



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS**



**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TÍTULO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“Evaluación de productos para el manejo de *Alternaria* spp. en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)”**

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

**AUTOR:**

**Luis Miguel Moreta Manobanda**

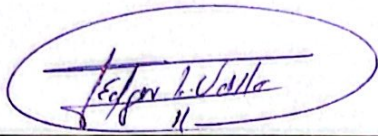
**TUTOR:**

**Ing. Edgar Luciano Valle Velastegui, Mg.**

**CEVALLOS, 2024**

**“Evaluación de productos para el manejo de *Alternaria* spp. en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)”**

REVISADO POR:

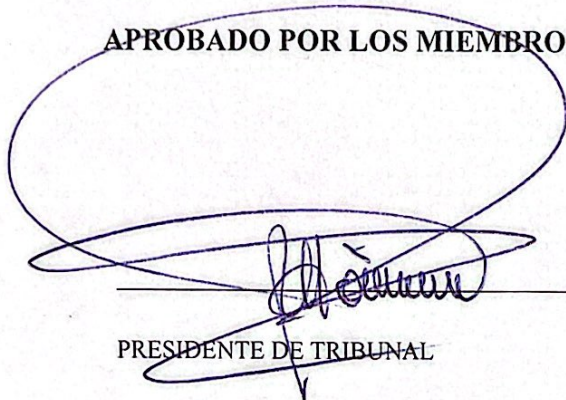


Ing. Mg Edgar Luciano Valle Velastegui.

TUTOR

**APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:**

Fecha



PRESIDENTE DE TRIBUNAL

Ing. Patricio Núñez Torres, PhD

08/02/2024



Ing. Mg. Zurita Vásquez José Hernán

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

08/02/2024



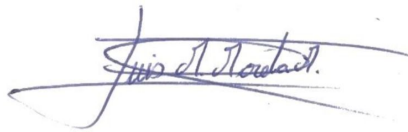
Ing. Mg. Dobronski Arcos Jorge Enrique

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

08/02/2024

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Luis Miguel Moreta Manobanda**, portador de cédula de ciudadanía número: 1804393278, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “**Evaluación de productos para el manejo de *Alternaria* spp. en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)**” 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.



---

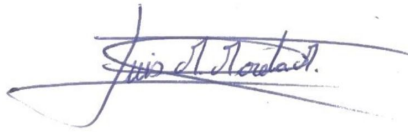
**LUIS MIGUEL MORETA MANOBANDA**

## DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**Evaluación de productos para el manejo de *Alternaria* spp. en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)**” 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.



---

**LUIS MIGUEL MORETA MANOBANDA**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico completamente a Dios que me entregó la vida, una gran familia, y las oportunidades para salir adelante día tras día.

A mi amorosa y alegre madre, Mélida Beatriz Manobanda Cuspa, quien nunca me ha dejado solo, siempre ha estado conmigo motivándome y guiándome a seguir adelante, mostrando con su ejemplo los valores del respeto, responsabilidad y humildad.

A mi querido padre, Segundo Miguel Ángel Moreta Moreta, quien ha sido el motor de mi vida, quien ha sabido sacar adelante a nuestra familia siendo un buen consejero que me ha enseñado el valor de la perseverancia, honestidad y solidaridad con los demás.

A mi bondadosa hermana, Nancy Marisol Moreta Manobanda, quien ha sido mi figura a seguir, mostrándome muestra mis errores con su cariño incondicional y animándome a corregirlos y mejorar como persona.

De igual manera todos mis maestros, ingenieros, y amigos dentro y fuera de la carrera que me ayudaron siendo pilares en mi formación académica y personal.

## **AGRADECIMIENTO**

Al concluir este trabajo quisiera extender una inmensa gratitud a Dios por haberme permitido finalizar mi formación académica con su cuidado y bendición en esta etapa de mi vida, dándome la oportunidad de salir adelante.

A mis queridos padres que siempre me acompañaron en este trayecto de principio a fin, nunca me dejaron de brindar su infinito amor y valiosas enseñanzas, es gracias a su esfuerzo y perseverancia que logré salir adelante.

Al Ing. Luciano Valle V. que no solo fue un tutor sino un gran consejero que estuvo dispuesto a ayudarme de manera oportuna y eficaz mostrándome sus conocimientos y corrigiendo mis errores al elaborar mi tesis.

A amigos Ismael, Elizabeth, Alex, Cristian, Israel y a todos mis docentes de carrera que me acompañaron en estos años y formaron una serie de grandes recuerdos que atesoraré por siempre.

Finalmente, a mis maestros fuera de la universidad ingenieros y amigos de AGRO SEMBRADOR Y AGRO POPULAR que me brindaron su conocimiento tanto personal como profesional muchísimas gracias por todo.

## 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    |
| 1.1. Antecedentes Investigativos .....              | 3    |
| 1.2. Marco Teórico .....                            | 6    |
| 1.2.1. Importancia de la familia Brassicaceae.....  | 6    |
| 1.2.2. Valor económico del cultivo del brócoli..... | 6    |
| 1.2.3. Principales enfermedades del brócoli.....    | 9    |
| 1.2.4. Métodos de control de la enfermedad .....    | 11   |
| 1.2.5. Productos usados .....                       | 12   |
| 1.3. Objetivos .....                                | 13   |
| Objetivo general:.....                              | 13   |
| Objetivos específicos: .....                        | 13   |
| CAPÍTULO II .....                                   | 14   |
| METODOLOGÍA .....                                   | 14   |
| 2.1. Ubicación del ensayo.....                      | 14   |
| 2.2. Características del lugar .....                | 14   |
| 2.2.1. Clima.....                                   | 14   |
| 2.2.2. Suelo.....                                   | 14   |
| 2.2.3. Agua .....                                   | 14   |

|                                     |   |    |
|-------------------------------------|---|----|
| 2.3.                                | Equipos y materiales .....  | 14 |
| 2.3.1.                              | Equipos.....  | 14 |
| 2.3.2.                              | Productos.....  | 15 |
| 2.3.3.                              | Material biológico .....  | 15 |
| 2.3.4.                              | Materiales .....  | 15 |
| 2.4.                                | Factores en estudio .....   | 15 |
| 2.4.1.                              | Productos.....  | 15 |
| 2.4.2.                              | Dosis de productos .....  | 15 |
| 2.4.3.                              | Tratamientos.....   | 16 |
| 2.5.                                | Diseño experimental.....  | 17 |
| 2.6.                                | Hipótesis .....   | 17 |
| 2.7.                                | Variables respuesta.....  | 17 |
| 2.7.1.                              | Porcentaje de incidencia.....   | 17 |
| 2.7.2.                              | Porcentaje de severidad.....  | 18 |
| 2.7.3.                              | Peso de la pella.....   | 18 |
| 2.7.4.                              | Diámetro de la pella .....  | 19 |
| 2.7.5.                              | Rendimiento .....   | 19 |
| CAPÍTULO III.....                   |   | 20 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....        |   | 20 |
| 3.1.                                | Incidencia de <i>Alternaria</i> spp. en el cultivo de brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> ).....   | 20 |
| 3.2.                                | Severidad de <i>Alternaria</i> spp. en el cultivo de brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> ).....  | 21 |
| 3.3.                                | Diámetro de pella de brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> ) utilizando dos productos para el manejo químico y orgánico de ( <i>Alternaria</i> spp.) .....       | 23 |
| 3.4.                                | Peso de pella de brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> ) utilizando dos productos para el manejo químico y orgánico de ( <i>Alternaria</i> spp.) .....           | 24 |
| 3.5.                                | Rendimiento del cultivo de brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> ) utilizando dos productos para el manejo químico y orgánico de ( <i>Alternaria</i> spp.) ..... | 25 |
| CAPÍTULO IV.....                    |   | 27 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... |   | 27 |



