



ESCUELA DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS, ANIMALES Y AMBIENTALES
INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación del efecto repelente e insecticida de preparados botánicos en el control del
pulgón de las brassicas (*Brevicoryne brassicae*)**

Camila Antonia González Guzmán

Tesina presentada para optar al título profesional de Ingeniero Agrónoma

Profesor guía: Nicolás Quiroga Barrera

San Fernando, Chile

Junio, 2025

AGRADECIMIENTOS

Con gratitud y mucho cariño quiero dedicar esta tesis a mi familia, a mi mamá Paola por creer en mí y nunca soltar mi mano, a mis abuelos Isabel y Juan por enseñarme el amor por el campo y por hacer de mi casa un hogar acogedor al que siempre quería regresar, a mis tíos Carla y Cristian, mi hermana Renata y a mi primo C. Felipe por entregarme el apoyo, el amor y acciones reconfortantes en tiempos difíciles, a mi madrina Paola Aros y familiares que se despidieron antes de terminar este camino pero que su confianza y amor fueron el soporte necesario para llegar hasta donde estoy hoy. A mis mascotas, Josefa y Ringo por darme consuelo y alegría en momentos difíciles.

A mi familia universitaria por ser luz en días difíciles y por su apoyo y compañía incondicional durante todos estos años en los que compartimos interminables horas trabajo académico, tardes de futsal y risas inquebrantables.

A mi grupo de amigos de siempre y los de la infancia por estar pendientes de mi proceso y bienestar, por escucharme y darme palabras de aliento, por siempre sacarme una sonrisa y por su amistad incondicional y confortante siempre.

A mi profesor guía por confiar en mí, tener disposición para compartir sus conocimientos, por ayudarme a plasmar mis ideas y mi esencia de la mejor forma en esta tesis.

Gracias a todos por ser parte de este viaje, por creer en mí y por compartir este logro conmigo. Este éxito no solo es mío, sino también de cada uno de los que me acompañaron en este camino. Esta tesis es prueba de su amor, apoyo y confianza en mí.

Índice de contenido

1.RESUMEN.....	5
2. ABSTRACT	6
3. INTRODUCCIÓN	7
4. HIPÓTESIS	11
5. OBJETIVO GENERAL	11
6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
7. MARCO METODOLÓGICO	12
7.1 LOCALIZACIÓN	12
7.2 ACTIVIDADES PREVIAS	12
7.2.1 Preparación de plantas y materiales	12
7.2.2 Crianza de áfidos	12
7.3 PREPARACIÓN DE EXTRACTOS	14
7.3.1 Preparación del Tratamiento 1 (T1-Tabaco)	14
7.3.2 Preparación del Tratamiento 2 (T2-Hoja de olivo).....	14
7.3.3 Preparación del Tratamiento 3 (T3-Hoja de tomate).....	14
8. DISEÑO EXPERIMENTAL	16
MÉTODO EXPERIMENTAL UTILIZADO:	16
Experimento 1: Evaluar el efecto insecticida de los preparados botánicos.....	16
Experimento 2: Evaluar el efecto repelente de los preparados botánicos	16
9. ANALISIS ESTADISTICO	18
10. RESULTADOS	19
10.1 RESULTADOS EXPERIMENTO 1: EVALUACIÓN DEL EFECTO INSECTICIDA DE LOS PREPARADOS BOTÁNICOS	19
10.1.1 T1-Tabaco	20
10.1.2 T2-Hoja de Olivo	21
10.1.3. T3-Hoja de Tomate	22
10.2 RESULTADOS EXPERIMENTO 2: EVALUAR EL EFECTO REPELENTE DE LOS PREPARADOS BOTÁNICOS.....	23
10.2.1 T1-Tabaco:.....	23
10.2.2 T2-Hoja de olivo	24
10.2.3. T3-Hoja de tomate	25
11. DISCUSIÓN	26
12. CONCLUSIONES.....	31
13. BIBLIOGRAFIA.....	33

Índice de tablas

Tabla 1. Tratamientos evaluados durante los dos experimentos.....	14
Tabla 2. Promedio de pulgones vivos por tratamiento comparados con el promedio de pulgones vivos en aquellas plantas que no fueron tratadas con ningún extracto durante los dos experimentos.	19

Índice de figuras

Figura 1: Esquema de desarrollo del experimento 1 y distribución de plantas dentro de la unidad experimental o jaula entomológica. (Elaboración propia).....	17
Figura 2: Esquema de desarrollo del experimento 2 y distribución de plantas dentro de la unidad experimental o jaula entomológica. (Elaboración propia).....	17
Figura 3: Valor relativo del promedio de pulgones por tratamiento durante el primer experimento	20
Figura 4: Promedio de pulgones vivos posterior a la aplicación de T1 (Tabaco) en comparación a las plantas sin ningún tratamiento aplicado (T0), durante el primer experimento.....	21
Figura 5: Promedio de pulgones vivos posterior a la aplicación de T2 (Olivo) en comparación a las plantas sin ningún tratamiento aplicado (T0), durante el primer experimento.....	21
Figura 6: Promedio de pulgones vivos posterior a la aplicación de T3 (Tomate) en comparación a las plantas sin ningún tratamiento aplicado (T0), durante el primer experimento.....	22
Figura 7: Valor relativo del promedio de pulgones por tratamiento durante el segundo experimento	23
Figura 8: Promedio de pulgones vivos posterior a la aplicación de T1(Tabaco) en comparación con las plantas sin ningún tratamiento aplicado (T0), durante el segundo experimento.	24
Figura 9: Promedio de pulgones vivos posterior a la aplicación de T2 (Olivo) en comparación a las plantas sin ningún tratamiento aplicado (T0), durante el segundo experimento.	25
Figura 10: Promedio de pulgones vivos posterior a la aplicación de T3 (Tomate) en comparación a las plantas sin ningún tratamiento aplicado (T0), durante el segundo experimento.	25

1.RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto insecticida y repelente de 3 preparados botánicos en base a tabaco (*Nicotiana tabacum*), hojas de olivo (*Olea europaea*) y hojas de tomate (*Solanum lycopersicum*) para el control del pulgón de las brassicas (*Brevicoryne brassicae*) bajo condiciones de invernadero. Se realizaron dos experimentos: el primero buscó determinar el efecto insecticida de los extractos y el segundo, determinó su efecto repelente. El diseño experimental incluyó un tratamiento control (sin aplicación) y tres tratamientos correspondientes a los extractos mencionados, (T1-Tabaco, T2-Olivo y T3-Tomate), los que fueron aplicados sobre plantas de brócoli (*Brassica oleracea*) previa o posteriormente infestadas con pulgones dependiendo del experimento. Los resultados indicaron que el extracto de tabaco presentó la mayor eficacia tanto insecticida como repelente, reduciendo notoriamente la población de pulgones por debajo del umbral de daño económico (5 individuos por planta). El extracto de hoja de olivo demostró un efecto insecticida intermedio y signos de disuasión en la oviposición, mientras que el extracto de hoja de tomate mostró limitada eficacia como insecticida, pero cierto potencial como repelente. Los hallazgos sugieren que estos biopreparados y especialmente el extracto de tabaco, resultan ser alternativas sostenibles al uso de pesticidas sintéticos, contribuyendo a la producción agrícola sustentable y alineándose con los principios de la economía circular, al revalorizar subproductos agrícolas. Por lo anterior es recomendable profundizar en la optimización de formulaciones y en ensayos de campo como pasos previos al desarrollo y al posible registro comercial de este producto.

Palabras clave: *Brevicoryne brassicae*, insecticida, extractos botánicos, manejo integrado de plagas.

2. ABSTRACT

This research evaluated the insecticidal and repellent effects of three botanical preparations derived from tobacco (*Nicotiana tabacum*), olive leaves (*Olea europaea*), and tomato leaves (*Solanum lycopersicum*) for controlling cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) under greenhouse conditions. Two experiments were carried out: the first aimed to determine the insecticidal effect of the extracts, while the second assessed their repellent properties. The experimental design included a control treatment (without application) and three treatments corresponding to the mentioned extracts (T1-Tobacco, T2-Olive, and T3-Tomato), which were applied to broccoli plants (*Brassica oleracea*) that were either previously or subsequently infested with aphids, depending on the experiment. The results indicated that the tobacco extract exhibited the greatest insecticidal and repellent efficacy, significantly reducing the aphid population below the economic damage threshold (5 individuals per plant). The olive leaf extract demonstrated an intermediate insecticidal effect and signs of oviposition deterrence, while the tomato leaf extract showed limited insecticidal efficacy but some repellent potential. The findings suggest that these botanical preparations, especially the tobacco extract, represent sustainable alternatives to synthetic pesticides, contributing to sustainable agricultural production and aligning with the principles of the circular economy by valorizing agricultural by-products. Therefore, it is recommended to deepen the optimization of formulations and conduct field trials as necessary steps prior to the development and possible commercial registration of this product.

Keywords: *Brevicoryne brassicae*, insecticide, botanical extracts, integrated pest management.

3. INTRODUCCIÓN

La demanda global de alimentos está en constante aumento, lo que plantea un desafío inminente para la agricultura moderna. En la búsqueda de un suministro de alimentos suficiente, seguro y sostenible para una población en crecimiento, se estima que será necesario aumentar la producción de alimentos en un 70 por ciento para alimentar 2.300 millones de personas adicionales para el año 2050 (FAO, 2009). Como parte de los desafíos urgentes, está el hecho de producir alimentos durante todo el año, se priorizan los cultivos, entre los cuales se encuentran las hortalizas. La producción y consumo de hortalizas frescas a nivel mundial está cobrando cada vez más fuerza, debido al papel que desempeñan las verduras y legumbres en la dieta diaria y familiar. Sin embargo, y a pesar de su gran importancia, los sistemas de cultivo actuales implican la manifestación de numerosas plagas y enfermedades, lo que impulsa la búsqueda de métodos de control factibles que aseguren la producción constante y segura de alimentos (Zolezzi *et al.*, 2017).

