



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

“Evaluación del aceite agrícola para el control del pulgón (*Brevicory brassicae*) en la col morada (*Brassica oleracea* var. *Capitata* f. *rubra*)”

**DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO
PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERA AGRÓNOMA**

Autora:

Enríquez Cevallos Ericka Lisseth

Tutor:

Ing. Jorge Enrique Dobronski Arcos, Mg.

CEVALLOS

2023

“Evaluación del aceite agrícola para el control del pulgón (*Brevicory brassicae*) en la col morada (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*)”

REVISADO POR:

.....

Ing. Jorge Dobronski, Mg.

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

Fecha

.....

14/03/2023

Ing. Patricio Núñez Torres, PhD

PRESIDENTE DE TRIBUNAL

.....

14/03/2023

Ing. José Hernán Zurita Vásquez. Mg.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

.....

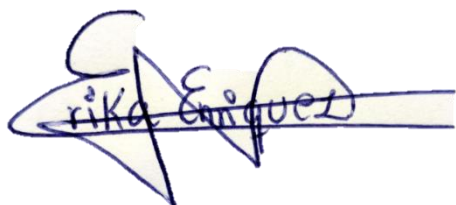
14/03/2023

Ing. Luis Alfredo Villacis Aldaz

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **ENRÍQUEZ CEVALLOS ERICKA LISSETH**, portador de cédula de ciudadanía número: 2000111837, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “**Evaluación del aceite agrícola para el control del pulgón (*Brevicory brassicae*) en la col morada (*Brassica oleracea* var. *Capitata f. rubra*)**” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ericka Enriquez', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat abstract.

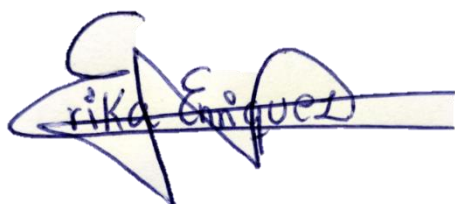
ENRÍQUEZ CEVALLOS ERICKA LISSETH

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**Evaluación del aceite agrícola para el control del pulgón (*Brevicory brassicae*) en la col morada (*Brassica oleracea* var. *Capitata f. rubra*)**” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.

A handwritten signature in blue ink, reading "Ericka Enríquez", written over a horizontal line.

ENRÍQUEZ CEVALLOS ERICKA LISSETH

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la fuerza de voluntad y guiarme por el camino del éxito en mi etapa Universitaria.

A mis Padres, Jorge Enríquez y Maryuri Cevallos, quienes son el pilar fundamental en mi vida estudiantil, su apoyo incondicional me ha permitido alcanzar con éxito mis sueños con responsabilidad y perseverancia.

A mis abuelos y tío por el apoyo en estos últimos 5 años que he vivido junto a ellos.

A mis hermanas, Alexandra y Nayeli, por escucharme, por las risas y los momentos juntas que hemos vivido y lo más importante por estar junto a mí.

A mi primo Kevin por los grandes momentos de diversión y apoyo emocional.

ERICKA LISSETH ENRIQUEZ CEVALLOS

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de seguir con vida y una buena salud.

A mis Padres por todo el cariño, los consejos, las risas, los momentos en familia, el apoyo emocional, por estar siempre conmigo en todo momento y nunca dejarme sola. Gracias por todo, los amo con todo mi corazón.

A mis hermanas por estar conmigo en los buenos y los malos momentos, por compartir conmigo grandes cosas y disfrutar de la vida juntas.

A mi primo por el gran apoyo que siempre me ha brindado, nunca me han faltado risas y buenos momentos juntos, eres como un hermano para mí.

A mis amigos de la Universidad por los momentos de diversión que pasamos juntos a este maravilloso grupo de 5Y1C que siempre estuvieron en los buenos y malos momentos, a M. por la amistad brindada estos últimos años y para finalizar a mis amigos del colegio K, F y G.

A la Universidad Técnica de Ambato especialmente a mi querida Facultad Ciencias Agropecuarias a mis queridos docentes por compartir estos 5 años de conocimiento y por permitirme formarme como una excelente profesional y declararme Ingeniera.

Al Ing. Jorge Dobronski quien me acompañó como tutor para lograr esta etapa universitaria.

Al Dr. Carlos Vásquez quien se convirtió en un amigo más que me apoyo y ayudó a nunca rendirme en este proyecto estudiantil y por compartirme tanto conocimiento.

Y para finalizar agradecerme a Erika por nunca rendirse y seguir hasta el final porque este solo es el inicio de una larga vida con éxitos.

ERICKA LISSETH ENRIQUEZ CEVALLOS

ÍNDICE GENERAL

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHO DE AUTOR	iv
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. Hipótesis y Objetivos.....	4
1.3.1. El cultivo de la col: su importancia económica.....	5
1.3.2. Los pulgones como plagas en cultivos.....	10
1.3.3. Métodos de control de áfidos en cultivos agrícolas	11
1.3.4. Uso de aceite mineral como método de control de áfidos.....	12
CAPÍTULO II.....	14
METODOLOGÍA.....	14
2.1. Ubicación del experimento	14
2.2. Características del lugar.....	14
2.2.1. <i>Clima</i>	14
2.2.2. <i>Suelo</i>	14
2.3. Equipos y materiales.....	14
2.3.1. Equipos	14
2.3.2. Materiales.....	15
2.4. Metodología de la investigación	15
2.5. Factores de Estudio	15
2.5.1. <i>Dosis de Aceite Agrícola</i>	15
2.5.2. <i>Etapa de aplicación</i>	15
2.6. Tratamientos	16
2.6.1. <i>Esquema o Diseño de campo</i>	16
2.6.2. <i>Esquema por parcela grande (Dosis)</i>	17
2.8. Manejo del Experimento.....	18
2.8.1. <i>Identificación de la especie de pulgón</i>	18
2.8.2. <i>Preparación del terreno</i>	19
2.8.3. <i>Trazado de parcela</i>	19
2.8.4. <i>Surcado</i>	19
2.8.5. <i>Trasplante</i>	20

2.8.6.	<i>Incorporación de abono</i>	20
2.8.7.	<i>Riegos</i>	20
2.8.8.	<i>Fertilizantes</i>	21
2.8.9.	<i>Aplicaciones de tratamientos</i>	21
2.9.	Variables respuestas.....	21
2.9.1.	<i>Incidencia de la plaga</i>	21
2.9.2.	<i>Número de adulto/planta después de la aplicación</i>	21
2.9.3.	<i>Dosis Letal media</i>	22
2.9.4.	<i>Eficiencia</i>	22
3.1.	Incidencia de <i>B. brassicae</i> en plantas de col.....	23
3.2.	Número de adulto/planta después de la aplicación.....	24
3.3.	Efectividad de la aplicación de aceite agrícola en el control de <i>B. brassicae</i> en plantas de col.....	27
CAPÍTULO IV		33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		33
4.1.	Conclusiones	33
4.2.	Recomendaciones	33
CAPÍTULO V.....		35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		35
ANEXOS		40
Anexo 1 – Preparación del aceite agrícola.....		40
Anexo 2 – Vista general del cultivo.....		41
Anexo 3 – Poblaciones del pulgón antes y después de la aplicación.....		42
Anexo 4.....		43
<i>Eficiencia de la aplicación de tres dosis de aceite mineral en el control de B. brassicae en plantas de col morada de 80, 90 y 100 días</i>		43
Anexo 5.....		44
<i>Número de pulgones en plantas de col morada de 80, 90 y 100 días después de la aplicación de tres dosis de aceite mineral</i>		44
Anexo 6. Resultados de ANOVA y prueba de medias en Statistix		45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valores de producción, superficie sembrada y rendimiento de col a nivel mundial durante 2020. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022).....	8
Figura 2. Hembra adulta de <i>Brevicoryne brassicae</i> colectadas en plantas de col.....	18
Figura 3. Preparación del terreno y delimitación de los tratamientos en campo.....	19
Figura 4. Sistema de riego del cultivo	20
Figura 5. Contaje de individuos en campo	21
Figura 6. Incidencia de <i>B. brassicae</i> en plantas de col morada tratadas con tres concentraciones de aceite mineral en cultivos de 80, 90 y 100 días	23
Figura 7. Incidencia de las poblacionales de <i>B. brassicae</i> antes de las aplicaciones de aceite agrícola a los diferentes tiempos de aplicación (80; 90 y 100 días del cultivo)	25
Figura 8. Número de pulgones en plantas de col después de las aplicaciones del aceite mineral a diferentes concentraciones.....	26
Figura 9. Efectividad de la aplicación de aceite agrícola en el control de <i>B. brassicae</i> aplicado en plantas de col a las 24 h (A), 48 h (B) y 72 h (C) después de la aplicación en la Estación Experimental Querochaca.....	28
Figura 10. Curva de dosis-mortalidad del aceite agrícola con relación a la mortalidad observada en <i>B. brassicae</i> en plantas de col	31
Figura 11. Proceso de preparación de las concentraciones del aceite agrícola evaluadas en el estudio.....	40
Figura 12. Vista general de los primeros estados de desarrollo del cultivo	41
Figura 13. Primeras colonias de <i>Brevicoryne brassicae</i> en campo (A) y efecto de la aplicación del aceite agrícola (B)	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las diferentes variedades de coles según Balliu (2016)	5
Tabla 2. Variación de la producción, superficie sembrada y rendimiento de col en Ecuador en el período 2017-2020 (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022)	9
Tabla 3. Número de pulgones, <i>B. brassicae</i> expuestos a diferentes concentraciones de aceite agrícola en plantas de col en la Granja Docente Experimental Querochaca	30
Tabla 4. Dosis letal media (DL_{50}) con intervalos de confianza, pendiente y desviación estándar (D.E.) para aceite agrícola para el control de <i>B. brassicae</i> en plantas de col en la Granja Docente Experimental Querochaca.	31
Tabla 5. Análisis de varianza para la variable eficiencia a las 24 horas después de la aplicación del aceite agrícola.....	45
Tabla 6. Prueba de Tukey para el porcentaje de eficiencia a las 24 horas después de la aplicación del aceite agrícola.....	45
Tabla 7. Análisis de varianza para la variable eficiencia a las 48 horas después de la aplicación del aceite agrícola.....	46
Tabla 8. Prueba de Tukey para el porcentaje de eficiencia a las 48 horas después de la aplicación del aceite agrícola.....	46
Tabla 9. Análisis de varianza para la variable eficiencia a las 72 horas después de la aplicación del aceite agrícola.....	47
Tabla 10. Prueba de Tukey para el porcentaje de eficiencia a las 72 horas después de la aplicación del aceite agrícola.....	47
Tabla 11. Análisis de varianza para el número de pulgones.....	48
Tabla 12. Análisis de varianza para el número de pulgones después de la aplicación.....	48
Tabla 13. Prueba de Tukey para el número de pulgones después de la aplicación	48

RESUMEN

A nivel mundial, los áfidos o pulgones representan una seria amenaza a la producción de diferentes especies del grupo de las brassicáceas, entre los cuales se mencionan el pulgón de la col, *Brevicoryne brassicae*, que puede causar pérdidas económicas importantes. Por ello, se requiere del uso de plaguicidas sintéticos lo que ha resultado en el desarrollo de resistencia de la plaga y efectos en la salud humana y en el medio ambiente, por lo cual el uso de aceites minerales o aceites agrícolas puede ofrecer resultados que pudieran ser aprovechados en el control de insectos plaga en diferentes cultivos. En tal sentido, en el presente estudio se evaluó el efecto del aceite agrícola en el control del pulgón, *B. brassicae*, en plantas de col (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*). Se evaluó el efecto de diferentes dosis (7.5; 10.0 y 12.5 cc/l) del aceite agrícola aplicado a diferentes edades del cultivo (80, 90 y 100 días después del trasplante) sobre la efectividad en el manejo del pulgón. El ensayo fue conducido en un diseño completamente al azar con los tratamientos dispuestos en un arreglo factorial en el cual el primer factor estuvo representado por la dosis del aceite agrícola, el segundo factor la fecha de aplicación. La población inicial de *B. brassicae* varió desde 122.3 hasta 284.5 pulgones/planta, mientras que después de 10 días de la aplicación (90 días del cultivo) la población fue significativamente baja, alcanzando apenas 88.3 pulgones en plantas donde se aplicó aceite agrícola a la dosis de 7.5 cc/l, mientras que a las dosis 10 y 12.5 cc/l, el número de pulgones alcanzó 49.8 y 60.8 pulgones/planta, respectivamente. A los 100 días del cultivo, las poblaciones mostraron un ligero incremento, alcanzando entre 113,6 y 172,6 pulgones/planta a la dosis de 7.5 y 10.0 cc/l, respectivamente. La mayor efectividad fue observada con las dosis de 10 y 12.5 cc/l, con las cuales el porcentaje de efectividad varió desde 72.16 y 78.43% con la aplicación a los 80 días del cultivo. De manera similar, la efectividad se incrementó hasta 84.91 y 85.74 %, con la mayor dosis (12,5 cc/l) aplicada a los 90 y 100 días del cultivo. Un efecto similar fue observado durante la segunda y tercera aplicación del aceite agrícola. De acuerdo con el análisis Probit, se observó una DL_{50} de 11.513 cc/l con una pendiente para la curva dosis-mortalidad de 4.788 ± 0.679 . En conclusión, se observó efecto de la dosis, pero no del momento de aplicación del aceite agrícola sobre la eficiencia de control del pulgón de la col, por lo que se sugiere incorporar su uso en un programa de manejo de plagas en el cultivo de col morada.