|  |    |
|--|----|
| 4.1. CONCLUSIONES.....   | 27 |
| 4.2. RECOMENDACIONES .....   | 27 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 29 |
| Anexo 1. Análisis estadístico .....  | 34 |
| 1.1. Análisis de varianza para las variables de Incidencia y Severidad .....                           | 34 |
| 1.2. Prueba de medias para las variables de Incidencia y Severidad.....                                | 34 |
| 1.3. Resumen de estadísticos para las variables de Incidencia y Severidad.....                         | 35 |
| 2.1. Análisis de varianza para las variables peso de pella, diámetro de pella y<br>rendimiento.....    | 35 |
| 2.2. Prueba de medias para las variables peso de pella, diámetro de pella y<br>rendimiento.....        | 36 |
| 2.3. Resumen de estadísticos para las variables peso de pella, diámetro de pella y<br>rendimiento..... | 37 |
| Anexo 2. Fotografías del ensayo .....  | 38 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> <i>Tratamientos aplicados</i> .....  | 16 |
| <b>Tabla 2.</b> Descripción de la escala de calificación de la enfermedad para la mancha foliar en brócoli causada por <i>Alternaria</i> ..... | 18 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Variación mundial de la producción y el rendimiento de brócoli desde 2012 hasta 2021 .....   | 7  |
| <b>Figura 2.</b> Principales países productores y de mayor rendimiento de brócoli durante el 2021.....  | 8  |
| <b>Figura 3.</b> Síntomas de las principales enfermedades que afectan al cultivo de brócoli .....   | 9  |
| <b>Figura 4.</b> Efecto de la aplicación de dos dosis de Acord y Ozbrand sobre la incidencia de la mancha foliar por <i>Alternaria</i> en plantas de brócoli ( <i>Brassica oleraceae</i> var. <i>italica</i> ).....   | 20 |
| <b>Figura 5.</b> Efecto de la aplicación de dos dosis de Acord y Ozbrand sobre la severidad de la mancha foliar por <i>Alternaria</i> en plantas de brócoli ( <i>Brassica oleraceae</i> var. <i>italica</i> ).....    | 22 |
| <b>Figura 6.</b> Diámetro y peso de la pella por efecto de la aplicación de dos dosis de Acord y Ozbrand en plantas de brócoli ( <i>Brassica oleraceae</i> var. <i>italica</i> ); <b>Error! Marcador no definido.</b> |    |
| <b>Figura 7.</b> Peso de la pella por efecto de la aplicación de dos dosis de Acord y Ozbrand en plantas de brócoli ( <i>Brassica oleraceae</i> var. <i>italica</i> ); <b>Error! Marcador no definido.</b>            |    |
| <b>Figura 8.</b> Variación del rendimiento en plantas de brócoli ( <i>Brassica oleraceae</i> var. <i>italica</i> ) por efecto de la aplicación de dos dosis de Acord y Ozbrand .....                                  | 26 |
| <b>Figura 9.</b> Vista general del ensayo (A), muestra de una planta sana (B) y una planta enferma (C) .....  | 38 |
| <b>Figura 10.</b> Vista general del ensayo. Toma de datos .....   | 39 |

## RESUMEN

En el presente estudio se evaluaron productos para el manejo de (*Alternaria* spp.) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Para ello, se probó el efecto de dos dosis del producto Ozbrand (2 y 4 cm<sup>3</sup>/l), un aceite ozonizado con propiedades fungicidas y se comparó con un fungicida químico (Acord a dosis de 0.5 y 1 cm<sup>3</sup>/l). Las variables evaluadas fueron porcentaje de incidencia y severidad de la enfermedad, peso y diámetro de la pella y el rendimiento del cultivo. La incidencia en plantas tratadas con aceite ozonizado (Ozbrand) varió entre 23.4 y 26.0 %, lo que significó una reducción de 36.3 y 42.6%, respecto al tratamiento testigo, mientras que, en la severidad, cuando se usó a la mayor dosis (4 cm<sup>3</sup>/l), este producto mostró resultados comparables al obtenido con el uso del fungicida químico. Además, se observó que el uso de Ozbrand a la mayor dosis (4 cm<sup>3</sup>/l) permitió obtener el máximo valor de diámetro de la pella, con valores de 20.5 cm, seguido del mismo producto aplicado a la dosis más baja (2 cm<sup>3</sup>/l), la cual produjo resultados similares a cuando se usó el fungicida químico (Acord) a la mayor dosis (1.0 cm<sup>3</sup>/l), con los cuales se obtuvieron 18.8 y 17.8 cm, respectivamente. Se observó una tendencia similar con relación al peso de la pella, lo cual se evidenció en el mayor rendimiento en plantas tratadas con Ozbrand a dosis de 4 cm<sup>3</sup>/l (5.3 tn/ha), seguido de las plantas tratadas con el mismo producto a la dosis menor (4.3 tn/ha). Basados en los resultados, se recomienda el uso del aceite ozonizado en el control de la mancha foliar por *Alternaria*.

**Palabras clave:** aceite ozonizado, brócoli, mancha foliar, manejo sustentable

## ABSTRACT

In this study, products were evaluated for the management of (*Alternaria* spp.) in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). For this purpose, the effect of two doses of Ozbrand (2 and 4 cm<sup>3</sup>/l), an ozonated oil with fungicidal properties, was tested and compared with a chemical fungicide (Acord at doses of 0.5 and 1 cm<sup>3</sup>/l). The variables evaluated were percentage of incidence and severity of the disease, weight and diameter of the head, and crop yield. The incidence in plants treated with ozonated oil (Ozbrand) varied between 23.4 and 26.0%, which meant a reduction of 36.3 and 42.6%, compared to the control treatment, while, in severity, when it was used at the highest dose (4 cm<sup>3</sup>/l), this product showed results comparable to those obtained with the use of the chemical fungicide. Furthermore, it was observed that the use of Ozbrand at the highest dose (4 cm<sup>3</sup>/l) allowed obtaining the maximum value of pellet diameter, with values of 20.5 cm, followed by the same product applied at the lowest dose (2 cm<sup>3</sup>/l), which produced similar results to when the chemical fungicide (Acord) was used at the highest dose (1.0 cm<sup>3</sup>/l), with which 18.8 and 17.8 cm were obtained, respectively. A similar trend was observed in relation to pellet weight, which was evidenced in the highest yield in plants treated with Ozbrand at a dose of 4 cm<sup>3</sup>/l (5.3 tn/ha), followed by plants treated with the same product at the lowest dose (4.3 tn/ha). Based on the results, the use of ozonated oil is recommended to control *Alternaria* leaf spot.

**Keywords:** ozonated oil, broccoli, leaf spot, sustainable management

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

*Brassica oleracea* L. es uno de los cultivos más antiguos del mundo, cuyo origen se remonta a partir de la col silvestre, *B. oleracea* var. *oleracea* L., en el sur y oeste de Europa; sin embargo, algunos autores han propuesto que *B. rupestris*, *B. montana* y *B. cretica* son los ancestros del colinabo, las coles y las kales, el brócoli y coliflor, respectivamente. Estas especies son actualmente cultivadas como hortaliza a nivel mundial pero también es valorada como planta ornamental, así como forraje (Żyła et al., 2021).

Entre las enfermedades que atacan al cultivo, la mancha foliar causada por *Alternaria* spp. inicia con diminutas manchas amarillas en las hojas y tallos maduros y es considerada entre las más importantes debido a la severidad de ataque y a su amplia distribución (Nira et al., 2022).

Tradicionalmente, el control químico ha sido utilizado como la principal estrategia para el manejo de las enfermedades de plantas causadas por hongos, el cual tuvo sus orígenes con el uso de cal, azufre y caldo Bordelés a mediados del siglo XIX, pero después fueron desarrollados varios tipos de fungicidas con múltiples sitios de acción con propiedades protectoras y curativas que actúan sobre el metabolismo de los hongos, los cuales han desempeñado un papel importante en la primera mitad del siglo XX (Hirooka y Ishii, 2013).

Sin embargo, existen varias opciones sustentables para proteger los cultivos del ataque de enfermedades, principalmente en la agricultura orgánica, donde, aunque muestra rendimientos menores que en el sistema convencional, la inocuidad sobre el consumidor, el agricultor y el ambiente, justifican su uso (Leadbeater y Gisi, 2009).