Entre las principales plagas que afectan a las hortalizas encontramos a los áfidos (Aphididae) (Durairaj *et al.*, 2016). Llamados comúnmente como pulgones, su reproducción tiene lugar mediante partenogénesis, con hembras vivíparas no fertilizadas que siguen produciendo nuevas generaciones de hembras (Navarro, 2017). Los pulgones ocasionan pérdidas en la calidad y los rendimientos. Los pulgones son parásitos específicos de las plantas, que tienen varias formas de adaptación que les permiten aprovechar con mucha facilidad el medio en que viven, especialmente en la forma de alimentarse. La mayoría se adhieren y se nutren del flujo de la savia de la planta. En el caso de las hortalizas más comunes, estas se ven mayoritariamente afectadas por la especie *Myzus persicae*, conocida como el pulgón verde del duraznero y *Brevicoryne brassicae*, conocida como el pulgón de las crucíferas (Cisternas, 2011). Estas especies producen daños directos e indirectos, por una parte, los daños directos están relacionados a la presencia del insecto en la planta y su alimentación en base a la savia de estas, lo cual produce la pérdida de color y deformación de la lámina foliar. Una infestación elevada puede provocar la muerte de plántulas, la cual tiene implicancias económicas (Estay & Vitta, 2018).

El daño indirecto causado por los pulgones es el más importante a nivel productivo, se ha descrito la capacidad de transmitir un gran número de fitovirus, específicamente, *Brevicoryne brassicae*, es capaz de transmitir, aproximadamente, 20 virus, entre los que destacan el Virus

Mosaico del Nabo (TuMV) y el Virus Mosaico de la Coliflor (CaMV). Estos son transmitidos horizontalmente y de forma no-persistente, es decir, el virus es adquirido a través del aparato bucal del pulgón al alimentarse de una planta enferma y puede ser transmitido inmediatamente a una planta sana (Olivares, 2017).

En el proceso de alimentación, los áfidos excretan fecas denominadas, mielada o mielecilla, la cual actúa como fuente de alimento para hormigas, con las cuales los pulgones establecen una relación mutualista. Mientras los áfidos entregan mielecilla para la alimentación de las hormigas, estas los protegen de sus depredadores naturales (Gamboa *et al.*, 2021). Esta mielecilla es rica en carbohidratos y compuestos nitrogenados y debido a la excreción constante de los áfidos, la mielecilla se deposita sobre la superficie del vegetal, tornándola pegajosa, generando las condiciones para la proliferación de distintas especies de hongos saprófitos tales como la *Fumagina*, la cual genera un micelio polvoriento y de color negro que forma una película sobre la hoja, disminuyendo la capacidad fotosintética de la hoja y produciendo el debilitamiento de la planta (Ripa *et al.*, 2008).

La agricultura moderna ha dependido tradicionalmente del uso de agroquímicos para controlar este tipo de plagas, en este caso, la estrategia más utilizada ha sido la aplicación de plaguicidas sintéticos, que si bien tienen un alto grado de efectividad, también conllevan efectos secundarios, tales como; la resistencia a la molécula por parte de la plaga, los mayores costos de producción, el efecto residual del producto, la contaminación de las aguas, el desequilibrio del ecosistema, además de los peligros en la salud humana que pueden producir en sus usuarios debido a la exposición permanente a sustancias nocivas para la salud (Diez *et al.*, 2021).

A partir de la necesidad de sustituir el uso de pesticidas sintéticos, surgen alternativas de origen biológico, entre ellos, los biopreparados de origen botánico. Los extractos de diferentes especies vegetales pueden contener compuestos químicos con actividad insecticida o repelente. Su utilización en la agricultura moderna promueve la seguridad para el medio ambiente y una eficiente acción de control, pudiendo ser incorporada en programas de manejo integrado y en la producción orgánica. Para esto, se busca desarrollar tecnologías apropiadas a las condiciones agroclimáticas, sociales, culturales y económicas de los agricultores, promoviendo buenas prácticas que incluyen la distribución justa y equitativa de los costos y beneficios asociados a la producción, pero

igualmente efectivas y que permitan prolongar la vida de los suelos y paisajes agrícolas (FAO, 2010).

En los últimos años, en Chile se ha fomentado la utilización de productos orgánicos destinados al manejo integrado de plagas y enfermedades, algunos ejemplos que se ofrecen el comercio son; BC 1000, un Fungicida/ Bactericida producido en base a extracto de pulpa y semilla de toronja, usualmente recomendado para el control de *Botrytis cinerea* en vid, también existe ACADIAN, un Fertilizante/ bioestimulante producido en base a extractos de algas, Biocap®, un insecticida/acaricida formulado a partir de su ingrediente activo Capsaicina, el cual corresponde a un compuesto natural de origen vegetal, obtenido de los frutos maduros de *Capsicum frutescens* L., entre otros (SAG, 2022). Al mismo tiempo, existe un incremento en la investigación sobre las propiedades insecticidas de algunas especies vegetales tales como ortiga (*Urtica urens*), cebolla (*Allium cepa*), ruda (*Ruta graveolens*), entre otros (MINAGRI, 2021).

En este contexto, el presente estudio busca dar respuesta al siguiente problema agronómico ¿Cuál será el resultado de la aplicación de preparados botánicos con efecto insecticida y/o efecto repelente sobre la población de *Brevicoryne brassicae*? En este estudio, se responde esta interrogante mediante la evaluación de la eficacia de distintos preparados botánicos en el control del pulgón, realizando pruebas con extracto de hojas de tabaco (*Nicotiana tabacum*), hojas de olivo (*Olea europaea*) y hojas de tomate (*Solanum lycopersicum*), para el caso de los extractos en base a hojas de tabaco y tomate, estos fueron seleccionados debido a su fácil adquisición como materia prima, además de las evidencias bibliográficas sobre su efectividad repelente e insecticida (FAO, 2010). Las hojas de olivo fueron seleccionadas por su fácil adquisición, evidencia científica de las propiedades benéficas de las hojas, y una reciente publicación que evidencia sus propiedades insecticidas (Ben Hamouda y otros, 2015).

La materia prima utilizada para los 3 preparados botánicos fue seleccionada debido a que se pueden encontrar como subproductos y generalmente desechos de la industria agroalimentaria que pocas veces se aprovechan, y la mayoría de las veces se desechan, o incluso, para el caso del olivo, son quemados y muy pocas veces incorporados al suelo (Fuentes, 2015). En este contexto, el enfoque de economía circular cobra relevancia como una estrategia para la revalorización de los recursos naturales disponibles localmente y la reducción de la dependencia de insumos externos.

Al utilizar extractos vegetales provenientes de hojas de plantas como el tabaco, el olivo y el tomate que son materiales que muchas veces son considerados desechos o subproductos, se contribuye a realizar un ciclo productivo completo, disminuyendo los residuos agrícolas y fomentando un modelo de producción más eficiente, sostenible y regenerativa, consecuente con los principios de la agroecología moderna (FAO, 2009).

En este contexto, la presente investigación busca aportar al desarrollo de alternativas sostenibles para el manejo de *Brevicoryne brassicae*, una de las plagas más relevantes en cultivos de brassicas. A través del uso de extractos botánicos de origen vegetal, se pretende explorar opciones que contribuyan a reducir la dependencia de insecticidas sintéticos y promover un control más seguro y ambientalmente compatible. Considerando que el umbral de daño económico para esta plaga en hortalizas se estima en cinco individuos por planta, nivel a partir del cual las pérdidas productivas se vuelven significativas en Chile (Correa et al., 2017), este estudio se orienta a evaluar la capacidad de dichos extractos para mantener las poblaciones de pulgones por debajo de ese límite crítico

4. Hipótesis

H: Al menos uno de los biopreparados presenta efecto insecticida y/o repelente sobre la población de pulgones en pruebas bajo invernadero.

5. Objetivo general

Evaluar la eficacia de preparados botánicos, a partir de hojas de tabaco, olivo y tomate, para el manejo integrado del pulgón de las brassicas (*Brevicoryne brassicae*), en plantas de brócoli.

6. Objetivos específicos

OE1: Determinar el efecto insecticida y repelente de los preparados botánicos a partir de hojas de tabaco, olivo y tomate en plantas de brócoli.

OE2: Comparar los efectos insecticidas y repelentes de los distintos preparados botánicos evaluados en plantas de brócoli.

7. MARCO METODOLÓGICO

7.1 Localización

Los experimentos se realizaron en los invernaderos del área experimental del Instituto de Ciencias Agroalimentarias, Animales y Ambientales de la Universidad de O'Higgins, Campus Colchagua, San Fernando, Chile. La etapa experimental se extendió desde abril de 2024 hasta marzo de 2025.

7.2 Actividades previas

7.2.1 Preparación de plantas y materiales

Para el desarrollo de los experimentos, se utilizaron plantas de brócoli, las cuales son hospederas susceptibles. Para la siembra se utilizó un sustrato compuesto de 70% de turba y 30% perlita, asegurando condiciones óptimas para el crecimiento de las plántulas. Las plántulas se trasplantaron en macetas plásticas y flexibles de 2,5 pulgadas y se mantuvieron en jaulas entomológicas, construidas con madera y malla antiáfidos, para evitar contaminaciones externas. Para la manipulación de los insectos, se empleó un pincel de pelo de camello, facilitando su traslado sin dañarlos. Se contó con una lupa para la observación detallada de los insectos y su interacción con las plantas. Además, se utilizaron recipientes plásticos para el transporte seguro de órganos vegetales infestados con pulgones, garantizando la conservación del material biológico.

7.2.2 Crianza de áfidos

Para comenzar este estudio fue necesario identificar cuál de las especies de áfidos anteriormente mencionadas presentaba una mayor incidencia en hortalizas la zona central de Chile, para esto fue necesario recolectar muestras de cultivos locales correspondientes a la región de O'Higgins y posterior a esto fue necesario identificar a cada uno de ellos con la ayuda de una lupa y de una guía de claves dicotómicas (Turpeau *et al.*, 2012). Posterior a la recolección e identificación de los áfidos se determinó el nivel de predominancia de las especies identificadas, donde la especie de *Brevicoryne brassicae* superó el 50% de predominancia por sobre *Myzus persicae* y *Aphis gossypii*, siendo seleccionada como la especie a criar para esta investigación. Se realizó una crianza de esta especie con el objetivo de generar individuos para infestar plantas de brócoli, y así, evaluar el efecto repelente e insecticida de los preparados botánicos.

