentina desempeña un papel estratégico, donde el sector agrícola no solo es vital para la economía nacional, sino también para la sustentabilidad de las economías regionales.

Un cultivo de gran relevancia en este escenario es el poroto común *Phaseolus vulgaris* L., cuya producción se destaca en el Noroeste Argentino por sus altos rendimientos (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca [MAGyP], 2023). Sin embargo, la sustentabilidad de esta producción se ve amenazada tras la cosecha, durante el almacenamiento. Los granos quedan expuestos al ataque de plagas que pueden deteriorar su calidad y reducir significativamente los volúmenes disponibles, una problemática que a nivel mundial representa pérdidas de 5% y el 10% de la producción total de granos (Permuy Abeleira, Chaveco Pérez, González Ferrer, García Sánchez y Hidalgo Figueroa, 2008)

Para el poroto almacenado, la amenaza más destructiva es el brúquido del poroto, *Acanthoscelides obtectus* (Say), plaga capaz de provocar pérdidas que superan el 20% de la producción. Su éxito biológico se sustenta en una bioecología altamente eficiente: bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad, su ciclo vital se completa en aproximadamente 30 días, lo que permite el desarrollo de seis o más generaciones anuales que transcurren de manera continua tanto en el cultivo en campo como en el grano almacenado. Esta elevada capacidad reproductiva, sumada a su aptitud para entrar en diapausa y

su resistencia a condiciones adversas, posiciona a este insecto como un desafío fitosanitario complejo para la sustentabilidad de la producción leguminosa (Armenta López, 2024).

Acanthoscelides obtectus presenta una notable adaptabilidad estacional y reproductiva que lo consolida como un desafío fitosanitario complejo debido a su capacidad de entrar en diapausa y su alta tasa de multiplicación. Su comportamiento biológico incluye una fase de inactividad invernal dentro de la semilla y una dispersión bifásica en primavera hacia cultivos y almacenes (Gallardo *et al.*, 2022).

La estrategia de oviposición de esta plaga se adapta al entorno: en el campo, las hembras perforan las vainas, mientras que en el almacenamiento depositan hasta 200 huevos directamente sobre el grano. El daño al endospermo es irreversible provocado por la especialización morfológica de la larva (oligopoda en el 1er estadio), la cual penetra la testa en su fase móvil para luego transformarse en una larva ápoda de hábito alimenticio interno. El ciclo de vida, caracterizado por su alta eficiencia, culmina tras una fase de pupa con la emergencia del adulto o imago, el cual reinicia el ciclo infectivo que puede generar más de seis generaciones anuales (Gallardo *et al.*, 2022).

La gestión de *A. obtectus* constituye un desafío fitosanitario complejo, debido principalmente por su capacidad destructiva en el poroto almacenado y su resistencia a condiciones adversas. Dado que el control químico convencional presenta severas limitaciones derivadas de su impacto ambiental y los riesgos críticos para la salud humana (Medina, 2021), resulta imperativo el desarrollo de alternativas sostenibles. En este escenario, los insecticidas botánicos emergen como una solución estratégica y biodegradable, alineada con los principios del manejo integrado de plagas y la seguridad alimentaria. Particularmente, las infusiones de *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze, conocida como “muña muña” se posicionan como una alternativa promisorio por su biodegradabilidad y baja toxicidad reportada para mamíferos (Lizana & Riva, 2021; Allen & Thomas, 2021). No obstante, para que esta opción sea viable, su validación científica debe integrar evaluaciones sistemáticas de seguridad fitotóxica y citotóxica mediante bioensayos estandarizados, garantizando así que las dosis efectivas para el control de la plaga no representen un riesgo para el entorno ambiental.

En este sentido, la determinación de la citotoxicidad utilizando indicadores biológicos sensibles como *Allium cepa* L. (cebolla) y *Lactuca sativa* L. (lechuga) resulta fundamental para validar la seguridad de nuevos insecticidas botánicos. La selección de estos modelos se justifica científicamente por su estandarización internacional, bajo costo y alta sensibilidad, permitiendo una visión integral de la toxicidad. Estos bioensayos proporcionan evidencia directa sobre los efectos potenciales de las concentraciones efectivas, permitiendo detectar desde la inhibición de la germinación hasta daños a nivel celular y alteraciones en el índice mitótico. Evaluar la inocuidad de las infusiones de *C. gilliesii* mediante metodologías estandarizadas, como el test de germinación y el test de *Allium*, asegura que las dosis aplicadas resulten seguras para el entorno agrícola, respaldando su implementación dentro de un marco de manejo integrado de plagas sostenible (Hernández Martínez *et al.*, 2016).

El objetivo general de este trabajo fue evaluar el potencial insecticida de las infusiones de *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) y determinar su seguridad fitotóxica y citotóxica mediante indicadores vegetales. Como objetivos específicos se plantearon: i) evaluar concentraciones citotóxicas en extractos de *C. gilliesii* mediante los indicadores *L. sativa* y *A. cepa*; ii) Determinar la eficacia biológica del extracto mediante el análisis del porcentaje de mortalidad de adultos de *A. obtectus* en condiciones de almacenamiento; y iii) evaluar el comportamiento del insecto adulto en respuesta a la concentración efectiva de *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze .

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar y enfoque de la investigación La presente investigación se ejecutó en el Laboratorio de Análisis Genético de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy. El estudio se enmarca

dentro del enfoque cuantitativo con alcance exploratorio-descriptivo y comparativo, orientado a evaluar el potencial bioplaguicida de *C. gilliesii* sobre el brúquido del poroto (*A. obtectus*), así como su seguridad toxicológica inicial. El diseño de investigación corresponde al transversal-comparativo, evaluando los efectos de diferentes concentraciones sobre las variables de respuesta biológica: porcentaje de inhibición de germinación en *L. sativa*, índice mitótico (IM) en *A. cepa* y mortalidad de adultos de *A. obtectus*.

Material Vegetal Los ejemplares de la especie vegetal *C. gilliesii* fueron adquiridos en el comercio de plantas medicinales. La denominación y nomenclatura de la especie fue verificada y validada utilizando las bases de datos en línea de la Flora Argentina (Instituto de Botánica Darwinion [IBODA], s.f.a) y el Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (IBODA, s.f.b).

Para la obtención de las infusiones, se utilizaron erlenmeyers previamente esterilizados en autoclave. Se pesaron las partes aéreas (hojas y flores) de la planta de acuerdo con las concentraciones requeridas para los bioensayos: 5, 15, 30, 40, 80 g L⁻¹ (para el ensayo *L. sativa* y *A. cepa*) 80, 100 y 120 g L⁻¹ (para el ensayo *A. obtectus*). Posteriormente, se añadió agua destilada a temperatura de ebullición sobre el material vegetal pesado y se dejó reposar durante 10 minutos para permitir la extracción de los compuestos activos. Una vez que las soluciones alcanzaron la temperatura ambiente, se procedió a su filtrado para ser utilizadas de manera inmediata en los ensayos de fitotoxicidad, citotoxicidad y actividad insecticida.

A- Evaluación de citotoxicidad con indicadores de *L. sativa* y *A. cepa*.

Tratamientos y Controles: Para el estudio se evaluaron los siguientes tratamientos: Control negativo (agua destilada); Control positivo (EDTA); y cinco concentraciones de infusión acuosa de *C. gilliesii*: 5, 15, 30, 40, 80 g L⁻¹.

Bioensayo en *L. sativa*: Se colocaron veinte semillas en cada caja Petri sobre un disco de papel de filtro saturado con 3 mL de los tratamientos, con cinco repeticiones por tratamiento. Las cajas se incubaron a una temperatura de 22 ± 2 °C durante 120 horas (cinco días). Finalizado el período, se evaluó el porcentaje inhibitorio de germinación

Bioensayo en *A. cepa*: Se utilizaron cinco (5) bulbos de cebolla orgánica por tratamiento, los mismos fueron colocados en recipientes de modo que el disco caulinar quedara inmerso en cada tratamiento. Transcurrido el tiempo de exposición, las raíces se fijaron y se realizó una tinción con orceína clorhídrica aplicando la técnica de aplastado (squash). La evaluación se realizó mediante observación microscópica calculando el índice mitótico (IM), definido como el número de células en división por cada 1.500 células totales observadas en cada repetición

B- Evaluación de la Mortalidad de *A. obtectus*

Material Entomológico Se emplearon brúquidos de la especie *A. obtectus*, criados en laboratorio sobre granos de *P. vulgaris*. La colonia se mantuvo bajo condiciones controladas para asegurar la disponibilidad de individuos para los bioensayos

Unidad Experimental y Diseño Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado. La unidad experimental consistió en cajas de Petri con orificios de ventilación, conteniendo diez brúquidos adultos cada una. El ensayo comprendió un total de veinte unidades experimentales, distribuidas en cuatro tratamientos con cinco repeticiones cada uno. Los tratamientos consistieron en: Control negativo (agua destilada) e infusiones de *C. gilliesii* a concentraciones de 80, 100 y 120 g L⁻¹. Estas concentraciones fueron seleccionadas con el criterio de utilizar la máxima concentración del ensayo de *L. sativa* y *A. cepa* para arriba, el mismo justifica que se realizaron pruebas preliminares con las concentraciones menores a 80 g L⁻¹, las que evidenciaron mortandades inferiores a la CL50.

Procedimiento de Aplicación, Observación Conductual y Evaluación de la Mortalidad Para la aplicación empleó la técnica de contacto sobre superficie tratada. En cada caja de Petri (unidad experimental), se colocó un disco de papel de filtro de dimensiones acordes a la base, el cual fue impregnado uniformemente con 3 mL de la infusión de *C. gilliesii* en sus respectivas concentraciones (80, 100 y 120 g L⁻¹). Una vez que el papel alcanzó una humedad estable, se introdujeron diez adultos de *A. obtectus* por cada una de las cinco repeticiones.