En este sentido, el uso de otras alternativas de control más sustentables para el manejo de enfermedades en pimiento está acaparando la atención de investigadores. De acuerdo con Hussein et al. (2023), la aspersión con *Bacillus thuringiensis* redujo eficazmente la severidad de enfermedad del mildiú polvoriento (*Leveillula taurica*) y

un aumento significativo en el rendimiento, posiblemente porque este microorganismo es capaz de inducir la resistencia de las plantas contra *L. taurica* y estimuló muchas funciones bioquímicas en la planta. De manera similar, Kabir et al. (2014) demostraron que el tratamiento foliar con productos orgánicos [extracto de Neem, extracto de Caoba, extracto de Koromcha (*Carissa carandas*), extracto de Ajo (*Allium sativum*), extracto de Neem+Caoba+Koromcha, Ajo+Neem+Koromcha] logró controlar la enfermedad del tizón foliar por alternaria en brócoli (cv. Green Sprouting), con un aumento del rendimiento y de la relación B/C, lo que indica que una combinación juiciosa de prácticas de manejo orgánico promete una producción saludable de brócoli.

Otra alternativa prometedora es el uso de productos ozonizados; sin embargo, aún no existe mucha información sobre su aplicación en el control de plagas y enfermedades. En este sentido, Fuertes (2010) señala que el agua ozonizada tuvo efecto en la reducción de distintas enfermedades y plagas de los cultivos y, también pareciera tener efectos fitotóxicos sobre las plantas por lo que es vital que se hagan estudios para determinar la concentración correcta para dañar al cultivo; sin embargo, podría ser usado como herbicida de contacto cuando se use en altas concentraciones.

En vista de las desventajas del control químico sobre la salud y el ambiente, en el presente estudio se hizo una evaluación de productos para el manejo de *Alternaria* spp. en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes Investigativos

Adhikari et al. (2023) evaluaron el efecto de los fungicidas triazol y estrobilurina sobre el tizón de hojas y vainas causados por *Alternaria* (*Alternaria raphani*) en rábano (*Raphanus sativus* var. Mino Early) a través de siete tratamientos que incluyeron T1 (Propiconazol 25% EC), T2 (Tebuconazol 25% WDG), T3 (Azoxistrobina 23% SC), T4 (Propiconazol 13,9% + Difenconazol 13,9% EC), T5 (Azoxistrobina 11% + Tebuconazol 18,3% SC), T6 (Tebuconazol 50% + Trifloxistrobina 25% PM) y T7 (control). Los resultados demostraron que el uso de Propiconazol 13,9% + Difenconazol 13,9% EC (T4) mostró la menor severidad de la enfermedad (22,67), seguido del tratamiento donde se usó Propiconazol 25% EC (27,11). En cuanto a la infección de vainas, nuevamente el T4 también mostró el control más efectivo (17,56), seguido del T1 (19,78). En general, los resultados indican que la aplicación de T4 (Propiconazol 13,9% + Difenconazol 13,9% EC) redujo significativamente la severidad de la enfermedad tanto en hojas como en vainas de rábano, lo que demuestra su eficacia en el manejo del tizón de hojas y vainas por *Alternaria*, sugiriendo que esto podría ser una opción de tratamiento fungicida adecuada para el control del tizón por *Alternaria* en cultivos de rábano.

Para comprobar la eficacia de los fungicidas y extractos de plantas contra la mancha foliar en espinaca causada por *Alternaria alternata*, Kachelo et al. (2022) evaluaron cinco extractos de plantas y cinco fungicidas en condiciones *in vitro* y de campo. De acuerdo con los resultados, el extracto de moringa (*Moringa oleifera*) mostró un crecimiento fúngico mínimo (20.79 mm) seguida del jengibre (*Zingiber officinale*; 25.91 mm), el ajo (*Allium sativum*; 28.09 mm), el neem (*Azadirachta indica*; 29.01 mm) y sábila (*Aloe barbadensis*; 29.54 mm), mientras que en productos químicos Tilt mostró un crecimiento fúngico mínimo (7.98 mm) seguido de Score (10.87 mm), Antracol (11.40 mm), Radomil Gold (11.97 mm) y Blue Copper (14.39 mm). Bajo las condiciones de invernadero y campo, la aplicación del fungicida (Tilt) junto con el extracto de moringa resultó más efectiva mostrando una incidencia mínima de la



enfermedad (15 y 18%, respectivamente) en comparación con el control. Según estos hallazgos, se recomienda a los agricultores que la enfermedad de la mancha foliar de la espinaca por *Alternaria* se puede controlar mediante el uso de fungicida Tilt y extracto de moringa.

Debido al aumento tanto de la incidencia como de la severidad de la mancha foliar por *Alternaria* en Michigan, Rosenzweig et al. (2019) evaluaron el efecto de tres clases de fungicidas para el manejo de la mancha foliar en la remolacha azucarera, incluido el inhibidor de la desmetilasa (DMI), el inhibidor externo de quinona (QoI) y los fungicidas de organoestaño. Los autores obtuvieron aislados monoconidiales para determinar la sensibilidad a cada clase de fungicida utilizando el método de dilución en gradiente en espiral para estimar la concentración efectiva del fungicida que causó una inhibición del 50% del crecimiento fúngico *in vitro*. Se detectaron cambios temporales significativos en las frecuencias de los fenotipos de sensibilidad a DMI y QoI, pero no a los fungicidas orgánicos de estaño. Los aislados individuales de *Alternaria* spp. se recuperaron con resistencia cruzada a DMI y resistencia múltiple a los fungicidas DMI, QoI e hidróxido de trifenilestaño. El monitoreo de la sensibilidad a los fungicidas indica que un enfoque efectivo de manejo integrado de enfermedades que combine ensayos de eficacia de fungicidas y el monitoreo de la biología de los patógenos es esencial para desarrollar recomendaciones efectivas de manejo de la resistencia.

Durante la temporada de crecimiento 2010-2011, Sabry et al. (2015) evaluaron la incidencia de la mancha foliar por *Alternaria* en col en diferentes localidades de Egipto, así como varias estrategias de control, incluyendo la resistencia de plantas y el control biológico. Los procedimientos de aislamiento produjeron varios géneros de hongos con frecuencias variables, pero *Alternaria brassicicola* fue el hongo aislado con mayor frecuencia. Para controlar esta enfermedad, la prueba de reacción del cultivar reveló que el cultivar OS-Cross fue más resistente, mientras que el cultivar Balady fue el más susceptible y, por otra parte, los aislados bacterianos (B1 y *Bacillus subtilis*), así como sus filtrados de cultivo, demostraron ser muy eficaces para reducir la germinación de las esporas de *A. brassicicola* y, posteriormente, reducir los

parámetros de la enfermedad *in vivo*, seguidos por *Trichoderma viride* y *T. harzianum*, respectivamente. Con relación al uso de productos químicos, el fungicida Diathane-M45 fue el fungicida protector más eficaz en la disminución de los parámetros de la enfermedad, se observó la misma tendencia en el caso del fungicida curativo.

Carvalho et al. (2011) realizaron un estudio para evaluar *in vitro* e *in vivo* las propiedades antifúngicas de extractos de plantas preparados a partir de hojas, cortezas, flores y tallos recolectados de 105 especies de plantas para el control de *Alternaria alternata*, agente causal de la enfermedad de la mancha marrón por *Alternaria*. Los autores observaron que el extracto de *Anadenanthera colubrina*, que redujo la enfermedad a niveles similares a los observados con fungicidas comerciales, mientras que los extractos de *Artemisia annua*, *Cariniana estrelensis*, *Ficus carica* y *Ruta graveolens* presentaron moderada actividad antifúngica *in vitro*, pero no se observaron efectos sobre la enfermedad cuando los extractos se aplicaron a frutos inoculados con el hongo, sugiriendo que estas plantas podrían ser usadas en el control de la enfermedad.