La crianza de los áfidos se realizó utilizando el método de crianza masal según lo referido por (García, 1974), en la Revista peruana de entomología, con algunas modificaciones para el contexto del presente estudio, la cual se detalla a continuación.

7.2.2.1 Seguimiento de la crianza forzada de áfidos

1. Para comenzar con la crianza fue necesario contar con un cultivar hospedero en el cual la especie seleccionada se conserve y reproduzca con facilidad, para esto se escogió como cultivo hospedero el brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*).
2. La crianza se inició en base a colonias de la especie de áfidos recolectadas en las locaciones dispuestas y posteriormente seleccionadas.
3. Posterior a la recolección, los órganos portadores de áfidos fueron analizados bajo lupa para eliminar posibles individuos parasitados e insectos afidófagos, y con la ayuda de un pincel de pelo de camello, se procedió a transferir a los áfidos hacia las plántulas colocadas en las macetas anteriormente mencionadas. Los órganos infectados y recolectados fueron dispuestos dentro de la jaula sobre las macetas con plantas sanas para que los áfidos se trasladaran a las plantas sanas y se produjera la infestación.
4. Las macetas portadoras de las plántulas y áfidos fueron colocadas dentro de jaulas de crianza de 80 x 40 x 80 cm, construidas de madera, con paredes revestidas de malla anti-áfidos, con el objetivo de aislar a los áfidos de un posible ataque por parte de alguno de sus parásitos o predadores, al mismo tiempo que proporcionaban la aireación e iluminación necesaria para evitar la aparición de patógenos.
5. En uno de los lados de la jaula se dispuso de una puerta que permitiera realizar las operaciones de manejo y limpieza.
6. Los áfidos mantenidos en estas condiciones iniciaron de inmediato su reproducción, depositando las ninfas sobre ambas caras de las hojas.
7. Se realizó un monitoreo constante de las colonias para asegurar que las condiciones fueran óptimas y se documentaron los cambios en la colonia de pulgones a lo largo del tiempo, observando su reproducción, desarrollo, comportamiento, entre otros.

7.3 Preparación de extractos

Tabla 1. Tratamientos evaluados durante los dos experimentos.

Simbología	Tratamiento al que corresponde
T0	Tratamiento control (sin aplicación)
T1-Tabaco	Solución de tabaco fermentada
T2-Hoja de olivo	Extracto de hoja de olivo
T3-Hoja de tomate	Extracto de hojas y tallos de tomate

7.3.1 Preparación del Tratamiento 1 (T1-Tabaco)

Para la preparación del primer tratamiento, se utilizaron 100 gramos de hojas de tabaco, el cual se añadió a 1 litro de agua hirviendo dentro de un recipiente con tapa. La mezcla se dejó fermentar durante 24 horas, asegurando que el recipiente permaneciera cerrado para evitar contaminación externa. Una vez completada la fermentación, la solución se filtró utilizando tela de lino para eliminar residuos sólidos. Se almacenó en botellas de vidrio oscuras a temperatura ambiente (FAO, 2010).

7.3.2 Preparación del Tratamiento 2 (T2-Hoja de olivo)

Para el segundo tratamiento se recolectaron hojas de olivo (*Olea europaea*) provenientes de restos de poda posterior a la cosecha, las cuales se limpiaron y secaron al sol durante 7 días hasta lograr una textura crujiente. Posteriormente, las hojas secas se trituraron y pulverizaron utilizando una batidora eléctrica de acero inoxidable. Se tomaron 100 g del polvo resultante y se colocaron en un recipiente de plástico junto con 400 ml acetona. La mezcla fue agitada por 2 minutos para luego dejarla reposar por 24 horas a temperatura ambiente. Se procedió a filtrar el extracto utilizando papel de filtro y se permitió la evaporación del solvente a temperatura ambiente durante 72 horas. Finalmente, el extracto resultante se almacenó en botellas de vidrio hasta su uso en las pruebas experimentales a temperatura ambiente (Hamouda., *et al*, 2015).

7.3.3 Preparación del Tratamiento 3 (T3-Hoja de tomate)

Para la preparación del tercer tratamiento se usaron 200 gramos de hojas y tallos de tomate pasados 4 meses de su trasplante y previo a la aparición de fruto, los cuales se hirvieron en 1 litro de agua durante un período de 20 a 30 minutos. Una vez finalizada la cocción, la mezcla se filtró

para eliminar los residuos sólidos y se almacenó en botellas de vidrio oscuro a temperatura ambiente (Lira, 2017).

8. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño con 2 experimentos distintos y 3 tratamientos aplicados en cada área experimental, además se incluyó un tratamiento control T0 para poner a prueba los tratamientos. Se utilizaron 36 plantas para el primer experimento (evaluación de efecto insecticida) y 45 plantas para el segundo experimento (evaluación del efecto repelente). Para estos experimentos fue necesario utilizar jaulas entomológicas para propiciar un ambiente que permitiera contener a los pulgones en las plantas que se infestaron, además de evitar el contacto con el exterior o la infestación con de otros artrópodos.

Método experimental utilizado:

Experimento 1: Evaluar el efecto insecticida de los preparados botánicos

Para la evaluación de este experimento, dentro de la jaula entomológica se posicionaron 4 plantas de brócoli previamente infestadas con las colonias de pulgones, de estas, solo a 3 plantas se les aplicó uno de los tratamientos a probar, esto ya que la cuarta planta fue utilizada como T0- tratamiento control, la cual consistía en una planta infestada al igual que las demás, pero sin la aplicación de ningún tratamiento (sin aplicación). Para obtener resultados más certeros, esta acción se realizó durante 3 repeticiones para cada tratamiento evaluado y se replicó de igual forma para los otros 2 tratamientos. Finalmente, la acción del producto fue evaluada pasados 5 días posteriores a la aplicación (Figura 1).

Experimento 2: Evaluar el efecto repelente de los preparados botánicos

Para este experimento se utilizaron plantas sanas, a las cuales durante el primer día se les aplicó cada uno de los tratamientos y fueron posicionadas dentro de distintas jaulas para evaluar su eficacia como repelente.

Para esto fue necesario ubicar dentro de la jaula entomológica las 3 plantas que habían sido asperjadas con alguno de los tratamientos, pasadas 24 horas, adicionalmente, se agregó una cuarta planta sana a la cual no se le aplicaría ningún tratamiento y funcionaría como tratamiento control (T0), finalmente se agregó una quinta planta previamente infestada de pulgones además de algunos restos orgánicos que contenían áfidos a las macetas para incentivar la infestación de las plantas

dentro de la jaula. Pasados 4 días de la inclusión de la planta infestada, se evaluó el efecto repelente de dicho tratamiento, realizando el conteo de los áfidos vivos. Este esquema experimental se aplicó para los 3 tratamientos dispuestos, realizando 3 repeticiones con cada uno por separado, pero de forma simultánea.

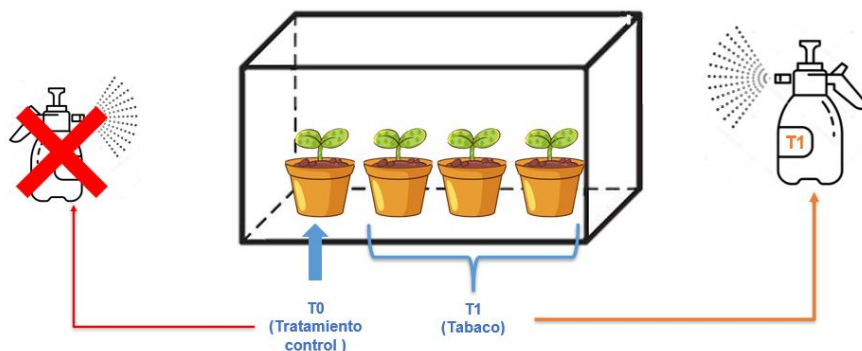


Figura 1: Esquema de desarrollo del experimento 1 y distribución de plantas dentro de la unidad experimental o jaula entomológica. (Elaboración propia).

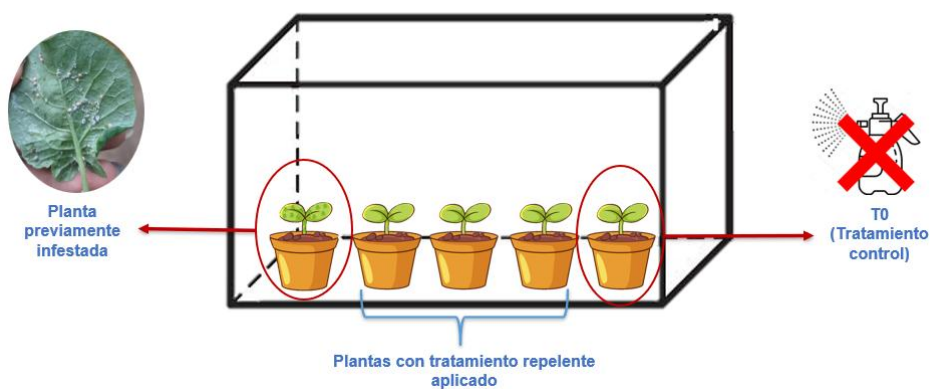


Figura 2: Esquema de desarrollo del experimento 2 y distribución de plantas dentro de la unidad experimental o jaula entomológica. (Elaboración propia).

Aplicación del producto

La aspersión de los preparados se realizó mediante un pulverizador manual, por lo tanto, para cada tratamiento aplicado existió un pulverizador distinto, el cual fue desinfectado previamente y posterior al uso de distintos tratamientos. Los aspersores utilizados presentaron un caudal de 1 ml aproximadamente, se aplicó 3 ml por planta, correspondiente a 3 aspersiones (FAO, 2010).

9. ANALISIS ESTADISTICO

Para analizar los resultados obtenidos en ambos experimentos, se empleó un método estadístico y comparativo donde se realizó un conteo del número de pulgones presentes en las plantas posterior a un periodo de exposición establecido para cada experimento, con el propósito de determinar la eficacia de los preparados botánicos en el control del pulgón de las brassicas (*Brevicoryne brassicae*), evaluando su efecto insecticida y/o repelente.