Para cada réplica, se registró el porcentaje de individuos muertos en comparación con el total de brúquidos expuestos a las 24 horas posteriores a la aplicación. De manera complementaria, se llevó a cabo un registro sistemático de las alteraciones etológicas y morfofisiológicas mediante observación directa de los ejemplares en cada unidad experimental.

Las observaciones se realizaron con una frecuencia periódica a las 1, 6, 12 y 24 horas tras el inicio del tratamiento, utilizando una lupa estereoscópica para el detalle morfológico. Se evaluaron cualitativamente las siguientes variables y criterios:

Locomoción: Se registró la presencia de coordinación motriz, movimientos erráticos y niveles de actividad general.

Afectación neuromuscular: Se detectó la presencia de temblores musculares o espasmos.

Cambios físicos macroscópicos: Se evaluó la turgencia del tegumento (signos de desecación) y la opacidad en el brillo de los ojos compuestos.

Criterio de mortalidad: Se consideraron como individuos muertos a aquellos ejemplares que presentaron inmovilidad total y ausencia de respuesta ante estímulos mecánicos externos realizados con un pincel de cerdas finas.

Todas estas observaciones se realizaron en comparación constante con los individuos del grupo control negativo para validar que las alteraciones detectadas fueran inducidas exclusivamente por el extracto de *C. gilliesii* y no por factores ambientales del ensayo.

Análisis estadístico de los datos Los datos fueron analizados con el software Infostat versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020). Se evaluaron los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilks) y homocedasticidad (Levene). Dado que los datos no cumplieron con los supuestos paramétricos, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis y un análisis de comparaciones múltiples, considerando un nivel de significancia de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A- Bioensayo en *L. sativa* y *A. cepa* en *C. gilliesii*: Efecto de los Tratamientos en el porcentaje de inhibición en la germinación y el índice mitótico

El análisis estadístico mediante la prueba de Kruskal-Wallis reveló diferencias altamente significativas entre los tratamientos para ambos bioindicadores vegetales (Tabla 1). En el ensayo de *L. sativa* L., se evidenció un efecto diferencial sobre la inhibición de la germinación ($H = 31,59$; $p < 0,0001$), lo que indica que al menos una de las concentraciones evaluadas difiere estadísticamente de las demás. De manera similar, en el bioensayo de *A. cepa* L., la prueba confirmó que la concentración del extracto de *C. gilliesii* afecta significativamente la actividad mitótica en las células meristemáticas ($H = 32,16$; $p < 0,0001$), demostrando un impacto directo del extracto sobre la proliferación celular en este modelo.

En cuanto a los resultados de fitotoxicidad en *L. sativa* L., no se observaron diferencias significativas entre el control negativo (C-) y las concentraciones de 5 g L⁻¹ y 15 g L⁻¹ (Grupo A), lo que demuestra que, a bajas concentraciones, el efecto inhibitorio del tratamiento no es superior al del control negativo (C-), manteniendo niveles mínimos de inhibición de la germinación. Por su parte, para la variable Índice Mitótico (IM) en *A. cepa* L., el control negativo (C-) presentó un IM del 16,00%, valor representativo de la tasa de proliferación celular en condiciones normales. De manera consistente con el ensayo de germinación, la concentración más baja evaluada (5 g L⁻¹) mostró un IM de 15,6% sin diferencias significativas respecto al control.

En el bioensayo de fitotoxicidad con *L. sativa* L., la dosis de 30 g L⁻¹ exhibió un comportamiento de inhibición intermedia, situándose en un grupo de significancia solapado (Grupo AB). Esta posición estadística indica que su efecto fue superior al registrado en las concentraciones basales (5 y 15 g L⁻¹), aunque resultó significativamente menor al de los tratamientos C+. 40 y 80 g L⁻¹. De manera concordante, los resultados de citotoxicidad en *A. cepa* L. revelaron que a concentraciones de 15 g L⁻¹ y 30 g L⁻¹ se produjeron índices mitóticos (IM) de 10,40% y 3,80%, respectivamente. Ambos valores se agruparon en una misma categoría estadística (Grupo B) y resultaron significativamente inferiores al control negativo (IM = 16,00%).

En cuanto a las concentraciones de 40 g L⁻¹ y 80 g L⁻¹ en el ensayo de *L. sativa* L., estas no presentaron diferencias significativas entre sí y resultaron estadísticamente tan efectivas como el control positivo (C+) para inhibir la germinación. Estos niveles de respuesta evidencian una elevada fitotoxicidad sobre el bioindicador a dichas dosis. De manera análoga, en el modelo de *A. cepa* L., estas mismas concentraciones indujeron una marcada reducción del índice mitótico (IM), registrando valores de 1,98% y 1,04%, respectivamente. Dichos tratamientos se integraron al Grupo A junto con el control positivo (C+, IM = 1,94%), conformando el conjunto con la menor actividad mitótica y diferenciándose significativamente tanto del control negativo como de las dosis inferiores. Este comportamiento confirma la inducción de un efecto citotóxico severo en el meristemo radicular a partir de los 40 g L⁻¹.