Con relación al uso de aceites ozonizados, varios estudios han demostrado su efectividad en el control de microorganismos en diferentes ámbitos. Floare et al. (2023) analizaron el aceite esencial de *Mentha piperita* para su uso como agente que aumenta el potencial antimicrobiano del ozono contra bacterias y hongos grampositivos y gramnegativos. El efecto del ozono en las siguientes cepas probadas con máxima eficiencia se observó después de 55 s de exposición única al ozono, en orden de intensidad del efecto: *S. aureus* > *P. aeruginosa* > *E. coli* > *C. albicans* > *S. mutans*. Para el ozono con la adición de 2% de aceite esencial de menta la eficacia máxima se registró a los 5 s para estas cepas, en orden de intensidad del efecto: *C. albicans* > *E. coli* > *P. aeruginosa* > *S. aureus* > *S. mutans*. En conclusión, el uso de ozono, combinado con aceite esencial de menta se sostiene como una terapia alternativa en la biopelícula de placa y se sugiere en medicina como útil para controlar los microorganismos patógenos.

Por otra parte, los estudios relacionados con el uso del ozono para el control de hongos fitopatógenos demuestran que este compuesto es capaz de reducir la germinación de conidios en un 98,8% con el tratamiento de 5 mg/mL de ozono, mientras que a dosis de 20 mg/mL fue eficaz para producir una alta pérdida en la producción y biosíntesis de toxinas de *Alternaria*, principalmente alternariol durante el almacenamiento y la aparición de la mancha marrón por *Alternaria* (Sehim et al., 2023).

## **1.2. Marco Teórico**

### **1.2.1. Importancia de la familia Brassicaceae**

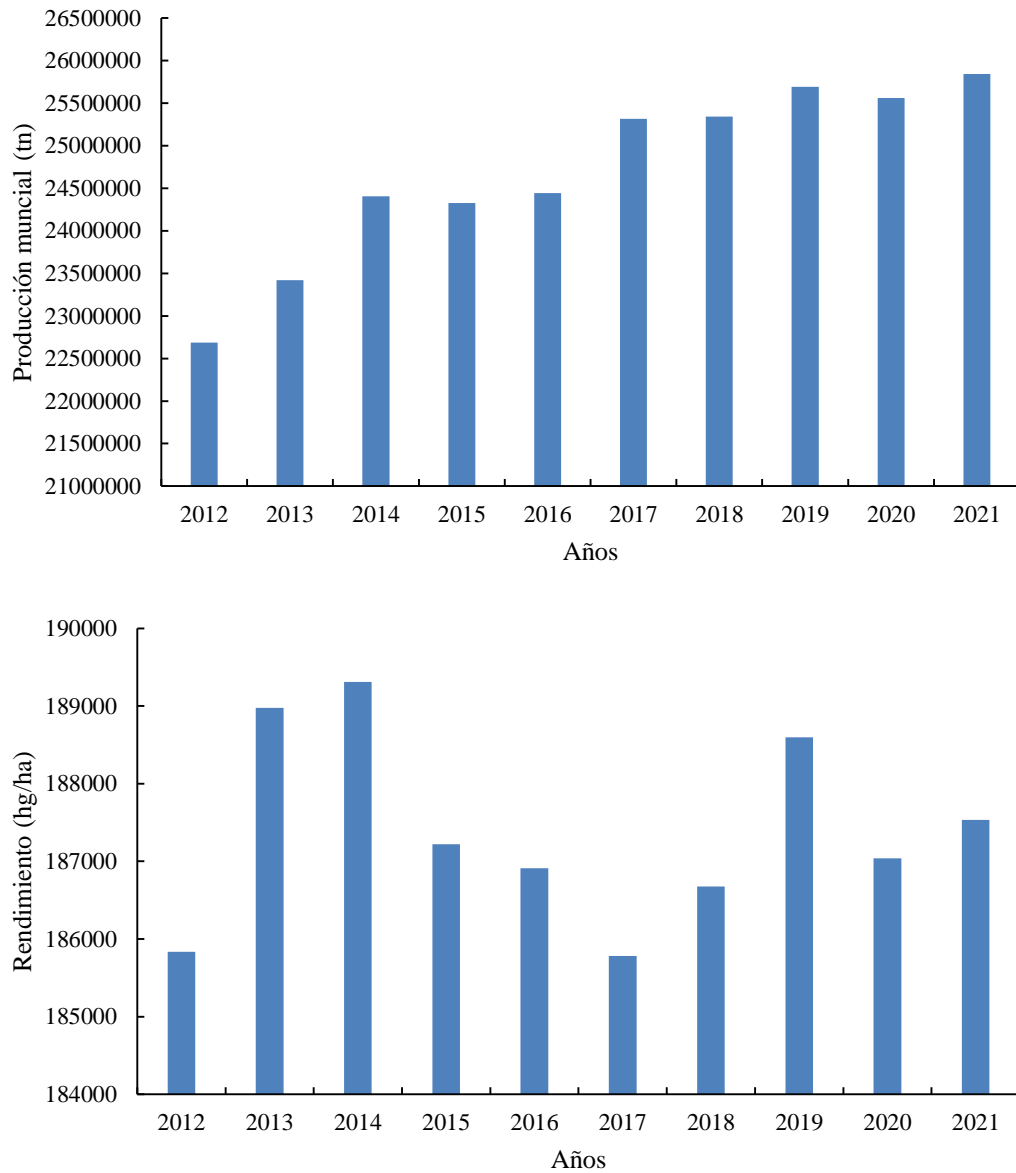
La familia Brassicaceae, originalmente conocida como Cruciferae, se encuentra entre las familias de Angiospermas más grandes dentro del orden Brassicales y está conformada por unas 3709 especies incluidas en aproximadamente 360 géneros, con amplia distribución mundial, pero en los trópicos se encuentran principalmente en regiones montañosas (Raza et al., 2020).

El género *Brassica* es uno de los principales grupos de importancia agrícola, puesto que incluye cultivos de hortalizas (col, brócoli, acelga, etc.) y semillas oleaginosas (canola, mostaza) incluidas dentro de la especie *Brassica oleracea*, en la cual se distinguen siete grupos, de acuerdo con la morfología y las formas de desarrollo: *B. oleracea* "grupo capitata" (diferentes variedades de col), *B. oleracea* "grupo Acephala" (col rizada y col rizada), *B. oleracea* "grupo Alboglabra" (brócoli chino o Kai-lan), *B. oleracea* "grupo Botrytis" (coliflor, brócoli romanesco y brócoli), *B. oleracea* "grupo Italica" (brócoli), *B. oleracea* "grupo Gemmifera" (coles de Bruselas) y *B. oleracea* "grupo Gongylodes" (colinabo) (Šamec y Salopek-Sondi, 2019).

### **1.2.2. Valor económico del cultivo del brócoli**

En el caso del brócoli, este se cultiva por encima de los 700 m en zonas con temperaturas diurnas entre 15 y 24°C y suficiente luz durante todo su ciclo de crecimiento (60-100 días) (Muimba-Kankolongo, 2018). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2023), la producción mundial de brócoli ha mostrado ligeras variaciones en los últimos 10 años,

alcanzando 22,685,582.4 tn en el 2012 hasta lograr posicionarse en 25,843,741.4 tn en el 2021, lo cual representa un incremento de 12.2%, mientras que el rendimiento varió desde 185835 kg/ha hasta 187534 kg/ha, lo que evidencia apenas un 0.915 de incremento durante ese mismo período (Fig. 1).

