

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS SAN QUINTÍN



Efecto del aceite esencial de *Mentha spicata* (Lamiaceae) sobre la mortalidad e índice de selección del gorgojo del frijol *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae)

Como requisito parcial para obtener el título de
INGENIERO AGRÓNOMO

Por:

Iris Berenice Hernández Ramírez

San Quintín, Baja California. Diciembre de 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS SAN QUINTÍN
CAMPUS ENSENADA.



“Efecto del aceite esencial de *Mentha spicata* (Lamiaceae) sobre la mortalidad e índice de selección del gorgojo del frijol *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae)”

TESIS

PARA CUBRIR LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTA

IRIS BERENICE HERNÁNDEZ RAMÍREZ
362717

A quien el Comité de Tesis autoriza el trabajo terminal, después de haber efectuado una revisión minuciosa del mismo y de acuerdo con el Art. 19 del R.G.E.P.E.P, las y los señores profesores emiten los siguientes votos aprobatorios mediante rubrica:

SALVADOR ORDAZ SILVA

DIRECTOR

JOSÉ GUADALUPE
PEDRO MÉNDEZ
SINODAL

CARLOS GRANADOS
ECHEGOYEN
CODIRECTOR

LAURA DENNISSE
CARRAZCO PEÑA
SINODAL

IMELDA VIRGINIA LÓPEZ
SÁNCHEZ
SINODAL

“Por la Realización Plena del Ser”

Dedicatoria

A mis padres porque siempre han sido la motivación de mi vida, las ganas de salir adelante y mi orgullo, que me han inculcado buenos valores.

A mis hermanos que siempre han estado ahí para guiarme, darme consejos, motivarme a conseguir lo que me proponga y por qué siempre han creído en mí.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por permitirme realizar este trabajo y por nunca dejarme sola.

Agradezco infinitamente a mis papas Dominga y Jesús que han sido el motor de mi vida y mi mayor impulso por querer salir adelante y por el apoyo económico, emocional, su amor incondicional y por guiarme siempre por un buen camino.

También agradecer inmensamente a mis hermanos Raymundo, Israel y Haydee por su amor, por sus palabras de motivación cuando siento que no puedo y por todos los consejos.

A los profesores de mi facultad a El Dr. Salvador Ordaz que siempre estuvo pendiente para guiarnos y aportarnos conocimiento, también a la Dra. Laura Dennisse y ser una inspiración para mí a seguir adelante.

A los profesores del CIIDIR, especialmente al Dr. Carlos Granados Echegoyen y su esposa la maestra Nancy quienes nos recibieron en la bioplanta de la institución.

A mis amigas Madalyn y Michelle por acompañarme en todas las actividades, por los desvelos juntas y más que nada por su amistad.

A mis amigos por motivarme a seguir adelante.

A las amistades que hice en el CIIDIR por recibirnos y por compartir sus ideas y su entusiasmo por seguir estudiando.

Resumen

El presente trabajo muestra la investigación con respecto al efecto del aceite esencial de *Mentha spicata* sobre la mortalidad e índice de selección del gorgojo del frijol *Z. subfasciatus*, donde se desarrolló la cría de este insecto tras ser colocados 200 adultos en contenedores de plástico de 20 litros que contenían 500 g de frijol esperando la progenie F1 para el experimento, el aceite esencial se extrajo mediante el sistema de recirculación de agua aromática utilizando un aparato tipo Clevenger. Todos los experimentos evaluados se realizaron con 3 repeticiones y el conteo a las 24 y 48 horas posteriores a la aplicación del tratamiento y los datos se expresaron como media $\pm$ desviación estándar, así como el coeficiente de determinación (r^2) para reflejar la prueba de índice de selección o preferencia (mortalidad y repelencia). Los resultados obtenidos muestran una relación significativa entre diferentes concentraciones evaluadas (150, 300, 600 y 1200 ppm) del aceite esencial de *M. spicata* donde estos resultados muestran un aumento de mortalidad conforme aumenta el tiempo de exposición, evidenciando una mortalidad más pronunciada en concentraciones más altas en comparación con las concentraciones más bajas. Con la evaluación se comprobó que el aceite esencial de *M. spicata* es una alternativa favorable para el control de *Z. subfasciatus*. En particular en las dosis de 600 y 1200 ppm.

Palabras clave: Concentraciones, Progenie, Mortalidad, Dosis

Abstract

This work shows the research regarding the effect of *M. spicata* essential oil on the mortality and selection index of the bean weevil *Z. subfasciatus*, where the breeding of *Z. subfasciatus* was developed after 200 adults were placed in 20-liter flasks containing 500g of beans waiting for the F1 progeny for the experiment, the essential oil was extracted through the aromatic water recirculation system using a Clevenger-type apparatus. All the experiments evaluated were carried out with 3 repetitions and the count at 24 and 48 hours after the application of the treatment and the data were expressed as mean $\pm$ standard deviation, as well as the coefficient of determination (r^2) to reflect the selection or preference index test (mortality and repellency). The results obtained show a significant relationship between different concentrations evaluated (150, 300, 600 and 1200 ppm) of the essential oil of *M. spicata* where these results show an increase in mortality as the exposure time increases, evidencing a more pronounced mortality at higher concentrations compared to lower concentrations.

The evaluation proved that the essential oil of *M. spicata* is a favorable alternative for the control of *Z. subfasciatus*, particularly at doses of 600 and 1200 ppm.

Key words: Concentrations, Progeny, Mortality, Dose

ÍNDICE

Introducción	1
CAPÍTULO I	3
1. Planteamiento del problema	3
2. Pregunta del problema.....	3
3. Justificación	4
4. Hipótesis.....	4
5. Objetivos	5
5.1 Objetivo general	5
5.2 Objetivos específicos:	5
CAPÍTULO 2	6
6. MARCO TEÓRICO	6
6.1 El frijol como fuente de importancia alimenticia	6
6.2 Plagas de importancia económica en la agricultura	6
6.3 Plagas que afectan los granos almacenados	7
6.4 Biología y taxonomía de la plaga del gorgojo de frijol <i>Z. subfasciatus</i>	9
6.4.1 Generalidades.....	9
6.4.2 Taxonomía de <i>Z. subfasciatus</i> de acuerdo a Romero-Nápoles (1998).	9
6.4.3 Morfolología.....	10
6.4.4 Ciclo de vida.....	10
6.5 Métodos de control implementados y daños provocados	11
6.5.1 Control cultural:	11
6.5.2 Control físico:	12
6.5.3 Control químico:.....	12
6.6 Las plantas como recursos con potencial en el control de plagas	13
6.7 La menta como una fuente de recursos químicos	14
6.7.1 Generalidades de <i>M. spicata</i>	14
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
7.1 Cría del insecto	17
7.2 Recolección y preparación de material vegetal	17
7.3 Extracción del aceite esencial	17
7.4 Prueba de toxicidad.....	18
7.5 Prueba de índice de selección (preferencia)	18

7.6 Análisis de los datos	19
8. RESULTADOS	21
9. DISCUSIÓN.....	26
10. CONCLUSIÓN	28
RECOMENDACIONES	29
REFERENCIAS.....	30

Índice de cuadros

Cuadro 1. Mortalidad de adultos de <i>Zabrotes subfasciatus</i> tratados con el aceite esencial de <i>Mentha spicata</i>	22
Cuadro 2. Concentraciones letales y análisis de regresión del efecto del aceite esencial de <i>M. spicata</i> sobre <i>Z. subfasciatus</i>	23
Cuadro 3. Índice de selección de <i>Z. subfasciatus</i> tratados con el aceite esencial de <i>M. spicata</i>	25

Índice de figuras

Figura 1. Regresión lineal y ajuste del modelo para *Zabrotes subfasciatus* tratados con aceite esencial de *Mentha spicata* a las 24 y 48 horas de exposición.....24

Introducción

La plaga *Zabrotres subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae), comúnmente conocida como "gorgojo del frijol", es una amenaza significativa para los cultivos de frijol almacenados en diversas regiones del mundo. Este insecto pertenece a la familia Bruchidae y es conocido por causar pérdidas económicas significativas en la producción agrícola. Además, la presencia de estos insectos en los granos puede facilitar la proliferación de hongos y bacterias, lo que agrava aún más el deterioro del producto (Golob, 2002), ya que pueden ser transportadas por el aire, agua, suelos y por los mismos insectos, lo que les confiere a los hongos una gran capacidad de reproducción, penetración, ubiquidad y diseminación (Folguera *et al.*, 2013).

La capacidad de adaptación y resistencia de *Z. subfasciatus* a diferentes condiciones ambientales como la temperatura y humedad de la zona y técnicas de control han hecho que su manejo sea un desafío constante para los agricultores (Dendy y Credland, 1991; Alexandru *et al.*, 2022). Por lo tanto, la búsqueda de métodos de control efectivos y sostenibles es de suma importancia para garantizar la seguridad alimentaria y la viabilidad económica del cultivo de frijol (Vázquez-Luna *et al.*, 2007).