Tabla 1: Medidas descriptivas del “porcentaje de inhibición en la germinación” en *L. sativa* e “índice mitótico” en *A. cepa* a diferentes concentraciones de “*C. gilliesii*”. El análisis estadístico muestra la diferencia de los tratamientos, con un p-value < 0,0001.

Tratamiento	N	Ensayo de <i>L. sativa</i> porcentaje de inhibición en la germinación				Ensayo de <i>A. cepa</i> índice mitótico			
		Medias	D.E	Medianas	H	Medias	D.E	Medianas	H
15	5	11,80	5,59	10,00	31,59	10,40	1,82	11,00	32,16
30	5	72,20	2,28	72,00		3,80	0,49	3,90	
40	5	87,60	2,61	88,00		1,98	0,20	1,90	
5	5	3,00	4,47	0,0		15,60	1,14	16,00	
80	5	96,00	1,22	96,00		1,04	0,05	1,00	
C-	5	2,00	4,47	0,0		16,00	1,58	16,00	
C+	5	87,20	1,79	86,00		1,94	0,11	1,90	

L. sativa, porcentaje de inhibición en la germinación

Trat.	Medias	Ranks			
C-	2,00	5,50	A		
5	3,00	6,40	A		
15	11,80	12,10	A		
30	72,20	18,00	A	B	
C+	87,20	25,20		B	C
40	87,60	25,80		B	C
80	96,00	33,00			C

A. cepa, índice mitótico

Trat.	Medias	Ranks				
80	1,04	3,00	A			
C+	1,94	10,40	A	B		
40	1,98	10,60	A	B		
30	3,80	18,00		B	C	
15	10,40	23,00		B	C	D
5	15,60	30,10			C	D
C-	16,00	30,90				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

En concordancia con el análisis estadístico, los resultados representados en el Gráfico N° 1 evidencian una marcada relación dosis-respuesta en el bioensayo con *L. sativa* L. El porcentaje de inhibición de la germinación se incrementó de manera consistente con la concentración del tratamiento, ascendiendo desde un 3,00% en la dosis de 5 g L⁻¹ hasta alcanzar un 96,00% a 80 g L⁻¹. Esta tendencia monotónica creciente fue validada por el análisis de agrupamiento, que permitió ordenar secuencialmente los tratamientos según su grado de fitotoxicidad sobre el indicador.

De manera análoga, la evaluación del índice mitótico (IM) en *A. cepa* L. expuesto a las infusiones de *C. gilliesii* reveló un claro efecto dosis-dependiente (Gráfico N° 2), donde el incremento en la concentración se asoció con una disminución progresiva de la actividad mitótica. El control negativo (C-) registró un IM de 16,00%, valor que representa la tasa basal de proliferación celular en condiciones normales para el meristemo radicular. La concentración de 5 g L⁻¹ mostró un IM de 15,60%, sin diferencias significativas respecto al control, lo que sugiere que a esta dosis el extracto no ejerce efectos citotóxicos aparente. Sin embargo, a medida que la concentración aumentó, se observó una reducción significativa del IM. Esta tendencia se acentuó drásticamente a 30 g L⁻¹, donde el IM se redujo a 3,80%, evidenciando un impacto citotóxico considerable. Finalmente, las concentraciones de 40 y 80 g L⁻¹ indujeron los valores más bajos de actividad mitótica, con 1,98% y 1,04% respectivamente. Estos registros resultaron incluso inferiores a los del control positivo (C+, 1,94%), lo que demuestra un efecto citotóxico severo a dosis elevadas.

En conjunto, los resultados confirman que el extracto de *C. gilliesii* posee una actividad citotóxica sobre el sistema meristemático de *A. cepa* de carácter dosis-dependiente, con un umbral de acción situado entre los 5 y 15 g L⁻¹, y una eficacia máxima a partir de los 40 g L⁻¹.

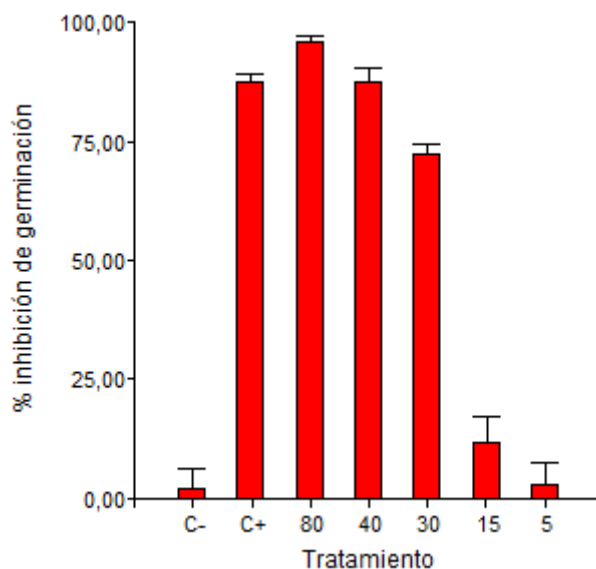


Gráfico 1: Citotoxicidad *C. gilliesii* a diferentes concentraciones sobre *L. sativa*