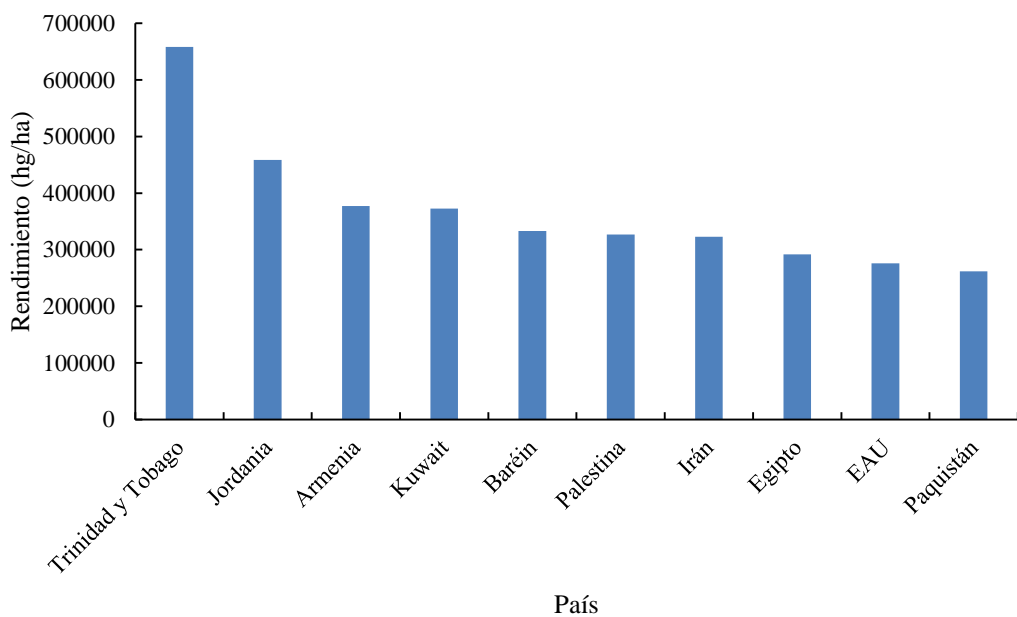
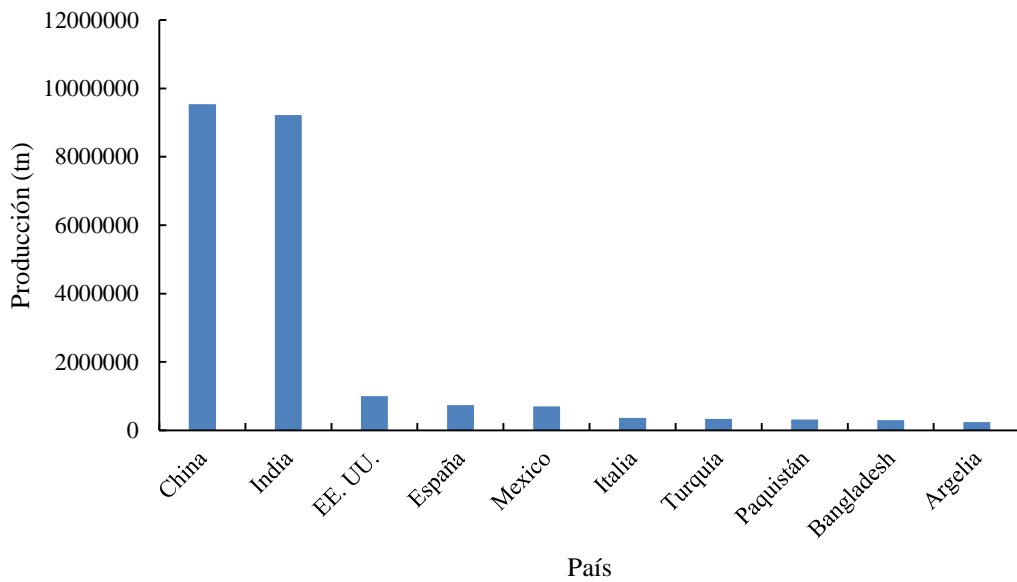


**Figura 1**

*Variación mundial de la producción y el rendimiento de brócoli desde 2012 hasta 2021*

Fuente: FAOSTAT (2023)

Durante 2021, los principales países productores incluyen a China e India, que contribuyen con el 72.6% de la producción mundial, seguidos de EE. UU., España, México, Italia, Turquía, Paquistán, Bangladesh y Argelia (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2023) (Fig. 2).



**Figura 2**

*Principales países productores y de mayor rendimiento de brócoli durante el 2021*

Fuente: FAOSTAT (2021)

Con relación al rendimiento Trinidad y Tobago, Jordania, Armenia, Kuwait, Barén, Palestina e Irán, Egipto y Emiratos Árabes Unidos (Fig. 2).

### 1.2.3. Principales enfermedades del brócoli

Las enfermedades del brócoli ocurren con mucha frecuencia; sin embargo, estas no son diagnosticadas y tratadas por fitopatólogos, lo que dificulta su control y manejo (Lafi et al., 2008). De acuerdo con estos autores, las principales enfermedades del cultivo son: mal de talluelo (damping off), hernia de las crucíferas, podredumbre negra, mildiú vellososo, roya blanca y mancha foliar por alternaria.



**Figura 3**

*Síntomas de las principales enfermedades que afectan al cultivo de brócoli*

Fuente: Lafi et al. (2008)

Los síntomas más característicos de la mancha por alternaria son manchas pequeñas, de color oscuro que se agrandan y se vuelven circulares con 1 mm de diámetro durante los estadios tempranos de la enfermedad y en condiciones de humedad se forman grupos de conidióforos dentro de la mancha, desarrollándose anillos concéntricos y finalmente las manchas se fusionan y provocan el deterioro de las hojas, lo que produce marchitamiento de las semillas y mala germinación (Lafi et al., 2008).

Las especies del género *Alternaria* son de importancia económica para los cultivos de *Brassica* debido a su capacidad patogénica en diferentes especies de plantas o endófitos en más de 4.000 asociaciones de *Alternaria*-hospedadores, la mayoría de las cuales son especies agrícolas de importancia mundial (Blagojević et al., 2020). Las enfermedades conocidas con diferentes nombres, como tizón foliar por alternaria, mancha foliar, pudrición de hortalizas por almacenamiento, entre otros, cuyos síntomas se presentan en semillas de colza, repollo, coliflor, col china, col rizada, brócoli y muchos otros, son causados por dos patógenos principales: *A. brassicae* y *A. brassicicola* (Blagojević et al., 2020).

De acuerdo con De Britto y Jogaiah (2022), *Alternaria brassicicola* infesta a miembros de Brassicaceae provocando manchas foliares, lo que provoca pérdidas de rendimiento del 20% al 50% en todo el mundo. Este es un patógeno necrotrófico que posee una fase de crecimiento policíclico, se reproduce asexualmente mediante la producción de conidios y tiene una alta patogenicidad debido a su corto ciclo de vida y su adaptación a las condiciones climáticas cambiantes (De Britto y Jogaiah, 2022).

La mancha foliar se ha convertido en una enfermedad destructiva del brócoli que puede provocar pérdidas económicas en esta hortaliza en diferentes partes del mundo; sin embargo, se dispone de muy poca información sobre su manejo mediante el uso de fungicidas (Nira et al., 2022b).

Adicionalmente, la enfermedad puede transmitirse a las semillas y provocar la muerte de las plántulas o una pérdida significativa del rendimiento, que se evidencian en tanto cualitativa como cuantitativa. Las infecciones intensas pueden disminuir el

número de semillas hasta en un 36% y la disminución del aceite hasta en un 10%, y se ha documentado que la pérdida de rendimiento promedio es del 20% al 60% (Saharan et al., 2016).

#### **1.2.4. Métodos de control de la enfermedad**

El manejo de la mancha foliar causada por *Alternaria* es primordial para evitar las pérdidas económicas. El control de la enfermedad se ha basado en una serie de estrategias que incluyen el uso de fungicidas, bioestimulantes y extractos de plantas, pero la estrategia más utilizada para disminuir la severidad de la enfermedad es el uso de variedades resistentes (Ishieze et al., 2023). Aunque la resistencia genética ha demostrado ser la forma más eficaz para el control de la enfermedad, debido a que es duradera y ecológicamente segura, la limitada disponibilidad de variedades resistentes en muchas partes del mundo ha hecho que actualmente los agricultores basen su control en el uso de fungicidas (Rashid et al., 2014).

Existe una amplia variedad de productos fungicidas que pueden ser usados para el control de *Alternaria*, entre los cuales se incluyen los triazoles. Entre los fungicidas inhibidores de la desmetilación (DMI), el grupo de los triazoles es uno de los grupos más grandes e importantes de fungicidas sistémicos que controla una amplia gama de enfermedades fúngicas en una amplia gama de cultivos (Thabit et al., 2021). El modo de acción de los triazoles se basa en prevenir la producción de esteroides, que se consideran los componentes principales de las membranas celulares de los hongos (Thabit et al., 2021).