Palabras clave: *Brevicoryne brassicae*, pulgón de la col, manejo sustentable, dosis, Análisis Probit

ABSTRACT

Aphids represent a serious threat to the production of different species of the Brassicaceae group worldwide, including the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*, which can cause significant economic losses. Therefore, the use of synthetic pesticides is required, which has resulted in the development of pest resistance and effects on human health and the environment, for which the use of mineral oils or agricultural oils can offer results that could be used in the control of pest insects in different crops. In this regard, in the present study the effect of agricultural oil on the control of the aphid, *B. brassicae* in cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) was evaluated. The effect of different doses (7.5, 10.0 and 12.5 cc/l) of the agricultural oil applied at different ages of the crop (80, 90 and 100 days after transplantation) on the effectiveness in the aphid management was evaluated. The trial was conducted in a completely randomized design with the treatments in a factorial arrangement in which the first factor was represented by the dose of agricultural oil, the second factor the date of application. Initial population of *B. brassicae* varied from 122.3 to 284.5 aphids/plant, while after 10 days of application (90 days of cultivation) the population was significantly low, reaching only 88.3 aphids on plants where agricultural oil was applied at the 7.5 cc/l, while at doses 10 and 12.5 cc/l, the number of aphids reached 49.8 and 60.8 aphids/plant, respectively. After 100 days of cultivation, the population showed a slight increase, reaching between 113.6 and 172.6 aphids/plant at a dose of 7.5 and 10.0 cc/l, respectively. The greatest effectiveness was observed with the doses of 10 and 12.5 cc/l, with which the percentage of effectiveness varied from 72.16 and 78.43% with the application 80 days of the crop. Similarly, the effectiveness increased to 84.91 and 85.74 %, with the highest dose (12.5 cc/l) applied at 90 and 100 days of culture. A similar effect was observed during the second and third application of agricultural oil. According to the Probit analysis, an LD₅₀ of 11.513 cc/l was observed with a slope for the dose-mortality curve of 4.788 ± 0.679 . In conclusion, an effect of the dose was observed, but not of the moment of application of the agricultural oil on the control efficiency of the cabbage aphid, for which it is suggested to incorporate its use in a pest management program in cabbage crop.

Keywords: *Brevicoryne brassicae*, cabbage aphid, sustainable management, dose, Probit Analysis

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

La col (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) es un cultivo dentro de la familia de las brasicáceas y aunque es originario de la zona del mediterráneo, actualmente se cultiva y consume en todo el mundo, debido a su valor económico y a los beneficios para la salud derivados de sus propiedades nutricionales, incluidos niveles de azúcares y proteínas solubles y vitaminas, así como su contenido de compuestos bioactivos no nutricionales como fenoles, ácido ascórbico ácido, carotenoides y glucosinolatos, los cuales tienen actividad antioxidante y anticancerígena (Zhao et al., 2020). Estudios sobre nutraceutica han demostrado que el consumo de hortalizas del género *Brassica* disminuyen el riesgo de ocurrencia de enfermedades crónicas e incidencia de cáncer, principalmente debido a las propiedades de los glucosinolatos y de los compuestos fenólicos, los carotenoides y la vitamina C, que generalmente están asociados con la actividad antioxidante (Higdon et al., 2007; Podsdek, 2007).

Sin embargo, las especies de col son susceptibles a las infestaciones de insectos plaga en el campo, lo que causa grandes pérdidas a los productores (Mpumi et al., 2020). Entre las principales especies plaga se incluyen el gusano de la col (*Pieris rapae*), la polilla del dorso de diamante (*Plutella xylostella*), el gusano cogollero de la remolacha (*Spodoptera exigua*), los escarabajos pulga (*Psylliodes chrysocephalus* y *Phyllotreta striolata*), el gusano del corazón (*Hellula undalis*) y varias especies de áfidos, cuyas pérdidas debidas pueden alcanzar en promedio un 20% (Embaby y Lotfy, 2015).

A nivel mundial, los áfidos representan una seria limitante en la producción de diferentes especies cultivadas, especialmente en cultivos del grupo de las brasicáceas (mostaza y crucíferas), entre los cuales se mencionan el áfido de la mostaza, *Lipaphis erysimi* que es una de las plagas más destructivas de las brasicáceas y causa una pérdida de rendimiento superior al 50% y que se confunde con el pulgón del repollo, *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae) (Fening et al., 2020). El control de estas y otras plagas agrícolas ha sido por años enfocada en el uso de plaguicidas sintéticos lo que ha resultado en el desarrollo de resistencia en los artrópodos plaga, además de los efectos en la salud humana y en el medio ambiente, por lo cual las nuevas investigaciones están siendo dirigidas a la evaluación

de medidas de control que causen el menor daño posible al ambiente, de manera de hacerlas ecológicamente amigables (Maroofpour *et al.*, 2021) .

Así, el uso de aceites minerales o aceites agrícolas puede ofrecer resultados que pudieran ser aprovechados en el control de insectos plaga en diferentes cultivos. Así, Hu *et al.* (2020) evaluaron el efecto de inhibición de la emergencia y el efecto antialimentario de tres aceites minerales contra *Diaphorina citri* y encontraron que Antong fue el más tóxico con un valor de CL₅₀ de 189 ng/insecto, sin embargo todos los productos lograron inhibir el desarrollo de las ninfas de quinto estadio tratadas con 0.1, 0.2 y 0.5 % y esta última concentración tuvo actividad residual prolongada. Además, los aceites minerales tuvieron efecto de repelencia y anti-alimentación en los adultos de la plaga.

Sondos *et al.* (2006) evaluaron el efecto plaguicida del aceite mineral CAPL-2 al 1.5; 0.75 % y dos dosis del plaguicida organofotóforo actélico (385 cm³/100L) y 1/10 (38.5cm³/100L), solos y combinados para el control del pulgón de la col (*B. brassicae*) en plantas de col con altas infestaciones y observaron que el mayor efecto fue obtenido con el actélico a la dosis máxima, seguido de la mezcla de aceite mineral CAPL-2 al 0.75% + actélico al 1/10, por lo que concluyeron que se recomienda el uso de la mezcla al aceite con el insecticida puesto que disminuye los costos y el daño al ambiente.

Con base en los estudios previos hechos sobre insectos plaga, en la presente investigación se plantea la evaluación de diferentes concentraciones de una formulación comercial de aceite mineral en el control de *B. brassicae* en plantas de col bajo condiciones de campo, de manera de ofrecer a los agricultores de la zona estrategias económicas y de bajo impacto ambiental para el manejo de las poblaciones de plagas comunes en la región.

1.1. Antecedentes investigativos

Actualmente, la principal estrategia de manejo de plagas es la aplicación de insecticidas sintéticos cuya efectividad se ha reducido por lo que los agricultores requieren usar dosis altas con aplicaciones repetidas, causando efectos colaterales a la fauna de insectos benéficos y sobre el desarrollo de resistencia a los insecticidas, por lo cual se requiere la búsqueda de estrategias alternativas de control (Shonga y Getu, 2021).

En este sentido, Shonga y Getu (2021) evaluaron la eficacia de insecticidas derivados de plantas y sintéticos para el manejo del pulgón de la col y su efecto sobre los depredadores

coccinélidos en la col rizada a través de varios tratamientos, incluidos seis insecticidas sintéticos y dos botánicos, en comparación con el control estándar de dimetoato al 40 % EC y el control sin tratar. De acuerdo con los resultados, la mezcla de ajo + cebolla + pimienta e imidacloprid mostraron el mejor resultado (93.79%), mientras que el máximo rendimiento se obtuvo con imidacloprid (14.18 t/ha) seguido de mezcla botánica (13.45 t/ha). La mezcla botánica, el imidacloprid y el extracto de semilla de neem fueron altamente efectivos en el control de áfidos y menos peligrosos para la mariquita (*Coccinella septempunctata* L.). Los resultados demostraron que la mezcla de imidacloprid y los insecticidas botánicos pueden reducir las poblaciones de áfidos de la misma manera que los insecticidas convencionales y podrían usarse como un componente alternativo para el manejo integrado de plagas (MIP) del áfido en cultivos de col rizada.

Con relación al uso de aceite agrícola, Shah et al. (2022) señalaron que recientemente existe un interés en el uso de aceites minerales para el manejo de plagas debido a que son amigables con el ambiente y menos propensos al desarrollo de resistencia en los insectos plaga, por lo tanto, es posible incluirlos en el manejo integrado de plagas con resultados más sostenibles a largo plazo. Este tipo de productos son tóxicos a los pulgones vectores puesto que interfieren con el comportamiento de alimentación y la unión de los viriones dentro de los estiletes de los áfidos e impiden el proceso de infección posterior a la inoculación, con lo que se ha demostrado que los aceites minerales reducen la propagación de virus de plantas en más del 50 % cuando se aplica en dosis de 5 a 10 L por ha con un programa de aplicación a intervalos semanales. Sin embargo, la principal limitación de los aceites minerales es la necesidad de una cobertura completa del follaje.

Caroca (2015) estudiaron el efecto del aceite mineral (ELF PURESpray 15E) y extracto de linaza (BIOIL SPRAY) a concentraciones de 0.5; 1.0 y 1.5% sobre la sobrevivencia del pulgón del nogal (*Chromaphis juglandicola*) en nogales (*Juglans regia*). Para ello hicieron pruebas de inmersión de hojas con un número mayor o igual a 200 individuos en el envés, durante 5 segundos en cada una de las concentraciones y se midió el efecto sobre la sobrevivencia observándose que ambos productos lograron controlar efectivamente el pulgón cuando se usó a concentraciones entre 0.5 y 1.5%.

Así mismo, Wróbel (2014) investigó en condiciones de campo el impacto de una docena de mezclas de los aficidas más comúnmente aplicados: Mospilan 20 SP (acetamiprid), Pirimor 500 (pirimicarb) y Karate Zeon 050 CS (lambda-cyhalothrin), combinados con el aceite

mineral Sunspray 850 EC, para evaluar su eficacia para en la limitación de virus por pulgones en tubérculos de papa y se encontró que el aceite mineral, cuando se usa solo o en una mezcla con Pirimor 500 WG, es la medida más efectiva para limitar la infección por virus con una efectividad del 64 % en relación con el control, mientras que un efecto ligeramente más débil fue observado cuando se usó aceite mineral en combinación con Karate Zeon 050 CS o Mospilan 20 SP. En conclusión, la aplicación de mezclas de insecticidas con aceite mineral en la protección de tubérculos de papa muestra variaciones en su efectividad.

Vidal et al. (2013) evaluaron el efecto de un aceite mineral hortícola al 1% sobre la transmisión de virus por pulgones en ciruelo. Los tratamientos de aceite mineral hortícola se aplicaron semanalmente durante el período vegetativo de primavera a otoño y se evaluó la variación poblacional de los áfidos mediante el uso de trampas de agua amarillas en tres localidades, observándose que las poblaciones del pulgón alcanzaron su punto máximo en la primavera. Se demostró que los tratamientos redujeron la incidencia de virus en las tres localidades entre el 10 y 20 %.

1.2. Hipótesis y Objetivos

1.2.1. Hipótesis

La aplicación del aceite agrícola controla las poblaciones del pulgón (*B. brassicae*) en la col morada

1.2.2. Objetivo General

Evaluar el efecto del aceite agrícola en el control del pulgón (*Brevicoryne brassicae*) en la col morada (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*).

Objetivos Específicos

- Determinar la dosis efectiva del aceite agrícola para el control del pulgón en la col morada.
- Determinar la etapa de aplicación del aceite agrícola para el control del pulgón en la col morada.

1.3. Categorías fundamentales

1.3.1. El cultivo de la col: su importancia económica

La col, *Brassica oleracea* L. var. *capitata*, pertenece a la familias de las Brassicaceae, anteriormente conocida como Cruciferae, que incluye diferentes variedades dentro del género *Brassica*, tales como brócoli, col de Bruselas, coliflor, col rizada, mostaza, nabo, ente otros (Moreb *et al.*, 2020) (Tabla 1). La col es originaria de la zona del mediterráneo y se presume que su domesticación ocurrió el Europa occidental y desde entonces ha sido valorado por su parte comestible compuesta por capas compactadas de hojas que vienen en diferentes formas, tamaños, colores y texturas, dependiendo de la variedad, desde la variedad de col rojo, blanco y rizada (Gilissen, 2020).

Tabla 1.

Clasificación de las diferentes variedades de coles según Balliu (2016)

Nombre de la subespecie o variedad	Características
a. <i>Brassica oleracea</i> (2n = 18, diploide); origen europeo	
subsp. (var.) <i>capitata</i> subgrupo <i>alba</i>	Col blanca; cabezas formadas por plegamiento de hojas-externamente verdes, internamente blancas
subsp. (var.) <i>capitata</i> subgrupo <i>rubra</i>	Col roja; internamente blanco y rojo
subsp. (var.) <i>capitata</i> subgrupo <i>sabauda</i>	Col de Saboya con follaje crispado, verde
subesp. (var.) <i>botrytis</i> , subgrupo <i>cauliflora</i>	Coliflor; una flor apretada, generalmente blanca, algunas de color púrpura.
subsp. (var.) <i>botrytis</i> , subgrupo <i>cymosa</i> (<i>italica</i>)	Brócoli; no tan apretados, más como brotes individuales, de color azul verdoso
subesp. (var.) <i>gemmifera</i>	Coles de Bruselas; tallo alargado, cabezas en miniatura (brotes) en las axilas de las hojas
subesp. (var.) <i>acephala</i> , subgrupo <i>laciniata</i>	Col rizada, col rizada, col rizada; tipo enano, follaje muy rizado.

subesp. (var.) <i>acephala</i> , subgrupo <i>plana</i>	Col rizada de hojas lisas; un tipo de roseta suave.
subesp. (var.) <i>acephala</i> , subgrupo <i>millecapitata</i>	Col rizada multicabezas; forma de crecimiento alto, que produce verticilos de brotes jóvenes muy por encima del suelo
subesp. (var.) <i>acephala</i> , subgrupo <i>palmifolia</i>	Col rizada; de altura >2 m
subesp. (var.) <i>acephala</i> , subgrupo <i>medullosa</i>	Col rizada de tallo con tallos largos y engrosados, ocasionalmente rizados
subesp. (var.) <i>gongylodes</i> , subgrupo <i>caulo-rapa</i>	Colinabo; tallos engrosados de 2 a 7 cm sobre el nivel del suelo que forman una estructura similar a un tubérculo sobre el suelo
<i>b. Brassica campestris (rapa) (2n = 20, diploide); de origen chino</i>	
subesp. (var.) <i>chinensis</i>	Bok choy, mostaza china, pak-choi, apio mostaza; se parece a la lechuga romana
subesp. (var.) <i>pekinensis</i>	Pe-tsai, col china, col de apio; se parece a la acelga.
subesp. (var.) <i>ruvo</i>	Brócoli-raab, rapa, rapina, brócoli de nabo cultivado para por sus capullos y tallos de flores sin abrir.
<i>c. Brassica napus (rapa)</i>	
subesp. (var.) <i>rapifera</i> (2n = 20)	Nabo; similar a rutabaga; carne blanca o amarilla
subesp. (var.) <i>napobrassica</i> (2n = 38)	Nabo sueco; hipocótilo hinchado, carne amarilla.

Al inicio, la planta de col era usada con fines medicinales para tratar acumulación de ácido úrico, problemas estomacales, sordera, dolor de cabeza y resacas, pero actualmente se cultiva en todo el mundo con fines de alimentación (Savita et al., 2014). Sus hojas frescas poseen una composición química que son agua, proteínas, vitaminas A, B1, B2, C y minerales vitales como calcio, sodio, potasio, fósforo, fibra, carbohidratos, etc. (Kozá et al., 2018).