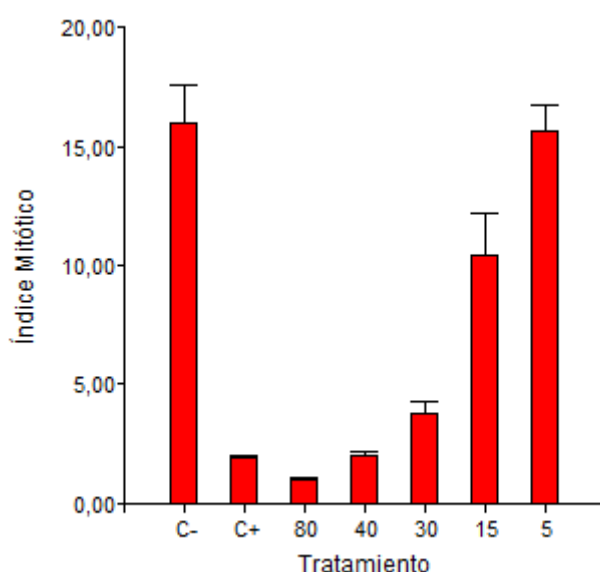


Gráfico 2: Porcentaje de citotoxicidad o índice mitótico en *A. cepa* sometido a diferentes concentraciones de *C. gilliesii*

B-Evaluación de la Mortalidad de *A. obtectus*

La infusión de *C. gilliesii* demostró una actividad insecticida significativa y dosis-dependiente sobre *A. obtectus* ($H = 19,95$; $p = 0,0005$). Los resultados revelan una correlación directa entre el incremento de la concentración y el porcentaje de mortalidad a las 24 horas de exposición (Gráfico N°3), partiendo de una mortalidad basal nula en el control negativo (C-) 0,40% hasta alcanzar niveles máximos en los tratamientos superiores (Tabla N° 2).

La concentración de 80 g L⁻¹ mostró una efectividad limitada 16,00% sin diferencias estadísticas respecto al control, las concentraciones de 100 g L⁻¹ y 120 g L⁻¹ indujeron una respuesta biológicamente relevante, eliminando al 58,00% y 84,00% de la población, respectivamente.

Estadísticamente, la concentración de 120 g L⁻¹ conformó el grupo de máxima eficacia (Grupo C), diferenciándose significativamente de la base experimental y de la dosis de 80 g L⁻¹. Estos hallazgos posicionan a las concentraciones más elevadas como herramientas eficaces para la interrupción del ciclo biológico del imago antes de la colonización irreversible del grano

Tabla 2: Porcentaje de mortalidad de *A. obtectus* expuesto a diferentes concentraciones de la infusión de *C. gilliesii* a las 24 horas, incluyendo estadísticos descriptivos y grupos de significancia (prueba de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$).

Tratamiento	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
100	5	58,00	10,95	60,00	19,95	<0,0005
120	5	84,00	25,10	90,00		
80	5	16,00	5,48	20,00		
C-	5	0,40	0,55	0,00		

Trat.	Medias	Ranks		
C-	0.40	3,00	A	
80	16,00	8,00	A	B
100	58,00	17,00		B
120	84,00	21,20		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

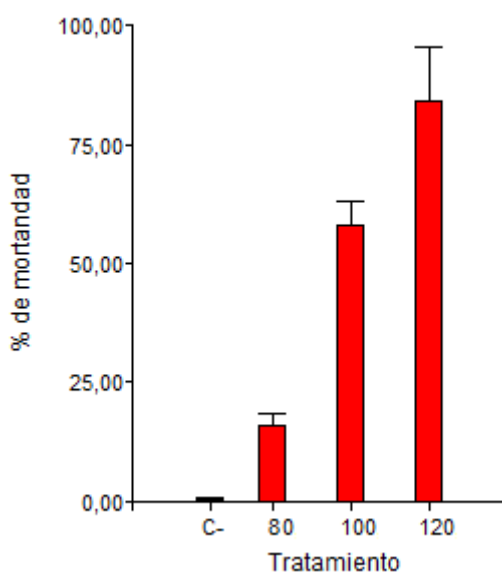


Gráfico 3: Porcentaje de mortandad de *A. obtectus* expuesto a diferentes concentraciones de la infusión *C. gilliesii* a las 24 horas de exposición.

