



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS



CARRERA DE AGRONOMÍA

Evaluación de dos hidrosoles vegetales para el manejo de la cenicilla
(*Leveillula taurica*) en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*)

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

Gunter Israel Anguisaca Toapanta

TUTOR:

Ing. Olguer León, Mg.

CEVALLOS, 2024

**Evaluación de dos hidrosoles vegetales para el manejo de la cenicilla
(*Leveillula taurica*) en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*)**

REVISADO POR:



Ing. Olguer Alfredo León Gordón, Mg.

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN

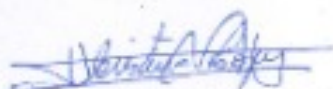
Fecha

8/8/2024



Ing. Patricio Núñez Torres, Ph.D.

PRESIDENTE DE TRIBUNAL



8/8/2024

BQF. Isabel Cristina López Villacís, Mg

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



8/8/2024

Ing. Jorge Santiago Espinoza Vaca, Ph.D.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **GUNTER ISRAEL ANGUISACA TOAPANTA**, portador de cédula de ciudadanía número: **0504363052**, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “**Evaluación de dos hidrosoles vegetales para el manejo de la cenicilla (*Leveillula taurica*) en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*)**” 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.



GUNTER ISRAEL ANGUISACA TOAPANTA

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**Evaluación de dos hidrosoles vegetales para el manejo de la cenicilla (*Leveillula taurica*) en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*)**” 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 black ink, consisting of several loops and strokes, positioned above a dashed horizontal line.

GUNTER ISRAEL ANGUISACA TOAPANTA

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de titulación primero a mi DIOS, por ser mi guía en los momentos más duros, por ser mi refugio en momentos de debilidad, por darme salud y vida, por ser mi fortaleza durante mi carrera universitaria y por darme fuerzas para seguir adelante.

Mi amado ser querido e inolvidable padre en el cielo, Sr. Jorge Anguisaca, quien descansa en paz junto con la gloria de Dios, dedico esta tesis como muestra de mi agradecimiento por todo el amor, la guía y el aliento que me brindaste. Aunque no estés aquí para leer estas palabras, quiero que sientas mi gratitud eterna en cada línea de este trabajo. Gracias por ser mi fuente de inspiración y por siempre estar presente en mi corazón.

Para mi hermosa madre, Sra. Elvia Toapanta, tus palabras de aliento y tus abrazos reconfortantes han sido mi frente de inspiración en los momentos duros. Sin ti, no habría alcanzado esta meta. Agradezco desde el fondo de mi corazón por todo lo que has hecho por mí.

A mí querido hermano Alex, por guiar en los momentos de duda y desánimo. Para mis hermanas Sonia, Susana, Sandra, Rebeca y Fernanda. Gracias por el apoyo incondicional y por creer en mí.

A mis amigos Christian, Elizabeth, Luis, Ismael. Gracias por su apoyo y por el buen compañerismo que me brindaron a lo largo de esta carrera.

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a mi Dios, por brindarme siempre las fuerzas para seguir adelante y darme sabiduría para ser mejor persona día a día.

Así mismo quiero agradecer por el apoyo incondicional de mi familia querida, de una u otra forma a lo largo de nuestras vidas han estado en mi vida, para reír, llorar y solidarizarnos, a ustedes mi familia muchas gracias.

Le agradezco muy profundamente a mi tutor Ing. Olguer león, Mg., por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese logrado llegar a esta instancia tan anhelada.

Muy agradecido con la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Agronomía, por la oportunidad y su respaldo incondicional durante todo el proceso de mi carrera universitaria.

ÍNDICE GENERAL

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHO DE AUTOR.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
MARCO TEÓRICO.....	3
1.2. <i>Categorías fundamentales</i>	6
1.2.1. Cebolla blanca (<i>Allium fistulosum</i>)	6
1.2.2. <i>Leveillula taurica</i>	7
1.2.3. Control de <i>Leveillula taurica</i>	8
1.2.4. Uso de plantas como agentes de biocontrol de hongos.....	8
1.2.4.1. Molle (<i>Schinus molle</i>).....	8
1.2.4.2. Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	9
1.3. <i>Objetivos</i>	10
Objetivo general:.....	10
Objetivos específicos:	10
CAPÍTULO II	11
METODOLOGÍA	11
2.1. <i>Ubicación del estudio</i>	11
2.2. <i>Tipo de investigación</i>	11
2.3. Características del lugar	12
2.3.1. Clima.....	12
2.3.2. Suelo.....	12
2.3.3. Agua	12
2.4. <i>Materiales y equipos</i>	12

2.4.1.	Equipos.....	12
2.4.2.	Productos.....	12
2.4.3.	Material biológico	12
2.4.4.	Materiales.....	12
2.5.	<i>Variables de la investigación</i>	13
2.6.	<i>Tratamientos</i>	14
2.7.	<i>Diseño experimental</i>	14
2.8.	<i>Hipótesis de investigación</i>	16
2.9.	<i>Manejo del experimento</i>	16
2.9.1.	Manejo del cultivo.....	16
2.9.1.1.	Fertilización con materia orgánica	16
2.9.1.2.	Control de malezas	16
2.9.2.	Preparación de los hidrosoles.....	17
2.10.	<i>Variables respuesta</i>	18
2.10.1.	Porcentaje de incidencia.....	18
2.10.2.	Porcentaje de severidad.....	18
2.10.3.	Longitud de la hoja.....	19
2.10.4.	Peso de la parte aérea	19
2.10.5.	Volumen de la raíz (utilizando el método de Arquímedes)	19
2.10.6.	Rendimiento del cultivo en kg/ha	20
2.11.	<i>Análisis de la información</i>	20
CAPÍTULO III.....		21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		21
3.1.	<i>Eficiencia de hidrosoles vegetales para el manejo de la cenicilla en el cultivo de cebolla blanca (Allium fistulosum)</i>	21
3.2.	<i>Dosis de efectiva de los hidrosoles para el control de cenicilla</i>	26
3.1.	<i>Comprobación de la hipótesis</i>	27
CAPÍTULO IV.....		28
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		28
4.1.	<i>CONCLUSIONES</i>	28
4.2.	<i>RECOMENDACIONES</i>	28
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		29
ANEXOS.....		34

Análisis estadísticos	34
<i>A. Análisis del porcentaje de incidencia</i>	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de estudio para control de cenicilla en cebolla	13
Tabla 2. Tratamiento para el control de cenicilla en cebolla blanca	14
Tabla 3. Escala de severidad según porcentaje de área afectada de acuerdo a López-Doncel et al. (2000).....	18
Tabla 4. Porcentaje de incidencia de cenicilla en cebolla blanca por efecto de la aplicación hidrosol vegetal.....	22
Tabla 5. Porcentaje de severidad de cenicilla en cebolla blanca por efecto de la aplicación hidrosol vegetal.....	23
Tabla 6. Efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de hidrosol vegetal sobre el peso de planta, longitud de hoja y volumen de raíz de cebolla	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del sitio del estudio	11
Figura 2. Disposición de las parcelas experimentales en campo	15
Figura 3. Control manual de malezas.....	17
Figura 4. Medición del peso de plantas.....	19
Figura 5- Medición del volumen de raíz.....	20
Figura 6. Rendimiento de la cebolla blanca tratada con diferentes productos biodefensivos contra la cenicienta	25
Figura 7. Proceso de obtención de los hidrolatos de romero y molle por hidrodestilación.....	48
Figura 8. Medición de la severidad de cenicienta.....	49
Figura 9. Medición de la altura de planta.....	49
Figura 10. Preparación y aplicación de los hidrosols.....	50

RESUMEN

El cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*) puede ser atacado por varias enfermedades causadas por agentes fitopatógenos, incluyendo la cenicilla causada por *Leveillula taurica*, la cual puede provocar pérdidas económicas si no se implementan medidas de control efectivas. Debido a los problemas asociados con el uso indiscriminado de productos químicos, se ha incrementado el uso de productos alternativos agrosustentables. En esta investigación se evaluó el efecto de dos hidrosol vegetales para el manejo de la cenicilla en el cultivo de cebolla blanca en el cantón Saquisilí. Se evaluó el efecto del hidrosol de romero e hidrosol de molle a concentraciones de 1.0, 1.5 y 2.0 cc/L sobre la incidencia y severidad de cenicilla. Los resultados fueron comparados con la efectividad de un producto comercial (aceite emulsionable de neem). Los resultados demostraron la eficiencia de ambos hidrosol, sin embargo, la mayor reducción de incidencia fue observada con la aplicación de hidrosol de romero a las dosis de 1.5 y 2.0 cc/L. De manera similar, la severidad de cenicilla en plantas de cebolla blanca fue menor en las plantas tratadas con ambos tipos de hidrosol, siendo mayor el efecto después de la segunda aplicación cuando la severidad apenas alcanzó entre 1.1 y 4.7% con el hidrosol de romero y entre 0.9 y 3.3% con el hidrosol de molle. La menor incidencia y severidad de cenicilla se tradujo en mejor y mayor crecimiento de la planta y consecuentemente en mejor rendimiento del cultivo. En vista de los bajos costos de obtención y su efectividad, se recomienda el uso del hidrosol de romero a dosis de 1.5 cc/L como alternativa de manejo sustentable de cenicilla en cebolla blanca dado que mostró ser efectiva al disminuir significativamente la incidencia y severidad de la enfermedad.

Palabras clave: bioproducto, hidrosol, romero, molle, agricultura sustentable

ABSTRACT

Welsh onion (*Allium fistulosum*) can be attacked by several diseases caused by phytopathogens, including powdery mildew caused by *Leveillula taurica*, which can cause economic losses if effective control measures are not implemented. Due to the problems associated with the indiscriminate use of chemical products, the use of alternative agro-sustainable products has increased. In this research, the effect of two plant hydrolates for the management of powdery mildew in Welsh onion crops in the Saquisilí municipality was evaluated. The effect of rosemary hydrolate and molle hydrolate at concentrations of 1.0, 1.5 and 2.0 cc/L was evaluated on the incidence and severity of powdery mildew. The results were compared with the effectiveness of a commercial product (emulsifiable neem oil). The results demonstrated the efficiency of both hydrosols, however, the greatest reduction in incidence was observed with the application of rosemary hydrosol at doses of 1.5 and 2.0 cc/L. Similarly, the severity of powdery mildew in white onion plants was lower in plants treated with both types of hydrosols, with the effect being greater after the second application when the severity reached between 1.1 and 4.7% with rosemary hydrosol and between 0.9 and 3.3% with molle hydrosol. The lower incidence and severity of powdery mildew translated into better and greater plant growth and consequently into better crop yield. In view of the low costs of obtaining it and its effectiveness, the use of rosemary hydrosol at a dose of 1.5 cc/L is recommended as an alternative for sustainable management of powdery mildew in white onion since it has proven to be effective in significantly reducing the incidence and severity of the disease.