En 2020, los principales países productores a nivel mundial son China e India que aportan 47.7 y 13.0 % de la producción mundial, seguidos de la Federación Rusa, República de Corea, Ucrania, Japón e Indonesia cuyos aportes son significativamente menores (3.7; 3.6; 2.5 y 2.0 %, respectivamente) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022) (Figura 1a). Así mismo, la mayor superficie sembrada ocurre en China e India que reunían el 40.3 y 16.4 % de la superficie mundial para el 2020, mientras que en cuanto al rendimiento, los mayores valores son reportados en Nueva Zelanda y República de Corea con rendimientos de 708.358 y 671.892 kg/ha, mientras que China ocupó el octavo lugar para 2020 (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022) (Figura 1b-c).

Con relación a Ecuador, la producción de col ha mostrado variaciones, alcanzando un nivel de 12.408 t en 2017 y 12.395 t en 2020, de la misma manera la superficie sembrada se ubicó en 2.005 ha y disminuyó a 2.003 ha en el mismo período y el rendimiento varió entre 61.885 hasta 61.882 kg/ha, lo cual lo ubica muy por debajo del promedio mundial (Tabla 2).

A pesar de su alto valor económico, el carácter perecedero de las hortalizas, incluyendo las coles, hace que los agricultores tengan que hacer frente a numerosos problemas de comercialización, puesto que en varias etapas de las actividades postcosecha se pierde un alto porcentaje de la producción, alcanzando niveles de hasta el 25% (Koza *et al.*, 2018).

Aparte de las pérdidas en postcosecha, el cultivo de col puede ser afectado por una serie de desórdenes fisiológicos, enfermedades causadas por diferentes patógenos y artrópodos plaga, que causan variados niveles de daños. Entre las enfermedades más comunes se incluyen Damping off (*Pythium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Sclerotium*, *Botrytis*, *Sclerotinia*), mildiú lanoso (*Peronospora parasitica*), amarillamiento (*Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*), mancha negra (*Alternaria brassicae*, *A. brassicicola*), pata negra (*Phoma lingam*), hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*), pudrición negra (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*), pudrición blanda (*Erwinia carotovora*) (Balliu, 2016).

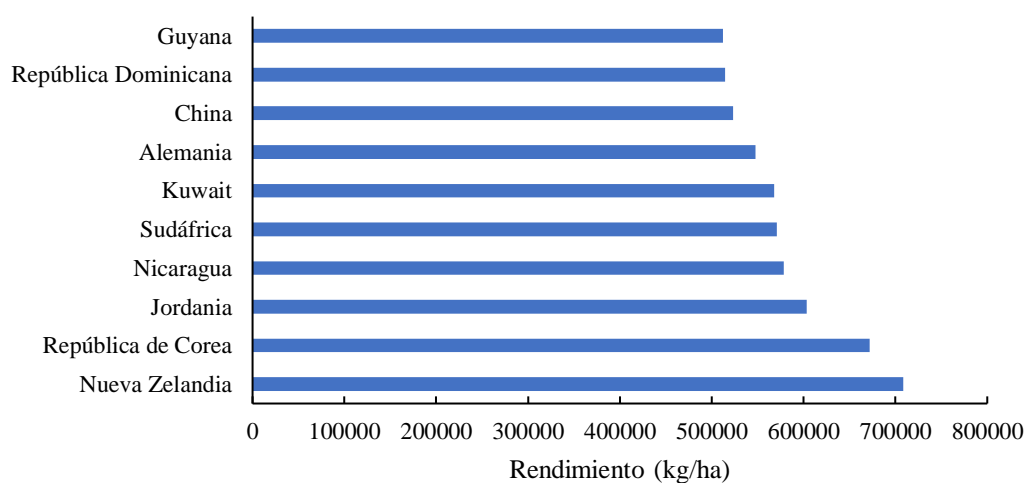
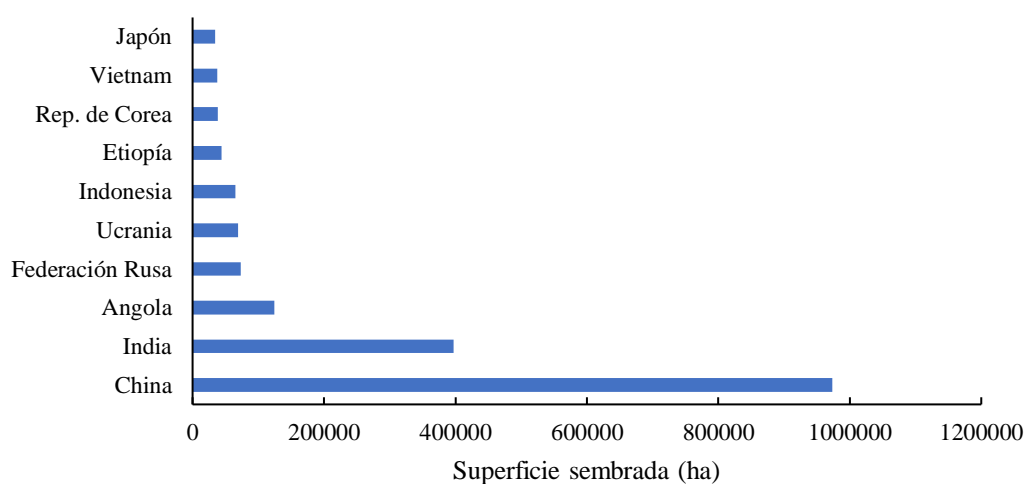
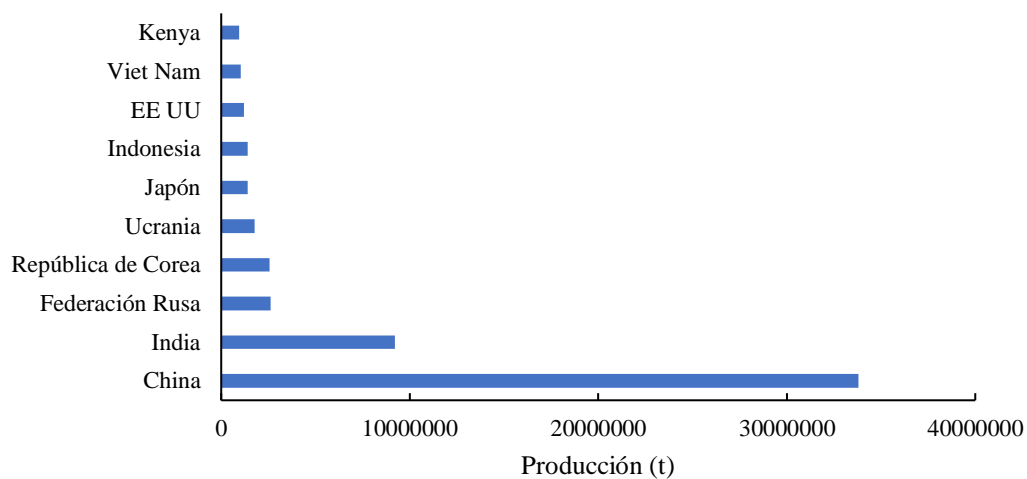


Figura 1. Valores de producción, superficie sembrada y rendimiento de col a nivel mundial durante 2020. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022).

Elaborado: Enríquez (2023)

Tabla 2.

Variación de la producción, superficie sembrada y rendimiento de col en Ecuador en el período 2017-2020 (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022)

Parámetro	Año	Valor
Área cosechada (ha)	2017	2.005
	2018	1.999
	2019	2.006
	2020	2.003
Rendimiento (kg/ha)	2017	61.885
	2018	61.581
	2019	62.144
	2020	61.882
Producción (t)	2017	12.408
	2018	12.310
	2019	12.466
	2020	12.395

Elaborado: Enríquez (2023)

Por otra parte, en cuanto a las artrópodos plaga, Balliu (2016) señala dos especies principales a saber: el barrenador de la col (*Hellula undalis*, Lepidoptera: Pyralidae) cuyas larvas producen minas en las hojas, cerca de las nervaduras laterales, dándole un aspecto de papel y luego perfora la pella, pudiendo provocar severas pérdidas económicas y la polilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*, Lepidoptera: Plutellidae), las larvas de esta especie se alimentan en la parte inferior de las hojas produciendo manchas blanquecinas y luego perforan pequeños agujeros en las hojas, llegando a considerarse una plaga muy destructiva en varias zonas a nivel mundial.

Otros insectos registrados incluyen a la mosca de sierra (*Athalia lugens* (Klug)), los gusanos cogolleros (*Spodoptera litura* L. y *Helicoverpa armigera* (Hubner) y la mosca blanca (*Bemisia tabaci* (Gennadius)) (Razaq *et al.*, 2014).

Con relación a los pulgones, existen varias especies asociadas a las crucíferas tanto en fase de plántula como en etapas posteriores del crecimiento del cultivo, en las cuales succionan

la savia, dándole a la planta un aspecto de enrollado y curvado en la hoja, que en caso de infestaciones severas reducen el vigor del cultivo (Gia y Andrew, 2015). Varias especies de áfidos están ampliamente distribuidas entre las regiones templadas del mundo, donde pueden causar daños severos en cultivos de brasicáceas, ya sea por alimentación o por transmisión de virus de plantas, algunos son especialistas en Brassicaceae, como *B. brassicae*, *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach), *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis), *Lipaphis lepidii* (Nevsky) y *Myzus persicae* (Sulzer), este último es más polífago (Ali, 2018).

1.3.2. Los pulgones como plagas en cultivos

Existen alrededor de 5000 especies de áfidos o pulgones, los cuales pertenecen a la familia Aphididae y se encuentran principalmente en regiones templadas donde pueden alimentarse y sustraer sustancias a través del floema del 25% de las especies de plantas y causar serios problemas en la agricultura (Kinley et al., 2021). Durante la alimentación los áfidos succionan savia de diferentes partes de la planta, excepto de las raíces y además pueden actuar como vectores de virus y como resultado disminuyen el crecimiento de la planta, así como la floración e incluso pueden provocar la muerte de plántulas (Chowhan *et al.*, 2022).

Estos insectos pueden medir entre 0.7 a 7.0 mm de longitud y presentan características únicas como polimorfismo, partenogénesis obligada, viviparidad, rápida alteración del desarrollo de la planta hospedante y corto tiempo de generación para alcanzar el estado de plaga en la agricultura y la mayoría de las especies se han especializado en un grupo de especies de plantas hospedantes relacionadas (Kinley *et al.*, 2021).

Brevicoryne brassicae, conocido comúnmente como el pulgón de la col, es nativo de Europa, pero actualmente tiene amplia distribución mundial y puede causar daños económicos a varias especies de plantas dentro de la familia Brassicaceae en diferentes partes del mundo, tales como Canadá, los Países Bajos, Sudáfrica, India, China y está ampliamente distribuido en los EE. UU. (Gill *et al.*, 2019). Esta especie constituye una plaga importante en diferentes cultivos de importancia agrícola, incluyendo coles, en el cual el insecto se alimenta de las hojas y las estructuras reproductivas afectando la producción del cultivo, pudiendo alcanzar hasta un 30% de pérdidas (Jabranab *et al.*, 2016).

Aparte del daño directo causado por la alimentación, los áfidos son los principales vectores en la transmisión del virus del mosaico del nabo (TuMV), el cual representa una seria

amenaza para el rendimiento y la calidad de los cultivos de *Brassica* a nivel de campo, puesto que es responsable de provocar graves pérdidas en este grupo de plantas (Lu *et al.*, 2022).

1.3.3. Métodos de control de áfidos en cultivos agrícolas

Antes del desarrollo de los plaguicidas sintéticos, el control de áfidos se hacía con nicotina extraída de las hojas del tabaco y vendida como sulfato, la cual fue desplazada por el DDT, un insecticida organoclorado y luego por compuestos organofosforados en la década de 1950, carbamatos en la década de 1960 y piretroides durante la década de 1970, siendo estos últimos aún utilizados en aspersiones en cultivos (Dedryver *et al.*, 2010). Sin embargo, debido al uso intensivo, la efectividad para el control de estos compuestos ha disminuido, lo que ha provocado, por un lado, la necesidad de usar mayores dosis y, por el otro, que se dediquen más recursos para desarrollar nuevas moléculas más selectivas, sin embargo, su especificidad es relativa y en muchos casos han provocado el desarrollo de razas resistentes de diferentes especies de pulgones (principalmente *M. persicae* y *Aphis gossypii*) a una o más familias de insecticidas (Dedryver *et al.*, 2010).

Otra alternativa de control lo constituye el control biológico a través del uso de enemigos naturales, depredadores y parasitoides. Los enemigos naturales tienen una amplia historia como agentes de control biológico contra plagas de cultivos en todo el mundo y estos incluyen insectos y ácaros depredadores, las avispas y moscas parasitoides y por otro lado los entomopatógenos tales como bacterias, hongos y virus los cuales han sido utilizados con diversos grados de efectividad a nivel mundial (Riddick, 2022).

Por otra parte, el uso de aceites esenciales obtenidos de plantas con altos contenidos de terpenos y fenoles volátiles han probado ser eficientes debido a su efecto neurotóxico, repelente, entre ellos se citan el aceite de cáñamo utilizado contra *Aulacorthum solani*, aceite de romero y aceite de jengibre utilizados contra *M. euphorbiae*, mezcla de aceite esencial de ajo, soya y eucalipto contra *Aphis gossypii*, *Myzus persicae* y *M. euphorbiae*, aceites esenciales de *Azadirachta indica*, *Eucalyptus camaldulensis* y *Laurus nobilis* contra *Aphis gossypii*, aceite de anona (*Annona squamosa*) y extracto de neem contra *Ampiphorophora ideai* y *Macrosiphum euphorbiae* y aceite de neem contra *Chaetosiphon fragaefolii* (Mitchell y Karley, 2020).

Una de los enfoques más modernos en cuanto a control de áfidos es el uso de plantas resistentes a los áfidos combinado con otras prácticas culturales y/u otras prácticas de

manejo de plagas, lo cual se perfila como una estrategia de manejo muy prometedora y eficaz para el control de áfidos, para lo cual además de desarrollar cultivares resistentes se requiere la identificación de los genes responsables de la tolerancia o resistencia (antibiosis) para proponer mejoras en esta estrategia de control (Luo *et al.*, 2022).