Actualmente existen varias alternativas para el control de plagas, entre las que destaca el control químico mediante el uso de productos llamados plaguicidas, cuyo uso desmedido de estos químicos sintéticos provocan daños colaterales tanto en la salud humana como en la biodiversidad; por tal motivo, es indispensable la búsqueda de otras alternativa para el control de plagas, tales como el uso de aceites esenciales de plantas aromáticas (Vázquez-Luna *et al.*, 2007); debido a que estos productos contienen metabolitos secundarios que tienen funciones ecológicas específicas como atrayentes o repelentes de animales (Ávalos y Pérez, 2009).

En la presente investigación se estudió el potencial de mortalidad y el índice de selección del aceite esencial de *Mentha spicata* (Lamiales: Lamiaceae) para el control del gorgojo mexicano del frijol en granos almacenados. Por tal motivo, este

documento se estructura en varios capítulos, mismos que se mencionan a continuación.

Capítulo I, en este capítulo se presenta el problema de investigación donde contiene los factores que provocan esta situación, la pregunta de investigación donde se plantea el cuestionamiento central del estudio, siendo claro y específico, la justificación donde se explica porque es importante y porque merece un estudio, contextualizando el problema y su viabilidad, también se encuentran los objetivos donde se declara el propósito principal de la investigación, define la meta general que se esperó alcanzar y los objetivos específicos que son más detallados y concretos. Por último, encontraremos las hipótesis donde se declara la afirmación provisional que se formula para ser probada a través de esta investigación.

Capítulo II, en este apartado se presenta el marco teórico donde se identifican fuentes primarias y secundarias de información sobre las cuales se desarrolla el estudio y del cual se diseña la investigación propuesta.

Capítulo III, dentro de este capítulo se encontrará estructurada la metodología utilizada para llevar a cabo la investigación, incluyendo el diseño del estudio, la selección de los individuos, los procedimientos de recolección y el análisis de datos.

Capítulo IV, Se encuentran los resultados del trabajo, aquí se presentan los hallazgos de la investigación de manera objetiva y ordenada, donde se incluyen datos cuantitativos como cualitativos, discusión que interpreta y analiza los resultados que se obtuvieron en la investigación.

Capítulo V, en este apartado se presentan las conclusiones que se obtuvieron de acuerdo a la investigación y las recomendaciones que se dan ante estas situaciones obtenidas.

CAPÍTULO I

1. Planteamiento del problema

México se posicionó en el 4to lugar como importador de frijol en el año 2021, en promedio importa anualmente de 145 a 170 mil toneladas de frijol, dependiendo de los eventos climáticos que surjan en cada año, ya que en los últimos años se han presentado hectáreas afectadas por diversos desastres naturales como bajas temperaturas, sequías, ocasionalmente por inundaciones, así como enfermedades y plagas (Avila *et al.*, 2023).

Para lograr la seguridad alimentaria se debe tener en cuenta la producción y postcosecha del alimento. Estos dos puntos son de igual importancia ya que los alimentos, si cuentan con un buen sistema de operaciones de postcosecha permiten tener acceso a las cosechas hasta llegar al consumidor. En América Latina se reportaron grandes pérdidas por almacenamiento inadecuado causado por aves, roedores, hongos e insectos (Permuy *et al.*, 2008).

Dentro de los insectos que más daños ocasionan al frijol almacenado son los gorgojos, entre los que destaca *Z. subfasciatus*. Actualmente existen diferentes alternativas para combatir a esta plaga, tales como el uso de plaguicidas que con el tiempo provoca daños en la salud humana, pero, aun así, este problema persiste en la producción y almacenamiento de granos de frijol por lo que, surge una necesidad de investigar alternativas más seguras y sostenibles para el control de este gorgojo (Vázquez-Luna *et al.*, 2007).

2. Pregunta del problema

¿El aceite esencial de *M. spicata* es una alternativa efectiva para el control del gorgojo de frijol *Z. subfasciatus* en condiciones de almacenamiento?

3. Justificación

Las plantas destinan una cantidad significativa de carbono asimilado y de la energía a la síntesis de una amplia variedad de moléculas orgánicas que no parecen tener una función directa en los procesos fisiológicos denominados metabolitos secundarios. Naturalmente algunas plantas atraen o repelen animales gracias a estos compuestos (Acevedo, 2020).

Muchas plantas como el limón, menta, eucalipto, tomillo entre otros, producen mezclas de alcoholes, aldehídos, cetonas y terpenoides denominados aceites esenciales, de los cuales algunos actúan como repelentes de insectos o insecticidas (Ávalos y Pérez, 2009).

La planta de menta es utilizada ampliamente como uso medicinal en padecimientos como náuseas, vómito y desórdenes gastrointestinales (Kumar y col., 2011), además también se ha utilizado como repelente (Guzmán, 2017), un recurso natural que se buscó ser aprovechado para el control de *Z. subfasciatus*.

El uso de aceites esenciales como agentes de control de plagas ha causado un mayor interés debido a que son biodegradables y presentan baja toxicidad para los humanos (Barud, 2018). La planta de *M. spicata* es de fácil acceso, disponible y de bajo costo (Rojo-Zavala *et al.*, 2023) lo que provoca ser una opción más viable para el control de esta plaga, aunque actualmente exista evidencia sobre la función de la menta como insecticida se requiere investigación adicional para mayor evaluación de su efectividad como alternativa de control para *Z. subfasciatus* en el grano almacenado de frijol.

4. Hipótesis

ALTERNA (Ha). Al menos una de las concentraciones evaluadas del aceite esencial de *M. spicata* tiene efecto sobre el gorgojo del frijol en la determinación de las variables de mortalidad e índice de selección.

NULA (Ho). El aceite esencial de *M. spicata* no presenta efecto significativo sobre el gorgojo del frijol al ser comparado con el grupo control sin exposición a ningún tratamiento.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Evaluar la efectividad del aceite esencial de la menta como agente de control del gorgojo *Z. subfasciatus* en granos de frijol almacenados, mediante la comparación de la infestación de gorgojos en lotes de frijoles tratados con el aceite esencial de menta y lotes de frijol no tratados.

5.2 Objetivos específicos:

1. Evaluar la actividad de mortalidad de la menta sobre el gorgojo del frijol.
2. Evaluar el índice de selección del gorgojo de frijol mediante el uso del aceite esencial de la menta en condiciones de laboratorio
3. Determinar las concentraciones letales medias del aceite esencial para el control de gorgojo a través de un análisis de regresión lineal probit.

CAPÍTULO 2

6. MARCO TEÓRICO

6.1 El frijol como fuente de importancia alimenticia

Dentro del grupo de las leguminosas, el frijol común *Phaseolus vulgaris* es una de las más importantes debido a que cada vez más personas son conscientes de lo fundamental que es tener un autocuidado en la alimentación. Este alimento se caracteriza por tener componentes bioactivos que pueden ayudar a la prevención de enfermedades como diabetes, cáncer y enfermedades del corazón (Ulloa *et al.*, 2001). El sistema nervioso también se favorece del consumo de frijol debido a que contiene folato (ácido fólico o vitamina B-9), que auxilia al metabolismo energético (ASCDMA, 2018).

El consumo de frijol aporta tanto nutrientes como proteínas dado que contiene una gran cantidad de proteínas similares a la carne, también puede proveernos de todos los aminoácidos que el organismo necesita y a diferencia de ésta, el frijol contiene menor cantidad de grasa saturada y nulo de colesterol (CIAD, 2020).

Los antioxidantes presentes en el frijol negro son el ácido fítico, que ayuda a reducir el riesgo de contraer cáncer, y los taninos que son sustancias astringentes de sabor amargo que pertenecen a la familia de los polifenoles y funcionan como antioxidantes, anticancerígenos y antimutagénicos (Frías, 2023). Los frijoles son ricos en fibra, lo que ayuda a promover la salud digestiva y a mantener niveles saludables de azúcar en sangre (Carrión-Crespo, 2023). La aportación de carbohidratos depende de la variedad, cuya fracción más importante es el almidón, el cual representa la mayor parte de energía en este alimento (Ulloa *et al.*, 2011).

6.2 Plagas de importancia económica en la agricultura

Dentro de la agricultura, las plagas representan una amenaza constante para la productividad y la rentabilidad de los cultivos. Estas plagas pueden ser patógenos, roedores, nematodos, hongos, bacterias, virus, aves e insectos. Existen numerosos insectos que causan daños significativos en los cultivos, los cuales pueden

alimentarse de hojas, tallos, raíces, frutos o flores, lo que ocasiona un menor rendimiento o incluso la pérdida total del cultivo. Hasta un 40% de la producción agrícola mundial se pierde debido a las plagas que llegan afectar a los diferentes cultivos (FAO, 2019).

Las plagas que afectan al cultivo de frijol, cuando no se lleva un manejo adecuado o preventivo de fitosanidad pueden provocar pérdidas de hasta el 100% de la producción (SENASICA, 2020). Las plagas presentan una gran inquietud tanto en la producción como en poscosecha. Dentro de la producción de frijol podemos encontrar diferentes insectos plagas, entre las más nocivas para los agricultores destacan la conchuela del frijol (*Epilachna varivestis*), mosca blanca (*Bemisia* spp), minador de la hoja (*Liriomyza* spp), gusano del fruto (*Helicoverpa zea*), chapulín (*Melanoplus* spp, *Sphenarium* spp y *Brachystola* sp), así como las enfermedades causadas por hongos como lo son la roya del frijol (*Uromyces phaseoli*), antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) y pudrición de la raíz (*Rhizoctonia solani*) (SENASICA, 2020).