Por su parte, el difenoconazol es un fungicida de amplio espectro del grupo de los triazoles que pertenece a 14 inhibidores de la  $\alpha$ -desmetilación (DMI) y que es absorbido por las raíces de las plantas y distribuido a otras partes de las plantas a través del tejido del xilema. Su uso en la agricultura ha ido aumentando más rápido que el de otros fungicidas por su eficacia en el control de enfermedades y generalmente se usa mediante aspersiones o tratamiento de semillas, así como directamente a las raíces (R. Liu et al., 2021).



Sin embargo, muchos fungicidas químicos sintéticos tienen efectos secundarios negativos, incluida la contaminación ambiental, daños a la salud humana y pérdida de eficacia debido al aumento de la resistencia de los patógenos a los fungicidas, por lo tanto, se están buscando alternativas a los fungicidas químicos para el manejo de las manchas foliares por *Alternaria* (Viriyasuthee et al., 2019).

Por lo tanto, en los últimos años se están evaluando otras tácticas de control, entre los cuales resalta el uso de agentes de control biológico y aplicación de extractos vegetales con propiedades fungicidas.

Una opción eficaz y económica para el control de enfermedades es el uso de extractos de plantas con propiedades fungicidas, debido a que tanto los extractos de plantas como los aceites esenciales son biodegradables y tienen un bajo impacto negativo en el medio ambiente (Carvalho et al., 2011).

En general, los aceites esenciales están compuestos por una mezcla de triglicéridos, ácidos, terpenos, fenoles, ésteres y lactonas que se caracterizan por sus propiedades bioestimulantes, insecticidas, fungicidas, bactericidas y fitomejoradoras, por lo tanto constituyen una alternativa frente al uso de plaguicidas químicos, cuyas ventajas incluyen su efectividad y el retraso en el desarrollo de resistencia en las plagas o agentes patógenos (Flórez y Mojica, 2019).

Adicionalmente, estudios previos han demostrado que los aceites esenciales pueden reaccionar con el ozono para formar aceite ozonizado debido a la capacidad del ozono para reaccionar con los dobles enlaces carbono-carbono de los ácidos grasos insaturados del aceite para producir compuestos oxigenados como ozonatos, peróxidos y aldehídos (Moureu et al., 2015). Ozbrand es un producto orgánico formulado a base de aceites vegetales ozonizados. Debido a su alto potencial electroquímico actúa oxidando varios componentes de la envoltura celular que provoca una fuga del contenido celular y eventualmente causa lisis (Robert y Brown, 2004).

#### **1.2.5. Productos usados**

Acord: es un fungicida de acción sistémica con efecto preventivo y curativo, a base de Difenoconazole 250 g/l, que viene formulado como Concentrado

Emulsionable (EC). Este producto inhibe la biosíntesis de Ergosterol de los hongos, deteniendo su desarrollo y esporulación (Crystal Chemical Ecuador, 2018).

Ozbrand: es un aceite ozonizado que actúa como fungicida orgánico que activa el sistema inmunológico de las plantas y ayuda a evitar pudriciones, protege contra el daño oxidativo generado en células sometidas a distintos tipos de estrés, permitiéndole a la planta alcanzar su máximo de producción potencial (Agrimportec, 2023).

### **1.3. Objetivos**

#### **Objetivo general:**

Evaluar productos para el manejo de (*Alternaria* spp.) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)

#### **Objetivos específicos:**

- Evaluar la eficiencia de dos productos (químico y orgánico) para el manejo de *Alternaria* spp., en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*).
- Determinar la mejor dosis de cada producto para el manejo de *Alternaria* spp. en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*).
- Determinar el rendimiento por hectárea del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) utilizando dos productos para el manejo químico y orgánico de *Alternaria* spp.

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1. Ubicación del ensayo

La investigación se realizó en el barrio Señor de la Justicia ubicado en la parroquia Izamba del cantón Ambato, provincia Tungurahua, a una altitud de 2.683 msnm (01° 13' 56" S y 78°34 25" O (Sistema de Posicionamiento global GPS).

#### 2.2. Características del lugar

##### 2.2.1. *Clima*

Según la Red Hidrometeorológica de Tungurahua (2023), la zona se caracteriza por una temperatura media anual de 16 °C, con máximas y mínimas de 24 y 12 °C, 74,34 % de humedad relativa, precipitación anual de 600-900 mm y una velocidad del viento de 2,07 m/s.

##### 2.2.2. *Suelo*

El suelo tiene una textura franco – arenosa (*Fa*) de consistencia ligera con un alto contenido de materia orgánica y el pH del suelo varía de 7 a 8 (Coba, 2018).

##### 2.2.3. *Agua*

El riego en el sector donde se realizó el estudio proviene del canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato.

#### 2.3. Equipos y materiales

##### 2.3.1. *Equipos*

- Balanza
- Bomba de fumigar

### 2.3.2. *Productos*

- Acord (Difeconazole 250 g/l)
- Ozbrand (Aceite vegetal 39.32 %/p/v)

### 2.3.3. *Material biológico*

- Plantas de brócoli

### 2.3.4. *Materiales*

- Baldes
- Herramientas de labores culturales
- Botas
- Etiquetas
- Palos de madera
- Plástico

## **2.4. Factores en estudio**

### 2.4.1. *Productos*

- P1: Acord
- P2: Ozbrand

### 2.4.2. *Dosis de productos*

Dosis de Acord:

- D1: 0.5 cm<sup>3</sup> /l
- D2: 1.0 cm<sup>3</sup> /l

Dosis de Ozbrand:

- D1: 2 cm<sup>3</sup> /l
- D2: 4 cm<sup>3</sup> /l

Testigo: Sin aplicación

### 2.4.3. Tratamientos

Los tratamientos que fueron evaluados resultan de la combinación de los factores en estudio que se puede visualizar en la siguiente tabla:

**Tabla 1**

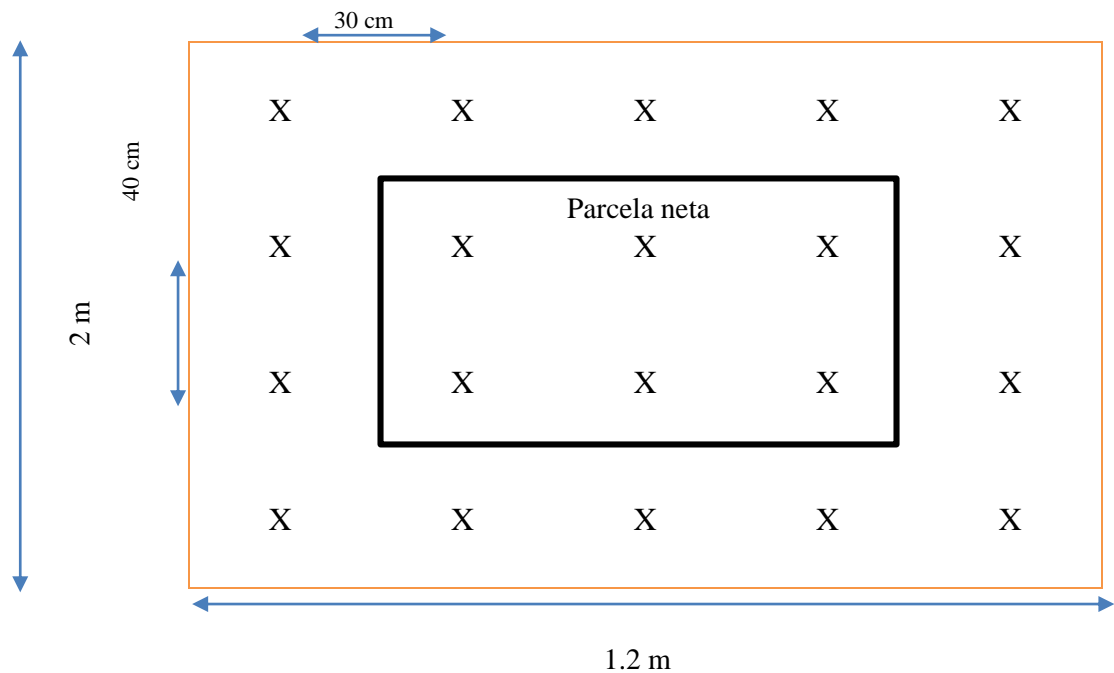
*Tratamientos aplicados*

| Tratamiento | Factor 1    | Factor 2                   | Simbología | Descripción                  |
|-------------|-------------|----------------------------|------------|------------------------------|
| 1           | Producto 1: | D1: 0.5 cm <sup>3</sup> /l | P1D1       | Acord 0.5 cm <sup>3</sup> /L |
| 2           | Acord       | D2: 1.0 cm <sup>3</sup> /l | P1D2       | Acord 1.0 cm <sup>3</sup> /L |
| 3           | Producto 2: | D1: 2 cm <sup>3</sup> /l   | P2D1       | Ozbrand 2 cm <sup>3</sup> /l |
| 4           | Ozbrand     | D2: 4 cm <sup>3</sup> /l   | P2D2       | Ozbrand 4 cm <sup>3</sup> /l |
| 5           | Testigo     | Sin aplicación             | T0         | Testigo                      |