Por último, los aceites minerales se derivan del petróleo también han sido utilizados en el control de los áfidos y además reducir la transmisión de los virus no persistentes.

1.3.4. Uso de aceite mineral como método de control de áfidos

De acuerdo con Mitchell y Karley (2020), el aceite mineral puede inducir efectos probióticos o tóxicos en *M. euphorbiae*, según el modo de aplicación (contacto tópico, inhalación o ingestión) y la concentración probada y, por otro lado, se ha demostrado que él también puede ser efectivo para controlar la propagación de virus no persistentes por parte de los áfidos.

Los aceites agrícolas son obtenidos a partir de procesos industriales, incluidos los subproductos obtenidos durante la destilación del petróleo crudo para producir petróleo y constituyen una mezcla de estructuras aromáticas, nafténicas y parafínicas, que actualmente están disponibles en muchas marcas comerciales, tales como: aceites de horticultura, aceites en aerosol, aceites blancos, entre otros. En agricultura, se clasificaron primero según el momento de la aplicación, por ejemplo: en plantas latentes como aceites de invierno que se pueden usar para controlar insectos que hibernan, o como aceites de verano que son seguros para aplicar durante las temporadas de crecimiento. Los aceites de invierno son productos más pesados (cadenas más largas) (Al-Mrabeh *et al.*, 2010).

De acuerdo con Al-Mrabeh *et al.* (2010), el mecanismo de acción de los aceites minerales es por asfixia, lo cual se describe como el mecanismo de acción física del aceite para matar insectos y ácaros que resulta del bloqueo físico al depositarse una película aceitosa sobre las aberturas respiratorias (espiráculos) del insecto. Es por ello que los aceites minerales han sido utilizados por mucho tiempo como productos fitosanitarios versátiles, rentables y con una toxicidad relativamente baja en comparación con los pesticidas químicos sintéticos utilizados en la agricultura convencional, sin embargo, estos pueden llegar a ser tóxicos para los polinizadores y las especies acuáticas (Varga *et al.*, 2022), por lo que se debe tener mucho cuidado en su uso.

Adicionalmente, Shah *et al.* (2022) afirman que, entre las ventajas sobre los insecticidas convencionales, se puede mencionar que es menos probable que los insectos plaga manifiesten resistencia, son menos tóxicos para los enemigos naturales y tienen una vida residual más corta, haciendo que su uso sea más sostenible a largo plazo. Sin embargo, estos autores señalan que existen algunos inconvenientes que limitan su uso en los programas de control de plagas, tales como la baja eficiencia en el campo, debido principalmente a la desuniformidad en la cobertura del follaje, además pueden llegar a ser fitotóxicos cuando se usa en altas concentraciones, cuando se mezclan con ciertos fungicidas o si se aplican cuando las temperaturas son altas, aparte de que muchas veces incrementa los costos de producción cuando se requieren aplicaciones frecuentes.

Algunos estudios previos han mostrado el efecto benéfico del uso de aceite mineral en el control de plagas agrícolas o sus agentes fitopatógenos transmitidos por las plagas. En Italia, los aceites minerales se aplican para el control de escamas, ácaros y mosca blanca en cítricos y olivos y ocasionalmente en tomate. En cítricos se suelen aplicar una o dos veces al año, con una cantidad promedio de 30 a 100 l/ha/año. En aceituna y tomate, el uso medio de aceite mineral es de hasta 30 y 10 l/ha/año, respectivamente. En otros cultivos, son de menor uso o preocupación, y en cualquier caso pueden ser fácilmente reemplazados por aceites de origen vegetal.

Así, se ha reportado que la aplicación de aceite mineral agrícola es una posible estrategia de control para reducir la incidencia del virus de la viruela del ciruelo (PPV) en los viveros de *Prunus* (Vidal *et al.*, 2013). Cuando se hicieron aplicaciones de aceite mineral hortícola (Sunspray Ultrafine HMO al 1%) con frecuencia semanal sobre plantas de vivero de *Prunus* durante el período vegetativo de primavera a otoño se observó efecto tanto en el control de los y en la reducción de la incidencia de PPV entre el 10 y 20 %, sin embargo, la aplicación de aceite mineral no fue suficiente para reducir completamente la infección por el virus, probablemente debido a la alta prevalencia de PPV (Vidal *et al.*, 2013).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Granja Docente Experimental Querochaca, ubicada en el Cantón Cevallos, provincia de Tungurahua (01° 21'00" S; 78° 35'00" O, WeatherOnline, 2022).

2.2. Características del lugar

2.2.1. Clima

La localidad de estudio (Granja Experimental Docente Querochaca) presenta las siguientes condiciones meteorológicas:

Características	Descripción
Temperatura mínima día	22 °C
Temperatura mínima noche	10 °C
Temperatura máxima obtenida	23 °C
Temperatura mínima obtenida	04 °C
Velocidad del viento	6 km/h
Precipitación anual	251 a 500 mm

Fuente: WeatherOnline (2022)

2.2.2. Suelo

Los suelos pertenecientes en la zona de Querochaca son de condiciones volcánicas su clasificación taxonómica es Andisol y la textura es franca-Arenoso, ya que se encuentran formados por depósitos volcánicos de arena y limo con muy baja concentración de arcilla (Morales y Erazo, 2020).

2.3. Equipos y materiales

2.3.1. Equipos

- Bomba de Fumigar
- Microscopio

- Sistema de Riego

2.3.2. *Materiales*

- Material Vegetal (Plántulas de col morada)
- Rastrillo
- Azadón
- Tractor
- Aceite agrícola
- Plástico
- Cinta métrica
- Abono
- Rótulos de identificación
- Fertilizantes

2.4. Metodología de la investigación

El presente estudio fue conducido bajo un enfoque cuantitativo de tipo experimental, donde se evaluó el efecto de las dosis del aceite agrícola (variable independiente) sobre el nivel de control del pulgón de las brasicáceas (variable dependiente). Fueron considerados nueve tratamientos con sus diferentes dosis y etapas de aplicación del aceite agrícola, para el control del pulgón en el cultivo de col morada. Para lo cual, se plantaron 324 plantas bajo condiciones de cultivo de cobertura en la Granja Experimental Docente de Querochaca en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato.

2.5. Factores de Estudio

2.5.1. *Dosis de Aceite Agrícola*

- D1: 7.5 cc/l
- D2: 10 cc/l
- D3: 12.5 cc/l

2.5.2. *Etapas de aplicación*

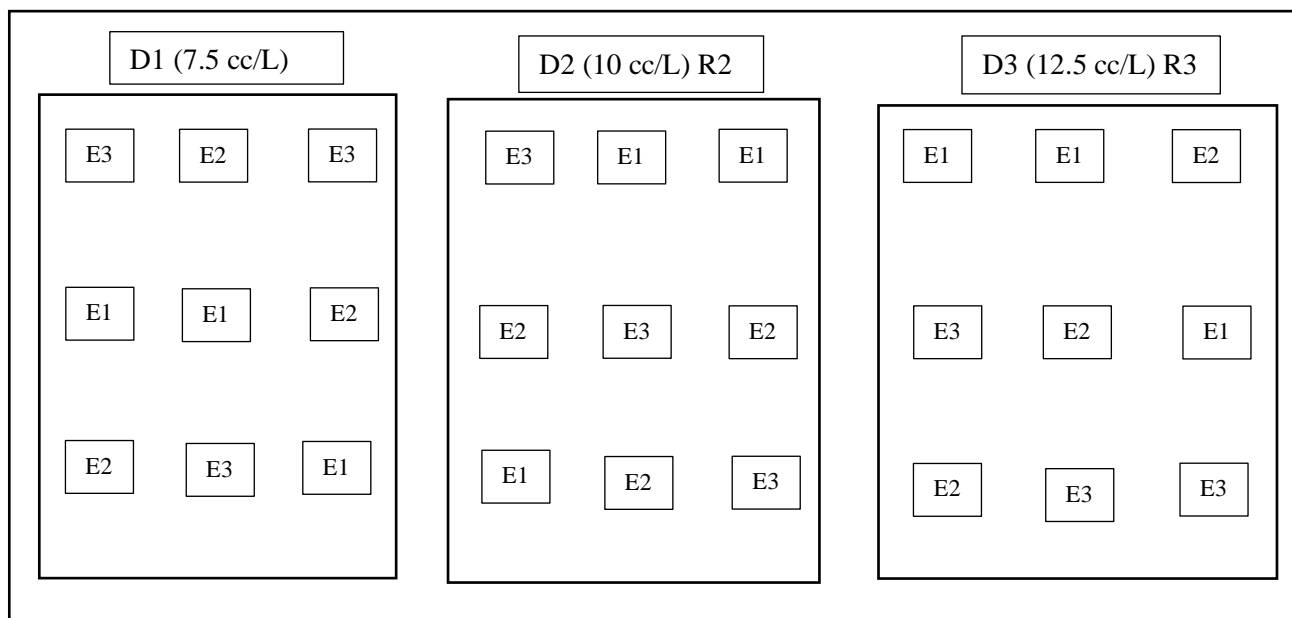
- E1: 80 días después del trasplante.
- E2: 90 días después del trasplante.
- E3: 100 días después del trasplante

2.6. Tratamientos

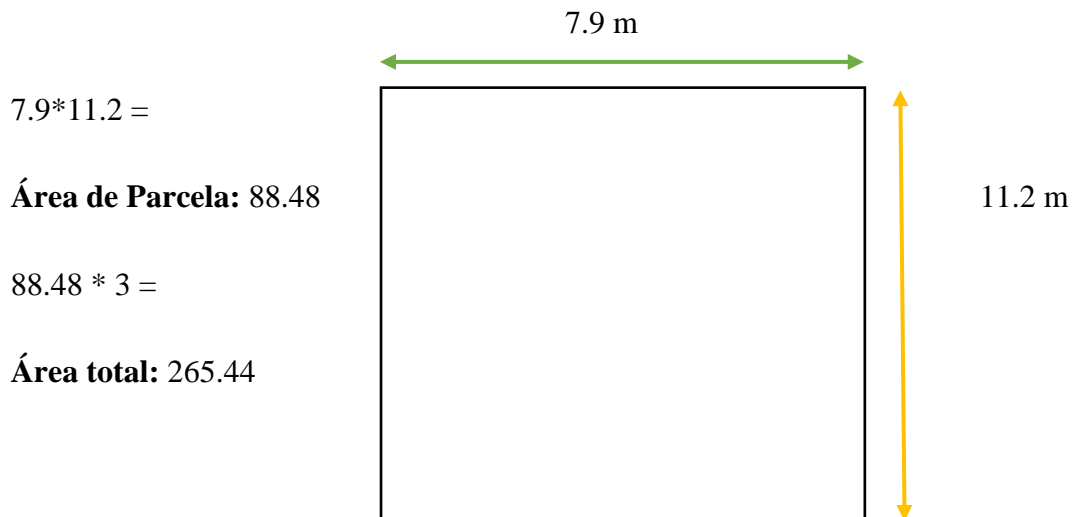
Nº	Símbolo	Dosis del aceite agrícola	Momento de aplicación
1	D1E1	7.5 cc/l	80 días después del trasplante
2	D1E2	7.5 cc/l	90 días después del trasplante
3	D1E3	7.5cc/l	100 días después del trasplante
4	D2E1	10 cc/l	80 días después del trasplante
5	D2E2	10 cc/l	90 días después del trasplante
6	D2E3	10 cc/l	100 días después del trasplante
7	D3E1	12.5 cc/l	80 días después del trasplante
8	D3E2	12.5 cc/l	90 días después del trasplante
9	D3E3	12.5 cc/l	100 días después del trasplante

Elaborado: Enríquez (2023)

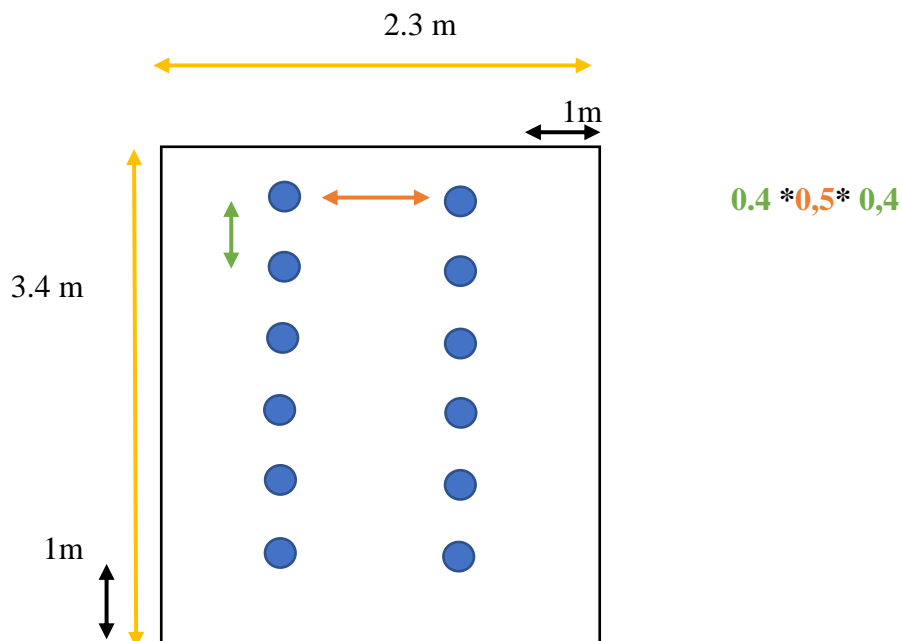
2.6.1. Esquema o Diseño de campo



2.6.2. Esquema por parcela grande (Dosis)



Esquema por subparcela (tratamiento)



2.7. Análisis estadístico

El ensayo fue conducido en un diseño de parcelas divididas con los tratamientos dispuestos en un arreglo factorial en el cual el primer factor estuvo representado por la dosis del aceite agrícola, el segundo factor la etapa de aplicación. Las variables evaluadas fueron sometidas a análisis de varianza y aquellas que mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) fueron

posteriormente comparadas mediante prueba de medias según Tukey 5 % usando el programa estadístico Statistix versión 10.0.

2.8. Manejo del Experimento

Se refiere al proceso de preparación del suelo para el establecimiento del cultivo de col para la posterior aplicación de los respectivos tratamientos relacionados con el uso de aceite agrícola en diferentes dosis y etapas del cultivo. Cada tratamiento fue identificado.