Evaluación del comportamiento de *A. obtectus* en respuesta a la concentración efectiva de *C. gilliesii*

Los ejemplares de *A. obtectus* expuestos al extracto de *C. gilliesii* en condiciones de laboratorio mostraron una sintomatología claramente distinguible. Inmediatamente después de la aplicación del tratamiento, se observaron alteraciones comportamentales caracterizadas por pérdida de coordinación motriz, locomotividad errática y disminución progresiva de la actividad, hasta alcanzar un estado de inmovilidad total. Simultáneamente, se presentaron temblores musculares generalizados y espasmos progresivos, horas posteriores a la exposición experimentaron un acelerado proceso de desecación, evidenciado por la pérdida total de turgencia y una notable palidez del tegumento. Adicionalmente, se registró una marcada alteración morfológica a nivel ocular: el característico brillo del ojo compuesto presente en individuos no tratados se tornó completamente opaco en los organismos expuestos (Figura N° 1). En contraste, los individuos del grupo control negativo (no expuestos al extracto) permanecieron sin alteraciones morfológicas, fisiológicas ni comportamentales durante todo el período de observación, manteniendo su locomoción normal, turgencia, coloración y brillo ocular característicos.

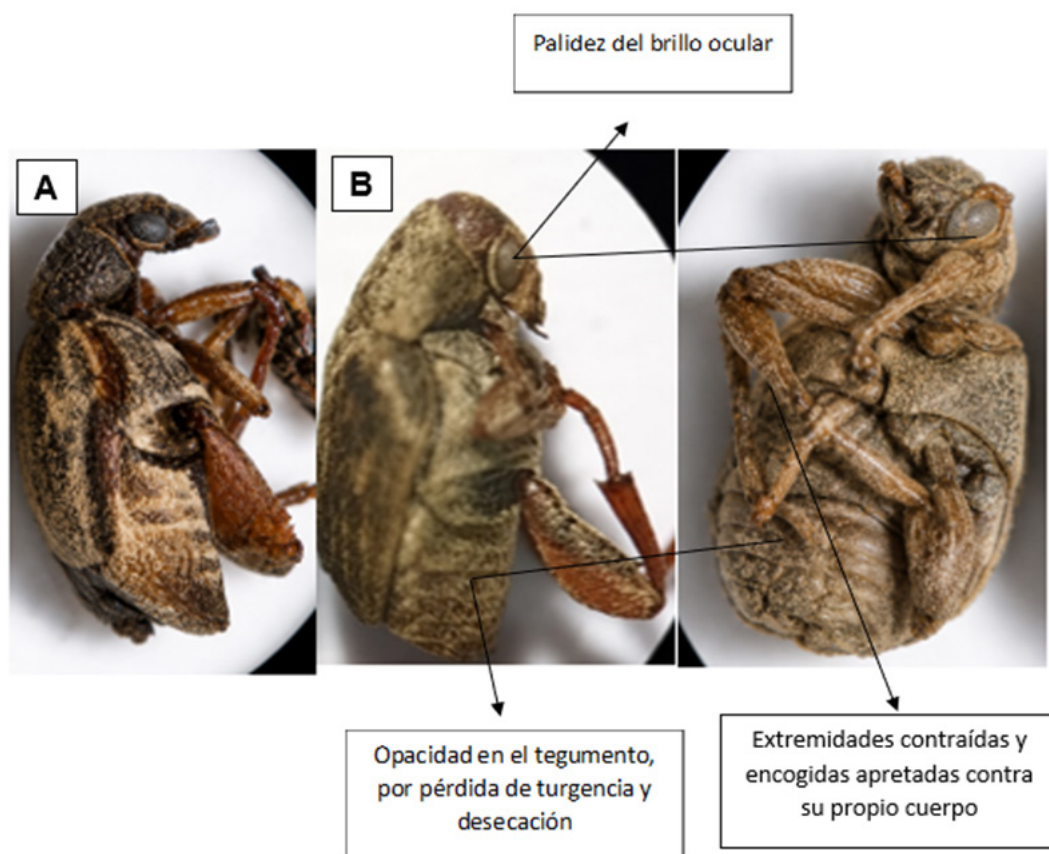


Figura 1: Fotografías de adultos de *A. obtectus* (escala 1mm): A) normal (tratamiento control), B) Efecto del extracto de *C. gilliesii* en condiciones de laboratorio, mostrando desecación completa, palidez del tegumento, opacidad ocular y extremidades contraídas.

DISCUSIÓN

La convergencia de resultados entre ambos bioensayos vegetales resulta particularmente relevante tanto en *L. sativa* como en *A. cepa*, la concentración de 5 g L⁻¹ se identificó como un umbral de seguridad biológica, sin efectos significativos sobre la germinación ni la proliferación celular. Esta consistencia entre una especie dicotiledónea (*Lactuca*) y una monocotiledónea (*Allium*) fortalece la validez de los hallazgos y sugiere que los mecanismos de toxicidad del extracto operan a nivel celular de manera transversal en

el reino vegetal (Fiskesjö, 1985).