*Distribución de los tratamientos en campo*

|              |     |      |      |      |      |      |
|--------------|-----|------|------|------|------|------|
| REPETICIONES | I   | P1D1 | T0   | P2D1 | P2D2 | P1D2 |
|              | II  | P2D2 | P1D1 | T0   | P1D2 | P2D1 |
|              | III | P1D2 | P2D1 | P2D2 | T0   | P1D1 |

## Características de la Unidad Experimental



### 2.5. Diseño experimental

El estudio fue conducido bajo un diseño completamente al azar, para analizar el efecto de cada producto aplicados a las dosis respectivas. Se usó un tratamiento testigo al cual no se hizo ningún tipo de aplicación. Cada tratamiento fue repetido tres veces.

### 2.6. Hipótesis

H<sub>1</sub>: Al menos un producto controla la mancha foliar del repollo (*Alternaria* spp.) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*).

### 2.7. Variables respuesta

#### 2.7.1. Porcentaje de incidencia

El porcentaje de incidencia se evaluó por observación visual, para lo cual se seleccionaron cuatro plantas al azar de cada parcela neta de cada tratamiento para determinar los síntomas de *Alternaria* spp. Los datos fueron registrados a los 15 días

después de cada aplicación. El porcentaje de incidencia fue calculado mediante la fórmula presentada por Castillo-Arévalo y Jiménez-Martínez (2020):

$$\% \text{ incidencia} = \frac{N^{\circ} \text{ de } \text{órganos o plantas afectadas}}{N^{\circ} \text{ total de plantas}} \times 100$$

### 2.7.2. Porcentaje de severidad

La severidad fue determinada en cuatro plantas tomadas al azar en las cuales se evaluaron en tres hojas/planta de cada parcela neta en cada tratamiento, en las cuales se determinó el porcentaje del área foliar afectada por la enfermedad. Los datos fueron registrados 15 días después de cada aplicación. Se utilizó la escala para enfermedades foliares mostrada en la tabla 2, siguiendo la metodología de Lalnunmawii y Simon (2022):

**Tabla 2**

*Descripción de la escala de calificación de la enfermedad para la mancha foliar en brócoli causada por Alternaria*

| <b>Grado</b> | <b>Descripción de los síntomas</b>                               |
|--------------|--|
| 0            | Sin manchas ni clorosis  |
| 1            | Síntomas de enfermedad visibles hasta en un 10% del área         |
| 2            | Síntomas de enfermedad visibles entre el 11 y el 23% del área    |
| 3            | Síntomas de enfermedad visibles en entre el 26 y el 50% del área |
| 4            | Síntomas de enfermedad visibles en entre el 51 y el 73% del área |
| 5            | Síntomas de enfermedad visibles en más del 76% del área          |

Fuente: Lalnunmawii y Simon (2022)

### 2.7.3. Peso de la pella

Con la ayuda de una balanza, se registró el peso de pella de cuatro plantas al azar de cada parcela neta en cada tratamiento. Se expresó como valor promedio expresado en gramos (g).

#### *2.7.4. Diámetro de la pella*

El diámetro de la pella fue medido usando un calibrador vernier y se expresó en centímetros (cm).

#### *2.7.5. Rendimiento*

Se tomó el peso de pella de todas las plantas en cada tratamiento y mediante una regla de tres en base a su área se transformó en peso por hectárea para calcular su rendimiento.

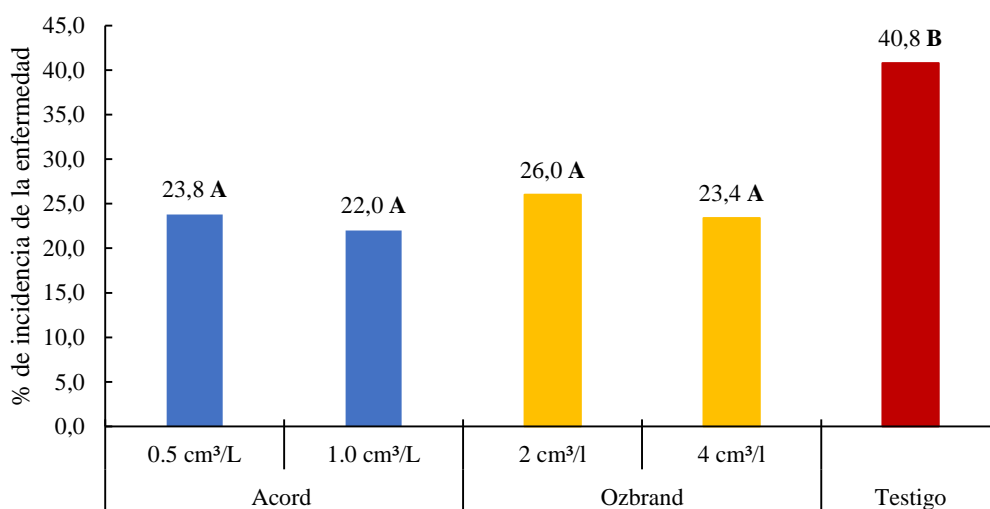


## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Incidencia de *Alternaria* spp. en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)

Se detectó efecto de los productos sobre la incidencia de la mancha foliar por *Alternaria* en plantas de brócoli puesto que todos los tratamientos mostraron una reducción de la incidencia con respecto al tratamiento testigo en el cual las plantas mostraron hasta un 40.8% de incidencia de la enfermedad (Fig. 4). Con relación a los tratamientos aplicados, no se observaron diferencias significativas entre las plantas tratadas con el fungicida químico y las tratadas con el aceite ozonizado, con valores que oscilaron entre 22.0 y 23.8% con el uso de Difenoconazole (Acord), lo cual representó una reducción de la incidencia de la mancha foliar por *Alternaria* de 41.7 y 46.1%, mientras que la incidencia en plantas tratadas con aceite ozonizado (Ozbrand) varió entre 23.4 y 26.0 %, lo que significó una reducción de 36.3 y 42.6%, respecto al tratamiento testigo.



**Figura 4**

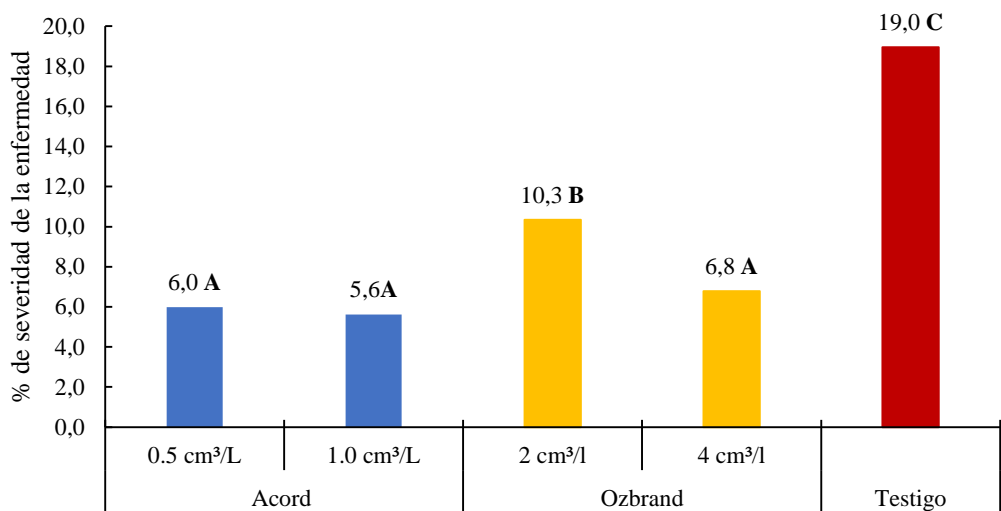
*Efecto de la aplicación de dos dosis de Acord y Ozbrand sobre la incidencia de la mancha foliar por Alternaria en plantas de brócoli (Brassica oleraceae var. italica)*