Dentro de las plagas de importancia económica que afectan al frijol almacenado, son el gorgojo pinto *Z. subfasciatus* (Boheman) y el gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say) los que más afectaciones causan.

6.3 Plagas que afectan los granos almacenados

Durante el almacenamiento de los granos pueden presentarse diversos factores que alteren de manera perjudicial la calidad de estos, tales como los insectos-plaga que ocupan el primer lugar en importancia (Intagri, 2015).

Las plagas que afectan a los granos almacenados varían según diversos factores como la región, el clima, el tipo de grano y las condiciones de almacenamiento. La temperatura y la humedad son factores muy importantes que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plagas que afectan a los granos almacenados (Silos del cinco, 2019).

Los daños causados a los granos por las plagas se pueden clasificar en directos e indirectos:

Los daños directos se caracterizan por la pérdida de peso del grano, pérdida de la capacidad germinativa, un bajo valor nutricional y un mal olor.

Los daños indirectos se producen gracias a la actividad metabólica que tienen los insectos que actúan sobre el grano lo que conlleva a un aumento de temperatura y humedad, hasta generar condiciones adecuadas para la proliferación de hongos. (Ortega *et al.*, 2016).

La clasificación de las especies de plagas que afectan a los granos almacenados según la aparición periódica de las mismas es en primarias y secundarias. Las primeras son las más significativas durante el almacenamiento y se asocian a especies vegetales específicas, atacan a los granos que no se encuentran rotos o dañados y cuando se agota su fuente de alimento estos insectos mueren, mientras que las plagas secundarias se alimentan de granos deteriorados o dañados por las plagas primarias (Noel, 2021).

Los insectos de las plagas primarias son aquellas especies que presentan un aparato bucal masticador muy fuerte con el que perforan el pericarpio de los granos para alimentarse y depositar sus huevos (López *et al.*, 2007), estas plagas suelen preferir la zona del embrión dentro del grano para realizar su alimentación y ovoposición (Báez, 2019).

Las plagas secundarias son aquellas especies de insectos cuyos aparatos bucales no son lo suficientemente fuertes como para romper la superficie de los granos por sí mismos, en lugar de ello, se alimentan del grano ya dañado o quebrado por otras plagas primarias, así como el polvo residual generado por la acción de éstas y de la harina resultante de los granos (Pascual y Estal, 2004), las plagas secundarias suelen ser oportunistas y se aprovechan de los daños causados por las primarias para obtener alimento.

Los órdenes principales de insectos que atacan granos almacenados son: Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Psocoptera y Diptera. (Dell'Orto *et al.*, 1985).

Actualmente se han registrado alrededor de 250 especies de insectos plaga que afectan a productos almacenados, en México se enlista a *Sitophilus zeamais* Motsch., *Sitophilus oryzae* (L.), *Prostephanus truncatus* (Horn), *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Tribolium castaneum* (Hbst), *Tribolium confusum* (Duval), *Sitotorga cerealella* (Oliver), *Acanthoscelides obtectus* (Say), *Z. subfasciatus* (Boheman), *Cryptolestes pusillus* (Schon) y *Cryptolestes ferrugineus* (Steph) como las 12 especies más importantes (Gutiérrez-Elias, 2023).

6.4 Biología y taxonomía de la plaga del gorgojo de frijol *Z. subfasciatus*

6.4.1 Generalidades

Z. subfasciatus también, conocido como el gorgojo del frijol, es una especie de escarabajo de la subfamilia Bruchinae. Cabe resaltar que es una de las plagas más importantes del frijol almacenado en zonas por debajo de los 1500 msnm (Ramayo, 1983).

Las larvas de *Z. subfasciatus* se alimentan exclusivamente de granos de leguminosas como frijoles, habas, chícharos y lentejas (PRESERVE, 2020). El adulto no se alimenta de los productos almacenados (Lindblab y Druben, 1981) y debido a su diminuto tamaño, esta plaga puede pasar fácilmente desapercibida y encontrar refugio en lugares ocultos (Dell' Orto *et al.*, 1985).

6.4.2 Taxonomía de *Z. subfasciatus* de acuerdo a Romero-Nápoles (1998).

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Coleoptera

Suborden: Polyphaga

Superfamilia: Chrysomeloidea

Familia: Bruchidae

Género: *Zabrotes*

Especie: *Z. subfasciatus*

6.4.3 Morfolología

El adulto de *Z. subfasciatus* mide 2 mm de longitud, las hembras son de color café oscuro con cuatro manchas color crema en cada élitro, la hembra siempre es más ancha y pesa de 1.5 a 2 veces más que el macho y su longitud es de 3 mm (Bonet *et al.*, 2005), mientras que los machos son de color gris a café y de menor tamaño (Intagri, 2015). Poseen antenas largas y delgadas con longitud de 2 a 3 mm y son capaces de volar (PRESERVE, 2020).

Los principales órganos internos son: un tracto digestivo tubular, un corazón largo y valvular para impulsión de la hemolinfa, un sistema de tráqueas tubulares para la respiración, órganos reproductores pares, un sistema muscular y sistema nervioso, formado por un cerebro, un par de ganglios segmentados y conectivos (Romero y Johnson, 1999).

6.4.4 Ciclo de vida

Z. subfasciatus es un insecto holometábolo, es decir cumple con una metamorfosis completa, el individuo pasa por cuatro fases que son la de huevo, larva, pupa y adulto. Las etapas biológicas tienen una duración de 24 a 39 días, mismas que dependen de los factores ambientales como temperatura y humedad (Ambriz *et al.*, 1999).

Huevo: Es el periodo inicial de vida del insecto, los huevos son pequeños generalmente de forma ovalada y de color blanco o crema. La hembra puede poner

hasta 56 huevos durante su vida (Rendón, 2007) y son adheridos y fijados en los granos de frijol (Dell' Orto *et al.*, 1985).

Larva: El gorgojo cuenta con cuatro instares larvales (González *et al.*, 1984). Como los huevos de esta plaga son insertados sobre la superficie del grano, al emerger las larvas de *Z. subfasciatus* cavan una galería para penetrar al grano (Dell' Orto *et al.*, 1985).

Pupa: Durante el estado de pupa, ocurren cambios fisiológicos que eventualmente conducen al desarrollo del insecto adulto. Esta etapa es un estado de reposo, la pupa permanece prácticamente inmóvil en lugares resguardados (Dell' Orto *et al.*, 1985).

Adulto: Pasan de 24-25 días a 32° C y 70% de humedad relativa para completar su ciclo de vida (Intagri, 2015).

Bajo las condiciones óptimas de 28 a 32° C y HR de 70%, el insecto presenta un periodo de desarrollo corto, un número máximo de descendencia y una tasa rápida de emergencia (Moreira, 1994).

6.5 Métodos de control implementados y daños provocados

6.5.1 Control cultural:

Rotación de cultivos: Rotar los cultivos en el campo puede interrumpir el ciclo de vida de *Z. subfasciatus* al limitar su acceso constante a su fuente de alimento preferida. Cambiar a cultivos no hospederos puede reducir la población de la plaga en un área determinada (Guedes *et al.*, 2008).

Eliminación de residuos de cultivos: Retirar y destruir los restos de cultivos después de la cosecha puede eliminar posibles sitios de refugio y reproducción para *Z. subfasciatus*, reduciendo así la población de la plaga en el campo (Farrel *et al.*, 2002).

Selección de variedades resistentes: En algunos casos, se pueden seleccionar variedades de cultivos que sean menos susceptibles al ataque de *Z. subfasciatus*, lo que reduce la necesidad de control adicional (Lüthi *et al.*, 2013).

6.5.2 Control físico:

Selección de granos sanos. Utilizar solo granos sanos y no dañados para el almacenamiento puede ayudar a prevenir la infestación por *Z. subfasciatus*. (Blanco, 1994).

Cernido. El cernido o tamizado de los granos puede ayudar a eliminar a los huevos, larvas y adultos de este insecto, este método es adecuado especialmente para eliminar los insectos antes de almacenar los granos (Cruz, 1990).

Humedad y la temperatura: Exponer los granos a temperaturas extremas, ya sea mediante calor o frío, puede matar a los insectos presentes en los granos. Para los insectos, la principal fuente de humedad es la humedad inicial del grano y, en menor escala, la humedad atmosférica y el agua metabólica (Pereira, 1993).

La tierra de diatomeas es una opción para el control físico, cuando el individuo entra en contacto con este polvo sufre deshidratación y muere (Noel, 2021).

6.5.3 Control químico:

El uso de plaguicidas es una alternativa para el control de estas plagas, los más utilizados son los piretroides (deltametrina), las piretrinas y los fumigantes que incluyen la fosfina y el fosfuro de magnesio (Noel, 2021).

La fosfina es uno de los químicos más utilizados y puede ser aplicada por inyección y por vía fosfuro de aluminio o fosfuro de magnesio, estos últimos son sólidos que reaccionan con la humedad de la atmósfera para producir gas fosfina, los insectos que están expuestos ante este gas mueren sin importar en el estado de desarrollo en el que se encuentre (huevo, larva, pupa, adulto).

Toxicidad: Todos los productos sintéticos son tóxicos para los seres humanos, en mayor o menor grado dependiendo de su composición y concentración. Por lo tanto, es esencial seleccionar cuidadosamente los productos insecticidas y seguir las normas de seguridad para su uso seguro y una aplicación adecuada (FAO, 2017).