Para los 3 tratamientos considerados en los 2 experimentos, se calculó el promedio del número de pulgones vivos, junto con su respectivo error estándar de la media (EEM) con el objetivo de estimar la variabilidad entre las repeticiones y graficar la dispersión de los datos alrededor de la media.

Para comparar los datos y estandarizar los resultados, se calculó el número de pulgones vivos relativos, teniendo el tratamiento control (T0) como referencia. Este indicador permitió interpretar el efecto de los tratamientos como una proporción respecto al tratamiento control (sin aplicación), siendo valores inferiores a 1 indicativos de un efecto reductor en la población de áfidos.

Como criterio de interpretación, se consideró que un tratamiento presentaba eficacia significativa cuando el valor relativo de pulgones vivos fuera notoriamente inferior al del control (T0), y se mantuviera por debajo del umbral de daño económico definido previamente (5 individuos por planta).

10. RESULTADOS

La interpretación conjunta de los resultados obtenidos permitió discutir el comportamiento y la efectividad de los extractos evaluados bajo condiciones controladas, lo cual se detalla en el siguiente apartado (Tabla 2).

Tabla 2. Promedio de pulgones vivos por tratamiento comparado con el promedio de pulgones vivos en aquellas plantas que no fueron tratadas con ningún extracto durante los dos experimentos.

Experimento	Tratamiento	Promedio de pulgones vivos por tratamiento	Error estándar	Promedio T0	Pulgones relativos
1	T1-Tabaco	1,44	0,13	24,67	0,06
1	T2-Olivo	7	0,20	24	0,29
1	T3-Tomate	19	0,49	22,33	0,85
2	T1-Tabaco	1,11	0,10	17,67	0,06
2	T2-Olivo	14,78	0,28	15,67	0,94
2	T3-Tomate	7,56	0,22	17	0,44

10.1 Resultados experimento 1: Evaluación del efecto insecticida de los preparados botánicos

Para lograr una comparación de datos y estandarizar los resultados, se calculó el número de pulgones vivos relativos, esto se realizó luego de obtener un promedio de las tres repeticiones por tratamiento, del número de pulgones vivos luego de la aplicación de ellos, utilizando el tratamiento control (T0) como referencia.

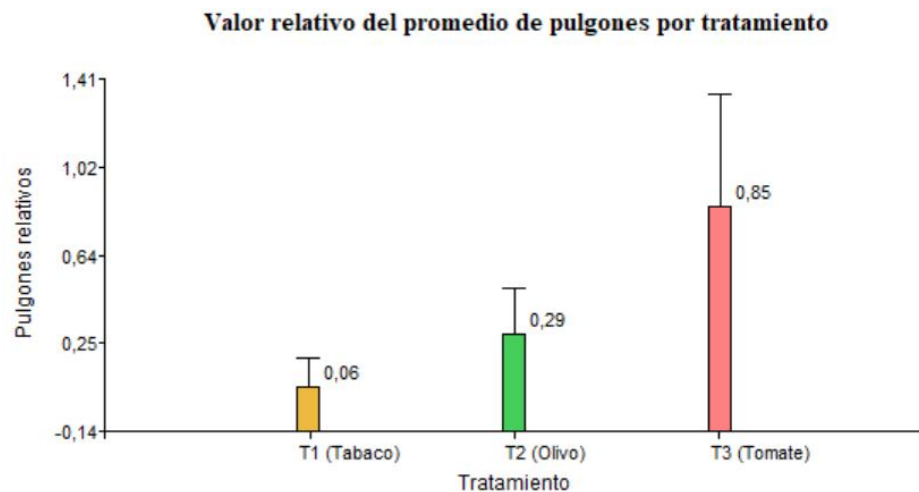


Figura 3: Valor relativo del promedio de pulgones por tratamiento durante el primer experimento

Del gráfico se pudo observar que el extracto de tabaco (T1) poseía el valor más bajo de pulgones relativos (~ 0.06) con una barra de error muy pequeña en comparación con los demás tratamientos, lo cual sugirió un efecto insecticida fuerte y consistente, representando así la mayor eficacia insecticida, reduciendo notoriamente la población de pulgones respecto al control.

Por otra parte, el tratamiento en base a hoja de olivo (T2), mostró un valor intermedio (~ 0.29), con una barra de error más amplia, lo que indica un efecto insecticida moderado, pero con variabilidad.

Por último, el tratamiento con hoja de tomate (T3), evidenció el valor más alto (~ 0.85), lo cual lo hace cercano al tratamiento control (T0), el cual poseía un valor relativo 1, además de contar con una barra de error más grande en comparación con los demás tratamientos, lo cual lo presenta como el tratamiento menos efectivo y con alta variabilidad. A continuación, se detallan los resultados por tratamiento con respecto al tratamiento control.

10. 1.1 T1-Tabaco

Posterior a la aplicación del tratamiento 1, se esperó un periodo de 5 días para realizar un conteo de los áfidos. Luego de generar un promedio de las 3 repeticiones de evaluación, se observó que durante la aplicación del tratamiento en base a tabaco (T1), existió una considerable disminución de los áfidos presentes en cada una de las plantas, lo cual deja en evidencia su eficacia como actor insecticida frente a los áfidos presentes, lo cual se puede observar en el siguiente gráfico (Figura 4).

Promedio de pulgones vivos posterior a la aplicación de T1 en comparación con las plantas no tratadas (T0)

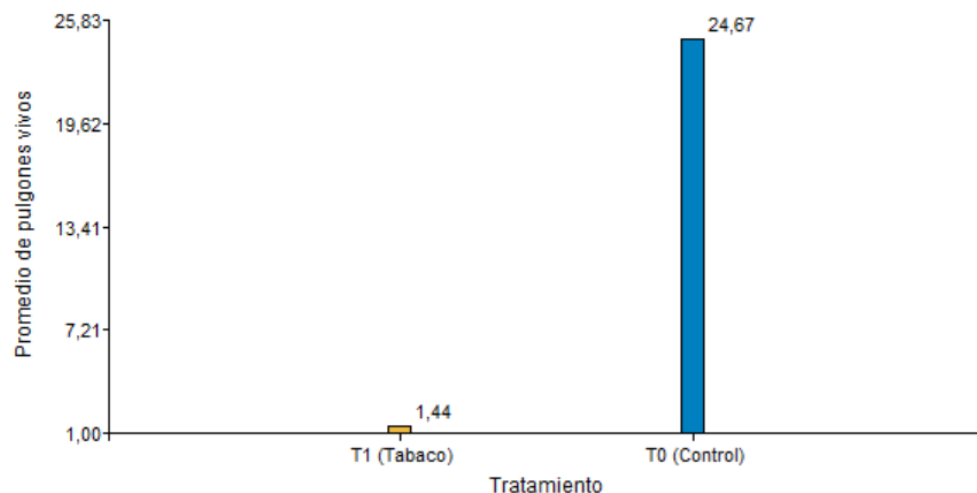


Figura 4: Promedio de pulgones vivos posterior a la aplicación de T1 (Tabaco) en comparación a las plantas sin ningún tratamiento aplicado (T0), durante el primer experimento.

Como se puede observar en el gráfico, el promedio de las repeticiones refleja una clara diferencia de eficacia insecticida entre las plantas tratadas y las plantas sin tratar o sin aplicación de ningún extracto (control), demostrándose una mayor tasa de mortalidad (menor número de pulgones vivos) en aquellas plantas tratadas a diferencia del alto número de pulgones que presentan las plantas sin tratar (control), además de mantener el número de pulgones vivos por debajo del umbral de daño económico (5 pulgones por planta).

10.1.2 T2-Hoja de Olivo

Para este experimento se realizó el mismo procedimiento descrito para el tratamiento anterior, pero utilizando el extracto de acetona de *Olea europaea*, aquí se pudo observar una fluctuación en los resultados, lo cual se muestra en el siguiente gráfico (Figura 5).

Promedio de pulgones vivos posterior a la aplicación de T2 en comparación a las plantas sin tratamiento (T0)

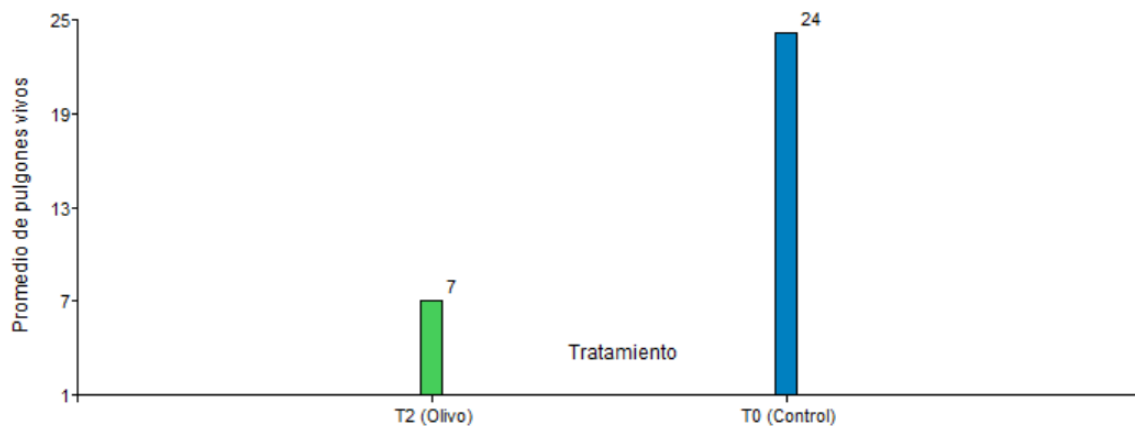


Figura 5: Promedio de pulgones vivos posterior a la aplicación de T2 (Olivo) en comparación a las plantas sin ningún tratamiento aplicado (T0), durante el primer experimento.

Como se puede observar, existe una disminución en el número de áfidos posterior a la aplicación del biopreparado en las plantas infestadas, por lo tanto, el preparado en base a hoja de olivo tiene efecto en la mortalidad de pulgones, no obstante, esta mortalidad no logra mantenerse por debajo del umbral de daño económico (5 pulgones por planta).