Keywords: bioproduct, hydrosol, rosemary, molle, sustainable agriculture

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El género *Allium* incluye más de 800 especies de plantas entre las cuales resaltan especies de importancia hortícola como el cebollín (*Allium schoenoprasum* L.), el ajo (*Allium sativum* L.), el puerro (*Allium ampeloprasum* L. var. *porrum*), la cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) y la cebolla (*Allium cepa* L.), siendo esta última, la más cultivada y consumida después del tomate (Ochar y Kim, 2023). Sin embargo, los agentes fitopatógenos representan actualmente una amenaza para la producción agrícola, puesto que cada año se pierde hasta el 40% del rendimiento de cultivos económicamente importantes debido al ataque de patógenos y plagas, lo que acarrea pérdidas estimadas en 220 mil millones de dólares anuales (Baldi y La Porta, 2020; Venbrux et al., 2023).

Aparte del impacto económico de los fitopatógenos, también existe un impacto socio ecológico, puesto que, el incremento de la población mundial, que se estima aumentará a 9.700 millones para el año 2050, causará un incremento en la demanda de alimentos y, en consecuencia, un aumento del uso de la tierra y la intensificación agrícola con grandes áreas bajo monocultivos, lo cual favorece la rápida propagación de patógenos (Baldi y La Porta, 2020).

En el caso del cultivo de cebolla blanca, puede ser atacado por varias enfermedades causadas por hongos, como la antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, la mancha púrpura causada por *Alternaria porri*, la roya causada por *Puccinia allii* y el tizón foliar causado por *Stemphylium herbarum* (Wang et al., 2021). Adicionalmente, en Brasil fue detectada una cenicilla aparentemente no descrita que afectaba al ajo, al ajo porro y a otras especies de *Allium*, y que posteriormente se demostró que era causado por el hongo *Oidiopsis taurica* cuya fase sexual es *Leveillula taurica* (Reis et al., 2004).

Actualmente, los métodos de control de la enfermedad incluyen la siembra temprana, uso de cultivares resistentes y el control químico mediante la aplicación de fungicidas protectores y sistémicos, sin embargo, los problemas ambientales asociados con respecto al uso de plaguicidas, así como el desarrollo de cepas resistentes a

diferentes fungicidas, han reducido el atractivo de los productos químicos y han llevado a la búsqueda de métodos de control alternativos (Fondevilla & Rubiales, 2012).

Estudios previos han demostrado que existen accesiones de *A. fistulosum* que no favorecen la reproducción del hongo, lo que sugiere que esta especie podría ser un reservorio de genes de resistencia a *O. taurica*, lo que indica que el desarrollo de cultivares resistentes sería una de las estrategias más prácticas y económicas para controlar esta enfermedad (Reis et al., 2004). Sin embargo, el uso de otras estrategias, como el uso de hidrosoles y aceites esenciales podría ser una alternativa promisoría que debería ser evaluada.

Mattos et al. (2019) demostraron que el hidrosol de *Curcuma longa* tenía una alta capacidad de inhibición del crecimiento de varias especies de hongos fitopatógenos que incluyeron *Alternaria steviae*, *Botryosphaeria dothidea* y *Sclerotium rolfsii*, entre otros.

Aunque los valores de concentración mínima inhibitoria de los aceites esenciales son inferiores comparado con la concentración mínima inhibitoria de los hidrosoles, generalmente los volátiles contenidos en los hidrosoles muestran mayor eficacia para inhibir el crecimiento microbiano porque son activos a concentraciones más bajas (Di Vito et al., 2021), lo que los coloca como una buena alternativa para el control de enfermedades en plantas.

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

Varias estrategias agrosustentables han sido evaluadas para el control de la cenicienta en diferentes cultivos de importancia agrícola.

Dado que, *Leveillula taurica* es el agente causante de la cenicienta y uno de los fitopatógenos que causa graves daños al chile jalapeño, el uso de fungicidas sintéticos se ha incrementado causando efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente. Por ello, Jiménez-Pérez et al. (2024) evaluaron la eficacia del quitosano en el control de cenicienta en chile jalapeño en condiciones de laboratorio e invernadero. Se evaluaron los siguientes tratamientos: T1 = 0.0125% quitosano, T2 = 0.0025% quitosano, T3 = 0.05% quitosano, T4 = 0.1% quitosano, T5 = 0.2% quitosano, T6 = tebuconazol 25% (1.8 mL/ L agua) y T7 = control (agua). Los resultados indicaron que los tratamientos T4 y T5 presentaron los menores porcentajes de incidencia y severidad, logrando así mayor eficacia de control en laboratorio (57,70 y 65,39 %) e invernadero (56,67 y 70 %) respecto al T6 (eficacia de control 38,46% en laboratorio y 50 % en invernadero). El quitosano derivado del camarón tuvo un impacto significativo en las paredes celulares de las esporas y el micelio de *L. taurica*, por lo tanto, este producto surge como una alternativa orgánica viable a los fungicidas para controlar la cenicienta en el chile jalapeño.

Con relación al uso de extractos vegetales para el control de hongos, Abo-Elyousr et al. (2022) evaluaron la eficacia de múltiples tratamientos ecológicos de hongo *Golovinomyces cichoracearum* causante de cenicienta en plantas de girasol, entre los cuales se incluyó el uso de extractos de *Rosmarinum officinalis* y *Datura stramonium*, aceites esenciales de *Nigella sativa* y *Origanum majoronum*, en comparación con compuestos salinos de fosfato de potasio; sulfato de cobre, sulfato de magnesio y un fungicida sistémico convencional Punch (Flusilazol). Los resultados indicaron que los tratamientos más exitosos fueron el fungicida Punch, KH_2PO_4 , K_2HPO_4 y MgSO_4 , que redujeron la gravedad de la enfermedad en un 89,6%, 85,3%, 74,1% y 68,0%, respectivamente, en comparación con el tratamiento control. Alternativamente, *O. majorana*, *D. stramonium*, *N. sativa* y CuSO_4 redujeron la severidad de la enfermedad en un 57,9 %, 57,1 %, 54,7 % y 54,5 %, respectivamente,

mientras que *R. officinalis* fue el tratamiento menos eficaz, reduciendo la severidad en 37,8%. Los cuatro tratamientos más exitosos se exploraron más a fondo en el campo utilizando plantas de girasol infectadas de forma natural, los cuales redujeron significativamente la severidad de la cenicilla en comparación con el control. El fungicida convencional Punch y el compuesto salino KH_2PO_4 fueron los tratamientos más eficientes en comparación con otros tratamientos. En plantas infectadas de forma natural, la aplicación foliar de fungicidas y compuestos salinos alteró los perfiles de proteínas y los patrones de isoenzimas en comparación con el control sano no tratado y el control infectado de forma natural, lo que indica el desarrollo de resistencia sistémica. Los resultados demostraron que los compuestos salinos mostraron un efecto promisorio en el control de la severidad de la enfermedad en comparación con el fungicida convencional., mientras que el uso de fitoextractos y compuestos inductores químicos puede proporcionar un enfoque más ecológico para controlar los fitopatógenos que los fungicidas convencionales.

Guigón López et al. (2019) realizaron un estudio para evaluar la eficacia de la aplicación de *Trichoderma asperellum* y *Metarhizium anisopliae* sobre el control de la cenicilla del pimiento y observaron que el uso de estos hongos provocó la inhibición de la germinación de conidias en *Leveillula taurica*, siendo mayor la actividad quitinolítica de *T. asperellum* cuando se comparó con *M. anisopliae* y también fue más persistente cuando se aplicó en un invernadero de túnel alto. En términos de susceptibilidad, el chile jalapeño fue más vulnerable a la cenicilla y los hongos no mostraron alta eficiencia de control de cenicilla en campo, sin embargo, en pimiento dulce, ambas especies de hongos redujeron la severidad de la enfermedad a un nivel similar al de un control químico, por lo que tanto *T. asperellum* como *M. anisopliae* pueden ser eficaces en el control del mildiú polvoroso en pimiento y podrían contribuir con la disminución del uso de plaguicidas en algunos tipos de pimiento.

Obregón et al. (2016) evaluaron distintos fungicidas biorracionales (de bajo impacto ambiental) para el control de *L. taurica* en pimiento variedad Airone bajo condiciones de invernadero en Argentina. Para ello, se plantearon tres tratamientos: 50cc de jabón líquido comercial + aceite vegetal a 15cc en 10L (T1); 50 g bicarbonato de sodio + 15 cc aceite vegetal en 10 L (T2) o 50 g bicarbonato de potasio + 15cc aceite vegetal en 10L (T3) y un tratamiento son aplicación (T4). Los tratamientos

fueron aplicados en la hoja de forma preventiva cada 15 días y curativas cada 7 días y se hicieron evaluaciones semanales para determinar presencia y severidad de la enfermedad. Los resultados mostraron diferencias estadísticas siendo el T2 el más eficiente en el control de la enfermedad. El uso de aplicaciones combinadas de productos de bajo impacto ambiental puede utilizarse como un método económico y efectivo para el control de esta enfermedad.

Sepúlveda-Chavera et al. (2013) evaluaron el efecto de diferentes dosis (0,5 y 1,0 kg/100 L) de Ospo-V55®, un producto a base de flavonoides, alcaloides y fenoles, oligo y polisacáridos, 8,6% de proteínas, 0,5% de magnesio y trazas de riboflavina, niacina y ácido ascórbico, ingredientes activos compuestos por 10% p/p de extracto de algas (IB-101) y 0,8% de concentrado de microorganismos y su combinación con 10% de leche cruda de vaca para el control de varias especies de cenicilla en plantas de tomate. Los resultados fueron comparados con una mezcla de 25 % de tebuconazol y 12,5 % de carbendazima y Acoidal WG (azufre humectable). El efecto de los tratamientos sobre la germinación de los conidios de *L. taurica* y *Erysiphe* sp. también se estudió en agar agua. El producto a base de tebuconazol y carbendazima proporcionó el mejor control de cenicilla en el campo, seguido de 1.0 kg/100 L de Ospo-V55® y Acoidal, sin embargo, Ospo-V55® fue más eficaz que Acoidal. Todos los tratamientos, incluida la leche cruda de vaca, redujeron significativamente la severidad de la enfermedad en la hoja en comparación con el control. Acoidal fue el tratamiento más efectivo para inhibir la germinación de conidias, disminuyendo la germinación en más del 98,2%. Este resultado difirió significativamente del valor de inhibición producido por el producto químico. Ospo-V55® y leche cruda de vaca mostraron diferencias significativas en la germinación de conidios en comparación con el control. Con base en estos resultados, Ospo-V55 y la leche cruda de vaca pueden usarse en un programa de manejo integrado como tratamientos alternativos para controlar el complejo de cenicilla del tomate.