Poder residual: El poder residual se refiere a cuánto tiempo el producto químico puede controlar las plagas después de su aplicación, es decir su capacidad para permanecer activo en el ambiente o en la superficie tratada durante un periodo de tiempo prolongado después de su aplicación inicial (Pereira, 1993).

Es importante tener en cuenta el poder residual de un insecticida al seleccionar y aplicar productos ya que puede influir en la frecuencia y la efectividad de las aplicaciones, así como el riesgo de contaminación ambiental y exposición humana (González *et al.*, 2008).

6.6 Las plantas como recursos con potencial en el control de plagas

Actualmente hay una creciente tendencia global hacia la exploración de enfoques alternativos que logren controlar las plagas de manera efectiva, pero evitando los riesgos asociados con el uso de plaguicidas altamente tóxicos para los seres humanos y el medio ambiente. Dentro de estos métodos se encuentra el uso de metabolitos secundarios de origen vegetal, de diferentes especies de plantas (Báez, 2019). Estos productos poseen diversas propiedades: efectos repelentes, capacidades ovicidas e insecticidas, entre otros (Benzi *et al.*, 2009).

Las plantas tienen este efecto gracias a los compuestos que se encuentran dentro de ellas, conocidos como metabolitos secundarios. Estos metabolitos secundarios carecen o tienen muy poco valor nutricional y no cumplen una función en el metabolismo primario de las plantas (Benzi *et al.*, 2009) pero pueden suponer una ventaja competitiva muy considerable ya que solo el 20-30% de las plantas han sido estudiadas (Bhalla *et al.*, 2005). Estos compuestos se pueden encontrar en el follaje, hojas, semillas y en la planta entera; tales como los terpenoides, alcaloides y compuestos nitrogenados relacionados, fenilpropanoides y flavonoides (Quioired,

2002). En este sentido los metabolitos secundarios de plantas han mostrado ser una alternativa ecológica y factible para combatir patógenos e insectos.

Se han encontrado alrededor de 1093 especies distribuidas en 159 familias que se usan en forma de extractos o polvos contra 112 especies de artrópodos (Arenas, 1984). El 20% de las plantas reportadas forman parte de la flora mexicana y la mayoría de las especies pertenecen a la familia Asteraceae.

Algunas plantas que tienen potencial para combatir plagas son las de los géneros *Agave* (L), *Piper* (L) y *Citrus* (L), aceites esenciales como *P. auritum*.

En diversas investigaciones se aplicaron polvos y extractos vegetales de *Atriplex elegans*, *Baccharis glutinosam*, *Argemone mexicana*, *A. platyceras*, *Salpianthus macrodonthus*, *Larrea tridentata*, *Senecio longilobus*, *Ricinos communis*, *Nicotiana glauca* y *Datura stramonium* para evaluar su efecto sobre *Z. subfasciatus* y *Acanthoscelides obtectus*. Sus resultados indican que la aplicación de polvos a dosis de 1.0 y 5.0%, y extractos acuosos a 5.0 y 10.0% no tuvieron efecto letal sobre los insectos, ya que la mortalidad no es mayor de 15.0% (Cortez *et al.*, 1991).

6.7 La menta como una fuente de recursos químicos

6.7.1 Generalidades de *M. spicata*

La menta es una hierba perenne de tallo fino y erecto que alcanza hasta los 60 cm de altura, perteneciente a la familia de las lamiáceas, sus hojas son lanceoladas, tienen flores pequeñas de color rosa a lila o a veces blancas. Esta planta prefiere los suelos más fértiles y profundos. Es resistente a climas extremos pero los mejores rendimientos se obtienen en climas templados. Se multiplican por semillas en invierno o primavera y en verano se multiplican por esqueje. Por su aroma intenso y fresco se emplea en la gastronomía y perfumerías (Meléndez *et al.*, 2018).

También varios estudios de investigación demuestran que el aceite esencial de las partes aéreas de la planta *M. spicata* presentan actividad antifúngica, antibacterial, antiparasitaria, antiinflamatoria, antioxidante y diurética (El Menyiy *et al.*, 2022).

6.7.2 Usos y etnobotánica

Usos: Infusiones que ayudan a tratar problemas de indigestión, gases intestinales e inflamaciones del hígado, también se usa como tratamiento para hirsutismo en mujeres gracias a sus propiedades antiandrogénicas que reducen el nivel de testosterona, en uso tópico el aceite de menta tiene una acción relajante y este actúa como antiirritante y analgésico con capacidad de reducir el dolor (Li *et al.*, 2022). Otro de los usos es para licores, aceites, dulce, bebidas, pastas dentales, cremas y se puede utilizar para repeler a insectos y roedores por los compuestos que se encuentran en la planta de menta (Shahzadi *et al.*, 2023).

Etnobotánica:

La menta (*M. spicata*), también conocida como hierbabuena, es una planta aromática ampliamente utilizada en medicina tradicional. Su uso etnobotánico abarca una amplia gama de aplicaciones, incluyendo:

Digestión: La menta ayuda a aliviar problemas digestivos como ingestión, gases, náuseas y calambres estomacales (Guzmán, 2017).

Alivio de dolor: El aceite esencial de menta se utiliza en la medicina tradicional para aliviar el dolor muscular, dolores de cabeza y migrañas.

Respiratorio: Se usa a menudo para la congestión nasal y los síntomas del resfriado común gracias a sus vapores mentolados que ayudan a abrir las vías respiratorias, facilitando la respiración y aliviando la congestión.

Disminuye los niveles de andrógenos en la sangre, esto beneficia a mujeres con hirsutismo leve (Donelly, 2017).

6.7.3 Composición química

Propiedades: La hierbabuena (*M. spicata*) tiene propiedades refrescantes, digestivas, estimulantes y calmantes, gracias a los compuestos presentes en sus hojas, como el mentol, mentona, cineol; flavonoides: diosmina, eriocitrina,

hesperdina, narirutina, luteolina, rutinósido, entre otros, mismos que le dan su olor tan característico y sus propiedades farmacológicas (Guedon y Pasquier, 1994).

El mentol es un alcohol terpénico secundario extraído de los aceites esenciales del género *Mentha* (Kamatou, et al., 2013). Es un sólido cristalino con sabor y olor característicos que se funde a 40° C.

6.8 Modo de acción de los aceites esenciales sobre plagas

Podemos encontrar diversos metabolitos secundarios de plantas, cada uno de estos pueden compartir similitudes en su modo de acción pero existe una diferencia significativa en su estructura química; la nicotina producida por *Nicotiana tabacum* L., provoca síntomas de envenenamiento similares a los insecticidas organofosforados; las piretrinas producida por *Tanacetum cinerariifolium*, su modo de acción es bloquear los canales de sodio presentes en los axones neuronales de los insectos, lo cual provoca convulsiones e hiperactividad (Bekele, 2018; Duke et al., 2010); la acetogenina de *Annona muricata* L., posee actividad bioplaguicida actuando de manera que bloquea la producción de energía de las mitocondrias en la célula de los insectos (Pérez, 2012); la azaridactina, obtenida de las semillas de *Azadirachta indica*, interfiere con la reproducción de los insectos, alterando el desarrollo sexual y los procesos de gametogénesis tanto en la larva como en la etapa adulta, daña los órganos productores de hormonas y el sistema neurosecretor cerebral, ha resultado ser un potente antialimentario (Duke, et al., 2010).

Los aceites esenciales obtenidos de diversas especies como (*Rosmarinus officinalis*, *Eucalyptus globulus*, *Syzygium aromaticum*, *Thymus vulgaris*, *Melissa officinalis*) tales como eugenol, terpineol y alcohol cinnamico, son neuro-insecticidas que bloquean sitios de unión a los receptores de octopamina en las especies *Camponotus pennsylvanicus* (Hymenoptera: Formicidae) y *Blattella germanica* (Blattodea: Blattellidae). Por su parte, los metabolitos como el citral, eugenol, farnesol y geraniol también han mostrado actividad insecticida contra la mosca doméstica (Bekele, 2018; Samarasekera et al., 2006; Enan, 2001).

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Cría del insecto

Se obtuvieron granos de frijol infestados de *Z. subfasciatus* en San José de las Huertas, Ejutla de Crespo, Oaxaca, México (16° 33' 54.0" LN, 96° 42' 24.9" LW) y su identificación taxonómica fue confirmado según las claves de Romero-Nápoles (1998). Los insectos se criaron a $25 \pm 2^\circ$ C y 60 a 70% de humedad relativa (HR). La HR se mantuvo con una solución saturada de NaCl en un vaso de precipitados de 500 ml. Los granos de frijol se obtuvieron de los almacenes de los agricultores del sitio de la encuesta. Se colocaron 200 adultos de los insectos de prueba en recipientes de plástico de 20 litros que contenían 500 g de semillas. Luego se cubrieron los frascos con malla de nylon y se colocaron en un lugar ventilado. Los insectos se tamizaron después de un tiempo de ovoposición de 14 días. Luego, los frascos se mantuvieron en condiciones de laboratorio (Jembere *et al.*, 1995; Zewde y Jembere, 2010) hasta que emergió la progenie F1 para ser usada en el experimento.