10.1.3. T3-Hoja de Tomate

Durante la quincena de noviembre se realizó la aplicación del T3, al igual que en el experimento anterior se siguió el procedimiento descrito para la aplicación del primer tratamiento, pero utilizando el tratamiento 3 correspondiente a hojas de tomate, como resultado, se mostraron efectos desfavorables en comparación con los dos tratamientos anteriores, lo cual se puede evidenciar en el siguiente gráfico (Figura 6).

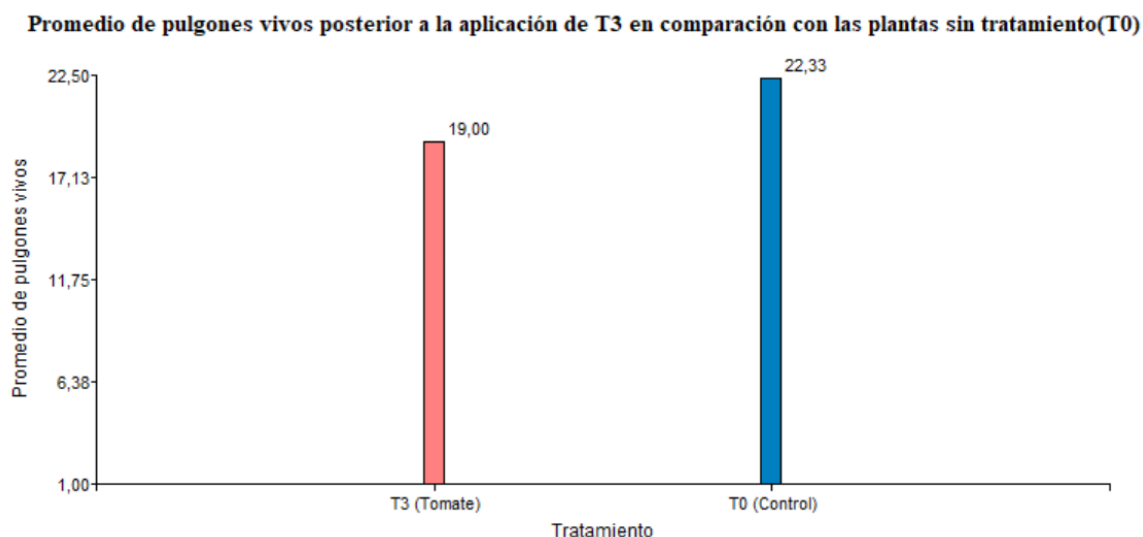


Figura 6: Promedio de pulgones vivos posterior a la aplicación de T3 (Tomate) en comparación a las plantas sin ningún tratamiento aplicado (T0), durante el primer experimento.

Como se puede apreciar en el gráfico, no existe una gran diferencia entre la cantidad de áfidos vivos presentes en las plantas tratadas en relación con las plantas no tratadas (control), lo cual deja en evidencia la baja eficacia de este como método insecticida.

10.2 Resultados experimento 2: Evaluar el efecto repelente de los preparados botánicos

Al igual que en el primer experimento, se calculó el número de pulgones vivos relativos posterior al tratamiento repelente, esto se realizó luego de obtener un promedio de las tres repeticiones por tratamiento, del número de pulgones vivos luego de la aplicación de ellos, utilizando el tratamiento control (T0) como referencia (Figura 7).

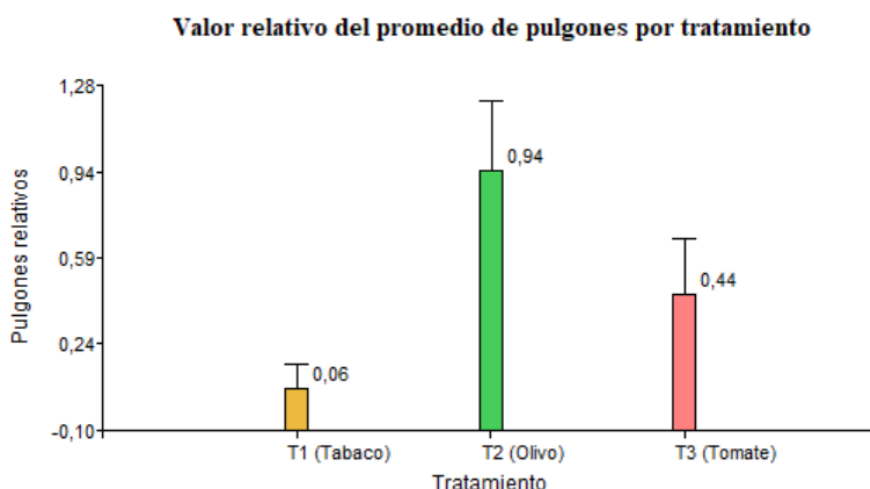


Figura 7: Valor relativo del promedio de pulgones por tratamiento durante el segundo experimento

Del gráfico se pudo observar que el tratamiento en base a tabaco (T1), nuevamente presentó el valor más bajo (~ 0.06), con un error más bajo en comparación con el resto de los tratamientos, mostrando una notable reducción en la presencia de pulgones, lo que sugiere una acción dual insecticida-repelente. Por otra parte, el extracto de hoja de olivo (T2) con un valor relativo alto (~ 0.94), similar al control, reflejó un efecto muy bajo o nulo como repelente. Finalmente, el extracto de hoja de tomate (T3) sí mostró cierta capacidad para disminuir la colonización de áfidos, aunque con menor intensidad y más variabilidad, mostrando una reducción moderada (~ 0.44), con error medio, evidenciando un posible efecto repelente intermedio.

10.2.1 T1-Tabaco:

Se pudieron observar resultados favorables, lo cual se señala en el siguiente gráfico (Figura 8).

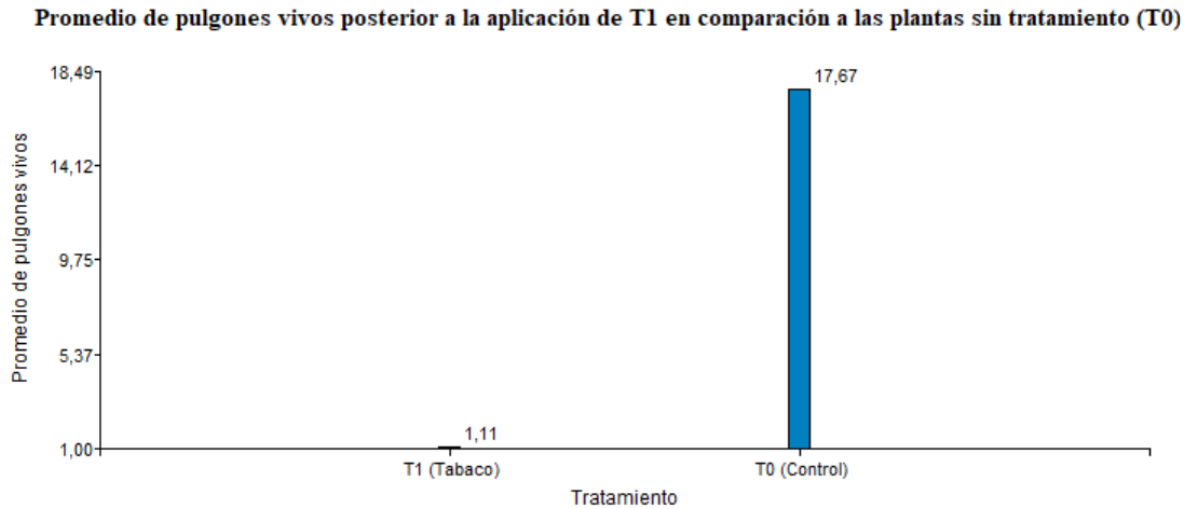


Figura 8: Promedio de pulgones vivos posterior a la aplicación de T1(Tabaco) en comparación con las plantas sin ningún tratamiento aplicado (T0), durante el segundo experimento.

Como se puede evidenciar en el gráfico la cantidad de individuos repelidos por las plantas tratadas a diferencia de las plantas no tratadas (control) fue considerablemente mayor, evidenciando la eficacia del extracto de tabaco como repelente.

10.2.2 T2-Hoja de olivo

Siguiendo el mismo mecanismo que el primer tratamiento, donde los resultados no fueron tan beneficiosos como en el experimento uno, lo cual se demuestra en el siguiente gráfico (Figura 9).

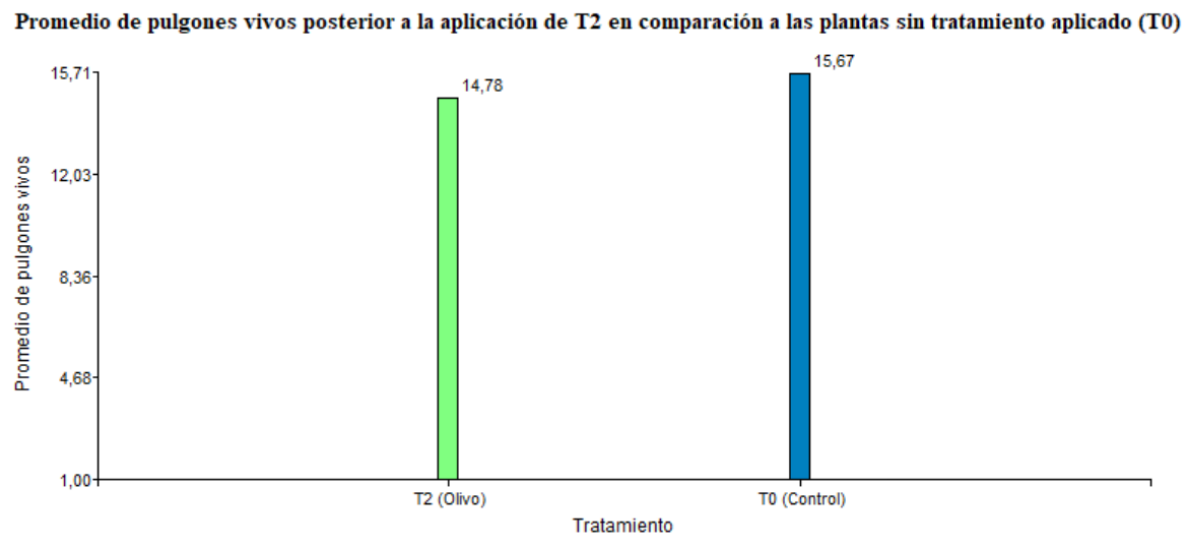


Figura 9: Promedio de pulgones vivos posterior a la aplicación de T2 (Olivo) en comparación a las plantas sin ningún tratamiento aplicado (T0), durante el segundo experimento.