1.2. Categorías fundamentales

1.2.1. Cebolla blanca (*Allium fistulosum*)

La cebolla blanca, *Allium fistulosum*, es una planta herbácea perteneciente a la familia Liliaceae, con un sistema radicular con raíces laterales cortas; el tallo es corto con forma globosa u achatada, rodeado por la base de la vaina de la hoja, a su vez, las hojas jóvenes están ocultas en la vaina foliar y forman con las vainas multicapa un pseudotallo redondo en forma de varilla, el pseudotallo subterráneo es blanco mientras que la parte aérea es de color amarillo verdoso (Jang et al., 2024). Las hojas son largas, cilíndricas, huecas, de color verde o verde oscuro, con una superficie lisa y cerosa, las cuales están en número de 5 a 8 hojas/planta dispuestas en forma de abanico; las flores están dispuestas en umbelas que están ocultas en el involucro membranoso durante la etapa de desarrollo; las flores son pequeñas y blancas, bisexuales y polinizadas por insectos (Padula et al., 2022). La floración comienza desde la parte superior de la umbela, el fruto es una cápsula dehiscente que consta de tres partes, cada una con dos semillas con forma de escudo, con arrugas densas e irregulares (Padula et al., 2022).

La cebolla blanca se propaga a través de semillas y tiene una amplia adaptabilidad en diferentes condiciones de climáticas, pero los máximos rendimientos se alcanzan con temperaturas media entre 7 y 30 °C, con una temperatura media óptima para el crecimiento entre 13 a 25 °C. Las temperaturas óptimas para las diferentes etapas de desarrollo son: para la germinación de las semillas, 13-20 °C; para acumulación de materia seca de toda la planta: 19-25 °C; para la acumulación de materia seca de la vaina de la hoja: 13-19 °C (una temperatura más alta en esta etapa causará una disminución de la calidad del pseudotallo y de la hoja); para vernalización: 2-7 °C; y para el crecimiento reproductivo: 15-22 °C (Padula et al., 2022).

Para lograr altos rendimientos y buena calidad, el suelo debe estar bien drenado y ser rico en materia orgánica, con un pH de 7,0 a 7,4; además es muy sensible a la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio con los que se asegura un buen rendimiento (Zhou et al., 2018).

1.2.2. *Leveillula taurica*

De acuerdo con Reis et al. (2004), en Brasil fue detectada una especie causante de la cenicilla en varias especies de *Allium*, la cual posteriormente fue identificada como *Oidiopsis taurica* cuya fase sexual es *Leveillula taurica*. Este se caracteriza por presentar cleistotecios de 135-250 μm de diámetro embebidos en un denso micelio superficial, con numerosos apéndices irregulares de color pardo oliváceo o hialinos; ascas de 70-110 x 25-40 μm en número aproximado de veinte en cada ascocarpio, conteniendo dos esporas cilíndricas a piriformes, algunas veces ligeramente curvadas, de 25-40 x 12-22 μm . La fase anamorfa presenta conidias cilíndricas o naviculares, de 25-95 x 14-20 μm , se desarrollan de forma solitaria en puntos terminales de las hifas (Zheng et al., 2013).

Leveillula taurica es un complejo de especies que pueden atacar a una amplia variedad de plantas hospederas, reportándose más de 1000 especies de plantas, incluidas especies de Asteraceae, Fabaceae y Solanaceae, pero también se reporta como un patógeno emergente en plantaciones de cebolla, pimientos, garbanzos, papa y además en varias malezas hospedantes no reportadas previamente (Cerkauskas et al., 2011).

Esta enfermedad puede causar pérdidas de producción entre 14 y 30% en pimiento debido a que provoca una defoliación severa y una reducción en la fotosíntesis. La sintomatología de la enfermedad se caracteriza por un color amarillento en la superficie superior de la hoja se acompaña de una masa polvorienta blanquecina en la superficie inferior, que es un síntoma característico de la cenicilla que, en casos extremos, forma una masa blanca en ambas superficies, lo que resulta en una defoliación prematura (Vineeth et al., 2023).

El control de *L. taurica* es difícil y durante circunstancias ambientales adversas, el patógeno puede desarrollar formas de resistencia, por lo que su control requiere del conocimiento de los mecanismos de supervivencia y diseminación del patógeno, sin embargo, hasta el presente, la estrategia de manejo más efectiva y rentable es la resistencia de las plantas hospedantes (Vineeth et al., 2023).

1.2.3. Control de *Leveillula taurica*

En cuanto a los antecedentes en el control químico, existen distintas alternativas que han sido ensayadas con buenos resultados, las cuales incluyen aplicaciones semanales de bicarbonato de sodio y potasio (Bicarbonato 0,5 % + 0,03 % Tween 20) y un triazol (penconazole: 20 g/hL), carbonato de sodio, aplicaciones preventivas con azufre, pyraclostrobina o pyraclostrobina + boscalid, aplicación de triazoles en la cara superior de las hojas bajas mezclado con una solución de 1 % de fosfato monopotásico, miclobutanil, mientras que en cultivos orgánicos se han ensayado tratamientos quincenales con azufre micronizado, entre otras (Mitidieri et al., 2010).

Sin embargo, debido a los efectos negativos de los productos químicos, se hace necesario el desarrollo de productos de biocontrol con baja toxicidad, alta eficiencia y respeto al medio ambiente que contribuyan con la protección de la salud humana, animal y el mantenimiento del equilibrio ecológico (Jiang et al., 2023). Así, el uso de productos botánicos ha despertado el interés de los investigadores debido a que sus metabolitos secundarios, incluidos alcaloides, flavonoides, polifenoles, terpenoides, etc., muestran importantes niveles de actividad biológica por lo cual son usadas no solo en el tratamiento clínico de enfermedades humanas y animales, sino también para el control de enfermedades de las plantas (Isah, 2019; Zaynab et al., 2018).

Es por ello que, los productos naturales obtenidos de diferentes especies de plantas se han convertido en un tema de investigación para el control biológico de enfermedades causadas por hongos.

1.2.4. Uso de plantas como agentes de biocontrol de hongos

1.2.4.1. Molle (*Schinus molle*)

El molle, *Schinus molle* (Anacardiaceae), es un árbol de 10 a 12 m de altura, el tronco tiene la corteza áspera y agrietada, de color que varía desde marrón claro hasta ligeramente grisáceo, y que actualmente es usado como planta ornamental. Estudios sobre la composición química del aceite esencial de hojas y frutos de molle

demonstraron es rico en terpenos (mono, sesqui y triterpenos) que muestran actividad antifúngica (Limachi y Chipana, 2022).

Abrha y Cr (2014) examinaron los componentes del aceite esencial obtenido por hidrodestilación de las partes aéreas del molle mediante cromatografía de gases e identificaron un total de 16 componentes que representaron el 92,2 % del aceite: α -felandreno (20,6%), β -felandreno (10,8%), α -pineno (8,7%), β -pineno (5,1%), β mirceno (6,9%), β -elemeno (5,0%), copano (6,5%), germacreno (5,8%), γ -cadineno (6,3%) y α -humuleno (5,4%), los cuales mostraron actividad antibacteriana contra bacterias Gram positivas (*Staphylococcus aureus*) pero sí menos inhibición contra bacterias Gram negativas (*Escherichia coli*).

1.2.4.2. Romero (*Rosmarinus officinalis*)

El romero, *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae), es una especie herbácea que se caracteriza por sus altos contenidos de aceites esenciales con actividad antifúngica debido a la presencia de monoterpenos –principalmente 1,8 cineol-, alcanfor y α -pineno (Kaab et al., 2019).

Bomfim et al. (2015) estudiaron la composición química del aceite esencial del romero mediante cromatografía de gases-espectrometría de masas y espectroscopia de resonancia magnética nuclear y encontraron que el aceite estaba principalmente compuesto de 1,8 cineol (52,2%), alcanfor (15,2%) y α -pineno (12,4%), los cuales provocaron reducción del crecimiento micelial de *Fusarium verticillioides* con la aplicación de 150 μ g/ml del aceite, mientras que a concentración de 300 μ g/ml provocó la ruptura de la pared celular y la fuga de citoplasma. A concentraciones más bajas, los efectos sobre la producción de ergosterol y la biomasa de micelio variaron, al igual que los efectos sobre la producción de fumonisinas.

1.3. Objetivos

Objetivo general:

Evaluar dos hidrosoles vegetales para el manejo de la cenicilla (*Leveillula taurica*) en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*) en el cantón Saquisilí.

Objetivos específicos:

- ✓ Establecer las dosis de dos hidrosoles para el control de cenicilla.
- ✓ Determinar la eficiencia de dos hidrosoles vegetales para el manejo de la cenicilla en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del estudio

El proyecto fue realizado en la parroquia rural de Cochapamba perteneciente al cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi ($01^{\circ}13'70''$ S y $78^{\circ}33'86''$ O), con una altitud de 2800 a 4288 msnm.

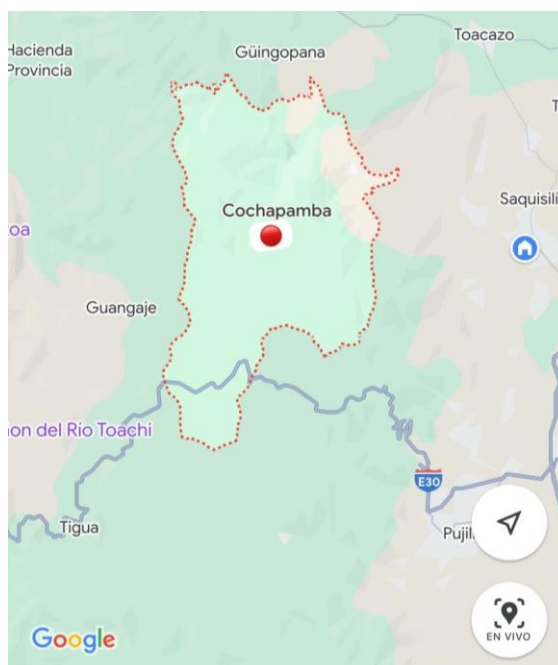


Figura 1

Localización del sitio del estudio

Nota: tomado de <https://www.google.com/maps/>

2.2. Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental, en la cual, el investigador manipula la variable independiente de manera intencional para medir su efecto sobre la variable dependiente (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

2.3. Características del lugar

2.3.1. Clima

Según la Red Hidrometeorológica de Cotopaxi (2020), la zona se caracteriza por presentar una temperatura media anual de 16 °C, con máximas y mínimas de 24 y 6 °C, y entre 600 a 900 mm de precipitación anual, 74.34% de HR, y una velocidad del viento de 3.02 m/s.

2.3.2. Suelo

La textura predominante del suelo es franco-arcilloso, con un ligero contenido de materia orgánica y con un pH que oscila entre 5 a 7.

2.3.3. Agua

En el cultivo no se utilizó ningún sistema de riego.

2.4. Materiales y equipos

2.4.1. Equipos

- Bomba de fumigar
- Balanza
- Destilador
- Cocina
- Refrigerador
- Destilador de agua

2.4.2. Productos

- Hidrosol de romero
- Hidrosol de molle

2.4.3. Material biológico

- Plantas de cebolla de rama

2.4.4. Materiales

- Herramientas de labores culturales
- Botas
- Flexómetro

- Balde
- Banderines
- Marcador
- Cuaderno de notas
- Esfero
- Mesa
- Etiquetas
- Hoja plástica realizado cuadros por 1 cm en toda su totalidad
- Probeta
- Frascos de vidrio color ámbar
- Papel aluminio
- Mandil

2.5. Variables de la investigación

- Variable independiente: hidrosoles de romero y molle.
- Variable dependiente: control de cenicilla (*Leveillula taurica*) en plantas de cebolla

En la tabla 1 se detallan los factores en estudio, donde se aplicaron tres dosis de dos productos alternativos (hidrosoles).