2.8.1. Identificación de la especie de pulgón

Se hicieron muestreos en campo y una vez que aparecieron las primeras poblaciones del pulgón, se tomaron muestras y fueron llevadas al laboratorio para preparar placas de observación al microscopio y así identificar la especie. Para ello, se prepararon placas con líquido de Hoyer que fueron posteriormente secados a estufa durante 1 semana. Luego las preparaciones fueron observadas al microscopio óptico de contraste de fases (Leica LM-1000) (Dr. Carlos Vásquez, comunicación personal). Los especímenes fueron identificados con la clave taxonómica de Favret y Miller (2012) (Fig. 2)



Figura 2. Hembra adulta de *Brevicoryne brassicae* colectadas en plantas de col

2.8.2. Preparación del terreno

Para la limpieza del terreno fue usado un tractor para el arado y rastra del suelo. Los días 12 y 13 de junio se hizo control manual de maleza, así como eliminación de piedras, palos y escombros para la siembra del cultivo.

2.8.3. Trazado de parcela

Con la ayuda de cinta métrica y estacas fueron delimitadas tres parcelas y 27 subparcelas. Las parcelas tuvieron un área de 88,48 m², mientras que las subparcelas de 5,7 m², teniendo un área total del terreno de 265,44 m².

2.8.4. Surcado

Se realizó en forma manual, a una distancia de 120 cm de ancho y 20 cm de alto de la cama, colocando 12 plántulas por tratamiento, teniendo un total de 324 plántulas de col (Fig. 3).



Figura 3. Preparación del terreno y delimitación de los tratamientos en campo

2.8.5. *Trasplante*

La plantación de col morada se realizó de forma manual a la distancia de 40 cm por planta, 50 cm entre hileras y 1 m entre caminos para más comodidad al momento del riego.

2.8.6. *Incorporación de abono*

Para el enriquecimiento del suelo, se incorporó abono orgánico (estiércol de ganado, cuy y gallinaza) en las camas y alrededor de cada plántula.

2.8.7. *Riegos*

El riego se realizó mediante el sistema de goteo que se colocó en cada cama de los tratamientos, después del trasplante se aplicaron riegos diarios durante 30 minutos en la mañana y 30 minutos en la tarde. Al mes del trasplante se regaba 40 minutos por la mañana todos los días (Fig. 4).



Figura 4. Sistema de riego del cultivo

2.8.8. Fertilizantes

Se aplicó un enraizante llamado Meristemroot los primeros meses de la siembra, y productos como SaturMicros, Evergreen y Biol para el desarrollo del cultivo en sus primeras fases, también se colocó calcio-boro para favorecer el desarrollo del repollo.

2.8.9. Aplicaciones de tratamientos

Las aplicaciones de las diferentes dosis del aceite agrícola (7.5; 10 y 12.5cc/l) fueron realizadas a los 80, 90 y 100 días después del trasplante del cultivo. Durante el ensayo fueron consideradas tres repeticiones por tratamiento.

2.9. Variables respuestas

2.9.1. Incidencia de la plaga

Para determinar la incidencia de *B. brassicae* fueron seleccionadas cuatro plantas al azar de los nueve tratamientos y en las cuales se estimó la presencia de individuos en la col morada de una manera visual.

2.9.2. Número de adulto/planta después de la aplicación

En la parcela neta fueron seleccionadas cuatro plantas al azar y se determinó el número de individuos por planta a los 24, 48, 72 horas después de la aplicación del aceite agrícola. Para ello, se usó una cuadrícula de 1 cm² que fue colocada en diferentes partes de la hoja y se obtuvo un promedio de todas las mediciones (Fig. 5).



Figura 5. Contaje de individuos en campo

2.9.3. *Dosis Letal media*

La DL_{50} se define como la dosis capaz de provocar mortalidad del 50% de los individuos bajo estudio, generalmente dentro de las primeras horas después de la aplicación (Ruiz-González et al., 2018). La concentración letal media (DL_{50}) fue calculada por regresión Probit usando el programa SPSS versión 22.0. El análisis Probit es un tipo de regresión que se utiliza para analizar variables de respuesta binomial (presencia/ausencia), mediante la cual se transforma la curva dosis-respuesta sigmoideal a una línea recta que luego se puede analizar por regresión ya sea a través de mínimos cuadrados o máxima verosimilitud (Pum, 2019).

2.9.4. *Eficiencia*

Al evaluar la eficacia o eficiencia directa de un producto fitosanitario deben tenerse en cuenta varios parámetros, por ejemplo, la eficacia del producto normalmente debe ser comparable o mejor que la de un producto o una dosis de referencia (Food and Agriculture Organization, 2006). En el presente estudio la eficiencia fue evaluada como el porcentaje de control evaluado 24, 48 y 72 horas después de la aplicación en comparación con la población inicial del pulgón

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Incidencia de *B. brassicae* en plantas de col

Al analizar la incidencia, medida como el porcentaje de plantas infestadas por la plaga, se encontró un 100% de incidencia del pulgón en plantas de col a las 24 hr después de la aplicación, mientras que a las 48 hr. Este valor descendió ligeramente en plantas tratadas con 7.5 cc/l pero la disminución fue más notoria con las dosis 10 y 12.5 cc/l donde alcanzó 21.5 y 15.2%, mientras que a las 72 hr., los porcentajes de incidencia alcanzaron 38.9, 28.7 y 18.9 % a las dosis 7.5, 10 y 12.5 cc/l, respectivamente (Fig. 6).

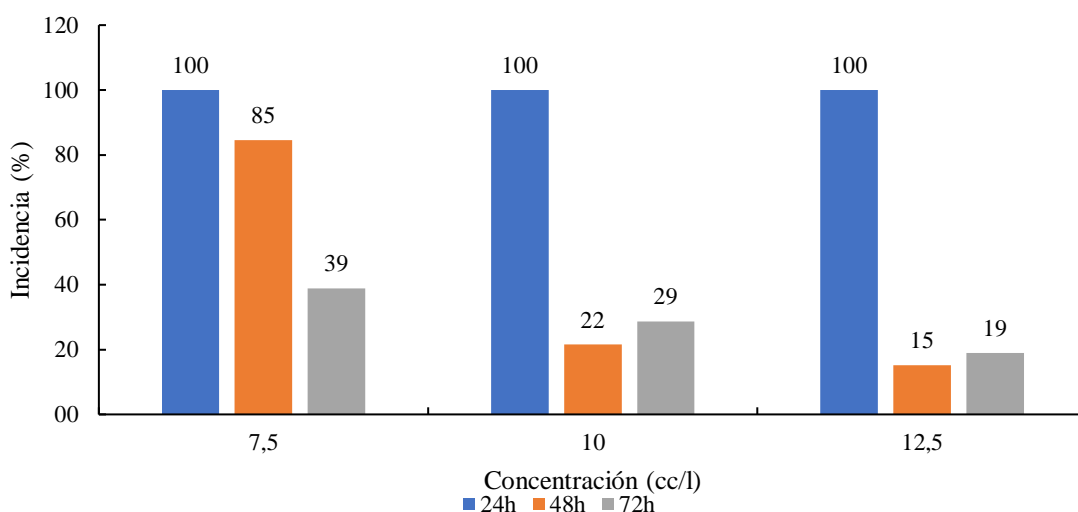


Figura 6. Incidencia de *B. brassicae* en plantas de col morada tratadas con tres concentraciones de aceite mineral en cultivos a las 24, 48, 72 hr después de la aplicación.

Mediante los resultados, se observa que el aceite agrícola disminuye la incidencia de las poblaciones de *B. brassicae* en el cultivo de la col morada, puesto que se observó que en las primeras 24 horas después de la aplicación la incidencia alcanzó los máximos niveles (100%), lo cual puede ser por el hecho de que no se había realizado ninguna aplicación al cultivo. Una vez transcurridas las 48 y 72 horas el efecto del aceite mineral disminuyó ya que los resultados de incidencia fueron menores, sin embargo, se observa que el producto es capaz de matar por asfixia a los pulgones reduciendo la incidencia de la plaga.

De acuerdo con el trabajo de Olubayo et al. (2010), menciona que tanto los insecticidas sintéticos (bifetrina y dimetoato), el extracto de neem y el aceite mineral (DC-Tron) lograron disminuir la incidencia de los pulgones *Aphis gossypii* (Glover), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) and *Myzus persicae* (Sulzer), sin embargo, las parcelas tratadas con aceite mineral además registraron la incidencia más baja de PVY, por lo que se sugiere que una combinación de insecticidas sintéticos y aceite mineral podría desempeñar un papel importante en la reducción de los pulgones y sus vectores asociados.

Así mismo, la aplicación de aceite mineral al 1% en aspersiones ultrafinas logró reducir la incidencia de las poblaciones de pulgones y del *Plum pox virus* (PPV) en plantas de *Prunus*, por lo que esta podría ser una estrategia respetuosa con el medio ambiente basada en la acción física de los tratamientos (Vidal et al., 2013).

3.2. Número de adulto/planta después de la aplicación

Con relación al número de adultos por planta, se encontró que, dado el alto número de individuos iniciales tal como se muestra en la figura 7, no se detectó una respuesta positiva a las diferentes dosis aplicadas del aceite agrícola después de la aplicación a los 80 días del cultivo, observándose que el número promedio de pulgones fue de 40.4, 66.5 y 55.3 a las dosis de 7.5, 10.0 y 12.5 cc/l (Fig. 8A). Mientras que cuando se hizo la aplicación a los 90 días del cultivo si se observó una respuesta a las dosis, siendo menor el número de pulgones a medida que aumentó la dosis, pasando de 34.2 pulgones en plantas tratadas con la dosis de 7.5 cc/l hasta 8,4 pulgones en plantas tratadas con la mayor dosis (Fig. 8C). Una tendencia parecida se observó en plantas de 100 días donde el menor número de pulgones fue mostrado en plantas tratadas con aceite al 12.5 cc/l (Fig. 8C).

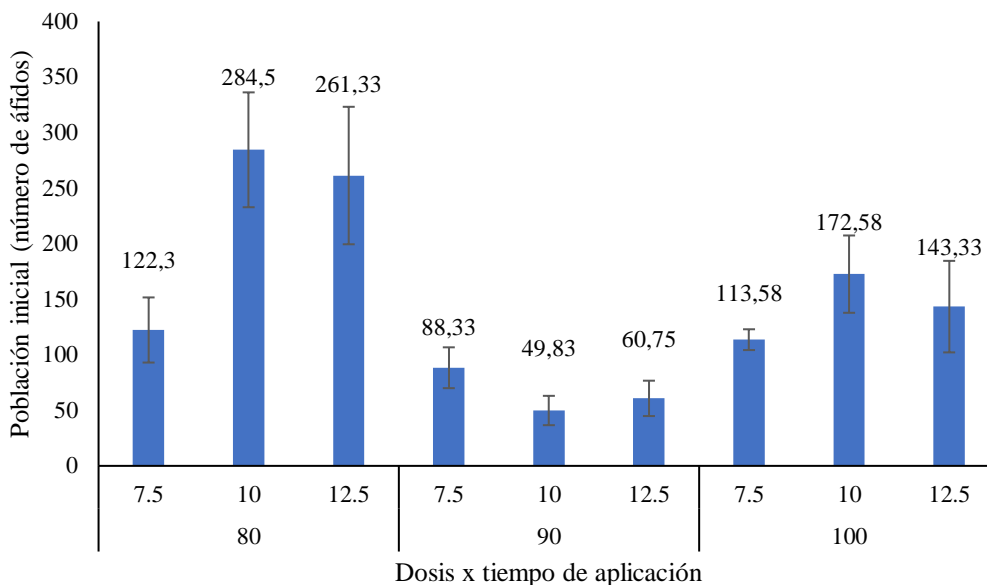


Figura 7. Número de *B. brassicae* antes de las aplicaciones de aceite agrícola a los diferentes tiempos de aplicación (80; 90 y 100 días del cultivo)

Posiblemente, el bajo nivel de efecto durante la primera aplicación se debió a que, por un lado, las condiciones ambientales habían favorecido el incremento rápido de las poblaciones ya que alcanzan a generar de 2 a 5 ninfas por día, por lo cual éstas poblaciones continuaron creciendo debido a que no se había hecho ninguna medida de control. Éste efecto fue contrario ya que pudo observarse con las aplicaciones durante los 90 y 100 días del cultivo, donde las poblaciones lograron disminuir significativamente.

Hu *et al.* (2020) evaluaron tres tipos de aceites agrícolas (Antong, Lvying y Meiwei) y observaron que todos los aceites minerales probados mostraron toxicidad para las ninfas de quinto estadio cuando fueron aplicados de manera tópica, sin embargo, la toxicidad de Antong fue significativamente mayor que del resto de los aceites y además observaron que la respuesta de toxicidad mostró una relación directa y positiva con el aumento de la concentración del producto.