En el bioensayo de fitotoxicidad sobre *L. sativa*, la infusión de *C. gilliesii* en dosis bajas del extracto no compromete la viabilidad de las semillas. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Bogatek et. al, (2006), quienes documentaron que extractos vegetales ricos en metabolitos secundarios pueden exhibir efectos alelopáticos dosis-dependientes, donde concentraciones subletales no afectan la germinación mientras que dosis elevadas interfieren con procesos fisiológicos como la actividad enzimática y la permeabilidad de las membranas seminales.

Paralelamente, el ensayo de citotoxicidad en *A. cepa* reveló que el extracto de *C. gilliesii* afecta significativamente la actividad mitótica en células meristemáticas con una reducción progresiva del índice mitótico (IM) al aumentar la concentración de *C. gilliesii*. Esta fuerte inhibición de la división celular podría estar vinculada a mecanismos como la interferencia en la síntesis de ADN, alteraciones en el huso mitótico o la inducción de procesos de muerte celular programada. Esta respuesta es comparable con los hallazgos de Fiskesjö (1985) y Andrioli & Mudry (2011), quienes establecieron que la reducción del IM en *A. cepa* constituye un biomarcador sensible de toxicidad, asociado a mecanismos como la interferencia en la síntesis de ADN, la inhibición de la polimerización de microtúbulos o la inducción de estrés oxidativo.

Respecto a la actividad insecticida sobre *A. obtectus*, la infusión de *C. gilliesii* exhibió un efecto letal dosis-dependiente ($H = 19,95$; $p = 0,0005$). Las concentraciones de 100 y 120 g L⁻¹ indujeron los niveles de mortalidad más elevados, con valores de 58,00% y 84,00% respectivamente. La dosis de 120 g L⁻¹ se consolidó como la de máxima eficacia (Grupo C), superando significativamente al resto de los tratamientos. La sintomatología detectada caracterizada por; pérdida de coordinación motriz, temblores y espasmos proporciona evidencia de un efecto neurotóxico, complementado por un proceso posterior de desecación y pérdida de turgencia. Estas alteraciones morfofisiológicas sugieren que el extracto de *C. gilliesii* induce la muerte del insecto mediante una disfunción neuronal y cambios críticos en la permeabilidad cuticular.

El análisis integrado de los tres ensayos permite identificar la ventana de concentraciones con potencial aplicación biotecnológica. Si bien las evaluaciones de seguridad en *L. sativa* y *A. cepa* se realizaron hasta un máximo de 80 g L⁻¹, la marcada tendencia dosis-dependiente observada permite inferir que las concentraciones de 100 y 120 g L⁻¹ mantienen un perfil de alta fitotoxicidad y citotoxicidad, considerando que a 80 g L⁻¹ ya se registró una inhibición de la germinación del 96,00% y una reducción severa del índice mitótico al 1,04%.

Bajo este escenario, la concentración de 100 g L⁻¹ emerge como el candidato óptimo para el manejo de la plaga, no por una baja toxicidad vegetal, sino por ser el umbral de eficacia biológica: es la dosis mínima evaluada que logra una mortalidad superior al 50% (58,00%) en *A. obtectus*, superando significativamente la efectividad limitada (16,00%) observada a 80 g L⁻¹. Por su parte, la concentración de 120 g L⁻¹ ofrece la máxima capacidad disruptiva con un 84,00% de mortalidad.

Este patrón de bioactividad del género *Clinopodium* se sustenta en la presencia de metabolitos secundarios como timol, carvacrol, p-cimeno y γ -terpineno, cuya actividad insecticida sobre coleópteros mediante mecanismos neurotóxicos y alteración de la cutícula ha sido ampliamente documentada (Ebadollahi, Ziaee & Palla, 2020). La presencia de estos compuestos en *C. gilliesii* ha sido reportada previamente por Viturro et al., (2007) y Massuh et al., (2017), lo que refuerza la hipótesis de que los efectos letales y las alteraciones conductuales observadas (pérdida de coordinación y desecación) son atribuibles a la fracción volátil y a los terpenos del extracto.

Futuras líneas de investigación deberán trascender el tamizaje inicial para enfocarse en la estandarización y escalabilidad del biopesticida. Resulta prioritario caracterizar el perfil fitoquímico de los extractos para correlacionar la abundancia de metabolitos secundarios con la eficacia observada, garantizando así la estabilidad biológica del producto. Asimismo, para su transferencia al manejo

integrado de plagas, es imperativo determinar la persistencia de la infusión en condiciones reales de acopio y su inocuidad sobre la fauna benéfica; estas validaciones a mayor escala permitirán consolidar a *C. gilliesii* como una alternativa competitiva y sustentable frente a los insecticidas sintéticos tradicionales

CONCLUSIONES

El presente estudio demuestra que la infusión de *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze posee una actividad insecticida eficaz contra *Acanthoscelides obtectus* (Say), actuando mediante un efecto dosis-dependiente que induce alteraciones neurotóxicas y un proceso de desecación en los ejemplares tratados. Se propone su implementación como una herramienta estratégica para la etapa de poscosecha, específicamente orientada a la protección de granos de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) durante el almacenamiento, fase en la cual esta plaga representa la mayor amenaza económica.