Tabla 1

Factores de estudio para control de cenicilla en cebolla

Productos	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 3
Hidrosol de romero	1 cc/L	1.5 cc/L	2.0 cc/L
Hidrosol de molle	1 cc/L	1.5 cc/L	2.0 cc/L

2.6.Tratamientos

Tabla 2

Tratamiento para el control de cenicilla en cebolla blanca

Tratamientos	Simbología	Descripción
1	P1D1	Hidrosol de romero 1.0 cc/L
2	P1D2	Hidrosol de romero 1.5 cc/L
3	P1D3	Hidrosol de romero 2.0 cc/L
4	P2D1	Hidrosol de molle 1.0 cc/L
5	P2D2	Hidrosol de molle 1.5 cc/L
6	P2D3	Hidrosol molle 2.0 cc/L
7	P3D1	Aceite emulsionable de Azadirachtina 1.0 cc/L
8	P3D2	Aceite emulsionable de Azadirachtina 1.5 cc/L
9	P3D3	Aceite emulsionable de Azadirachtina 2.0 cc/L
10	Tn (negativo)	Sin aplicación

2.7. Diseño experimental

El estudio fue conducido bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con arreglo de tratamientos en arreglo factorial, donde la parcela principal estuvo conformada por el tipo de hidrosol (romero o molle) y la subparcela estuvo representada por las diferentes dosis (1.0, 1.5 y 2.0 cc/L), con 3 repeticiones (Fig. 2).



Figura 2

Disposición de las parcelas experimentales en campo

Producto 1 (hidrosol de romero)	P1D1	P1D2	P1D3	T
Producto 2 (hidrosol de molle)	P2D1	P2D2	P2D3	T
Aceite emulsionable de azadirachtina	P3D1	P3D2	P3D3	T

Características de la unidad experimental

X	X	X	X	2.5 m
X	X	X	X	
X	X	X	X	
X	X	X	X	
1.5 m				

2.8. Hipótesis de investigación

- H_0 = El aumento de la dosis de los hidrosoles no provocará un incremento en la eficiencia de control de la cenicilla en cebolla
- H_1 = El aumento de la dosis de los hidrosoles provocará un incremento en la eficiencia de control de la cenicilla en cebolla

2.9. Manejo del experimento

2.9.1. Manejo del cultivo

El ensayo fue conducido en un cultivo de cebolla blanca establecido en la parroquia rural de Cochapamba perteneciente al cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi. A partir de este cultivo se aplicaron las medidas culturales como fertilización y control de malezas.

2.9.1.1. Fertilización con materia orgánica

La fertilización para el cultivo de cebolla en rama se basó en el uso de gallinaza, para lo cual, en primer lugar, fue sometido a descomposición y posteriormente se hicieron las aplicaciones durante el aporque y después de 30 días de aplicación del aceite (Gómez, 2022).

2.9.1.2. Control de malezas

Cada cuatro semanas y hasta finalizar el ensayo, el control de malezas fue hecho de forma manual alrededor de la planta, mientras que en los caminos se hizo con azadilla (Fig. 3).



Figura 3

Control manual de malezas

2.9.2. Preparación de los hidrosoles

El hidrosol de romero y de molle fue obtenido a partir de hojas sanas colectadas en el campo, las cuales fueron previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 0,2 %. Para la obtención del hidrolato se siguió la metodología descrita por López et al. (2017).

Para la preparación de las diluciones se tomó 125 ml de cada uno de los hidrolatos en una probeta y se adicionó agua hasta completar un volumen de 500 ml y se agitó vigorosamente. Posteriormente se vertieron 125 ml, 190 ml y 250 ml para asegurar la aplicación de los hidrolatos al 1%, 1.5% y 2.0%, respectivamente.

2.10. Variables respuesta

2.10.1. Porcentaje de incidencia

Mediante la observación visual se determinaron los síntomas de cenicilla presentes en todas las plantas de la parcela, los datos fueron registrados 15 días después de cada aplicación utilizando la siguiente formula:

Incidencia (%) = (número de plantas enfermas / total de plantas observadas)100

$$Incidencia (\%) = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Total de plantas observadas}} \times 100$$

2.10.2. Porcentaje de severidad

Se tomó una hoja de cada planta de la parcela neta en cada tratamiento y se determinó el área foliar afectada por la cenicilla mediante el uso de cuadrícula de 400 cuadro de 1 cm² cada uno (Fig. 5), los datos fueron registrados 15 días después de cada aplicación y se calculó usando la siguiente formula:

$$Severidad(\%) = \frac{\text{Área foliar infectada}}{\text{Área foliar total}} \times 100$$

Tabla 3

Escala de severidad según porcentaje de área afectada de acuerdo a López-Doncel et al. (2000)

Escala	0	1	2	4	6	8
Porcentaje de área foliar con daños	0	<12.5	12.5 – 25.0	25.01-50.0	50.01-75.0	> 75.00

2.10.3. Longitud de la hoja

La longitud de la hoja fue medida mediante el uso de un flexómetro desde el cuello hasta el ápice de la hoja. Para ello, fueron seleccionadas de 3 a 5 plantas al azar en cada parcela neta. Las lecturas se efectuaron a los 10 días de cada dosificación.

2.10.4. Peso de la parte aérea

Se registró el peso de todos los pseudotallos más las hojas, eliminando solamente la raíz de la parcela neta con ayuda de una balanza, para obtener el valor promedio del peso expresado en (g) (Fig. 4).



Figura 4

Medición del peso de plantas

2.10.5. Volumen de la raíz (utilizando el método de Arquímedes)

En una probeta de 100 ml se colocaron 80 ml de agua y se sumergió la raíz de la cebolla, para determinar el volumen desplazado (Vite, 2014) (Fig. 5).



Figura 5

Medición del volumen de raíz

2.10.6. Rendimiento del cultivo en kg/ha

Con base en los pesos obtenidos, se calculó el rendimiento expresado en kilogramos por hectárea kg/ha.

2.11. Análisis de la información

Las variables de incidencia, severidad, longitud de hoja, peso de la parte aérea y volumen de raíz fueron sometidas a análisis de varianza para determinar el efecto de los tratamientos en el control de la enfermedad. Las variables que mostraron diferencias significativas fueron comparadas mediante prueba de medias según Tukey ($p < 0.05$).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Eficiencia de hidrosoles vegetales para el manejo de la cenicilla en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*)

Se observaron diferencias en el control de la cenicilla en plantas de cebolla blanca tratadas con dos hidrosoles vegetales aplicados a diferentes concentraciones, demostrándose que, de acuerdo con el porcentaje de incidencia de cenicilla después de la primera aplicación, hubo una mayor eficiencia de control en plantas tratadas con hidrosol de molle a 1.0 cc/L las cuales mostraron un porcentaje de incidencia de 36.5%, sin embargo, el resto de los tratamientos no mostraron diferencias significativas con este tratamiento, excepto por las plantas del tratamiento testigo de la parcela tratada con hidrosol de molle, donde se observó 51% de incidencia (Tabla 4).

Con relación al porcentaje de incidencia después de la segunda aplicación, la mayor eficiencia fue observada en las plantas tratadas con hidrosol de molle aplicado a las dosis de 1.0, 1.5 y 2.0 cc/L con las cuales la incidencia fue de 25.3%, 29.3% y 29.4%, respectivamente y del hidrosol de romero a 1.5 cc/L con la que se obtuvo 30.7% de incidencia de la enfermedad, mientras que el resto de los tratamientos mostró valores más altos de incidencia de cenicilla variando desde 30.7% hasta 33.4% en plantas tratadas con hidrosol de romero y desde 40.0% hasta 42.3% cuando fueron tratadas con azadirachtina (Tabla 4). Todos los tratamientos fueron significativamente diferentes a las plantas del testigo, las cuales presentaron niveles de incidencia de entre 55.8% a 63.3%.

Tabla 4

Porcentaje de incidencia de cenicilla en cebolla blanca por efecto de la aplicación hidrosoles vegetales

Tipo de hidrosol	Concentración	Incidencia (%)	
		Primera aplicación	Segunda aplicación
Hidrosol de romero	1.0 cc/L	47,9 ±1,85 ab	32,8 ± 5,89 bc
	1.5 cc/L	43,2 ±8,75 ab	30,7 ±1,31 c
	2.0 cc/L	44,9 ±3,27 ab	33,4 ±4,43 bc
Testigo		47,9 ±2,10 ab	57,6 ±4,52 a
Hidrosol de molle	1.0 cc/L	36,5 ±4,09 a	25,3 ±3,31 c
	1.5 cc/L	43,3 ±1,53 ab	29,3 ±5,30 c
	2.0 cc/L	47,2 ±3,01 ab	29,4 ±6,13 c
Testigo		51,0 ±1,32 b	55,8 ± 4,45 ab
Aceite de neem	1.0 cc/L	40,2± 2,75 ab	40,0 ±0,58 abc
	1.5 cc/L	43,2 ± 2,84 ab	41,8±1,83 abc
	2.0 cc/L	43,0 ± 4,58 ab	42,3±0,88 abc
Testigo		49,6 ± 3,62 ab	63,3 ±2,32 a

Valores promedio en una columna seguidos de la misma letra no mostraron diferencias significativas de acuerdo con la prueba de medias según Tukey ($p<0.05$)

De manera similar, se observó efecto de los diferentes tipos de hidrosoles y sus concentraciones sobre la severidad de cenicilla en plantas de cebolla blanca, siendo mayor el efecto después de la segunda aplicación. Después de la primera aplicación, la severidad de la enfermedad fue significativamente menor en las plantas que fueron tratadas con el azadirachtina a las concentraciones de 1.5 y 2.0 cc/L, puesto que, con estos tratamientos, las plantas presentaron porcentajes de severidad de 9.7% y 7.2%, respectivamente, y de igual manera con la aplicación de hidrosol de romero a 1.5 cc/L con el que se observó 10.9% de severidad. Adicionalmente, las plantas tratadas con hidrosol de romero a 1.0 y 2.0 cc/L mostraron valores de severidad de 17.6% y 17.5 %, respectivamente (Tabla 5). Contrariamente, las plantas tratadas con hidrosol de

molle mostraron valores de severidad desde 30.45 hasta 42.4%, los cuales, aunque no mostraron diferencias significativas con los hidrosoles de romero y aceite de neem, fueron numéricamente superiores, lo cual indica una menor eficiencia de control.