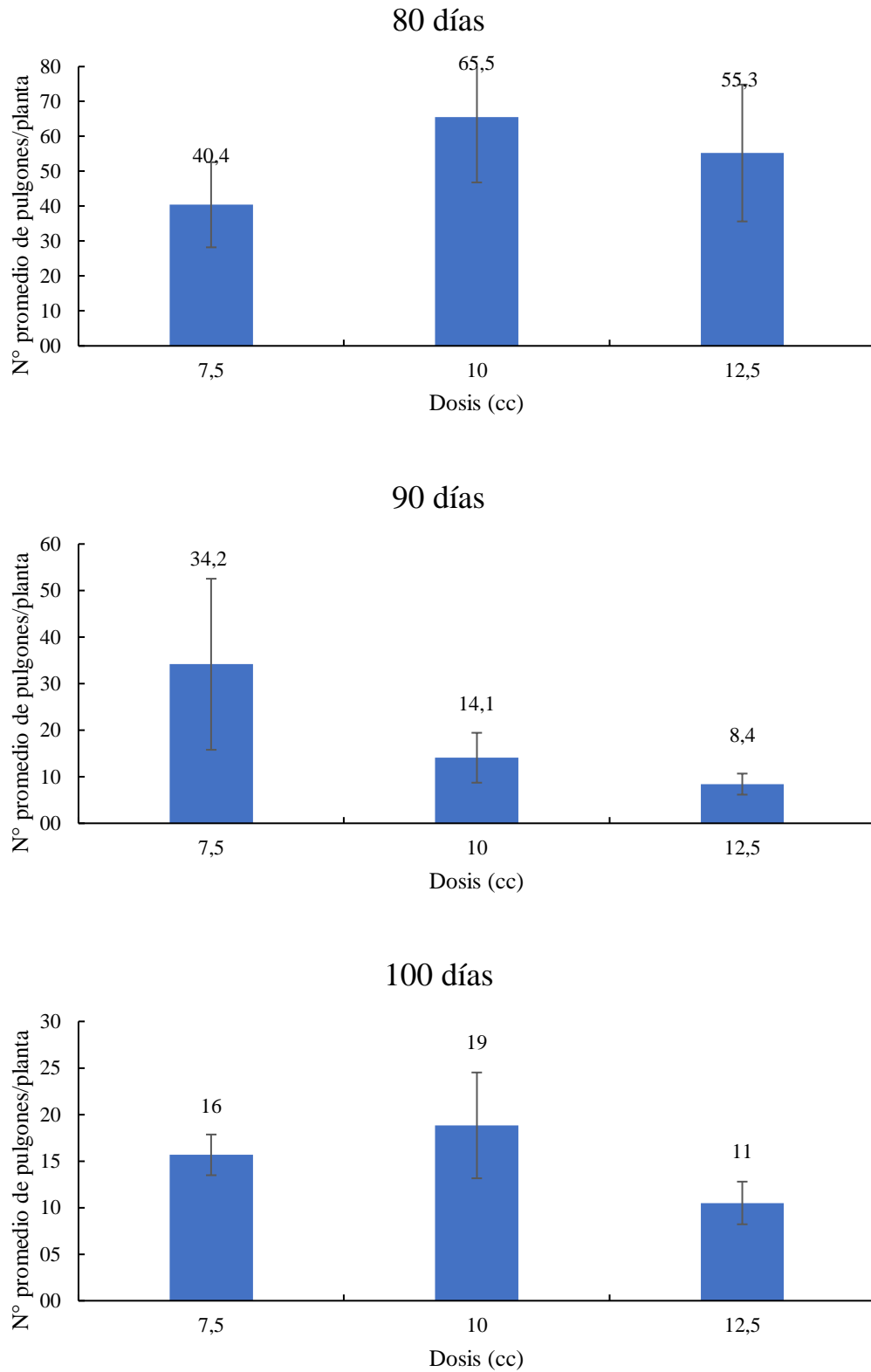


Figura 8. Número de pulgones en plantas de col después de las aplicaciones del aceite mineral a diferentes concentraciones.

De acuerdo con Helmy *et al.* (2012), el principal modo de acción de los aceites agrícolas o minerales es a través del bloqueo de las aberturas respiratorias (espiráculos), provocando muerte por asfixia, pero además crean una capa delgada en la superficie de los huevos provocando la interrupción del intercambio de gases. Así mismo, en algunos casos, pueden interactuar con los ácidos grasos del insecto, interfiriendo con el metabolismo normal o pueden alterar la forma de alimentación del insecto, lo que es particularmente importante en la transmisión de algunos virus de plantas por parte de los áfidos.

3.3. Efectividad de la aplicación de aceite agrícola en el control de *B. brassicae* en plantas de col

Con relación a la efectividad de la aplicación de aceite agrícola se observó interacción entre la dosis y frecuencia de aplicación sobre el control de *B. brassicae*, siendo más efectivas cuando las aplicaciones fueron hechas a las mayores dosis 10.0 y 12.5 cc/l con las cuales se alcanzaron porcentajes de eficiencia de control por encima del 70% (Fig. 9). Al analizar los resultados de la aplicación de aceite agrícola durante las 24 hr aplicación, la mayor efectividad fue observada con las dosis de 10 y 12,5 cc/l, con las cuales el porcentaje de efectividad varió desde 72.16 y 78.43% con la aplicación a los 80 días del cultivo. De manera similar, la efectividad se incrementó hasta 84.91 y 85.74 %, con la mayor dosis (12.5 cc/l) aplicada a los 90 y 100 días del cultivo (Fig. 9A).

En cuanto a los resultados a las 48 hr y 72 hr después de la aplicación de aceite agrícola se observó igualmente una tendencia de incremento en la eficiencia a medida que aumentó la dosis del aceite agrícola a los 80, 90 y 100 días del cultivo (Fig. 9B y 9C). A los 80 días del cultivo la eficiencia varió desde 69.05 a 81.34% a las dosis de 7.5 y 12.5 cc/l, respectivamente, lo cual fue también observado cuando se aplicó el aceite a los 90 y 100 días del cultivo, con porcentajes de eficiencia de 56,09 hasta 80,71% a los 90 días mientras que estos valores oscilaron desde 57.71 hasta 82.7% cuando se aplicó a los 100 días del cultivo.

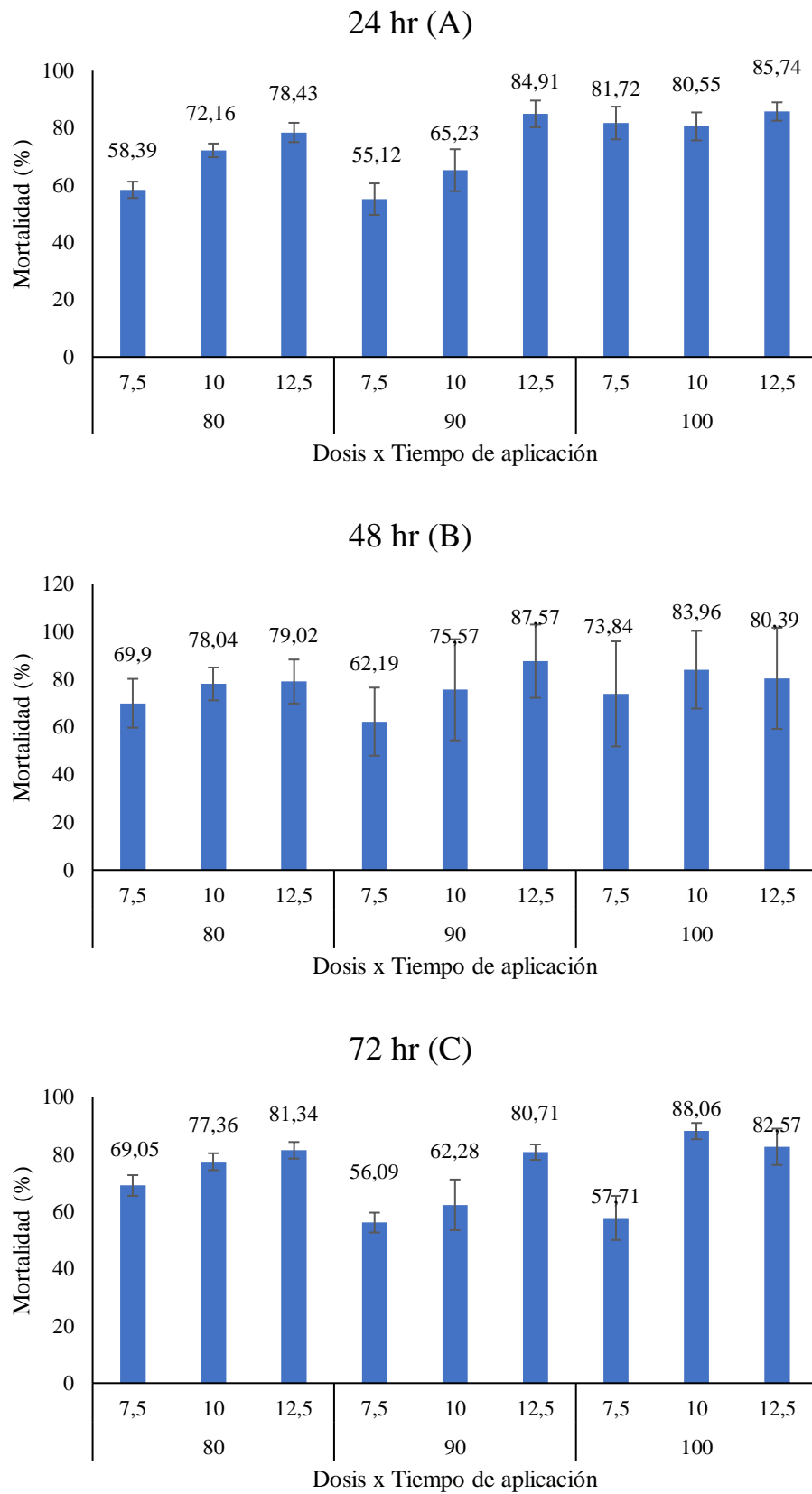


Figura 9. Efectividad de la aplicación de aceite agrícola en el control de *B. brassicae* aplicado en plantas de col a las 24 hr (A), 48 hr (B) y 72 hr (C) después de la aplicación en la Granja Experimental Querochaca.

El incremento de la efectividad observado en los diferentes tratamientos se debió a al aumento de las dosis del aceite agrícola, además este efecto fue aún mayor en cultivos de 90 y 100 días en comparación con el cultivo de 80 días. Tal como fue dicho anteriormente, posiblemente esto pudo haber sido debido al impacto de las condiciones climáticas y activación de los mecanismos de defensa de la planta, también el hecho que se encontraba una cierta cantidad de ninfas que pudieron ser negativos para las poblaciones del pulgón, frente a la acción rápida del aceite agrícola hacia el áfido.

Resultados similares fueron obtenidos por Nikolova y Georgieva (2018), quienes observaron que la aplicación combinada de un insecticida de amplio espectro (thiamethoxam + lambdacialotrina) con aceite agrícola proporcionó un buen control contra los insectos plaga, principalmente contra el áfido *Acyrtosiphon pisum* Harr., y cuyos niveles de control se mantuvo durante largos períodos. Este efecto sinérgico, además de mostrar un buen efecto de control, también provocó la disminución del impacto ambiental, resaltándose así la importancia del uso de formulaciones innovadoras de productos fitosanitarios que sean más seguras tanto para las plantas como para el medio ambiente.

Del mismo modo, Ismail (2021) evaluaron el efecto sinérgico de la mezcla de imidacloprid con aceite de jojoba o aceite KZ para el control de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y demostraron un efecto de 12 a 40 veces superior de la mezcla con respecto al efecto de aplicación del insecticida de forma individual, siendo mayor cuando se usó insecticida con el aceite mineral. Adicionalmente, el uso de las mezclas mostró un efecto residual más prolongado en condiciones de campo y, además, las dosis subletales mostraron un efecto negativo sobre el desarrollo y la fecundidad de la plaga.

El-Sisi et al. (2019) determinaron la eficacia plaguicida de los aceites minerales (CAPL-1, CAPL-2) y surfactante (Sisi-6) contra adultos y ninfas de la mosca blanca, *Bemisia tabaco* y larvas de *Spodoptera littoralis* y encontraron que todos los productos evaluados mostraron efecto tóxico contra ninfas y adultos de la mosca blanca que alcanzó una reducción del 70 % junto con un efecto residual cercano al 40% en todas las concentraciones probadas (1,0; 1,5 y 2,0 % (v/v), sin embargo los autores recomiendan el uso de una concentración del 1% por consideraciones de índole económico.

Debido a los efectos positivos de los aceites agrícolas, estos han ganado un papel importante en el control de plagas a nivel mundial, debido no solo a su alta eficacia sino también a la

amplia gama de insectos que puede controlar, haciéndolos una herramienta útil en la agricultura con enfoque de manejo integrado de plagas, principalmente en el manejo de resistencia, ya que aún no se ha reportado resistencia, posiblemente debido a su modo de acción físico (Baliota y Athanassiou, 2022).

Así, el uso de los aceites agrícolas cada vez acapara mayor atención entre los agricultores europeos. En Italia, se aplican para el control de escamas, ácaros y mosca blanca en cítricos (30 a 100 L/ha/año) y olivos y ocasionalmente en tomate (30 y 10 L/ha/año, respectivamente), mientras que en Francia y Noruega son usados para el control de pulgones transmisores de virus en papa (Katsoulas *et al.*, 2020).

Cálculo de la DL₅₀ del aceite agrícola para el control de *B. brassicae*

La determinación de las concentraciones letales DL₅₀ y DL₉₅ del aceite agrícola para el control de *B. brassicae* fue hecha en pulgones provenientes de colectas y cría de campo, utilizando un total de 1435 individuos (Tabla 3).

Tabla 3.

Número de pulgones, B. brassicae expuestos a diferentes concentraciones de aceite agrícola en plantas de col en la Granja Experimental Docente Querochaca

Aceite agrícola	Nº de Insectos expuestos
7.5 cc/l	389
10,0 c/l	541
12.5 cc/l	505

Elaborado: Enríquez (2023)

La DL₅₀ al igual que los intervalos de confianza y pendientes de la recta de regresión para el aceite agrícola usado en el control de *B. brassicae* se muestran en la tabla 4, observándose una DL₅₀ de 11.513 cc/l con una pendiente para la curva dosis-mortalidad de 4.788 ± 0.679 , lo que indica que con la aplicación de 11.513 cc por litro de aceite agrícola se logra la mortalidad del 50% de la población (Fig. 10).

Tabla 4.

Dosis letal media (DL₅₀) con intervalos de confianza, pendiente y desviación estándar (D.E.) para aceite agrícola para el control de B. brassicae en plantas de col en la Granja Experimental Docente Querochaca.