7.2 Recolección y preparación de material vegetal

Se recolectaron hojas frescas de *M. spicata* en la región Mixteca del estado de Oaxaca. La planta fue seleccionada de acuerdo a sus propiedades aromáticas, disponibilidad y frecuencia de uso entre los habitantes (Bouchra *et al.*, 2003; Ansari *et al.* 2012). La identificación taxonómica fue realizada por el curador del herbario de CIIDIR-OAX. La planta se lavó con agua de grifo y luego se colocó sobre hojas de periódico para que se secaran en el interior y se pulverizaron por completo mediante un molino mecánico.

7.3 Extracción del aceite esencial

El método de extracción se realizó en un sistema de recirculación de agua aromática utilizando un aparato tipo Clevenger adaptado con un horno de microondas convencional (SAMSUNG MW1235WB, 1.1 ft³, 2450 MHz), usando una relación

1:10 (p/v) de 100 g de material vegetal y 1000 ml de agua. El aceite esencial extraído se cuantificó cada 10 min (tiempo de radiación) y se dejó reposar durante 3 h. La capa de aceite esencial se separó de la fase acuosa con un embudo de decantación y el aceite esencial resultante se escurrió usando sulfato de sodio anhidro (Na_2SO_4) y se conservó en una botella de color ámbar a 4°C hasta su uso.

7.4 Prueba de toxicidad

Se utilizaron diez granos de frijol, los cuales se colocaron en placas Petri de 9 cm de diámetro (63.6174 cm²). El aceite esencial de *M. spicata* se diluyó con 5 ml de etanol para lograr soluciones de prueba a 75, 150, 300, 600 y 1200 ppm. A continuación, utilizando una micropipeta se aplicaron alícuotas (0.5 ml) de las soluciones de prueba en cada placa Petri hasta cubrir todos los granos.

Después de 20 minutos para evaporar el etanol, se colocaron 20 adultos de 10 a 12 días de edad sin sexar (Fazolin *et al.*, 2007). La mortalidad del gorgojo se contó a las 24 y 48 horas posteriores a la aplicación del tratamiento. Se estableció un control negativo sin aplicación de aceite esencial con 100 µL de etanol (Lagunes y Rodríguez, 1989; González *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2012) y como control positivo el butóxido de piperonilo con deltametrina como insecticida piretroide a 10 µL cm⁻² (K-Obiol 2.5, Bayer México). La mortalidad se expresó como un porcentaje en relación a los insectos muertos o vivos encontrados en el control, considerando insectos muertos aquellos que no presentaron movimiento.

7.5 Prueba de índice de selección (preferencia)

El índice de selección se midió mediante el método de preferencia de área. El experimento se llevó a cabo utilizando un aparato compuesto por tres recipientes de plástico circulares, con un recipiente central conectado a los otros dos recipientes mediante cilindros de plástico (10 cm de largo, 1 cm de diámetro), como se describe en la literatura científica (Mazzonetto y Vendramin, 2003; Fouad *et al.*, 2012; Viteri-

Jumbo et al., 2014). Los recipientes 1 se dispusieron en un extremo y se llenaron con 50 g de frijol tratado con aceite esencial. El recipiente 2 se llenó con 50 g de frijol sin aplicación de tratamiento. En el contenedor central (3) se liberaron 20 adultos no sexados y con ayuno previo de 24 h, y a las 24 h se registró el número total de insectos por contenedor. El índice de selección se calculó según lo propuesto por Mazzonetto (2002) y Mazzonetto y Vendramin (2003); $SI = (2 \times G) / (G + C)$, donde SI es el índice de selección, C es el número de insectos en los contenedores sin tratar y G es el número de insectos en el contenedor tratado. Los valores de SI variaron entre 0 y 2, donde los siguientes valores indicaron la actividad: SI = 1 (actividad neutra), SI > 1 (atracción) y SI < 1 (repelencia). Como margen de seguridad para esta clasificación, la desviación estándar (DE) de cada tratamiento se agregó/restó de un valor de 1 (indicativo de neutralidad). Como control positivo, se empleó el butóxido de piperonilo con deltametrina como insecticida piretroide a $10 \mu\text{L cm}^{-2}$ (K-Obiol 2.5, Bayer México).

Se agruparon los datos del índice de selección del gorgojo del frijol tratados con los aceites esenciales con las categorías propuestas por Arivoli et al. (2013) con algunas modificaciones, siendo estas:

- Atracción (SI > 1)
- Neutra actividad (SI = 1.00)
- + Baja actividad repelente ($0.75 \leq SI \leq 0.99$)
- ++ Media actividad repelente ($0.50 \leq SI \leq 0.74$)
- +++ Alta actividad repelente ($0.25 \leq SI \leq 0.49$)
- ++++ Muy alta actividad repelente ($0.00 \leq SI \leq 0.24$)

7.6 Análisis de los datos

Los datos recopilados para este estudio se administraron con el paquete Microsoft Excel 2023 y se analizaron con el programa estadístico Minitab versión 20.3. Todos los experimentos se realizaron con tres repeticiones y los datos se expresaron como media $\pm$ desviación estándar, así como el coeficiente de determinación (r^2) para

reflejar la prueba de índice de selección o preferencia (mortalidad y repelencia), y los grados de libertad (GL) que vienen dados por el número de valores que pueden asignarse arbitrariamente. Se utilizó un análisis de varianza ANOVA de una sola vía ($p < 0.05$) para observar los efectos del aceite esencial contra los gorgojos. La concentración letal 50 (CL₅₀), y 90 (CL₉₀), que controla al 50 y 90 % de la población de gorgojos, respectivamente, tomando en cuenta la mortalidad que ocurrió en las 24 y 48 horas después de los tratamientos y considerando las cinco concentraciones del aceite esencial de la especie vegetal evaluada (Sakuma, 1998).

8. RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran una relación significativa entre diferentes concentraciones evaluadas del aceite esencial de *M. spicata* sobre la mortalidad de los gorgojos del frijol (cuadro 1). Estos resultados muestran un aumento de mortalidad conforme aumenta el tiempo de exposición, evidenciando una mortalidad más pronunciada en concentraciones más altas en comparación con las concentraciones más bajas. A las 24 horas ($F = 445.17$, $df = 6, 14$, $p < 0.001$, $r^2 = 0.9948$), se observó una discrepancia en la mortalidad específicamente en el grupo expuesto a 1200 ppm al 100% es significativamente mayor en comparación con el grupo expuesto a 600 ppm al 71.67%. En la concentración 300 ppm, la mortalidad acumulada sigue siendo significativa a un 43.33%, es más alta a comparación de la concentración de 150 ppm al 23.33%. La concentración de 75 ppm muestra una menor mortalidad, con un valor del 6.67% en comparación con todas las concentraciones anteriores. A las 48 horas ($F = 323.16$, $df = 6, 14$, $p < 0.001$, $r^2 = 0.9928$) posteriores de la aplicación del tratamiento no se observó un efecto significativo en la concentración de 1200 ppm al 100% que representa la dosis más alta a comparación de la concentración de 600 ppm al 98.33%. En la concentración de 300 ppm se observó una mortalidad acumulada de 60%, significativamente mayor en comparación a la concentración de 150 ppm al 28.33%. En la concentración de 75 ppm al 11.67% es menor en comparación a todas las concentraciones anteriores.

Con los valores obtenidos se aprueba la hipótesis alterna donde al menos una de las concentraciones evaluadas del aceite esencial de *M. spicata* tiene efecto significativo sobre el gorgojo del frijol y se descarta la hipótesis nula. Estos resultados corroboran la efectividad del aceite esencial de *M. spicata* como agente potencial para el control de los gorgojos del frijol, destacando la importancia de las concentraciones y el tiempo de exposición en su eficiencia.

Cuadro 1. Mortalidad (%) de adultos de *Z. subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) tratados con el aceite esencial de *M. spicata* (Lamiaceae).

Concentración (ppm)	Mortalidad acumulada	
	24 horas	48 horas
75	6.67 ± 2.89 e	11.67 ± 2.89 d
150	23.33 ± 2.89 d	28.33 ± 2.89 c
300	43.33 ± 2.89 c	60.00 ± 10.00 b
600	71.67 ± 7.64 b	98.33 ± 2.89 a
1200	100 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
Control (-)	0.00 ± 0.00 e	0.00 ± 0.00 d
Control (+)	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a

Los datos por columna que no comparten letras iguales son significativamente diferentes.

Los resultados obtenidos del análisis de regresión lineal probit de las concentraciones letales medias para controlar la población de insectos en los grupos evaluados a 24 y 48 horas del aceite esencial de *M. spicata* sobre el gorgojo del frijol nos representan las concentraciones del aceite esencial requeridas para inhibir el 50 % (CL₅₀) y el 90% (CL₉₀) de la actividad del gorgojo.

El slope representa la tasa de cambio en la actividad del gorgojo del frijol en respuesta a cambios en la concentración del aceite al tiempo de exposición, dentro de las 24 horas muestra un valor de -1.58786 y dentro de las 48 horas muestra mayor disminución con un valor de -1.77534.

Los valores z-value y p-value son bajos (<0.001), en el z-value muestra -10.94 a las 24 horas y -10.36 a las 48 horas lo que muestra una fuerte evidencia para rechazar la hipótesis nula donde se menciona que el aceite esencial no presenta efecto significativo sobre el gorgojo de frijol al ser comparado con el control sin exposición a ningún tratamiento.