Tabla 5

Porcentaje de severidad de cenicilla en cebolla blanca por efecto de la aplicación hidrosoles vegetales

Tipo de hidrosol	Concentración	Severidad (%)	
		Primera aplicación	Segunda aplicación
Hidrosol de romero	1.0 cc/L	17,6 ±2,57 ab	4,7 ±1,04 a
	1.5 cc/L	10,9 ±2,88 a	1,80 ±0,25 a
	2.0 cc/L	17,5 ±2,78 ab	1,1 ±0,38 a
Testigo		40,8 ±13,11 abc	50,9 ±13,72 b
Hidrosol de molle	1.0 cc/L	42,4 ±10,64 abc	3,3 ±0,25 a
	1.5 cc/L	30,4 ±5,54 ab	2,3 ±0,72 a
	2.0 cc/L	32,3 ±3,03 ab	0,9 ± 0,52 a
Testigo		40,8 ±7,30 bc	65,3 ±9,61 b
Azadirachtina	1.0 cc/L	22,8 ±7,15 ab	3,0 ±1,25 a
	1.5 cc/L	9,7 ±3,42 a	1,3 ±1,30 a
	2.0 cc/L	7,2 ±0,51 a	2,3 ± 2,43 a
Testigo		79,0 ±9,27 c	89,8 ±5,50 c

Valores promedio en una columna seguidos de la misma letra no mostraron diferencias significativas de acuerdo con la prueba de medias según Tukey ($p < 0.05$)

Finalmente, se observó efecto de los hidrosoles sobre el peso de la planta, pero no se demostró efecto sobre la longitud de la hoja ni sobre el volumen de la raíz (Tabla 6). En cuanto al peso de la planta, los máximos valores fueron alcanzados en plantas tratadas con azadirachtina a concentración de 1.0 cc/L las cuales alcanzaron en promedio 1.73 kg, seguido de las plantas tratadas con hidrosol de romero a concentración de 1.5 y 2.0 cc/L que tuvieron pesos de 1.67 y 1.69 kg, respectivamente.

Por su parte, los menores pesos fueron mostrados en las plantas de los tratamientos con hidrosol de molle que apenas alcanzaron desde 1.45 hasta 1.55 kg en las diferentes concentraciones (Tabla 6).

Tabla 6

Efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de hidrosoles vegetales sobre el peso de planta, longitud de hoja y volumen de raíz de cebolla

Tipo de hidrosol	Concentración	Peso (kg)	Longitud de hoja (cm)	Volumen de raíz (mm³)
Hidrosol de romero	1.0 cc/L	1,61±0,09 abc	36,3±3,85 a	90,3±4,15 a
	1.5 cc/L	1,67±0,08 ab	36,2±2,67 a	90,0±5,32 a
	2.0 cc/L	1,69±0,11 ab	37,8± 4,78 a	88,4±3,78 a
Testigo		1,48±0,11 c	32,9± 5,26 a	87,3±2,74 a
Hidrosol de molle	1.0 cc/L	1,45±0,14 c	36,2±5,49 a	92,2±4,12 a
	1.5 cc/L	1,48±0,14 c	37,0±4,30 a	91,0±3,35 a
	2.0 cc/L	1,55±0,12 bc	34,1±4,31 a	92,1±2,71 a
Testigo		1,54±0,10 bc	34,0± 4,12 a	90,4±3,68 a
Azadirachtina	1.0 cc/L	1,73±0,09 a	36,5±2,48 a	81,6±7,25 a
	1.5 cc/L	1,60±0,13 abc	34,7±3,47 a	90,0±1,00 a
	2.0 cc/L	1,54±0,10 bc	35,2±3,65 a	91,6±2,30 a
Testigo		1,57±0,17 abc	34,1±5,08 a	90,3±1,32 a

Valores promedio en una columna seguidos de la misma letra no mostraron diferencias significativas de acuerdo con la prueba de medias según Tukey (p<0.05)

En consideración al rendimiento de cebolla blanca obtenido frente a los diferentes tratamientos se encontró que los mayores rendimientos fueron obtenidos

cuando las plantas fueron tratadas con hidrosol de romero a dosis de 1.5 c/L seguido de las plantas tratadas con el aceite emulsionable de azadirachtina a dosis de 1.0 cc/L, con los cuales se obtuvo rendimientos estimados de 17325 y 17275 kg/ha (Fig. 6).

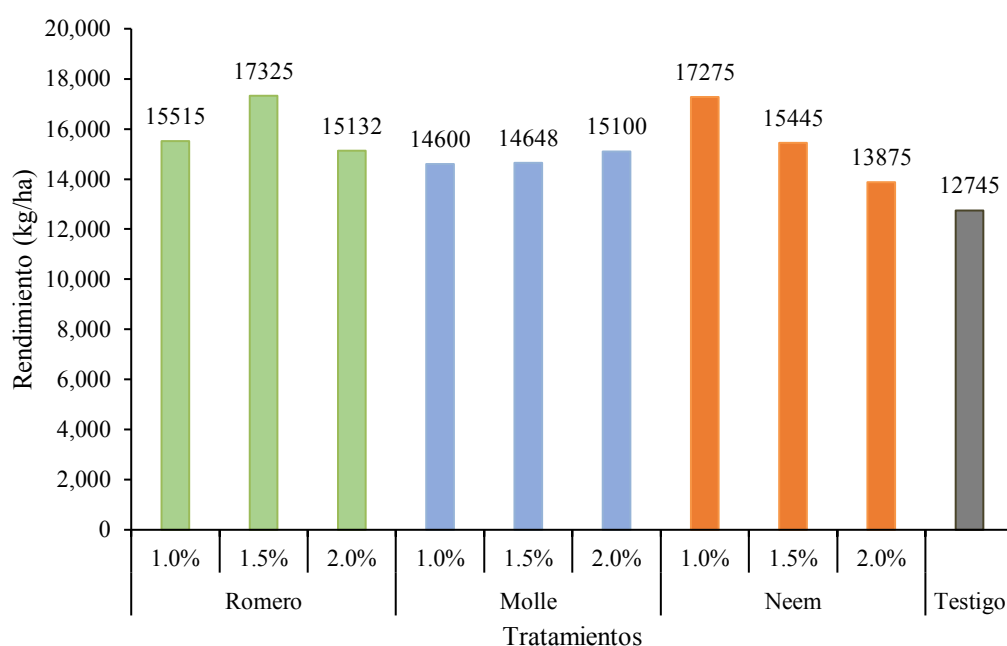


Figura 6

Rendimiento de la cebolla blanca tratada con diferentes productos biodefensivos contra la cenicilla

Hasta la fecha no se ha señalado que los hidrosoles obtenidos de plantas puedan tener un efecto bioestimulante en el rendimiento de los cultivos, sin embargo, es probable que el mayor rendimiento observado en las plantas tratadas con el hidrolato de romero y el aceite emulsionable de neem sea debido al efecto indirecto derivado de la protección que estos compuestos proporcionaron a la planta contra el ataque de patógenos, lo que se tradujo en un menor gasto energético de la planta para activar las defensas contra la acción del hongo causante de la cenilla. Es sabido que ante el ataque de un patógeno, la planta activa sus mecanismos de defensa que incluyen mecanismos relacionados con los receptores de reconocimiento de patrones localizados en la membrana plasmática y/o la inmunidad activada por efectores, los cuales dan lugar a una serie de eventos posteriores superpuestos, como una explosión de especies reactivas de oxígeno (ROS), entradas de calcio y la activación de cascadas de proteína quinasa activada por mitógenos (MAPK), los cuales implican gastos energéticos

importantes en la planta, disminuyendo los factores relacionados con el rendimiento (Cai et al., 2023).

3.2. Dosis de efectiva de los hidrosoles para el control de cenicilla

Cuando se compararon los resultados obtenidos con el uso del hidrosol de romero y de molle, se encontró que los mejores resultados fueron alcanzados con hidrosol de romero a las concentraciones de 1.5 y 2.0 cc/L puesto que, por un lado, logró disminuir la severidad de la enfermedad a porcentajes entre 0.9 y 3.3% después de dos aplicaciones y, por el otro lado, promovió de manera indirecta el incremento del peso de la planta, longitud de la hoja y volumen de la raíz, lo cual en conjunto se tradujo en la obtención de un mayor rendimiento del cultivo. Estos resultados positivos son comparables con los obtenidos con la aplicación del aceite emulsionable de neem, el cual es un producto comercial de mayor valor. Con base en estos resultados se podría sugerir el uso del hidrosol de romero como parte del manejo integrado de la cenicilla en cebolla blanca.

Varios estudios se han enfocado a evaluar la eficacia del uso de aceites esenciales e hidrosoles obtenidos de la hidrodestilación de plantas en el control de agentes fitopatógenos. Así, Pérez-Izquierdo et al. (2022) al evaluar el efecto del aceite esencial e hidrosol de *Cistus ladanifer* sobre el crecimiento micelial de tres hongos fitopatógenos (*Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, *Rhizoctonia solani* y *Cryphonectria parasitica*) y una especie de oomiceto (*Phytophthora cinnamomi*) demostraron que tanto el aceite esencial como el hidrosol lograron inhibir el crecimiento micelial de las cuatro especies de patógenos hongos. Los resultados mostraron que la aplicación del hidrolato redujo significativamente la mortalidad de las plántulas en las tres cepas de *P. cinnamomi* evaluadas, lo cual fue atribuido a la presencia de monoterpenos oxigenados en el hidrolato, demostrando el alto potencial del hidrolato de *C. ladanifer* para ser utilizado en la producción de biofungicidas para controlar hongos fitopatógenos.

De la misma forma, Tabet Zatla et al. (2017) observaron que el extracto de hidrosol de *Daucus carota* subsp. *sativus* produjo la mejor inhibición contra *Penicillium expansum* y *Botrytis cinerea* en frutos de fresa. Los autores señalaron que la alta actividad biológica del hidrosol de debió principalmente al alto contenido de

geranil linalool (50,3%), miristicina (17,8%), (E)-metil-iso-eugenol (16,6%) y metil-eugenol (11,9%).

Proto et al. (2022) observaron que tanto el hidrosol de *Citrus aurantium* var. amara (CMB 6,25% v/v) como el aceite esencial de *Origanum compactum* (CMB 0,06% v/v) y de *Thymus vulgaris* (CMB 0,06% v/v) resultaron ser los más efectivos para el control de *Erwinia amylovora*; por lo tanto, se utilizaron como concentraciones iniciales para ensayos *ex vivo*, sin embargo, a pesar de efectividad mostrada en ensayos *in vitro*, la incidencia de la enfermedad y los ensayos *ex vivo* no mostraron resultados significativos. Por otra parte, el hidrolato de *C. aurantium* y el aceite esencial de *O. compactum* mostraron la capacidad de inducir resistencia en plantas de tomate contra infecciones por *Xanthomonas vesicatoria*; resultando en un 50% de protección.

De acuerdo con Ácimović et al. (2020), la actividad biológica de los hidrosoles y, por consiguiente su efectividad, depende de la presencia de componentes que los caracterizan, por lo que es importante conocer la composición química del material vegetal utilizado para la extracción del hidrosol para así poder comprender el alcance de su potencial actividad biológica.