La evaluación integral con indicadores vegetales permitió determinar que, si bien existe un umbral de seguridad biológica a concentraciones bajas, la dosis de 100 g L⁻¹ constituye el balance óptimo para el manejo del insecto en almacén, logrando una mortalidad del 58,00% con un perfil de seguridad toxicológica aceptable. Estas evidencias validan la viabilidad de la "muña muña" como un bioplaguicida botánico para el tratamiento de granos almacenados, alineado con los principios del manejo integrado de plagas y el desarrollo agrícola sostenible, aportando una alternativa científica frente a las limitaciones del control químico convencional en la cadena de poscosecha.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy (UNJu) por brindar el espacio físico y el equipamiento del Laboratorio de Análisis Genético (LAG) para el desarrollo de los ensayos de esta investigación. Asimismo, se agradece a las cátedras de Genética y de Bioestadística y Diseño Experimental por el apoyo institucional y técnico brindado durante la ejecución del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, D., & Thomas, L. (2021). Bioplaguicidas de origen vegetal: una alternativa sostenible a los insecticidas sintéticos. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 23(2), 115-130.
- Andrioli, N. B. & Mudry, M. D. (2011). "Efectos citológicos y citogenéticos inducidos por tiabendazol en los meristemas de la raíz de *Allium cepa*" BAG - *Journal of Basic and Applied Genetics*. 22(2),17-23
- Armenta López, C. (2024). Estrategias sostenibles para el manejo de plagas agrícolas en América Latina. *Revista Latinoamericana de Agroecología*, 12(1), 55-70.
- Bogatek, R., Gniazdowska, A., Zakrzewska, W., Oracz, K., & Gawroński, S. W. (2006). Efectos alelopáticos de extractos de girasol sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de mostaza. *Biologia Plantarum*, 50(1), 156-158.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). InfoStat versión 2020. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Recuperado de: <http://www.infostat.com.ar>.
- Ebadollahi, A., Ziaee, M. & Palla, F. (2020). Aceites esenciales extraídos de diferentes especies de plantas de la familia Lamiaceae como posibles bioagentes contra diversas plagas perjudiciales. Biblioteca

- Nacional de medicina. <https://doi.org/10.3390/molecules25071556>
- Fiskesjö, G. (1985). The *Allium* test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas*, 102(1), 99-112. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1985.tb00471.x>
- Gallardo, C., Tapia, S., Agostini S., Medina O. D. (2022). Zoología agrícola. Los insectos: una mirada desde las Ciencias Agrarias. Primera parte.
- García, M. L., Pérez, C. D., & Salcedo, M. A. (2020). Dinámicas productivas agrícolas en América Latina: desafíos y oportunidades. *Revista de Economía Agraria y Recursos Naturales*, 20(2), 45-62.
- Hernández Martínez, E. M., Carrazana García, D. I., Martínez Suarez, B., Madrigal Gutierrez, W. & Aguila Jiménez, E. (2016). Ecotoxicidad aguda en semilla de *Lactuca sativa*. *Revista Toxicol.* Disponible en <https://rev.aetox.es/wp/wpcontent/uploads/2016/07/33.1.10.pdf>
- Instituto de Botánica Darwinion. (s.f.a). Flora Argentina: Plantas Vasculares de la República Argentina. Recuperado de: <http://www.floraargentina.edu.ar>
- Instituto de Botánica Darwinion. (s.f.b). Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur. Recuperado de: <http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/Generos.asp>
- Lizana, P., & Riva, A. (2021). Potencial insecticida de aceites esenciales de plantas medicinales: avances y perspectivas. *Revista Iberoamericana de Fitoprotección*, 9(2), 65-84.
- Massuh, Y., Torres, L. E., Ocaño, S. F., Bruentti, P., Chaves, A. G., Zygodlo, J. A. ... Ojeda, M. S. (2017). Generación y caracterización de una población de *Tagetes minuta* de base genética amplia: Obtención de individuos seleccionados. *Phyton. International Journal of Experimental Botany*, 86, 214-223.
- Medina, J. P. (2021). Impacto del uso de agroquímicos en la salud y el ambiente rural. *Revista de Toxicología Ambiental y Salud Pública*, 15(2), 33-47.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2023). Informe anual de producción de legumbres 2021/22. Gobierno de Argentina. Disponible en <https://www.magyp.gob.ar>
- Permuy Abeleira, Nénsida, Chaveco Pérez, Orlando, González Ferrer, Jorge, García Sánchez, Evelio, & Hidalgo Figueroa, Noel. (2008). Pérdidas de grano de frijol común en un sistema de almacenamiento tradicional. *Agricultura técnica en México*, 34(1), 91-100. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172008000100011&lng=es&tlng=es.
- Vituro, C. I., Molina, A. C., & Heit, C. (2007). Evaluación de la composición de los aceites esenciales de *Satureja boliviana*, *S. odora* y *S. parvifolia*, obtenidos de colectas en Tucumán, Argentina. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 6(5), 254-255.