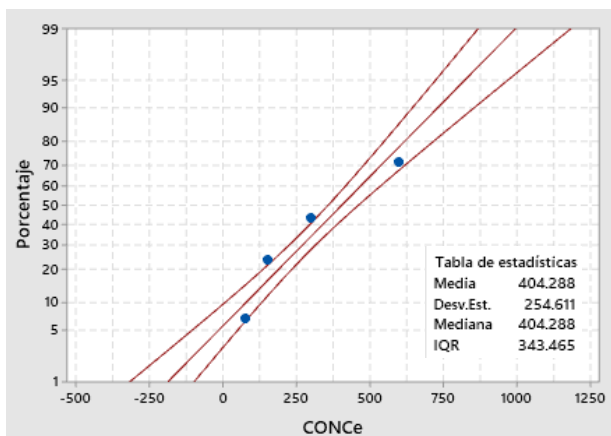
Los resultados obtenidos indican una relación significativa entre la concentración del aceite esencial de *M. spicata* y la actividad del gorgojo del frijol siendo que entre

mayores concentraciones y mayor tiempo de exposición existe una mayor inhibición de la actividad del gorgojo del frijol. Esto sugiere un uso potencial del aceite esencial como agente efectivo en el control de la plaga *Z. subfasciatus*.

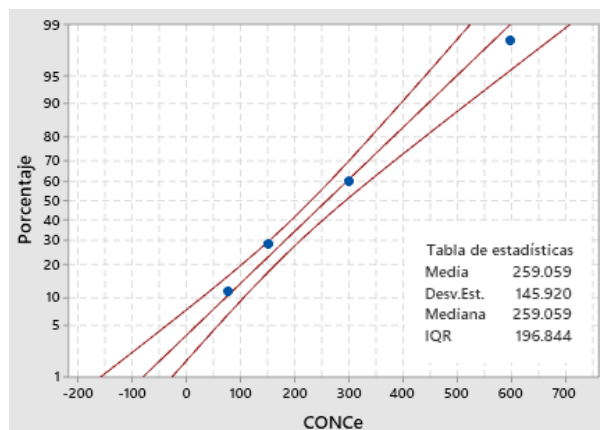
Cuadro 2. Concentraciones letales y análisis de regresión a las 24 y 48 horas del efecto del aceite esencial de *M. spicata* (Laminacea) sobre *Z. subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae).

Aceite esencial a:	CL ₅₀ (IC)	CL ₉₀ (IC)	Slope (SE)	χ^2 (df)	z-value	p-value
24 horas	404.288 ± 25.6762 (357.847 – 462.176)	730.585 ±51.5482 (644.916 – 854.881)	-1.58786 (0.145184)	10.3960 (4)	-10.94	0.001
48 horas	259.059 ± 15.8369 (230.133 – 293.867)	446.064 ± 30.2905 (395.687 – 519.183)	-1.77534 (0.171302)	3.87023 (4)	-10.36	0.001

CL: concentración letal; CL₅₀: concentración letal requerida para controlar la mitad de la población de la plaga; CL₉₀: concentración letal requerida para controlar el 90% de la población. IC: intervalos de confianza fiduciarios. SE: error estándar; χ^2 (df): valor de chi-cuadrado (grados de libertad); valor z: valor estadístico de la prueba (puntuación z); valor p: valor de probabilidad.



A.



B.

Figura 1. Gráfico de regresión lineal y ajuste del modelo para *Z. subfasciatus* (coleoptera; bruchidae) tratadas con aceite esencial de *M. spicata*. En la figura A. muestra los resultados de 24 horas y en la figura B muestra los resultados a las 48 horas de exposición.

De acuerdo al cuadro 3, sugiere que el tratamiento tiene un efecto significativo en la reducción de la población sobre los gorgojos. En los granos tratados, a medida que las concentraciones aumentan el porcentaje de gorgojos presentes, la actividad tiende a disminuir en comparación a los granos no tratados, que tiende a aumentar. Los valores de control positivo y control negativo muestran los extremos del efecto del tratamiento. El índice de selección (SI) es útil para evaluar la eficacia relativa del tratamiento en la reducción de la población de gorgojos. Los valores de SI mayores de 1 indican una menor eficacia de tratamiento mientras que los valores menores a 1 indican una mayor eficacia.

Cuadro 3. Índice de selección de *Z. subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) tratados con el aceite esencial de *M. spicata*

Concentración (ppm)	Gorgojos sobre granos		Índice de selección (SI)	Categoría
	Tratados	No tratados		
75	88.33 $\pm$ 2.89 a	11.67 $\pm$ 2.89 d	1.7667 $\pm$ 0.0577 a	--
150	60.00 $\pm$ 5.00 b	40.00 $\pm$ 5.00 c	1.2000 $\pm$ 0.1000 b	--
300	56.67 $\pm$ 2.89 b	43.33 $\pm$ 2.89 c	1.1333 $\pm$ 0.0577 b	--
600	35.00 $\pm$ 10.00 c	65.00 $\pm$ 10.00 b	0.700 $\pm$ 0.200 c	+
1200	0.00 $\pm$ 0.00 d	100.00 $\pm$ 0.0 a	0.0000 $\pm$ 0.0000 d	++++
Control (-)	51.67 $\pm$ 10.41 b	48.33 $\pm$ 10.41 c	1.033 $\pm$ 0.208 b	--
Control (+)	0.00 $\pm$ 0.00 d	100.00 $\pm$ 0.00 a	0.000 $\pm$ 0.000 b	++++

Los datos por columna que no comparten letras iguales son significativamente diferentes

9. DISCUSIÓN

El aceite esencial de *M. spicata* mostró una mortalidad de hasta el 100% en las concentraciones más altas, en un tiempo de 48 horas, esto se debe a que las partes aéreas de la planta contienen concentraciones de mentol y otros compuestos químicos como carvona, limoneno, felnadreno, d- pineno, alcohol ocitílico, acetato de dihidrocarvicol y cincol (Cáceres, 1996; Salguero, 2011).

Otros autores muestran resultados de la mortalidad respecto a *Z. subfasciatus* con el control de diferentes especies vegetales. Rendón (2007) hace mención de 39 tratamientos evaluados donde solamente dos de ellos sobrepasan el 40% de mortalidad (*Chrysactinia mexicana* y *Gliricidia sepium*) a diferentes concentraciones de 0.1, 0.5 y 1.0%, además de que existe evidencia de que ha sido evaluada con otras especies de gorgojos como el de maíz *Sitophilus zeamais*. En el extracto vegetal de *C. mexicana* en la concentración de 0.1% al 49.5%, en la concentración de 0.5% con una mortalidad 66.0% y en la concentración de 1.0% con un valor de 84.4% donde cada una de las concentraciones se muestran significativamente mayores, entre más altas las concentraciones más alto es el valor de mortalidad. En el extracto vegetal de *G. sepium* en la concentración de 0.5% se muestra un 11%, en 05% muestra un 48.0% de mortalidad y en 1.0% muestra un valor de 56.0%, lo que indica que son significativamente diferentes. En cuanto a repelencia, las especies vegetales de *C. mexicana*, *Dyssodia acerosa*, *G. sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Heterotheca inuloides* y *Larrea tridentata* si muestran actividad repelente contra *Z. subfasciatus* según Rendón (2007).

Báez (2019) evaluó diferentes extractos vegetales contra coleópteros de granos almacenados, los extractos botánicos de *Agave* spp., *Piper* spp. y *Citrus sinensis* evidencian un efecto repelente sobre *S. zeamais* (valores de repelencia menores a 1), de igual forma presentaron un efecto en mortalidad al 70-80%. El mismo autor también evaluó el efecto de repelencia y mortalidad sobre *Acanthoscelides obtectus* mostrando que el aceite esencial de *Citrus sinensis* y *Piper auritum* ocasionaron un mayor efecto letal ya que en 3 horas alcanzaron la muerte de toda la población en los grupos evaluados.

La raíz de chilca, *Senecio salignus*, es otra alternativa para el control de *Z. subfasciatus* ya que esta especie vegetal causó la mortalidad total del gorgojo a 2, 3, y 4 días con concentraciones de 1, 0.5 y 0.25%, respectivamente (López-Pérez *et al.*, 2006) en donde uno de los factores importantes a considerar fue el tamaño de la partícula de la raíz de chilca, es decir, entre mayor tamaño de la partícula, menor toxicidad, de acuerdo a lo obtenido por dichos autores.

Los hallazgos anteriores respaldan que los extractos y aceites esenciales de diferentes especies, pueden ser una alternativa para el control de *Z. subfasciatus*, teniendo en cuenta las diferentes concentraciones y compuestos químicos de cada planta tratada.

10. CONCLUSIÓN

La mortalidad acumulada mostró una mayor eficacia del aceite esencial en las concentraciones más altas de los grupos tratados. El índice de selección proporcionó una evaluación detallada de la repelencia o atracción de los gorgojos del frijol. Los valores obtenidos revelaron una disminución significativa en el porcentaje de gorgojos presentes en los granos tratados en comparación con los no tratados. Asimismo, el tratamiento aplicado con diferentes concentraciones demostró una reducción notable en la actividad del gorgojo del frijol, especialmente en las concentraciones más altas y al mayor tiempo de exposición del aceite esencial. Estos hallazgos respaldan la validez de la hipótesis alterna y sugieren una efectividad significativa del tratamiento en el control de esta plaga.