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación y en estudios previos, el uso de los hidrosoles obtenidos de plantas podría ser una herramienta promisorio como biodefensivos de los cultivos, de modo que ofrece una alternativa sustentables para el manejo de enfermedades de planta. Sin embargo, es necesario que se realicen más estudios que evalúen el papel de los hidrosoles en la prevención de enfermedades bacterianas y fúngicas cuando se utiliza como inductor de resistencia.

3.1.Comprobación de la hipótesis

Basados en el análisis estadístico se aceptó la hipótesis alternativa de la investigación, la cual postuló que el aumento de la dosis de los hidrosoles provoca un incremento la eficiencia de control de la cenicilla en cebolla, lo cual fue demostrado con el hidrosol de romero cuya eficiencia aumentó con el incremento de las dosis usadas.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Se demostró la eficiencia del hidrosol de romero en el control de la cenicilla en el cultivo de cebolla blanca puesto que su uso permitió disminuir la incidencia y severidad de la enfermedad en plantas tratadas con este bioproducto. Además, este producto provocó un efecto positivo sobre el peso de la planta, longitud de hoja y volumen de la raíz, lo que en consecuencia tuvo un efecto positivo sobre el rendimiento del cultivo.

La aplicación del hidrosol de romero aplicado a 1.5 y 2.0 cc/L resultaron las mejores dosis para el control de cenicilla en cebolla blanca, debido que provocaron la disminución de la incidencia y severidad de la enfermedad y además tuvieron un efecto indirecto sobre el rendimiento del cultivo.

4.2. RECOMENDACIONES

Se sugiere el uso del hidrosol de romero a dosis de 1.5 cc/L como alternativa de manejo sustentable de cenicilla en cebolla blanca dado que mostró ser efectiva al disminuir significativamente la incidencia y severidad de la enfermedad.

Dado los resultados promisorios del uso de hidrolatos, se recomienda realizar investigaciones similares en otros cultivos para evaluar la efectividad en el control de otros agentes fitopatógenos en cultivos de importancia económica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abo-Elyousr, K., Ahmed, H. A. M., Hassan, M. A. E., & El-Fatah, B. E. S. A. (2022). Influence of foliar application of some salts, phyto-extracts and essential oils for controlling powdery mildew disease of *Helianthus annuus*. *Journal of Plant Pathology*, 104, 735–747.
- Abrha, L. H., & Cr, U. (2014). Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of *Schinus molle*. *Unique Journal of Pharmaceutical and Biological Sciences*, 2(1), 9–12.
- Aćimović, M., Tešević, V., Smiljanić, K., Cvetković, M., Stanković, J., Kiproviski, B., & Sikora, V. (2020). Hydrolates: by-products of essential oil distillation: Chemical composition, biological activity and potential uses. *Advanced Technologies*, 9(2), 54–70. <https://doi.org/10.5937/savteh2002054a>
- Baldi, P., & La Porta, N. (2020). Molecular approaches for low-cost point-of-care pathogen detection in agriculture and forestry. *Frontiers in Plant Science*, 11, 570862. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.570862>
- Bomfim, S., Polis, L., Faggion, J., Oliveira, P., Yumie, C., Aparecida, S., Mossini, G., Grespan, R., Botião, S., Augusto, C., Alves, B., Filho, A., & Machinski, M. (2015). Antifungal activity and inhibition of fumonisin production by *Rosmarinus officinalis* L . essential oil in *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg. *Food Chemistry*, 166, 330–336. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.019>
- Cai, J., Jiang, Y., Ritchie, E. S., Macho, A. P., Yu, F., & Wu, D. (2023). Manipulation of plant metabolism by pathogen effectors: More than just food. *FEMS Microbiology Reviews*, 47(2), 1–16. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuad007>
- Cerkauskas, R. F., Ferguson, G., & Banik, M. (2011). Powdery mildew (*Leveillula taurica*) on greenhouse and field peppers in Ontario - host range, cultivar response and disease management strategies. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 33(4), 485–498. <https://doi.org/10.1080/07060661.2011.619828>

- Di Vito, M., Smolka, A., Proto, M. R., Barbanti, L., Gelmini, F., Napoli, E., Bellardi, M. G., Mattarelli, P., Beretta, G., Sanguinetti, M., & Bugli, F. (2021). Is the antimicrobial activity of hydrolates lower than that of essential oils? *Antibiotics*, *10*(1), 1–14. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10010088>
- Fondevilla, S., & Rubiales, D. (2012). Powdery mildew control in pea. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *32*(2), 401–409. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0033-1>
- Guigón López, C., Muñoz Castellanos, L. N., Flores Ortiz, N. A., & González González, J. A. (2019). Control of powdery mildew (*Leveillula taurica*) using *Trichoderma asperellum* and *Metarhizium anisopliae* in different pepper types. *BioControl*, *64*(1), 77–89. <https://doi.org/10.1007/s10526-018-09916-y>
- Isah, T. (2019). Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. *Biological Research*, *52*(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s40659-019-0246-3>
- Jang, J. E., Baasanmunkh, S., Nyamgerel, N., Oh, S. Y., Song, J. H., Yusupov, Z., Tojibaev, K., & Choi, H. J. (2024). Flower morphology of *Allium* (Amaryllidaceae) and its systematic significance. *Plant Diversity*, *46*(1), 3–27. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2023.06.009>
- Jiang, M., Wang, T., Simal-Gandara, J., Nayaka Siddaiah, C., Dai, X. F., Chen, J. Y., Wang, D., & Kong, Z. Q. (2023). Overview of the control of plant fungal pathogens by natural products derived from medicinal plants. *Plant Protection Science*, *59*(4), 303–316. <https://doi.org/10.17221/17/2023-PPS>
- Jiménez-Pérez, O., Gallegos-Morales, G., Espinoza-Ahumada, C. A., Delgado-Luna, C., Preciado-Rangel, P., & Espinosa-Palomeque, B. (2024). Potential of chitosan for the control of powdery mildew (*Leveillula taurica* (Lév.) Arnaud) in a jalapeño pepper. *Plants*, *13*, 915. <https://doi.org/10.3390/plants13070915>
- Kaab, S. Ben, Rebey, I. B., Hanafi, M., Berhal, C., Fauconnier, M. L., De Clerck, C., Ksouri, R., & Jijakli, H. (2019). *Rosmarinus officinalis* essential oil as an effective antifungal and herbicidal agent. *Spanish Journal of Agricultural Research*, *17*(2). <https://doi.org/10.5424/sjar/2019172-14043>

- Limachi, J., & Chipana, G. (2022). Aplicación del Molle (*Schinus molle*) como fungicida tradicional en la enfermedad de la mancha de chocolate (*Botrytis fabae*) del cultivo de la haba (*Vicia faba*). *Revista Estudiantil En Producción, Transformación y Comercialización Agropecuaria*, 1(1), 7–15.
<https://cipycos.umsa.bo/index.php/1/article/view/3>
- Mattos, A. P., Povh, F. P., Rissato, B. B., Schwan, V. V., & Schwan-Estrada, K. R. F. (2019). In vitro Antifungal Activity of Plant Extracts, Hydrolates and Essential Oils of Some Medicinal Plants and Control of Cucumber Anthracnose. *European Journal of Medicinal Plants*, 1–9.
<https://doi.org/10.9734/ejmp/2019/v28i430139>
- Mitidieri, M., Strassera, M. E., Amoia, P., & Quintana-Martínez, O. (2010). Evaluación de fungicidas para el control de oidiopsis (*Leveillula taurica* (Lév.) Arn.) en el cultivo de pimiento bajo cubierta. *Horticultura Argentina*, 29(68), 5–9.
- Obregón, V., Lattar, T., Cardozo, N., & Monteros, J. (2016). Evaluación de fungicidas biorracionales para el control de *Leveillula taurica* en cultivo de pimiento en invernadero. *Horticultura Argentina*, 35(86), 37–43.
- Ochar, K., & Kim, S. H. (2023). Conservation and global distribution of onion (*Allium cepa* L.) germplasm for agricultural sustainability. *Plants*, 12, 1–19.
<https://doi.org/10.3390/plants12183294>
- Padula, G., Xia, X., & Hołubowicz, R. (2022). Welsh onion (*Allium fistulosum* L.): seed physiology, breeding, production and trade. *Plants*, 11, 343.
<https://doi.org/10.3390/plants11030343>
- Pérez-Izquierdo, C., Serrano-Pérez, P., & Rodríguez-Molina, M. del C. (2022). Chemical composition, antifungal and phytotoxic activities of *Cistus ladanifer* L. essential oil and hydrolate. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 45, 102527. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102527>
- Proto, M. R., Biondi, E., Baldo, D., Levoni, M., Filippini, G., Modesto, M., Di Vito, M., Bugli, F., Ratti, C., Minardi, P., & Mattarelli, P. (2022). Essential oils and hydrolates: potential tools for defense against bacterial plant Pathogens.

- Microorganisms*, 10, 702. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10040702>
- Reis, A., Boiteux, L. S., Paz-Lima, M. L., Silva, P. P., & Lopes, C. A. (2004). Powdery mildew of *Allium* species caused by *Oidiopsis taurica* in Brazil. *Horticultura Brasileira*, 22(4), 758–760. <https://doi.org/10.1590/s0102-05362004000400018>
- Sepúlveda-Chavera, G., Salvatierra-Martínez, R., & Andía-Guardia, R. (2013). The alternative control of powdery mildew complex (*Leveillula taurica* and *Erysiphe* sp.) in tomato in the Azapa Valley, Chile. *Ciêcia e Investigación Agraria*, 40(1), 19–130. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782013001100003>
- Tabet Zatla, A., Dib, M. E. A., Djabou, N., Ilias, F., Costa, J., & Muselli, A. (2017). Antifungal activities of essential oils and hydrosol extracts of *Daucus carota* subsp. *sativus* for the control of fungal pathogens, in particular gray rot of strawberry during storage. *Journal of Essential Oil Research*, 29(5), 391–399. <https://doi.org/10.1080/10412905.2017.1322008>
- Venbrux, M., Crauwels, S., & Rediers, H. (2023). Current and emerging trends in techniques for plant pathogen detection. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1120968. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1120968>
- Vineeth, M., Thabrez, M. D., Ayub, A., Navi, L., & Manoj, M. (2023). Influence of weather parameters (epidemiology) on powdery mildew disease development caused by *Leveillula taurica*. *Biological Forum*, 15(10), 1547–1553.
- Wang, C. H., Tsai, Y. C., Tsai, I., Chung, C. L., Lin, Y. C., Hung, T. H., Suwannarach, N., Cheewangkoon, R., Elgorban, A. M., & Ariyawansa, H. A. (2021). Stemphylium leaf blight of welsh onion (*Allium fistulosum*): an emerging disease in Sanxing, Taiwan. *Plant Disease*, 105(12), 4121–4131. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-20-2329-RE>
- Zaynab, M., Fatima, M., Abbas, S., Sharif, Y., Umair, M., Zafar, M. H., & Bahadar, K. (2018). Role of secondary metabolites in plant defense against pathogens. *Microbial Pathogenesis*, 124, 198–202. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.08.034>