Como se demuestra en la figura, no existió una gran diferencia entre el número de áfidos presentes entre las plantas tratadas con T2 y aquellas no tratadas (T0-control), lo cual refleja la ineficiencia del T2-Extracto de hoja de olivo como repelente.

10.2.3. T3-Hoja de tomate

Se pudieron observar valores más favorables que en su prueba como insecticida, tal como se muestra en el siguiente gráfico (Figura 10).

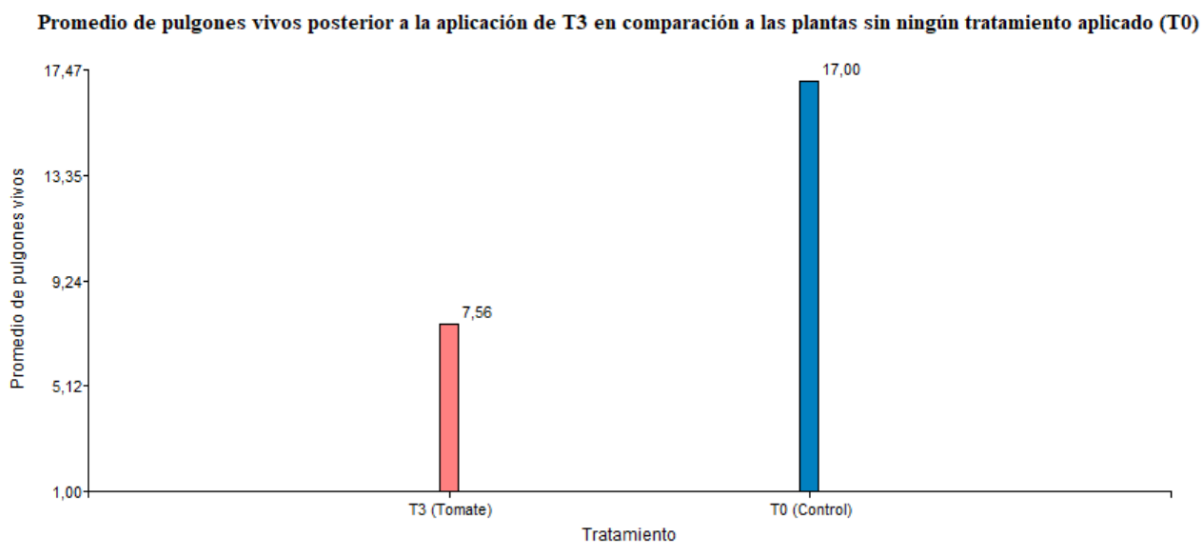


Figura 10: Promedio de pulgones vivos posterior a la aplicación de T3 (Tomate) en comparación a las plantas sin ningún tratamiento aplicado (T0), durante el segundo experimento.

En el gráfico se puede evidenciar una mayor fluctuación entre la cantidad de áfidos presentes entre aquellas plantas tratadas con T3- Extracto de hoja de tomate y las no tratadas (T0-control), a pesar de que esta diferencia no resultó considerable, ya que la cantidad de áfidos presentes en las plantas tratadas con T3 sobrepasaba el umbral de daño económico establecido para el experimento (5 pulgones por planta), se destaca la acción repelente del extracto por sobre el efecto insecticida que este podría tener.

11. DISCUSIÓN

Durante la realización del Experimento 1: Evaluación del efecto insecticida de los preparados botánicos, se realizó la aplicación del T1-Hoja de tabaco, el promedio de las repeticiones refleja una clara diferencia de eficacia insecticida entre las plantas tratadas y las plantas sin tratar o sin aplicación de ningún extracto (T0-control), demostrándose una mayor tasa de mortalidad (menor número de pulgones vivos) en aquellas plantas tratadas a diferencia del alto número de pulgones que presentan las plantas sin tratar (T0-control), además de mantener el número de pulgones vivos por debajo del umbral de daño económico (5 pulgones por planta). Estos resultados coinciden con lo reportado por Vélez Ruiz et al. (2023) en el estudio *Evaluación de extractos acuosos de neem (Azadirachta indica) y tabaco (Nicotiana tabacum) para el control del pulgón negro del cacao (Toxoptera aurantii)* donde se señala que la eficacia de los extractos de tabaco se debe a que este posee metabolitos con potencial insecticida tales como la nicotina, la cual, así como la clase de pesticidas sintéticos neonicotinoides, se dirigen al sistema nervioso central de los insectos al actuar como agonistas o antagonistas de los receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChR's) responsables de una rápida neurotransmisión excitatoria, causando parálisis y la mortalidad de los insectos.

Por otra parte, durante la realización del Experimento 2: Evaluación del efecto repelente de los preparados botánicos, durante la evaluación del primer tratamiento T1-Extracto de hoja de tabaco, se pudieron observar nuevamente resultados favorables, los cuales señalan que la cantidad de individuos repelidos por las plantas tratadas con T1-Extracto de hoja de tabaco a diferencia de las plantas no tratadas (T0-control) fue considerablemente mayor. Este resultado coincide con lo reportado por Gutiérrez (2002) en su estudio *Estudio de los extractos de tabaco (Nicotiana tabacum) y de las metodologías de extracción en la determinación de la actividad de atracción o repelencia sobre Macrosiphum rosae*, donde se demuestra la eficacia tres distintos extractos de tabaco como método repelente sobre el pulgón del rosal y además se señala que el principal responsable de esta eficiencia es la nicotina, el principal metabolito secundario con actividad biológica presente en el tabaco, este alcaloide conocido por su alta toxicidad, resulta ser compuesto activo responsable de la repelencia de los áfidos (Cayón, 2002).

Como se pudo evidenciar, en ambos experimentos el tabaco otorgó buenos resultados y tal como se mencionó, este efecto dual insecticida y repelente se debe a la acción de su ingrediente

activo principal, la Nicotina, que es un alcaloide con acción neurotóxica y que actúa como agonista de los receptores nicotínicos de acetilcolina en insectos. Es por esto por lo que el tabaco podría ser un buen foco para líneas futuras de investigación, donde se realicen análisis de toxicidad ambiental y su influencia en la diversidad de insectos, además de su aplicación en otras plagas y cultivos, evaluando el periodo de carencia que este bioinsumo tendría posterior a su aplicación (Vélez Ruiz *et al.*,2023).

Durante el experimento 1, se evidenció el efecto insecticida del T2-Hoja de Olivo, se pudo observar que, si bien existe una disminución en el número de áfidos posterior a la aplicación del biopreparado en las plantas infestadas, esta mortalidad no logra mantenerse por debajo del umbral de daño económico (5 pulgones por planta) pero si demuestra un efecto reductor en el número de áfidos presentes. Este comportamiento difiere de lo reportado por Ben Hamouda *et al.* (2015) en el estudio *Efectos insecticidas y disuasorios de los extractos de hojas de olivo sobre Myzus persicae y Phthorimaea operculella*, donde se evaluaron diferentes concentraciones de extractos de metanol, acetona y éter de petróleo de hojas de *Olea europaea* por sus actividades insecticidas y disuasorias contra los pulgones de la papa (*Myzus persicae*) y la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*), en este estudio, los resultados revelaron efectos insecticidas de los tres extractos de hojas de olivo a diferentes concentraciones, además, la toxicidad de los extractos de acetona y metanol sobre *M. persicae* se alcanzó el 100% a una concentración del 10%, lo cual, según se indica, se debe a que las hojas de *O. europaea* producen compuestos fenólicos naturales que son los responsables del efecto anti-insectos y podrían resultar útiles para el manejo de plagas (Ben Hamouda y otros, 2015). Por otra parte, a pesar de lo anterior, en este estudio, durante los 5 días de espera posterior a la aplicación del biopreparado, se pudo observar que prácticamente no existía oviposición por parte de los áfidos presentes en las plantas de brócoli, es decir, la cantidad de huevos observados en las plantas tratadas en comparación con las plantas sin ningún tratamiento aplicado (T0-control), era ampliamente menor, lo cual además de ser un buen resultado, era esperable ya que en estudio realizado por Amel Ben Hamouda *et al.*, (2015) anteriormente mencionados, se pudo observar que los tres extractos (acetona, metanol y éter de petróleo) redujeron notoriamente el número de huevos puestos en comparación con los controles (un índice disuasorio positivo). Esta bibliografía indica que el nivel más alto de efecto disuasorio se registró en el extracto de acetona y por eso su selección para ser utilizada en este estudio.

Con respecto al efecto repelente del T2- Extracto de hoja de olivo, no existió una gran diferencia entre el número de áfidos presentes entre las plantas tratadas y aquellas no tratadas (control), lo cual refleja la ineficiencia del T2 repelente, este resultado era esperable debido a que durante la investigación no se encontraron referencias bibliográficas que evidenciaran el uso de extracto de hoja de olivo como repelente, solo se encontraron escasas referencias de su uso como insecticida.

Aunque la eficacia del extracto de hoja de olivo fue intermedia, demostró signos de efecto disuasorio, lo que lo hace un buen candidato para combinar o reformular un prototipo de bioinsecticida. Su acción se debe a que contiene compuestos fenólicos que poseen acción antimicrobiana y/o insecticida y que además tienen una potencial capacidad para inhibir la actividad ovicida o el desarrollo de los pulgones. Uno de los posibles compuestos fenólicos que podría contribuir a este efecto es la Oleuropeína, un ingrediente activo y compuesto fenólico con efecto antimicrobiano e insecticida. Debido a lo anterior, resulta de gran importancia continuar realizando estudios sobre la eficacia del extracto de hoja de olivo, centrándonos en evaluar su acción en otras etapas del insecto (huevo o ninfa), así como también su efecto en otros insectos plaga (Ouryemchi *et al.*, 2024). También será necesario probar distintas concentraciones del extracto o mejorar el método de extracción para determinar si es que es posible lograr una sinergia con otros extractos evaluados. Este último punto resulta importante ya que el extracto de olivo podría considerarse un aditivo especial natural, especialmente si se utiliza en mezcla con otros ingredientes, como el de tabaco, actuando como estabilizador o sinérgico bioactivo, esta potencial ayuda se debe a que posee compuestos tales como polifenoles (oleuropeína, verbascósido) y algunos de ellos tienen capacidad antioxidante, lo cual podría aumentar la estabilidad del preparado, prolongar su vida útil y proteger otros ingredientes activos contra la degradación. También podría tener un efecto sinérgico leve con otros compuestos (Fuentes, 2015).