RECOMENDACIONES

La investigación sobre el uso del aceite esencial *M. spicata* como agente potencial para el control de la plaga *Z. subfasciatus* contribuye a una alternativa segura y sostenible en la agricultura. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran efectos significativos contra la mortalidad y repelencia sobre los adultos de *Z. subfasciatus*, de acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda la utilización del aceite esencial en concentraciones altas para tener resultados en el control de la plaga. Otra de las recomendaciones es el estudio enfocado en la composición química de la planta *M. spicata* y tener un control de los factores que influyen en su desarrollo, asimismo tener con exactitud los compuestos y porcentajes de los mismos para evaluar nuevamente la efectividad y si existe una mayor potencialidad en menores concentraciones del aceite esencial.

REFERENCIAS

- Acevedo, F. E. (2020). Ecología química de interacciones entre plantas, insectos y controladores naturales de plagas herbívoras. Cenicafé.
- Alexandru, R. I., Radac, I., Serban, C. (2022). Detection of *Zabrotes subfasciatus* and *Bruchidius glycyrrhizae* (Chrysomelidae: Bruchinae) in Romania. Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle, volumen (1).71-81. <https://doi.org/10.3897/travaux.65.e81595>
- Ambriz B. K. A., Contreras G. J. M., Flores B. I. (1999). Comportamiento del ciclo de vida de *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera:Bruchidae) a temperaturas extremas. En: N. Bautista M., O. Morales G., C. Ruiz M. (Ed.) Colegio de Postgraduados Montecillo. XXXIV Congreso Nacional de Entomología. Aguascalientes, México. p 594
- Ansari, N. D., N. Hasanzadeh, M. R. Bagher, and A. Ghasemi. (2012). Antibacterial activity and chemical compositions of *Chamaemelum nobile* essential oil/extracts against *Pseudomonas tolaasii*, the causative agent of mushroom brown blotch. *Ann. Biol. Res.* 3: 2602–2608
- Arenas L. C. 1984. Extractos acuosos y polvos vegetales con propiedades insecticidas: Una alternativa por explorar. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 157 p
- Arivoli, S., y Tennyson, S. (2013). Actividad ovicida de extractos de plantas contra *Spodoptera litura* (Fab) (Lepidoptera: Noctuidae).
- ASCDMA. (2018). *El frijol alimento nutritivo y básico en la dieta mexicana*. Obtenido de Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASCDMA): <https://www.gob.mx/aserca/articulos/el-frijol-alimento-nutritivo-y-basico-en-la-dieta-mexicana?idiom=es#:~:text=Contienen%20importantes%20minerales%20como%20el,que%20contrarresta%20el%20envejecimiento%20natural>.
- Avalos, G. A; Pérez, U.C. E. (2009). Metabolitos secundarios de plantas. *Reduca (Biología) Serie Fisiología Vegetal* 2 (3):119-1445
- Avila J.A., Avila J.M., Rivas F.J., Martinez D. (2023). El cultivo del frijol sistemas de producción en el noroeste de México. *Departamento de agricultura y Ganadería*. Obtenido de: <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRIJOL.pdf>
- Baez González L.M. (2019). Mención Sistemas Agroecológicos y Sostenibles de Producción. Ataque de coleópteros en granos almacenados: extractos

botánicos para el manejo ecológico de plagas. Tesis de maestría. Universidad de Matanzas, Facultad de Ciencias Agropecuarias

- Barud, J. Flavia Beatriz; López, María Liza. (2018). Aceites esenciales como agentes semioquímicos de diferentes comportamientos plausibles de control de la mosca de los frutos *Ceratitis Capitata* Wiedemann; 13-4
- Bekele D. (2018). Review on insecticidal and repellent activity of plant products for malaria mosquito control. *Biomed. Res. Rev.* 2:1–7. doi: 10.15761/BRR.1000114
- Benzi, V. *et al.*, (2009). Comparación del efecto insecticida de dos especies de *Aloysia* (Verbenaceae) sobre *Rhizopertha dominica* (Insecta, Coleoptera, Bostrichidae). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, Vol. 8. N°2. 151-153 pp.
- Bhalla, R., Narasimhan, K. & Swarup, S. (2005). Metabolomics and its role in understanding cellular responses in plants. *Plant Cell Rep* **24**, 562–571. <https://doi.org/10.1007/s00299-005-0054-9>
- Blanco García C.J. (1994). Agroecología de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) y *Acanthoscelides obtectus* (Say). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras
- Bonet, A, Morales, C. O., Rojas, C. V. (2005). El control biológico con parasitoides, una alternativa para limitar a los gorgojos en frijol almacenado Instituto de Ecología A C., Xalapa, Ver. México. pp 3, 8.
- Bouchra, C., M. Achouri, L. Idrissi Hassani, and M. Hmamouchi. (2003). Chemical composition and antifungal activity of essential oils of seven Moroccan Labiatae against *Botrytis cinerea* Pers: Fr. *J. Ethnopharmacol.* 89:165–169
- Cáceres Armando. (1996). Plantas de uso medicinal en Guatemala. Guatemala. Editorial universitaria. 493 pp.
- Carrión Crespo, V. R. (2023). Alimentos tradicionales para el tratamiento no farmacológico de enfermedades crónicas no transmisibles (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- CIAD. (2020). *Frijol negro: un alimento accesible, nutritivo y antioxidante*. Obtenido de <https://www.ciad.mx/frijol-negro-un-alimento-accesible-nutritivo-y-antioxidante/>
- Cortez R M. O., García G., Villaescusa M.1. y Sánchez RI. (1991). Utilización de polvos y extractos vegetales para el control de *Zabrotes subfasciatus* y *Acanthoscelides obtectus* (Say) en grano de frijol almacenado. En: Resúmenes del XXVI Congreso Nacional de Entomología, Veracruz, Ver. 470 pp.

- Cruz, O. J. E. (1990). Extractos de higuerilla, *Ricinus communis* L. y manzanita, *Arctostaphylos pungens* H.B.K. para el control de la conchuela del frijol , en Chapingo México, Tesis de Maestría, Chapingo, México. 44 pp.
- Dell 'Orto-Trivelli, H. & Arias-Velázquez, C.J. (1985). Insectos que dañan granos y productos almacenados. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Dendy, J.A.; Credland, P.F. (1991). Development, fecundity and egg dispersion of *Zabrotes subfasciatus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 59 (1) 9-17. [DOI: 10.1111/j.1570-7458.1991.tb01481.x]
- Donnelly, R. (2017). Anti-Androgenic Effects of Spearmint Tea (*Mentha Spicata*).
- Enan E. (2001). Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. *Comp. Biochem. Physiol. C: Toxicol. Pharmacol.*
- FAO. (2017). *Manual sobre la elaboracion y uso de las especificaciones de plaguicidas de la FAO y la OMS*. Roma: ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD Y ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA.
- FAO. (2019). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Farrell, G., Hodges, R. J., Wareing, P. W., Meyer, A. N., y Belmain, S. R. (2002). Biological Factors in Post-Harvest Quality. *Crop Post-Harvest: Science and Technology: Principles and Practice*, 1, 93-140.
- Fazolin M, Estrela JLV, Catani V, Alécio MR, Lima M.S. (2007). Insecticidal properties of essential oils of *Piper aduncum* L., *P. hispidinervium* C. DC and *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K, Shum against *Tenebrio molitor* L, 1758. *Ciê. agrotec.*, 31(1): 113- 120
- Guédez, C., Castillo, C., Cañizales, L., y Olivar, R. (2008). Control biológico: una herramienta para el desarrollo sustentable y sostenible. *Academia*, 7(13), 50-74.
- Golob, P. (2002). Chemical, physical and cultural control of *Prostephanus truncatus*. *Integrated Pest Management Reviews* 7, 245-277
- González, C. G. (2019). El papel de los metabolitos secundarios en la agricultura. Obtenido de <https://ciatej.mx/el-ciatej/comunicacion/Noticias/El-papel-de-los-metabolitos-secundarios-en-la-agricultura/124>