- Zheng, Z., Nonomura, T., Bóka, K., Matsuda, Y., Visser, R. G. F., Toyoda, H., Kiss, L., & Bai, Y. (2013). Detection and quantification of *Leveillula taurica* growth in pepper leaves. *Phytopathology*, 103(6), 623–632.
<https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-12-0198-R>
- Zhou, L., Yue, Q., Zhao, L., Cui, R., & Liu, X. (2018). Effect of Nitrogen Level on Growth and Metabolism of *Allium fistulosum* L. *Advances in Engineering Research*, 163, 1213–1219. <https://doi.org/10.2991/iceesd-18.2018.224>

ANEXOS

Análisis estadísticos

A. Análisis del porcentaje de incidencia

ANOVA

Statistix 10,0
13/6/2024; 17:39:15

Factorial AOV Table for Incid1

Source	DF	SS	MS	F	P
Hidrosol	2	26,218	13,109	0,90	0,4198
Concentración	3	319,088	106,363	7,30	0,0012
Hidrosol*Concentración	6	216,621	36,103		
	2,48	0,0522			
Error	24	349,556	14,565		
Total	35	911,483			

Grand Mean 44,826
CV 8,51

Factorial AOV Table for Incid2

Source	DF	SS	MS	F	P
Hidrosol	2	890,78	445,39	9,74	0,0008
Concentración	3	4245,77	1415,26	30,96	0,0000
Hidrosol*Concentración	6	69,67	11,61	0,25	
	0,9528				
Error	24	1096,99	45,71		
Total	35	6303,21			

Grand Mean 40,153
CV 16,84

Prueba de Medias

Statistix 10,0
13/6/2024; 17:41:10

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Incid1 for Hidrosol

Hidrosol	Mean	Homogeneous Groups
1	45,996	A
2	44,500	A
3	43,983	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 1,5580
Critical Q Value 4,540 Critical Value for Comparison 5,0017
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Incid1 for Concentración

Concentración Mean Homogeneous Groups

4	49,511	A
3	45,036	AB
2	43,242	B
1	41,517	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 1,7991
Critical Q Value 4,895 Critical Value for Comparison 6,2276
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Incid1 for Hidrosol*Concentración**Hidrosol Concentración Mean Homogeneous Groups**

2	4	51,000	A
3	4	49,600	AB
1	4	47,933	AB
1	1	47,883	AB
2	3	47,167	AB
1	3	44,940	AB
2	2	43,333	AB
1	2	43,227	AB
3	2	43,167	AB
3	3	43,000	AB
3	1	40,167	AB
2	1	36,500	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 3,1161
Critical Q Value 6,101 Critical Value for Comparison 13,444
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Incid2 for Hidrosol**Hidrosol Mean Homogeneous Groups**

3	46,855	A
1	38,655	AB
2	34,950	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 2,7601
Critical Q Value 4,540 Critical Value for Comparison 8,8606
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Incid2 for Concentración**Concentración Mean Homogeneous Groups**

4	58,909	A
3	35,050	B
2	33,938	B
1	32,717	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 3,1871
Critical Q Value 4,895 Critical Value for Comparison 11,032
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Incid2 for Hidrosol*Concentración

Hidrosol	Concentración	Mean	Homogeneous Groups
3	4	63,253	A
1	4	57,633	A
2	4	55,840	AB
3	3	42,333	ABC
3	2	41,833	ABC
3	1	40,000	ABC
1	3	33,430	BC
1	1	32,840	BC
1	2	30,717	C
2	3	29,387	C
2	2	29,263	C
2	1	25,310	C

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 5,5201
Critical Q Value 6,101 Critical Value for Comparison 23,816
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means
are not significantly different from one another.

Resumen de estadísticos

Statistix 10,0 Datos incidencia.sx;
17/6/2024; 19:00:44

Breakdown for Incid1

Variable	Level	Mean	SD	SE
Concentración	1	47,883	1,8468	1,0663
Concentración	2	43,227	8,7510	5,0524
Concentración	3	44,940	3,2727	1,8895
Concentración	4	47,933	2,1008	1,2129
Hidrosol 1		45,996	4,6566	1,3443
Concentración	1	36,500	4,0927	2,3629
Concentración	2	43,333	1,5275	0,8819
Concentración	3	47,167	3,0139	1,7401
Concentración	4	51,000	1,3229	0,7638
Hidrosol 2		44,500	6,0603	1,7495
Concentración	1	40,167	2,7538	1,5899
Concentración	2	43,167	2,8431	1,6415
Concentración	3	43,000	4,5826	2,6458
Concentración	4	49,600	3,6166	2,0881
Hidrosol 3		43,983	4,6975	1,3561
Overall		44,826	5,1032	0,8505

Cases Included 36 Missing Cases 0

Breakdown for Incid2

Variable	Level	Mean	SD	SE
Concentración	1	32,840	10,208	5,8938
Concentración	2	30,717	2,2632	1,3067
Concentración	3	33,430	7,6710	4,4289
Concentración	4	57,633	7,8194	4,5145
Hidrosol 1		38,655	13,183	3,8055
Concentración	1	25,310	5,7400	3,3140
Concentración	2	29,263	9,1823	5,3014
Concentración	3	29,387	10,625	6,1344
Concentración	4	55,840	7,7105	4,4517

Hidrosol	2	34,950	14,638	4,2257	
Concentración	1	40,000	1,0000	0,5774	
Concentración	2	41,833	3,1754	1,8333	
Concentración	3	42,333	1,5275	0,8819	
Concentración	4	63,253	4,0196	2,3207	
Hidrosol	3	46,855	10,197	2,9437	
Overall		40,153	13,420	2,2366	

Cases Included 36 Missing Cases 0

B. Análisis para Peso

ANOVA

Statistix 10,0
13/6/2024; 18:16:58

Factorial AOV Table for Peso

Source	DF	SS	MS	F	P
Hidrosol	2	0,34119	0,17059	12,32	0,0000
Concentración	3		0,09996	0,03332	2,41
Hidrosol*Concentración	6		0,53101	0,08850	6,39
Error	131	1,81400	0,01385		0,0000
Total	142				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 1,5818
CV 7,44

Prueba de medias

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso for Hidrosol

Hidrosol	Mean	Homogeneous Groups
1	1,6169	A
3	1,6160	A
2	1,5124	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,0240 TO 0,0242

Critical Q Value 4,133 Critical Value for Comparison 0,0702 TO 0,0706

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso for Concentración

Concentración	Mean	Homogeneous Groups
1	1,6042	A
3	1,5986	A
2	1,5875	A
4	1,5368	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,0277 TO 0,0279
Critical Q Value 4,419 Critical Value for Comparison 0,0867 TO 0,0873

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso for Hidrosol*Concentración

Hidrosol	Concentración	Mean	Homogeneous Groups
3	1	1,7375	A
1	3	1,6917	AB
1	2	1,6708	AB
1	1	1,6175	ABC
3	2	1,6033	ABC
3	4	1,5767	ABC
2	3	1,5575	BC
3	3	1,5467	BC
2	4	1,5464	BC
2	2	1,4883	C
1	4	1,4875	C
2	1	1,4575	C

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,0480 TO 0,0491
Critical Q Value 5,278 Critical Value for Comparison 0,1793 TO 0,1833

There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Resumen de estadísticos

Breakdown for Peso

Variable	Level	Mean	SD	SE
Concentración	1	1,6175	0,0942	0,0272
Concentración	2	1,6708	0,0746	0,0215
Concentración	3	1,6917	0,1072	0,0309
Concentración	4	1,4875	0,1105	0,0319
Hidrosol 1		1,6169	0,1240	0,0179
Concentración	1	1,4575	0,1439	0,0415
Concentración	2	1,4883	0,1361	0,0393
Concentración	3	1,5575	0,1168	0,0337
Concentración	4	1,5464	0,0959	0,0289
Hidrosol 2		1,5117	0,1280	0,0187
Concentración	1	1,7375	0,0921	0,0266
Concentración	2	1,6033	0,1337	0,0386
Concentración	3	1,5467	0,1011	0,0292
Concentración	4	1,5767	0,1701	0,0491
Hidrosol 3		1,6160	0,1441	0,0208
Overall		1,5820	0,1404	0,0117

Cases Included 143 Missing Cases 1

C. Análisis para volumen de raíz

ANOVA

Statistix 10,0
13/6/2024; 18:19:16

Factorial AOV Table for Volumen

Source	DF	SS	MS	F	P
Hidrosol	2	189,50	94,7500	1,31	0,2743
Concentración	3	114,78	38,2593	0,53	0,6631
Hidrosol*Concentración	6	526,06	87,6759	1,21	0,3062
Error	96	6937,33	72,2639		
Total	107	7767,67			

Grand Mean 89,611
CV 9,49

Prueba de medias

Statistix 10,0
13/6/2024; 18:20:00

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Volumen for Hidrosol

Hidrosol	Mean	Homogeneous Groups
2 91,444	A	
1 89,028	A	
3 88,361	A	

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 2,0037
Critical Q Value 3,367 Critical Value for Comparison 4,7706
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Volumen for Concentración

Concentración	Mean	Homogeneous Groups
3 90,704	A	
2 90,333	A	
4 89,370	A	
1 88,037	A	

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 2,3136
Critical Q Value 3,698 Critical Value for Comparison 6,0497
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Volumen for Hidrosol*Concentración

Hidrosol	Concentración	Mean	Homogeneous Groups
2	1	92,222	A
2	3	92,111	A
3	3	91,556	A
2	2	91,000	A
2	4	90,444	A
1	1	90,333	A
3	4	90,333	A

1	2	90,000	A
3	2	90,000	A
1	3	88,444	A
1	4	87,333	A
3	1	81,556	A

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 4,0073
Critical Q Value 4,735 Critical Value for Comparison 13,418
There are no significant pairwise differences among the means.