Producto aplicado	CL ₅₀	Intervalos de Confianza	Pendiente ± D.E.	Total, de pulgones expuestos
Aceite agrícola	11,513	9,013 - 12,367	4,788 ± 0,679	1435

Elaborado: Enríquez (2023)

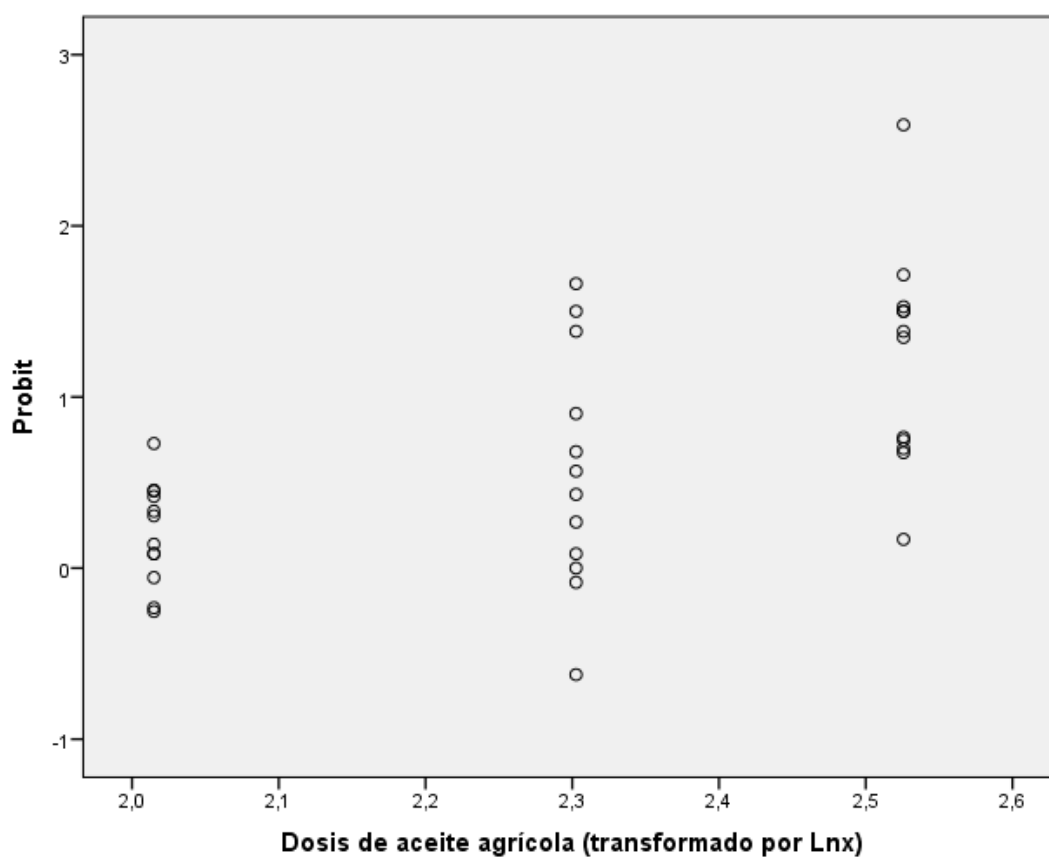


Figura 10. Curva de dosis-mortalidad del aceite agrícola con relación a la mortalidad observada en *B. brassicae* en plantas de col

Elaborado: Enríquez (2023)

El valor de DL₅₀ obtenido corrobora los resultados de efectividad mostrados anteriormente, puesto que la mayor efectividad fue alcanzada con las mayores dosis (10.0 y 12.5 cc/l), lo cual coincide con el valor obtenido de acuerdo con el análisis Probit. Sin embargo, es

importante recalcar que estos resultados de DL_{50} son aplicables bajo las condiciones evaluadas en el presente estudio, por lo cual se sugiere que estudios similares sean realizados en otras hortalizas y otras plagas, tomando en cuenta las condiciones ambientales de la zona.

De manera similar, El-Sisi et al. (2019) señalaron que de ac

uerdo con los resultados de toxicidad contra las larvas de segundo estadio larval del gusano cogollero del algodón (*Spodoptera littoralis*) expresados por CL_{50} e índices de toxicidad indicaron que los aceites agrícolas (CAPL-1, CAPL-2) mostraron un efecto de toxicidad menor que el insecticida sintético, sin embargo mostraron tener un efecto tóxico latente contra larvas, pupas y emergencia de polillas, ya que redujeron el porcentaje de emergencia de adultos, por lo tanto, causan la interrupción del ciclo de vida del insecto.

Los factores más importantes que definen la toxicidad aguda y crónica de los plaguicidas son la cantidad usada (dosis) y el período de exposición (tiempo) y en este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce solo la toxicidad aguda para la categorización de plaguicidas y se basa en la dosis letal (DL_{50}) (Pathak et al., 2022). La estimación de la dosis/concentración letal aguda (DL_{50} o CL_{50}) representa la medida de toxicidad más utilizada para la evaluación de riesgos ecológicos, pues permite comparar la toxicidad de las sustancias químicas entre especies o la susceptibilidad de una especie a diferentes sustancias químicas durante períodos de tiempo cortos, sin embargo, la predicción de los efectos tóxicos en las poblaciones requieren estudios de crecimiento y tasa de crecimiento de la población de interés (Stark, 2005).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Con base en los resultados, las dosis 10.0 y 12.5 cc/l del aceite agrícola resultaron más efectivas para el control del pulgón en la col morada, puesto que mostraron los más altos porcentajes de efectividad en el manejo de las poblaciones de la plaga, independientemente del momento de aplicación durante el cultivo.

La dosis letal media calculada por análisis Probit demostró que se requieren dosis superiores a 10,0 cc/l para provocar la mortalidad del 50% de la población bajo estudio, lo cual coincide con los mayores porcentajes de control ejercido con las dosis altas del producto (10,0 y 12,5 cc/l).

Aunque no se encontró efecto del momento de aplicación sobre el porcentaje de efectividad de control del aceite agrícola sobre las poblaciones del pulgón en plantas de col morada, de acuerdo con los resultados observados, el mejor momento de aplicación sería lo más temprano posible en la fenología del cultivo de modo de evitar los efectos deletéreos de la alimentación de la plaga y así efficientizar la producción de la col.

4.2. Recomendaciones

De acuerdo con los resultados positivos obtenidos con el uso de aceite agrícola, se sugiere incluir este tipo de producto en el manejo del pulgón de la col, *B. brassicae*, puesto que, además de su eficiencia en el manejo de pulgones, también es sabido que este tipo de producto agrícola es de bajo impacto en el ambiente, lo cual contribuiría con el manejo de plagas con visión agro sustentable.

Se sugiere repetir ensayos similares en los que se contemple el uso combinado con productos insecticidas de baja toxicidad de manera provocar mayores porcentajes de control con efectos más prolongados durante el ciclo del cultivo, de manera de disminuir el tiempo de alimentación de esta plaga sobre el cultivo, de modo de asegurar mayores niveles de productividad y rentabilidad.

Sería recomendable evaluar este tipo de experiencias en otros cultivos bajo diferentes condiciones de modo de validar los resultados obtenidos en el presente ensayo y poder recomendar su uso en una amplia gama de cultivos de la zona.

CAPÍTULO V

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Mrabeh, A., Anderson, E., Torrance, L., Evans, A., & Fenton, B. (2010). A literature review of insecticide and mineral oil use in preventing the spread of non-persistent viruses in potato crops. In *Agriculture and Horticulture Development Board*.
- Ali, H. B. (2018). Abundance of aphids (Homoptera: Aphididae) associated with Brassicaceae crops in Iraq. *Bioscience Research*, 15(2), 975–979.
- Baliota, G. V., & Athanassiou, C. G. (2022). Use of paraffin oils in agriculture and beyond: back to the future. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24059-5>
- Balliu, A. (2016). Cabagge. In *Handbook of Vegetables Vol. III* (pp. 79–120). Studium Press LLC.
- Caroca, R. (2015). *Efecto de aceite mineral y vegetal en control del pulgón del nogal (Chromaphis juglandicola Kaltenbach) en el nogal*. Universidad de Chile.
- Chowhan, S., Islam, M., Sultana, M. R., Eadun Nabi, K. M., Rani Gosh, S., Foysal Ahmmed, M., & Ferdous, H. M. (2022). Magnitude of aphid infestation, root rot and rust disease of lentil. *Journal of Plant Science and Phytopathology*, 6, 15–21. <https://doi.org/10.29328/journal.jpsp.1001068>
- Dedryver, C.-A., Le Ralec, A., & Fabre, F. (2010). The conflicting relationships between aphids and men. *Comptes Rendus Biologies*, 333, 539–553.
- El-Sisi, A. G., Saad, H., & Abdel-Aziz, M. (2019). Pesticidal efficacy of local save materials: Mineral oils and surfactant against broccoli pests. *Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute*, 2(1), 16–21.
- Embaby, E. S. M., & Lotfy, D. E. S. (2015). Ecological studies on Cabbage pests. *International Journal of Agricultural Technology*, 11(5), 1145–1160.
- Favret, C., & Miller, G. L. (2012). *Identification Technology Program*. AphID. <http://idtools.org/id/AphID/polycosmo10.html>

- Fening, K. O., Forchibe, E. E., Wamonje, F. O., Adama, I., Afreh-Nuamah, K., & Carr, J. P. (2020). First Report and Distribution of the Indian Mustard Aphid, *Lipaphis erysimi pseudobrassicae* (Hemiptera: Aphididae) on Cabbage (*Brassica oleracea* var *capitata*) in Ghana. *Journal of Economic Entomology*, *113*(3), 1363–1372. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa057>
- Food and Agriculture Organization. (2006). *Guidelines for the Registration of Pesticides* (Issue International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides). http://www.who.int/whopes/resources/resources_2010/en/
- Gia, M. H., & Andrew, N. R. (2015). Performance of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) on canola varieties. *General and Applied Entomology*, *43*, 1–9. The Journal of the Entomological Society of New South Wales
- Gilissen, L. J. W. J. (2020). Food , nutrition and health in the. In S. Braun, C. Zübert, D. Argyropoulos, & F. J.- Casado Hebrard (Eds.), *Nutritional and Health Aspects of Food in Western Europe* (pp. 85–108). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813171-8.00006-8>
- Gill, H. K., Garg, H., & Gillett-kaufman, J. L. (2019). *Cabbage aphid Brevicoryne brassicae Linnaeus (Insecta: Hemiptera : Aphididae)*.
- Helmy, E. I., Kwaiz, F. A., & El-Sahn, O. M. N. (2012). The usage of mineral oils to control insects. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology*, *5*(3), 167–174. <https://doi.org/10.21608/eajbsa.2012.14277>
- Higdon, J. V., Delage, B., Williams, D. E., & Dashwood, R. H. (2007). Cruciferous Vegetables and Human Cancer Risk: Epidemiologic Evidence and Mechanistic Basis. *Pharmacological Research*, *55*(3), 224–236. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2007.01.009>.Cruciferous
- Hu, W., Zheng, R., Feng, X., Kuang, F., Chun, J., Xu, H., Chen, T., Lu, J., Li, W., & Zhang, N. (2020). Emergence inhibition, repellent activity and antifeedant responds of mineral oils against Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *International Journal of Pest Management*, 1–8. <https://doi.org/10.1080/09670874.2020.1847354>
- Ismail, S. (2021). Botanical insecticides and mineral oils synergize toxicity of imidacloprid

- against *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Progress in Chemical and Biochemical Research*, 4(3), 295–304. http://www.pcbiochemres.com/article_131614.html
- Jabranab, K., Cheemaa, Z. A., Khanc, M. B., & Hussainc, M. (2016). Control of cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) through allelopathic water extracts. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research Series B: Biological Sciences*, 59(1), 48–51. <https://doi.org/10.52763/pjsir.biol.sci.59.1.2016.48.51>
- Katsoulas, N., Løes, A. K., Andrivon, D., Cirvilleri, G., de Cara, M., Kir, A., Knebl, L., Malińska, K., Oudshoorn, F. W., Willer, H., & Schmutz, U. (2020). Current use of copper, mineral oils and sulphur for plant protection in organic horticultural crops across 10 European countries. *Organic Agriculture*, 10, 159–171. <https://doi.org/10.1007/s13165-020-00330-2>
- Kinley, C., Banu, A. N., Raut, A. M., Wahengbam, J., & Jamtsho, T. (2021). A review on past , present and future approaches for Aphids management. *MPH Journal of Entomological Research*, 45(2), 336–346.
- Koza, A., Sahu, A. K., Das, S., & Patra, N. K. (2018). Economics of cabbage cultivation and post-harvest losses in Phek District of Nagaland. *Economic Affairs*, 63(1), 229–235. <https://doi.org/10.30954/0424-2513.2018.00150.28>
- Lu, X., Huang, W., Zhang, S., Li, F., Zhang, H., & Sun, R. (2022). Resistance Management through Brassica Crop – TuMV – Aphid Interactions : Retrospect and Prospects. *Horticulturae*, 8(247), 147.
- Luo, K., Zhao, H., Wang, X., & Kang, Z. (2022). Prevalent Pest Management Strategies for Grain Aphids: Opportunities and Challenges. *Frontiers in Plant Science*, 12, 790919. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.790919>
- Maroofpour, N., Mousavi, M., Hejazi, M. J., Iranipour, S., Hamishehkar, H., Desneux, N., Biondi, A., & Haddi, K. (2021). Comparative selectivity of nano and commercial formulations of pirimicarb on a target pest, *Brevicoryne brassicae*, and its predator *Chrysoperla carnea*. *Ecotoxicology*, 30(2), 361–372. <https://doi.org/10.1007/s10646-021-02349-x>
- Mitchell, C., & Karley, A. (2020). A review of novel and alternative approaches to aphid control on soft fruit. In *Agriculture and Horticulture Development Board*.

- Morales, V., & Erazo, E. (2020). *Evaluación de la incidencia de la ceniza del volcán Tungurahua y su impacto ambiental en suelos agrícolas de las Provincias de Tungurahua y Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Moreb, N., Murphy, A., Jaiswal, S., & Jaiswal, A. K. (2020). Cabbage. In A. K. Jaiswal (Ed.), *Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables* (pp. 33–54). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812780-3.00003-9>
- Mpumuni, N., Machunda, R. S., Mtei, K. M., & Ndakidemi, P. A. (2020). Selected insect pests of economic importance to Brassica oleracea, their control strategies and the potential threat to environmental pollution in Africa. *Sustainability*, *12*, 1–22. <https://doi.org/10.3390/su12093824>
- Nikolova, I., & Georgieva, N. (2018). The effects of a synthetic insecticide and a mineral oil on alfalfa insect pests. *Pesticidies and Phytomedicine*, *33*(3–4), 221–231. <https://doi.org/10.2298/pif1804221n>
- Olubayo, F., Kibaru, A., Nderitu, J., Njeru, R., & Kasina, M. (2010). Management of Aphids and Their Vectored Diseases on Seed Potatoes in Kenya. *Journal Innovation Development Strategy*, *4*(2), 1–5.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Datos de cultivos*. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Pathak, V. M., Verma, V. K., Rawat, B. S., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., Dewali, S., Yadav, M., Kumari, R., Singh, S., Mohapatra, A., Pandey, V., Rana, N., & Cunill, J. M. (2022). Current status of pesticide effects on environment, human health and its eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Frontiers in Microbiology*, *13*, 1–29. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.962619>
- Podsedeck, A. (2007). Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT - Food Science and Technology*, *40*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.07.023>
- Pum, J. (2019). A practical guide to validation and verification of analytical methods in the clinical laboratory. In *Advances in Clinical Chemistry* (1st ed., Vol. 90). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.acc.2019.01.006>
- Razaq, M., Aslam, M., Amer, M., & Shad, S. A. (2014). Insect pest status of aphids on oilseed brassica crops and need for chemical control. In *Crop and Environment* (Vol. 2, Issue 2).
- Riddick, E. W. (2022). Topical Collection: Natural Enemies and Biological Control of Plant Pests. In *Insects* (Vol. 13, Issue 5, pp. 1–3). <https://doi.org/10.3390/insects13050421>
- Ruiz-González, L. E., Guerrero-Galván, S. R., Nieves-Rodríguez, K. N., Mejía-Acosta, A. B., & Vega-Villasante, F. (2018). Assessment of median lethal concentration (CL50) of pollutants on macrobrachium tenellum juveniles. *Latin American Journal of Aquatic Research*, *46*(3), 589–592. <https://doi.org/10.3856/vol46-issue3-fulltext-12>
- Savita, Jaipaul, Choudhary, A. K., Singh Negi, M., & Kumar, A. (2014). Scientific