Con respecto a la disminución de la actividad ovicida, según lo que se pudo observar durante las repeticiones, este efecto se podría atribuir a la consistencia del biopreparado final, esto ya que posee una consistencia pegajosa y espesa que podría llegar a retener a los pulgones en su lugar en la planta y limitar su movilidad o incluso generar la asfixia del insecto y provocar su muerte.

Para finalizar el experimento 1, se evaluó el efecto insecticida del tratamiento T3-Hoja de tomate, la evaluación de los datos demostró que no existía una gran diferencia entre la cantidad de áfidos vivos presentes en las plantas tratadas en comparación con las plantas no tratadas (T0-control), lo anterior difiere de lo reportado por Ghada et al. (2017) en *Aplicación de extracto de hojas de tomate contra Aphis gossypii Glover*, donde el extracto de tomate señalado en aquella investigación se obtiene por medio del uso de solventes tales como el metanol, etanol y acetona por lo que el extracto metanólico de hoja de tomate presentó efecto insecticida. En este estudio, sin embargo, se empleó un método tradicional sin solventes orgánicos, siguiendo el manual de *Biopreparados para el manejo ecológico de plagas y enfermedades* (Lira, 2017).

Según Ghada et al. (2017), la actividad insecticida del extracto de tomate se debe a la presencia de compuestos como el fitol, el ácido hexadecenoico y diversos fenoles y flavonoides. Estos resultados sugieren que futuras investigaciones podrían mejorar su eficacia empleando solventes naturales como etanol o metanol.

Finalmente, durante la evaluación del efecto repelente del T3- Extracto de hoja de tomate, se pudo evidenciar una mayor fluctuación entre la cantidad de áfidos presentes entre aquellas plantas tratadas con T3-Extracto de hoja de tomate y las no tratadas (T0-control). En el experimento de Ghada et al. (2019) *Efecto tóxico del extracto de hojas de tomate contra el minador de hojas Tuta absoluta (Lepidoptera: Gelechiidae) y el gusano de la hoja del algodón Spodoptera littoralis (Lepidoptera: Noctuidae)*, se demostró que los compuestos fenólicos y flavonoides del tomate presentan toxicidad significativa para algunas plagas, aunque su efecto repelente no ha sido ampliamente estudiado.

Posterior a la evaluación del extracto de hoja de tomate, se pudo determinar que posee un efecto repelente parcial, sin embargo este no fue suficiente para mantener a los pulgones por debajo del umbral de daño económico, por lo anterior resulta factible continuar con las evaluaciones de este extracto debido a que posee un perfil químico rico en compuestos, entre los cuales podemos encontrar la “Tomatina”, un glicoalcaloide esteroideal característico de las hojas de tomate, especialmente de especies silvestres. Estudios como el de Heit et al. (2005) destacan que la tomatina reduce el crecimiento y aumenta la mortalidad de especies como *Spodoptera exigua* y *Heliothis zea*. Esto refuerza el potencial de la hoja de tomate como fuente de compuestos bioactivos útiles en el control de insectos plaga, aunque la extracción acuosa utilizada en esta investigación probablemente limitó su eficacia. Con la información anterior, se refuerza la idea de

que las hojas de tomate poseen compuestos activos beneficiosos para el control de insectos plaga, que, en este caso, no pudieron surtir su efecto presumiblemente ya que la extracción acuosa realizada en este experimento pudo limitar su potencial como repelente e insecticida, por lo tanto es importante que a futuro se pueda reformular su evaluación utilizando solventes naturales tales como el etanol o metanol, al mismo tiempo que se podrían modificar las concentraciones e incluso combinar su acción con otros de los extractos evaluados para potenciar su acción.

Para continuar con el desarrollo de un prototipo de bioinsumo a partir de cualquiera de los extractos evaluados o de la sinergia de ellos, para próximamente ser registrado como un "Extracto Natural de Baja Preocupación" bajo la normativa chilena en desarrollo por el SAG, se debe tener en cuenta algunos aspectos pendientes tales como, la “Estandarización del extracto”, es decir evaluación mediante análisis químico de los compuestos activos que pudiese contener, además de una “Evaluación toxicológica y ambiental”, por medio de estudios de toxicidad para humanos, animales, insectos benéficos y el medio ambiente, “Ensayos en condiciones de campo” para corroborar su eficacia a mayor escala, para finalmente “Desarrollar un prototipo comercial” que permita consolidar los antecedentes exigidos para la inscripción del producto (MINAGRI & otros, 2023).

12. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio permitieron validar la hipótesis anteriormente planteada: “Al menos uno de los biopreparados evaluados presentó efecto insecticida y/o repelente sobre la población de pulgones en pruebas bajo invernadero”. Esto se determinó ya que el extracto de *Nicotiana tabacum* (tabaco) demostró una alta eficacia tanto en su efecto insecticida como repelente, mostrando una evidente disminución en la cantidad de pulgones vivos con relación al tratamiento control, planta a la cual no se le aplicó ningún extracto. Además de superar en eficacia a los demás tratamientos evaluados, su aplicación redujo la población de *Brevicoryne brassicae* por debajo del umbral de daño económico (5 pulgones por planta), con valores relativos cercanos a 0.06 en ambos experimentos, y escasa variabilidad entre las repeticiones. El éxito del extracto de tabaco se atribuye principalmente a la presencia de nicotina y otros metabolitos secundarios con actividad biológica, los cuales actúan como neurotóxicos naturales sobre el sistema nervioso de los áfidos. Este efecto fue respaldado por bibliografía científica existente, destacando su potencial como alternativa fitosanitaria de origen natural, viable para ser incorporada en programas de manejo integrado de plagas.

Los hallazgos de este estudio proponen el extracto de tabaco como un posible prototipo y posibilidad de avanzar hacia el desarrollo de un insecticida/repelente natural comercializable, lo que resulta especialmente relevante en un contexto de la creciente demanda por productos seguros, sostenibles y compatibles con la agricultura orgánica.

Además del extracto de tabaco, los tratamientos con hoja de olivo y hoja de tomate mostraron resultados que, si bien no alcanzaron la misma eficacia, nos ofrecen un punto de partida valioso para futuras investigaciones.

A partir de los resultados obtenidos en base al comportamiento de los extractos vegetales evaluados, especialmente el de T1- Hoja de tabaco, se puede proyectar que este tipo de biopreparados tiene gran potencial de escalabilidad a futuro. En otras palabras, si su formulación y dosificación se optimizan, se busca una posible sinergia entre ellos y se comprueba su eficacia en condiciones de campo, estos biopreparados podrían convertirse en una solución innovadora para las problemáticas que actualmente afectan al sector agrícola y su producción, tales como la permanente dependencia de pesticidas sintéticos para el control de plagas, la generación de resistencia por parte de las plagas a insumos sintéticos y la falta de bioinsumos adaptados a las

necesidades de la agricultura orgánica, el deterioro de la biodiversidad, entre otras. Además, estos preparados podrían ser calificados como producto moderno e innovador, ya que poseen una buena relación entre el costo y beneficio que otorgan, compatibilidad con su entorno, posibilidad de uso en programas de manejo integrado de plagas y además se alinea con los principios de la economía circular, ya que plantea el uso de residuos vegetales de la industria y de origen local, para ser reutilizados o transformados en insumos agrícolas de bajo costo y bajo impacto ambiental (Talhaoui *et al.*, 2015). Por lo tanto, el desarrollo de estos productos no solo responde a la necesidad de producción segura y sustentables de alimentos, sino que además da paso a futuras oportunidades de innovación y transferencia tecnológica para el sector productivo.

Con base al potencial que demostraron los extractos evaluados en esta investigación, una propuesta que mejoraría el diseño experimental ya realizado, sería la inclusión de un insecticida y/o repelente químico comercial, además de un insecticida y/o repelente en base a extractos vegetales registrado actualmente en el mercado, que permitan comparar habría permitido comparar el efecto de los biopreparados evaluados con otras alternativas de uso habitual en la agricultura convencional y orgánica, contextualizando la eficacia de los tratamientos naturales desarrollados y los resultados entregados por los mismos.

Este estudio es la base para nuevas investigaciones y marca un avance sólido y concreto hacia el desarrollo de un bioinsumo de origen vegetal que si bien, su salida al mercado como un bioinsumo comercial, podría tardar entre 5 a 8 años en ser validada, de ser concretado en proceso en un futuro, podría complementar o reemplazar el uso de pesticidas sintéticos en el manejo integrado del pulgón de las brassicas, e incluso de otros insectos plaga, con proyecciones guiadas para escalar su producción y registro oficial en Chile.