Resumen de estadísticos

Statistix 10,0
17/6/2024; 19:38:33

Datos volumen.sx;

Breakdown for Volumen

Variable	Level	Mean	SD	SE	
Concentración	1	90,333	4,1533	1,3844	
Concentración	2	90,000	5,3151	1,7717	
Concentración	3	88,444	3,7786	1,2595	
Concentración	4	87,333	2,7386	0,9129	
Hidrosol 1		89,028	4,1091	0,6849	
Concentración	1	92,222	4,1164	1,3721	
Concentración	2	91,000	3,3541	1,1180	
Concentración	3	92,111	2,7131	0,9044	
Concentración	4	90,444	3,6780	1,2260	
Hidrosol 2		91,444	3,4347	0,5724	
Concentración	1	81,556	27,254	9,0846	
Concentración	2	90,000	1,0000	0,3333	
Concentración	3	91,556	2,2973	0,7658	
Concentración	4	90,333	1,3229	0,4410	
Hidrosol 3		88,361	13,705	2,2842	
Overall		89,611	8,5203	0,8199	

Cases Included 108 Missing Cases 0

D. Análisis para longitud de hoja

ANOVA

Statistix 10,0
13/6/2024; 18:39:06

Factorial AOV Table for Longitud

Source	DF	SS	MS	F	P
Hidrosol	2	16,80	8,4003	0,47	0,6250
Concentración	3		224,62	74,8739	4,20 0,0066
Hidrosol*Concentración	6		180,89	30,1492	1,69 0,1247
Error	204	3637,30	17,8299		
Total	215	4059,61			

Grand Mean 35,419
CV 11,92

Prueba de medias

Statistix 10,0
13/6/2024; 18:39:58

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Longitud for Hidrosol

Hidrosol Mean Homogeneous Groups

1	35,792	A
2	35,344	A
3	35,121	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,7038
Critical Q Value 4,133 Critical Value for Comparison 2,0565
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Longitud for Concentración

Concentración Mean Homogeneous Groups

1	36,337	A
2	35,963	AB
3	35,676	AB
4	33,700	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,8126
Critical Q Value 4,419 Critical Value for Comparison 2,5393
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Longitud for Hidrosol*Concentración

Hidrosol Concentración Mean Homogeneous Groups

1	3	37,761	A
2	2	37,039	A
3	1	36,539	A
1	1	36,283	A
1	2	36,200	A
2	1	36,189	A
3	3	35,156	A
3	2	34,650	A
3	4	34,139	A
2	3	34,111	A
2	4	34,039	A
1	4	32,922	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 1,4075
Critical Q Value 5,278 Critical Value for Comparison 5,2528
There are no significant pairwise differences among the means.

Resumen de estadísticos

Statistix 10,0
17/6/2024; 19:32:09

Datos Longitud.sx;

Breakdown for Longitud

Variable	Level	Mean	SD	SE
Concentración	1	36,283	3,8546	0,9085
Concentración	2	36,200	2,6677	0,6288
Concentración	3	37,761	4,7790	1,1264

Concentración	4	32,922	5,2587	1,2395
Hidrosol 1	35,792	4,5305	0,5339	
Concentración	1	36,189	5,4894	1,2939
Concentración	2	37,039	4,2995	1,0134
Concentración	3	34,111	4,3099	1,0159
Concentración	4	34,039	4,1150	0,9699
Hidrosol 2	35,344	4,6765	0,5511	
Concentración	1	36,539	2,4775	0,5839
Concentración	2	34,650	3,4716	0,8183
Concentración	3	35,156	3,6545	0,8614
Concentración	4	34,139	5,0811	1,1976
Hidrosol 3	35,121	3,8139	0,4495	
Overall	35,419	4,3453	0,2957	

Cases Included 216 Missing Cases 0

E. Análisis Severidad a los 15 días después de la aplicación

ANOVA

Statistix 10,0
13/6/2024; 19:33:00

Factorial AOV Table for Severidad

Source	DF	SS	MS	F	P	
Hidrosol	2	2009,3	1004,63	7,52	0,0029	
Concentración	3		9787,8	3262,59	24,42	0,0000
Hidrosol*Concentración			6	3035,6	505,94	3,79
		0,0085				
Error	24	3206,8	133,62			
Total	35	18039,5				

Grand Mean 30,424
CV 37,99

Factorial AOV Table for Severlog

Source	DF	SS	MS	F	P	
Hidrosol	2	0,02352	0,01176	9,59	0,0009	
Concentración	3		0,09439	0,03146	25,66	0,0000
Hidrosol*Concentración			6	0,02766	0,00461	3,76
		0,0089				
Error	24	0,02943	0,00123			
Total	35	0,17500				

Grand Mean 0,1095
CV 31,98

Prueba de medias

Statistix 10,0
13/6/2024; 19:34:05

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Severidad for Hidrosol

Hidrosol Mean Homogeneous Groups

2	39,938	A
3	29,646	AB
1	21,687	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 4,7190
Critical Q Value 4,540 Critical Value for Comparison 15,149
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Severidad for Concentración

Concentración	Mean	Homogeneous Groups
4	58,139	A
1	27,583	B
3	18,972	B
2	17,000	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 5,4491
Critical Q Value 4,895 Critical Value for Comparison 18,862
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Severidad for Hidrosol*Concentración

Hidrosol	Concentración	Mean	Homogeneous Groups
3	4	79,000	C
2	4	54,667	BC
2	1	42,417	ABC
1	4	40,750	ABC
2	3	32,250	AB
2	2	30,417	AB
3	1	22,750	AB
1	1	17,583	AB
1	3	17,500	AB
1	2	10,917	A
3	2	9,667	A
3	3	7,167	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 9,4381
Critical Q Value 6,101 Critical Value for Comparison 40,719
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Severlog for Hidrosol

Hidrosol	Mean	Homogeneous Groups
2	0,1438	A
3	0,1022	AB
1	0,0825	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,0143
Critical Q Value 4,540 Critical Value for Comparison 0,0459
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Severlog for Concentración

Concentración Mean Homogeneous Groups

4	0,1950	A
1	0,1030	B
3	0,0737	B
2	0,0664	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,0165
Critical Q Value 4,895 Critical Value for Comparison 0,0571
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Severlog for Hidrosol*Concentración**Hidrosol Concentración Mean Homogeneous Groups**

3	4	0,2516	C
2	4	0,1885	BC
2	1	0,1511	ABC
1	4	0,1448	ABC
2	3	0,1212	AB
2	2	0,1146	AB
3	1	0,0876	AB
1	1	0,0703	AB
1	3	0,0700	AB
1	2	0,0449	A
3	2	0,0397	A
3	3	0,0300	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,0286
Critical Q Value 6,101 Critical Value for Comparison 0,1234
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means
are not significantly different from one another.

Statistix 10,0
17/6/2024; 19:21:00

Datos severidad2.sx;

Breakdown for Severidad

Variable	Level	Mean	SD	SE
Concentración	1	17,583	2,5658	1,4814
Concentración	2	10,917	2,8759	1,6604
Concentración	3	17,500	2,7839	1,6073
Concentración	4	40,750	22,699	13,105
Hidrosol 1	21,688	15,424	4,4526	
Concentración	1	42,417	18,426	10,638
Concentración	2	30,417	9,5993	5,5421
Concentración	3	32,250	5,2500	3,0311
Concentración	4	54,667	12,635	7,2949
Hidrosol 2	39,938	14,636	4,2250	
Concentración	1	22,750	12,377	7,1458
Concentración	2	9,6667	5,9178	3,4167
Concentración	3	7,1667	0,8780	0,5069
Concentración	4	79,000	16,053	9,2680
Hidrosol 3	29,646	31,705	9,1523	
Overall	30,424	22,703	3,7838	

Cases Included 36 Missing Cases 0

A. Análisis Severidad a los 30 días después de la aplicación

ANOVA

Statistix 10,0
13/6/2024; 19:47:50

Datos severidad1.sx;

Factorial AOV Table for Severidad

Source	DF	SS	MS	F	P
Hidrosol	2	557,1	278,54	3,78	0,0373
Concentración	3	29792,3	9930,76	134,93	0,0000
Hidrosol*Concentración	6	1775,7	295,95	4,02	0,0063
Error	24	1766,3	73,60		
Total	35	33891,4			

Grand Mean 18,889
CV 45,42

Factorial AOV Table for Severlog

Source	DF	SS	MS	F	P
Hidrosol	2	0,00376	0,00188	3,36	0,0518
Concentración	3	0,30869	0,10290	183,85	0,0000
Hidrosol*Concentración	6	0,01254	0,00209	3,73	0,0092
Error	24	0,01343	0,00056		
Total	35	0,33842			

Grand Mean 0,0632
CV 37,43

Prueba de medias

Statistix 10,0
13/6/2024; 19:48:55

Datos severidad1.sx;

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Severidad for Hidrosol

Hidrosol	Mean	Homogeneous Groups
3	24,104	A
2	17,958	A
1	14,604	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 3,5023
Critical Q Value 4,540 Critical Value for Comparison 11,243
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Severidad for Concentración

Concentración	Mean	Homogeneous Groups
4	68,694	A
1	3,639	B
2	1,778	B
3	1,444	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 4,0441
Critical Q Value 4,895 Critical Value for Comparison 13,999

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Severidad for Hidrosol*Concentración

Hidrosol	Concentración	Mean	Homogeneous Groups
3	4	89,833	C
2	4	65,333	B
1	4	50,917	B
1	1	4,667	A
2	1	3,250	A
3	1	3,000	A
3	3	2,333	A
2	2	2,333	A
1	2	1,750	A
3	2	1,250	A
1	3	1,083	A
2	3	0,917	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 7,0046
Critical Q Value 6,101 Critical Value for Comparison 30,220
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Severlog for Hidrosol

Hidrosol	Mean	Homogeneous Groups
3	0,0766	A
2	0,0612	A
1	0,0518	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 9,658E-03
Critical Q Value 4,540 Critical Value for Comparison 0,0310
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Severlog for Concentración

Concentración	Mean	Homogeneous Groups
4	0,2235	A
1	0,0155	B
2	0,0076	B
3	0,0062	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,0112
Critical Q Value 4,895 Critical Value for Comparison 0,0386
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Severlog for Hidrosol*Concentración

Hidrosol	Concentración	Mean	Homogeneous Groups
3	4	0,2783	A
2	4	0,2169	AB
1	4	0,1752	B
1	1	0,0198	C
2	1	0,0139	C
3	1	0,0128	C

2	2	0,0100	C
3	3	0,0099	C
1	2	0,0075	C
3	2	0,0054	C
1	3	0,0047	C
2	3	0,0040	C

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,0193
Critical Q Value 6,101 Critical Value for Comparison 0,0833
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means
are not significantly different from one another.

Resumen de estadísticos

Statistix 10,0
17/6/2024; 19:11:27

Datos severidadl.sx;

Breakdown for Severidad

Variable	Level	Mean	SD	SE	
Concentración	1	4,6667	1,0408	0,6009	
Concentración	2	1,7500	0,2500	0,1443	
Concentración	3	1,0833	0,3819	0,2205	
Concentración	4	50,917	23,760	13,718	
Hidrosol 1		14,604	24,173	6,9782	
Concentración	1	3,2500	0,2500	0,1443	
Concentración	2	2,3333	0,7217	0,4167	
Concentración	3	0,9167	0,5204	0,3005	
Concentración	4	65,333	16,646	9,6105	
Hidrosol 2		17,958	29,452	8,5021	
Concentración	1	3,0000	1,2500	0,7217	
Concentración	2	1,2500	1,2990	0,7500	
Concentración	3	2,3333	2,4281	1,4019	
Concentración	4	89,833	5,5019	3,1765	
Hidrosol 3		24,104	39,732	11,470	
Overall		18,889	31,118	5,1863	

Cases Included 36 Missing Cases 0



Figura 7. *Proceso de obtención de los hidrolatos de romero y molle por hidrodestilación*



Figura 8. *Medición de la severidad de cenicilla*



Figura 9. *Medición de la altura de planta*



Figura 10. *Preparación y aplicación de los hidrosoles*