- Cultivation of Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*). In A. K. Choudhary, K. S. Rana, A. Dass, & M. Srivastav (Eds.), *Advances in Vegetable Agronomy* (pp. 79–86). Indian Council of Agricultural Research.
- Shah, M. A., Naga, K. C., Subhash, S., Sharma, S., & Kumar, R. (2022). Use of Petroleum-Derived Spray Oils for the Management of Vector-Virus Complex in Potato. *Potato Research*, *65*, 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09505-0>
- Shonga, E., & Getu, E. (2021). Efficacy of plant derived and synthetic insecticides against cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera: Aphididae) and their effect on coccinellid predators. *SINET: Ethiopian Journal of Science*, *44*(1), 27–37. <https://doi.org/10.4314/sinet.v44i1.3>
- Sondos, A. M., Mousa, G. H., & El-Sisi, A. G. (2006). Pesticidal efficiency of the mineral oil CAPL-2 alone or mixed with actellic against cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* L. and *Spodoptera littoralis* (Boisd.) attacking cabbage plants. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, *84*(1), 75–81.
- Stark, J. D. (2005). How closely do acute lethal concentration estimates predict effects of toxicants on populations? *Integrated Environmental Assessment and Management*, *1*(2), 109–113. https://doi.org/10.1897/IEAM_2004-002r.1
- Varga, K., Fehér, J., Trugly, B., Drexler, D., Leiber, F., Verrastro, V., Magid, J., Chylinski, C., Athanasiadou, S., Thuerig, B., László, A., Ladányi, M., Moeskops, B., Herforth-Rahmé, J., & Tamm, L. (2022). The State of Play of Copper, Mineral Oil, External Nutrient Input, Anthelmintics, Antibiotics and Vitamin Usage and Available Reduction Strategies in Organic Farming across Europe. *Sustainability*, *14*(6), 1–36. <https://doi.org/10.3390/su14063182>
- Vidal, E., Zagrai, L., Milusheva, S., Bozhkova, V., Tasheva-Terzieva, E., Kamenova, I., Zagrai, I., & Cambra, M. (2013). Horticultural mineral oil treatments in nurseries during aphid flights reduce Plum pox virus incidence under different ecological conditions. *Annals of Applied Biology*, *162*(3), 299–308. <https://doi.org/10.1111/aab.12022>
- Wróbel, S. (2014). Efficacy of Mineral Oil-Insecticide Mixtures for Protection of Potato Tubers Against PVY and PVM. *American Journal of Potato Research*, *91*(6), 706–713. <https://doi.org/10.1007/s12230-014-9403-y>
- Zhao, Y., Yue, Z., Zhong, X., Lei, J., Tao, P., & Li, B. (2020). Distribution of primary and secondary metabolites among the leaf layers of headed cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *Food Chemistry*, *312*, 126028. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126028>

ANEXOS

Anexo 1 – Preparación del aceite agrícola

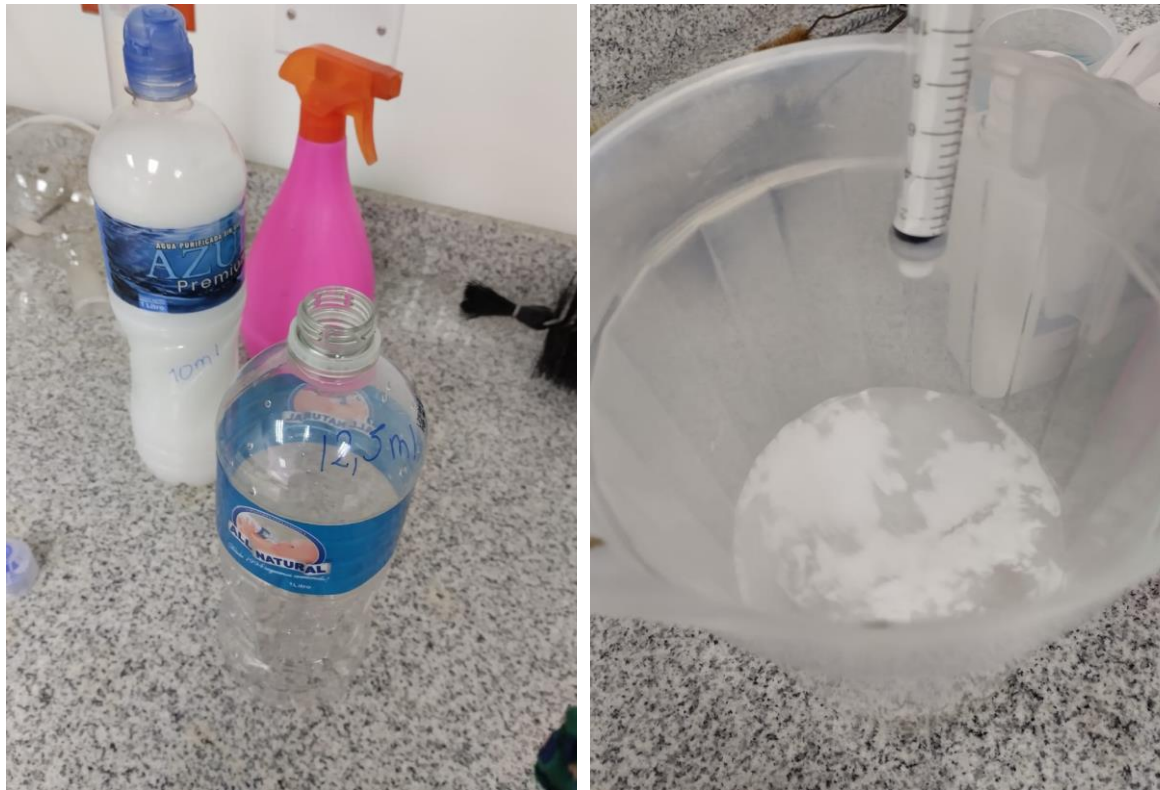


Figura 11. Proceso de preparación de las concentraciones del aceite agrícola evaluadas en el estudio

Anexo 2 – Vista general del cultivo



Figura 12. Vista general de los primeros estados de desarrollo del cultivo

Anexo 3 – Poblaciones del pulgón antes y después de la aplicación

Figura 13. Primeras colonias de *Brevicoryne brassicae* en campo (A) y efecto de la aplicación del aceite agrícola (B)

Anexo 4.

Eficiencia de la aplicación de tres dosis de aceite mineral en el control de B. brassicae en plantas de col morada de 80, 90 y 100 días

Evaluación 1		Repeticiones												Promedio
		Repetición 1				Repetición 2				Repetición 3				
		Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	
24 h	Concentración	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	7.5	70.1	93.3	92.0	75.0	50.0	100.0	94.1	96.0	95.6	40.0	77.3	97.2	81.7
2	10	100.0	71.4	92.0	33.3	82.4	80.0	74.0	91.7	81.8	81.1	88.0	90.9	80.5
3	12.5	95.7	97.7	80.0	92.4	90.0	90.0	65.0	76.0	95.0	95.8	82.5	68.8	85.7
Evaluación 2		Repeticiones												Promedio
		Repetición 1				Repetición 2				Repetición 3				
		Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	
48 h	Concentración	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	7.5	32.8	66.7	92.0	100.0	47.5	72.2	76.5	90.0	96.7	60.0	54.5	97.2	73.8
2	10	100.0	85.7	92.0	40.0	94.1	85.0	68.0	93.8	81.8	80.2	96.0	90.9	84.0
3	12.5	94.6	95.9	70.0	92.4	90.0	83.3	25.0	56.0	95.0	97.2	82.5	82.8	80.4
Evaluación 3		Repeticiones												Promedio
		Repetición 1				Repetición 2				Repetición 3				
		Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	
72 h	Concentración	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	7.5	70.1	33.3	92.0	50.0	45.0	44.4	29.4	70.0	95.6	20.0	45.5	97.2	57.7
2	10	100.0	95.7	96.0	73.3	91.2	85.0	72.0	91.7	81.8	77.5	98.0	94.5	88.1
3	12.5	95.7	97.3	80.0	90.9	70.0	97.3	75.0	20.0	100.0	95.8	87.5	81.3	82.6

Anexo 5.

Número de pulgones *en plantas de col morada de 80, 90 y 100 días después de la aplicación de tres dosis de aceite mineral*

Etapa 1		Repeticiones												Promedio
80 días		Repeticion 1				Repeticion 2				Repeticion 3				
Tratamiento	Concentración	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	
1	7.5	61.9	58.3	73.3	64.3	75.0	63.8	57.5	80.0	65.6	59.1	59.6	70.8	65.8
2	10	80.0	69.5	69.4	73.1	76.9	81.8	75.4	82.0	83.5	74.1	66.7	77.8	75.9
3	12.5	75.2	82.1	61.6	76.7	80.1	97.5	73.3	85.5	78.9	88.9	79.7	68.8	79.0

Etapa 2		Repeticiones												Promedio
90 días		Repeticion 1				Repeticion 2				Repeticion 3				
	Concentración	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	7.5	47.8	55.6	76.7	53.3	62.0	63.0	40.8	66.2	67.3	53.3	67.5	40.0	57.8
2	10	93.3	50.0	53.3	71.4	81.7	66.7	75.2	26.7	46.7	60.6	95.2	91.7	67.7
3	12.5	93.3	91.1	56.7	93.7	75.8	77.2	91.7	75.0	99.5	95.7	77.8	93.3	85.1

Etapa 3		Repeticiones												Promedio
100 días		Repeticion 1				Repeticion 2				Repeticion 3				
	Concentración	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	7.5	57.7	64.4	92.0	75.0	47.5	72.2	66.7	85.3	95.9	40.0	59.1	97.2	71.1
2	10	100.0	84.3	93.3	48.9	89.2	83.3	71.3	92.4	81.8	79.6	94.0	92.1	84.2
3	12.5	95.3	97.0	76.7	91.9	83.3	90.2	55.0	50.7	96.7	96.2	84.2	77.6	82.9

Anexo 6. Resultados de ANOVA y prueba de medias en Statistix

Tabla 5.

Análisis de varianza para la variable eficiencia a las 24 horas después de la aplicación del aceite agrícola

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P-valor
Tiempo	2	4486,9	2243,44	8,49	0,0004
Dosis	2	5848,9	2924,47	11,07	0,0000
Tiempo*Dosis	4	2360,0	590,00	2,23	0,0708
Error	99	26149,5	264,14		
Total	107	38845,3			

Coefficiente de variación: 22,09

Tabla 6.

Prueba de Tukey para el porcentaje de eficiencia a las 24 horas después de la aplicación del aceite agrícola

Etapa de aplicación (Días)	Dosis	Símbolo	Promedio	Prueba de medias Tukey
100	3	D3E3	85,742	A
90	3	D3E2	84,908	A
100	1	D1E3	81,717	A B
100	2	D2E3	80,550	A B
80	3	D3E1	78,433	A B C
80	2	D2E1	72,158	A B C
90	2	D2E2	65,225	A B C
80	1	D1E1	58,392	B C
90	1	D1E2	55,117	C

Tabla 7.

Análisis de varianza para la variable eficiencia a las 48 horas después de la aplicación del aceite agrícola

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P-valor
Tiempo	2	392,5	196,27	0,76	0,4715
Dosis	2	3698,1	1849,07	7,14	0,0013
Tiempo*Dosis	4	1402,3	350,57	1,35	0,2558
Error	99	25650,4	259,09		
Total	107	31143,3			

Coefficiente de variación: 20,98

Tabla 8.

Prueba de Tukey para el porcentaje de eficiencia a las 48 horas después de la aplicación del aceite agrícola

Etapa de aplicación (Días)	Dosis	Símbolo	Promedio	Prueba de medias Tukey
90	3	D3E2	87,567	A
100	2	D2E3	83,958	A B
100	3	D3E3	80,392	A B
80	3	D3E1	79,017	A B
80	2	D2E1	78,042	A B
90	2	D2E2	75,567	A B
100	1	D1E3	73,842	A B
80	1	D1E1	69,900	A B
90	1	D1E2	62,192	B

Tabla 9.

Análisis de varianza para la variable eficiencia a las 72 horas después de la aplicación del aceite agrícola

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P-valor
Tiempo	2	1938,7	969,34	3,09	0,0501
Dosis	2	8580,7	4290,37	13,66	0,0000
Tiempo*Dosis	4	3295,9	823,98	2,62	0,0392
Error	99	31093,9	314,08		
Total	107	44909,2			

Coefficiente de variación: 24,27

Tabla 10.

Prueba de Tukey para el porcentaje de eficiencia a las 72 horas después de la aplicación del aceite agrícola

Etapa de aplicación (Días)	Dosis	Símbolo	Promedio	Prueba de medias Tukey
100	2	D2E3	88,058	A
90	3	D3E2	82,708	A B
100	3	D3E3	82,567	A B
80	3	D3E1	81,342	A B
80	2	D2E1	77,358	A B
80	1	D1E1	69,050	A B
90	2	D2E2	62,283	A B
100	1	D1E3	57,708	B
90	1	D1E2	56,092	B

4.1. Número de pulgones

Tabla 11.

Análisis de varianza para el número de pulgones

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P-valor
Etapa	2	440435	220217	12,01	0,0000
Error	105	1925764	18341		
Total	107	2366199			

Coefficiente de variación: 25,00

Tabla 12.

Análisis de varianza para el número de pulgones después de la aplicación

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P-valor
Tiempo	2	667,01	333,505	12,77	0,0000
Error	105	2741,98	26,114		
Total	107	3408,99			

Coefficiente de variación: 27,00

Tabla 13.

Prueba de Tukey para el número de pulgones después de la aplicación

Etapa de aplicación (Días)	Dosis	Símbolos	Promedio	Prueba de medias Tukey
80	1	E1D1	40.4	B
80	2	E1D2	65.5	C
80	3	E1D3	55.3	C
90	1	E2D1	34.2	B
90	2	E2D2	14.1	A
90	3	E2D3	8.4	A
100	1	E3D1	15.7	A
100	2	E3D2	18.8	A
100	3	E3D3	10.5	A