13. BIBLIOGRAFIA

- Aljaro, A. (1974). El cultivo del ajo en la Zona Central de Chile. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/32121/NR20744.pdf?sequence=1>
- Baraona, A. S. (2023). Evaluación del efecto de biopreparados para el control del pulgón negro (*Aphis fabae* S.) bajo condiciones de laboratorio [Universidad técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/39757/1/062%20Agronom%c3%ada%20-%20Salinas%20Barona%20Aracelly%20de%20Jesus.pdf>
- Ben Hamouda, A., Boussadia, O., Bedis, K., & Laarif, A. (2015). *Estudios sobre los efectos insecticidas y disuasorios de los extractos de hoja de olivo sobre Myzus persicae y Phthorimaea operculella*. *Revista de Entomología y Zoología*. ; 294–297. <http://file:///C:/Users/56983/Downloads/12-BenHamoudaetal.2015.JournalofEntomologyandZoologyStudies.pdf>
- Castresana, J., & Puhl, L. (2018). Eficacia de insecticidas botánicos sobre *Myzus persicae* (Sulzer) y *Aphis gossypii* (Clover) (Hemiptera: *Aphididae*) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo cubierta. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 12(1), 136–146. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i>
- Cayón, M. G. (2002). *Estudio de los extractos de tabaco (Nicotiana tabacum) y de las metodologías de extracción, en la determinación de la actividad De atracción o repelencia sobre Macrocephalum rosae* [Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/55861/TABACO.pdf>
- Cisternas, E. (2011). Principales insectos plaga de las Brassicas forrajeras en el sur de Chile. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7445/NR38186.pdf?sequence=9&isAllowed=yn>
- Correa, A., Quiroz, C., Sepúlveda, P., Salas, C., Moyano, S., Elgueta, S., & Astudillo, C. (2017). *Fortalecimiento de la inocuidad en hortalizas de hoja*. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/e1121a8a-232c-445b-bca6-4b9897c16d92/content>
- Diez, M. C., Barra, R., & Vidal, G. (2021, septiembre 21). *Dos caras de los plaguicidas*. CIPER Chile; Fundación CIPER. <https://www.ciperchile.cl/2021/09/21/dos-caras-de-los-plaguicidas/>

- Durairaj, C., Sambathkumar, S., & Mohankumar, S. (2016). Manejo Integrado de Plagas de Crucíferas. ResearchGate, 149–177. https://doi.org/10.1007/978-94-024-0924-6_6
- Estay, P., & Vitta, N. (2018). Insectos y ácaros asociados al pimiento en Chile. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6647/NR40856.pdf?sequence=12&isAllowed=y>
- Fuentes, P. A. G. (2015). *Obtención de Extractos con Potencial Actividad Antioxidante a Partir de Madera de Poda de Olivo* [Universidad de Concepción]. <https://repositorio.udec.cl/server/api/core/bitstreams/6da41dce-4449-480f-bc95-440cf73a5f02/content>
- Gamboa, D. N. D., Clavijo, A. A., Terranova, A. P., & Perea, N. T. (2021). Interacción mutualista de pulgones y hormigas en pimiento, *Capsicum annuum* y *Capsicum frutescens* (Solanaceae). *Revista de biología tropical*, 69(2), 626–639. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i2.43429>
- Garcia, U. (Ed.). (s/f). Estudio de laboratorio sobre biología y predación de *Scymnus sp.* sobre *Aphis gossypii glover* 1 (Vol. 17, Número 1). Revista peruana de Entomología. Recuperado el 20 de diciembre de 2023, de <https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/entomologia/v17/pdf/a11v17.pdf>
- Ghada, E. A.-A., Hala, E. M., & Amal, E. Marouf and Wessam, Z. Aziz. (2019). Efecto tóxico del extracto de hojas de tomate contra el minador de hojas *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) y el gusano de la hoja del algodón *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Egipcia del Instituto de Investigación para la Protección de Plantas.*, 488–492. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20219904219>
- GhadaE., Instituto de Investigación en Protección Vegetal, Dokki, Giza, Egypt., Elshaier, M. A., AmalE., HalaE., Facultad de Ciencias, Al-Azhar University, Cairo, Egypt., Instituto de Investigación en Protección Vegetal, Dokki, Giza, Egypt., & Facultad de Ciencias, Al-Azhar University, Cairo, Egypt. (2017). Aplicación de extracto de hojas de tomate como plaguicida contra *Aphis gossypii Glover* (Hemiptera: Aphididae). *Revista internacional de investigación avanzada.*, 5(4), 286–290. <https://doi.org/10.21474/ijar01/3809>
- Hamouda, A., Boussadia, O., Khaoula, B., Laarif, A., & Braham, M. (2015). Estudios sobre los efectos insecticidas y disuasorios de los extractos de hoja de olivo en *Myzus persicae* y *Phthorimaea operculella*. *Revista de Estudios de Entomología y Zoología.*, 3, 294–295.

https://www.researchgate.net/publication/301676566_Studies_on_insecticidal_and_deterrent_effects_of_olive_leaf_extract_on_Myzus_persicae_and_Phthorimaea_operculella

Heit, G., Rodríguez, S. M., Folcia, A. M., & Gras, M. Y. (2005). Actividad biológica de extractos de hojas de tomate sobre *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: *Silvanidae*). *IDESIA, Revista de Agricultura en Zonas Áridas*, 23(3), 37–42. <https://idesia.cl/?v=n&numid=52>

Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria (INTA). (s/f). Preparados caseros contra las plagas de la huerta. Recuperado el 10 de diciembre de 2023, de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2023/08/folletopreparadocasero.pdf>

Lira, A. I. (2017, octubre). *Biopreparados para el manejo ecológico de plagas y enfermedades*. Fia.cl. <https://bibliotecadigital.fia.cl/server/api/core/bitstreams/efc2e56b-09fb-4e21-a498-76832ce0d090/content>

Ministerio de agricultura (MINAGRI), Subsecretaría De Agricultura, Servicio Agrícola Y Ganadero (SAG), Dirección Nacional. (2023). *Resolución 6152 EXENTA ESTABLECE CONDICIONES Y REQUISITOS PARA LA AUTORIZACIÓN DE PLAGUICIDAS NATURALES QUÍMICOS A PARTIR DE EXTRACTOS NATURALES DE BAJA PREOCUPACIÓN DE ORIGEN VEGETAL, MICROBIANO, ANIMAL, MINERAL Y FERMENTACIÓN BIOLÓGICA PARA EL CONTROL DE PLAGAS Y MODIFICA RESOLUCIONES QUE INDICA Y DEROGA RESOLUCIÓN N°6.144 EXENTA, DE 2023*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN). <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1197760>

Ministerio de Agricultura (MINAGRI). (2021). Bioinsecticidas. <https://www.chileagricola.cl/bioinsecticidas/>

Ministerio de Salud de Chile (MINSAL). (2010). Medicamentos herbarios tradicionales. <https://www.minsal.cl/sites/default/files/files/Libro%20MHT%202010.pdf>

Navarro, P. (2017). Pulgón verde del duraznero. *Entomología - Plagas en frutales: Pulgón verde del duraznero*, 58. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/66981/NR42106.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Olivares, N. (2017). Pulgón de las crucíferas. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/66950/Ficha%20T%c3%a9cnica%20INIA%20N%c2%b0%2014?sequence=1&isAllowed=y>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Masalias, J. L. P., Merzthal, G., de Zeuw, H., Dubbeling, M., Izquierdo, J., & Granados, S. (2010). Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana. <https://www.fao.org/3/as435s/as435s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2009, octubre 13). 2050: un tercio más de bocas que alimentar. Fao.org. <https://www.fao.org/news/story/es/item/35675/icode/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2010). Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana. <https://www.fao.org/3/as435s/as435s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Hacia Los Años 2015/2030. (FAO).
- Ouryemchi, I., Oubihi, A., Taibi, M., Elbouzidi, A., Jaber, H., Haida, S., Asehrou, A., Addi, M., Ouhssine, M., & Benzakour, A. (2024). Componentes fitoquímicos, propiedades antioxidantes, efectos antimicrobianos y perspectivas insecticidas contra el pulgón negro del frijol (*Aphis fabae* Scop.) de extractos de hojas de *Olea europaea* L. de Marruecos. *Revista de Ingeniería Ecológica*, 25(3), 64–74. <https://doi.org/10.12911/22998993/177639>
- Quiroz, C. (2017). Manejo de insectos y su incidencia en la inocuidad de las hortalizas de hoja. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6595/NR40647.pdf?sequence=12&isAllowed=y>
- Ripa, R., Larral, P., Rodríguez, F., & Luppichini, P. (2008). Importancia y manejo de hormigas en el MIP. En R. Ripa & P. Larral (Eds.), *Manejo de plagas en paltos y cítricos* (pp. 273–281). Colección Libros INIA N° 23. <https://frutales.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/01/cit-16-manejo-de-plagas-en-paltos-y-citricos.pdf>
- Salas, C., Quiroz, C., & Puellas, J. (2016). Pulgón del melón. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/66952/Ficha%20T%c3%a9cnica%20INIA%20N%c2%b0%2008?sequence=1&isAllowed=y>
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2022). *Insumos visados para uso en agricultura orgánica nacional, de acuerdo al D.S. n°2/2016 departamento de agricultura orgánica - SAG*. <https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/2022%20JULIO%20->

[%20LISTA%20N%C2%BA%2044%20-%20INSUMOS%20AGR.%20ORG%C3%81NICA%20-%20DAO%20-%20SAG%20corregida.pdf](#)

- Talhaoui, N., Taamalli, A., Gómez-Caravaca, A. M., Fernández-Gutiérrez, A., & Segura-Carretero, A. (2015). Compuestos fenólicos en hojas de olivo: Determinación analítica, influencia biótica y abiótica, y beneficios para la salud. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 77, 92–108. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.011>
- Turpeau, E., Hullé, M., & Chaubet, B. (2012, septiembre 5). *Plantes cultivées*. Inrae.fr. <https://encyclopedie-pucerons.hub.inrae.fr/pucerons-et-agriculture/plantes-cultivees>
- Vélez Ruiz, M. C., Tapia-Gualpa, K. L., Herrera-Eguez, F. E., & Reyes-Pérez, J. J. (2023). Evaluación de extractos acuosos de neem (*Azadirachta indica*) y tabaco (*Nicotiana tabacum*) para el control del pulgón negro del cacao (*Toxoptera aurantii*). *Bionatura*, 8(4), 1–12. <https://doi.org/10.21931/rb/2023.08.04.24>
- Villagrán, M. M. (2023, enero 27). Boletín de hortalizas, enero 2023. ODEPA | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias; Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - Odepa. <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-de-hortalizas-enero-2023>
- Villalba, B., Allende, I., Jaime, A., Fuentes, H., & Zenteno, V. (2005). *Catálogo de insumos para el control de plagas y enfermedades en agricultura orgánica en Chile*. https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/2074/Catalogo_de_insumos_para_el_control_de_plagas_y_enfermedades.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zolezzi, M., Abarca, P., Agrónomo, I., Cs, M., Crawford, H., Externo, A., Romero, A., Esquivel, C., & Río, R. D. (2017). Manual de manejo agronómico para cultivo de Melón. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6666/Bolet%C3%ADn%20INIA%20N%C2%B0%20366?sequence=1&isAllowed=y>