- Gonzales Torres G., F. M. Mendoza H., J. Covarrubias P., N. Morán V., J.A. Acosta G. (2008). Rendimiento y Calidad de Semillas de Frijol en Dos Épocas de Siembra en la Región del Bajío. *Agr. Técnica en México* 34(4) 421-430
- González V, Roche R, y Simanca M. (1984). Ciclo de vida de *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae), plagas de granos almacenados. *Ciencia de la Agricultura* 21:25- 30.
- Gutierrez Elias, V. H. (2023). Evaluación del efecto de dos insecticidas sobre el control de Gorgojo del maíz (*Sitophilus Zea mays*).
- Guzmán, M. H. S. et al. (2017), Plantas medicinales la realidad de una tradición ancestral, Celaya, Guanajuato, México: INIFAP
- Folgueras, M. M., Rodríguez, M. S., Herrera, I. L. (2013). Influencia de Tipos de Estacas en la Incidencia de Pudriciones Radicales de Yuca (*Manihot esculenta*). *Revista mexicana de fitopatología*, volumen 31,60-64. https://rmf.smf.org.mx/DocumentosVolumenes/VOLUMEN_COMPLETO_31_1.pdf
- Frías Barboza, J. I. (2023). Elaboración y caracterización química de una tortilla de maíz nixtamalizado enriquecida con harina de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) para aumentar su valor nutrimental.
- Intagri. (2015). *Manual de plagas en granos almacenados* . Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manual-plagas-granos->
- Jembere, B., D. Obeng-Ofori, A. Hassanali, and G. N. Nyamasyo. (1995). Products derived from the leaves of *Ocimum kilimandscharicum* (Labiatae) as post-harvest grain protectants against the infestation of three major stored product insect pests. *Bull. Entomol. Res.* 85:361–367
- Kamatou, G. P., Vermaak, I., Viljoen, A. M., y Lawrence, B. M. (2013). Menthol: a simple monoterpene with remarkable biological properties. *Phytochemistry*, 96, 15-25.
- Kumar P, Mishra S, Malik A y Satya S. (2011). "Insecticidal properties of *Mentha* species: a review. *Ind. Crops Prod.* 34(1):802–817
- Lagunes TA, Rodríguez J.C. (1989). Grupos toxicológicos de insecticidas y acaricidas. In: *Temas selectos de manejo de insecticidas agrícolas*. (Tomo 1). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. México. pp. 24-106.
- Li, Z., Zhang, H., Wang, Y., Li, Y., Li, Q., y Zhang, L. (2022). The distinctive role of menthol in pain and analgesia: Mechanisms, practices, and advances. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, 15, 1006908.
- Lindblab C., Druben L. (1981). Almacenamiento del grano. Ed . Concepto. México. 46 pags.

- López Mérida, G., Delgado Merchán, S. y Salas Castrillo, S. (2007). Guía para el manejo adecuado de plaguicidas en almacenes de granos. Almacenadora Sur S.A de C.V. México DF. p. 62.
- López Pérez, E., Rodríguez Hernández, C., Ortega Arenas, L. D., & Garza García, R. (2006). Actividad biológica de la raíz de *Senecio salignus* contra *Zabrotes subfasciatus* en frijol almacenado. *Agrociencia*, 41(1),95-102. [fecha de Consulta 9 de noviembre de 2024]. ISSN: 1405-3195. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30241109>
- Lüthi, C., Álvarez-Alfageme, F., & Romeis, J. (2013). Impact of α AI-1 expressed in genetically modified Cowpea on *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) and its parasitoid, *dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Plos One*, 8(6), e67785.
- Mazzonetto, F. (2002). Efeito de genotipos de feijoeiro e de pós origen vegetal sobre *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) e *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Col. Bruchidae) 134 p. Tesis doctor em ciencias. Universidad de Sao Paulo, Piracicaba, Sao Paulo, Brasil.
- Mazzonetto, F., and J. D. Vendramim. (2003). Effect of powders from vegetal species on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) in stored bean. *Neotropical Entomol.* 32(1): 145-149
- Meléndez Balbuena Lidia, Sánchez M.E., Ramírez M. A., Cabrera V. B. M. y Arroyo C. S. L. M. (2018). Síntesis verde de nanopartículas de plata mediante. *Revista Tendencias en Docencia e investigacion* 2018, 255.
- Moreira Guerra, V. (1994). Ciclo de vida de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) en genotipos locales de frijol común en Honduras. Tesis Ing. Agr., El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamerica.84p
- Noel Ferraris M. C. (2021). *Engormix*. Obtenido de Plagas en granos almacenados: https://www.engormix.com/agricultura/eficiencia-cosecha-postcosecha/plagas-granos-almacenados_a47328/
- Oliveira, T. A., B. Ronchi-Teles, C. R. V. Fonseca, S. L. R. Silva, P. A. Santos, and C. V. Nunez. (2012). Insecticidal activity of *Vitex cymosa* (Lamiaceae) and *Eschweilera pedicellata* (Lecythidaceae) extracts against *Sitophilus zeamais* adults (Curculionidae). *Emir. J. Food Agric.* 24:49–56
- Ortega, J. E. C., Ruvalcaba, L. P., Alcaraz, T. D. J. V., Liera, J. E. G., Valdés, T. D., y Ortiz, L. D. C. O. (2016). Effectiveness of Different Doses of Diatomaceous Earth on Mexican Bean Weevil (*Zabrotes subfasciatus* Boheman) in Culiacan, Sinaloa, Mexico. *Open Access Library Journal*, 3(12), 1-11.
- Pascual-Villalobos, M.J y Estal, P. (2004). Plagas de almacén del arroz y enemigos naturales en Calasparra (Murcia). *Boletín Sanidad Vegetal. Plagas*. España. No.30: 365-368.

- Pereira da Silva, F.A. (1993). Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. Capítulo V. Conservación y Protección de los Granos Almacenados.
- Pérez-López, E. (2012). Plaguicidas botánicos: una alternativa a tener en cuenta. Fitosanidad, Vol. 16. N°1. 55-59 pp.
- Permuy Abeleira N., Chaveco P., Gonzales F., Garcia S., Evelio F. (2008). Pérdidas de grano de frijol común en un sistema de almacenamiento tradicional. *Agricultura Técnica en México*, vol. 34. 91-100.
- PRESERVE*. (2020). Obtenido de Conservacion de leguminosas con placa degesch: <https://www.preservemx.com/archivos/d-foll-conservacion-de-leguminosas-con-placas-20.pdf>
- Quiored. (2002). *Productos naturales orgánicos*. Obtenido de <https://www.ugr.es/~quiored/pnatu/secundario.htm#:~:text=A%20lo%20largo%20de%20la,y%20compuestos%20fen%C3%B3licos%20relacionados%20y>
- Ramayo R. L. F. (1983). Tecnología de Granos y Semillas. Departamento de Industrias Agrícolas, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México. 216
- Rendón Huerta Juan Antonio. (2007). Evaluación de plantas silvestres contra gorgojo de frijol *Zabrotes subfasciatus* Boheman (COLEOPTERA: BRUCHIDAE) en almacén. Tesis Ingeniero Agroindustrial. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Rojo-Zavala, C. S., Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez, E., Lucero-Vega, G., & García-Galindo, E. (2023). Estado hídrico y crecimiento de plantas de menta (*Mentha spicata* L.) bajo tratamientos con vermicompost y déficit hídrico. *Terra Latinoamericana*, 41, 1-12. e1634. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1634>
- Romero, J., & Johnson, C. D. (1999). *Zabrotes sylvestris*, a new species from the United States and Mexico related to *Z. subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae: Amblycerinae). *The Coleopterists' Bulletin*, 87-98.
- Romero-Nápoles J. (1998). Revisión del género *Zabrotes* para México (Coleoptera: Bruchidae). Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Bases de datos SNIB-CONABIO, proyecto G031. México DF <https://www.snib.mx/iptconabio/resource?r=SNIB-G031&v=1.16>
- Sakuma M. (1998). Probit analysis of preference data. *Applied Entomology and Zoology*. 33:339–347.

- Salguero H. Z. L. (2011). Desarrollo y validación de un método analítico para la evaluación de carvona y mentol en el aceite esencial de hierbabuena (*Mentha spicata*). Trabajo de graduación. Universidad del Valle de Guatemala, Facultad de Ciencias y Humanidades
- Samarasekera R., Kosmulalage S. Kalhari & Indira S. Weerasinghe (2006) Insecticidal Activity of Essential Oils of Ceylon Cinnamomum and Cymbopogon species against Musca domestica, Journal of Essential Oil Research, 18:3, 352-354, DOI: 10.1080/10412905.2006.9699110
- Shahzadi, P., Mushtaq, S., Sajjad, F., Masood, S., Hina, S., Ashraf, M., & Kalsoom, R. (2022). Benefits of mint for the improvement of health based on its usage in pharmaceutical and food industry. Journal Advances of Nutrition Science & Technology (ANST), 2(3).
- SENASICA. (2020). *Dirección general de sanidad vegetal*. Obtenido de Estrategia operativa para el manejo fitosanitario del cultivo del frijol en apoyo a la producción para el bienestar: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/565177/EO-Frijol-Julio-20-Rub.pdf>
- Silos del Cinca. (2019). *PLAGAS EN GRANOS ALMACENADOS: TIPOS Y TRATAMIENTO*. Obtenido de <https://www.silosdelcinca.com/enfermedades/plagas-granos-almacenados-tipos-tratamiento/>
- Ulloa, J.A., P.R. Ulloa, J.C. Ramírez, y B.E. Ulloa. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. Revista Fuente 3(8):5-9.
- Vázquez-Luna, L. P.-F.-S. (2007). Biomoléculas con actividad insecticida: una alternativa para mejorar la seguridad alimentaria. Ciencia y Tecnología Alimentaria, 306-313.
- Viteri Jumbo Luis Oswaldo, Lêda R.A. Faroni, Eugênio E. Oliveira, Marco A. Pimentel, Gutierrez N. Silva. (2014). Potential use of clove and cinnamon essential oils to control the bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* Say, in small storage units. Industrial Crops and Products, Volume 56, Pages 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.02.038>
- Zewde, D. K., and B. Jembere. (2010). Evaluation of orange peel *Citrus sinensis* (L) as a source of repellent, toxicant and protectant against *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Momona Ethiop. J. Sci.* 2:61–75