Estudios previos han demostrado que las poblaciones de *Alternaria* spp. han mostrado alta sensibilidad a diferentes fungicidas químicos, incluyendo difenoconazol, fenbuconazol, flutriafol, protioconazol, tetraconazol, piraclostrobina y trifenil estaño OH); sin embargo, el difenoconazol mostró mayor efectividad con el menor valor de CE50 y también la menor variabilidad de la sensibilidad en varios años de estudio (Rosenzweig et al., 2019). Basado en este estudio, es posible explicar los mejores resultados obtenidos con el uso de Acord debido a que este producto contiene difenoconazol en su composición, lo cual pudo haber ejercido mejor control de la enfermedad.

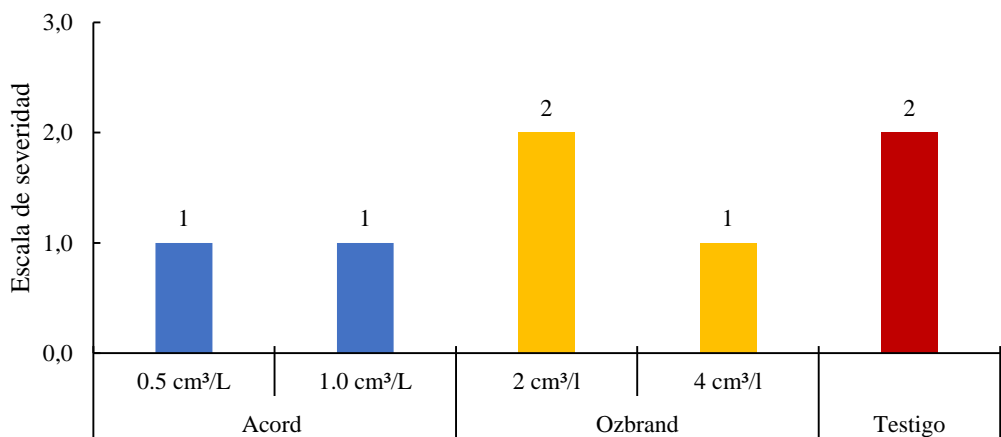
### **3.2. Severidad de *Alternaria* spp. en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)**

En cuanto a la severidad de la mancha foliar por *Alternaria*, también se demostró efecto de los diferentes tratamientos, puesto que, en todos los casos, la severidad fue significativamente menor en comparación con el testigo, en el cual, las plantas mostraron en promedio un 19% de severidad (Fig. 5). Los mejores tratamientos en la severidad de la enfermedad fueron Acord en las dosis 0.5 y 1.0 cm<sup>3</sup>/l donde se observaron valores de 6.0 y 5.6%, respectivamente, equivalente a una severidad de grado 1, según la escala usada. Con el uso de Ozbrand en la dosis más alta (4 cm<sup>3</sup>/l) donde la severidad fue de apenas 6.8% (Grado 1), con lo que se demostró una disminución de 68.4, 70.3 y 64.2%, respectivamente con relación al tratamiento testigo. Cuando se usó Ozbrand en la dosis más baja (2 cm<sup>3</sup>/l) la severidad fue un poco más alta (10.3%) siendo 45.4% menor que en el tratamiento testigo.

Probablemente, el Acord fue más efectivo para disminuir la severidad de la mancha foliar debido a que este es un fungicida de acción sistémica con efecto preventivo y curativo, a base de difenoconazole, el cual inhibe la biosíntesis de Ergosterol de los hongos, deteniendo su desarrollo y esporulación. El uso de difenoconazol en agricultura se ha incrementado de manera más rápida que el de otros fungicidas por su eficacia en el control de enfermedades debido a la acción sistémica y de amplio espectro (Liu et al., 2021).



### Escala de severidad



**Figura 5**

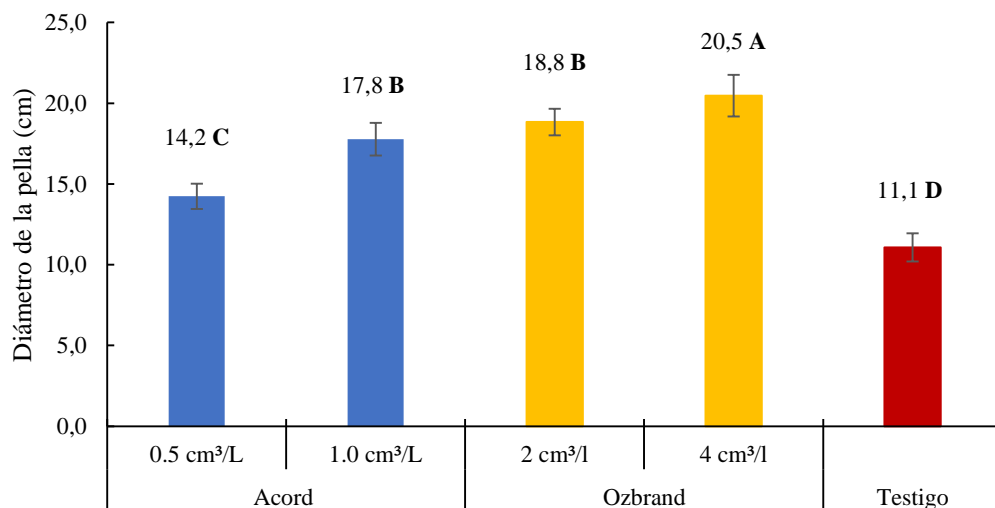
*Efecto de la aplicación de dos dosis de Acord y Ozbrand sobre la severidad de la mancha foliar por Alternaria en plantas de brócoli (Brassica oleraceae var. italica)*

Nan et al. (2019) demostraron que el tratamiento con ozono redujo significativamente la severidad, medida en función del diámetro de la colonia de *Alternaria* spp., además de inhibir la producción de micotoxinas (TeA, AOH y AME), causar variaciones morfológicas de las esporas e hifas, que se encogieron y fracturaron masivamente y, por último, mostró fuertes efectos inhibidores sobre la patogenicidad y toxigenicidad de *Alternaria alternata* en el fruto del tomate, por lo que concluyen

que el ozono podría utilizarse para prevenir y controlar la contaminación de los productos agrícolas por *A. alternata* y sus micotoxinas.

### 3.3. Diámetro de pella de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) utilizando dos productos para el manejo químico y orgánico de (*Alternaria* spp.)

Se detectó efecto del producto y sus dosis sobre el diámetro y peso de la pella de plantas de brócoli (Figs. 6). Se observó que el uso de Ozbrand a la mayor dosis (4 cm<sup>3</sup>/l) permitió obtener el máximo valor de diámetro de la pella, con valores de 20.5 cm, seguido del mismo producto aplicado a la dosis más baja (2 cm<sup>3</sup>/l), la cual produjo resultados similares a cuando se usó el fungicida químico (Acord) a la mayor dosis (1.0 cm<sup>3</sup>/l), con los cuales se obtuvieron 18.8 y 17.8 cm, respectivamente.



**Figura 6**

*Diámetro y peso de la pella por efecto de la aplicación de dos dosis de Acord y Ozbrand en plantas de brócoli (Brassica oleraceae var. italica)*

Por otra parte, la aplicación de Acord a dosis bajas (0.5 cm<sup>3</sup>/l) produjo los más bajos resultados en el diámetro de la pella, siendo un 30.4% menor que el diámetro obtenido con el uso de Ozbrand a dosis de 4 cm<sup>3</sup>/l. Por último, las plantas de brócoli que no fueron tratadas mostraron el más bajo valor de diámetro de la pella, siendo

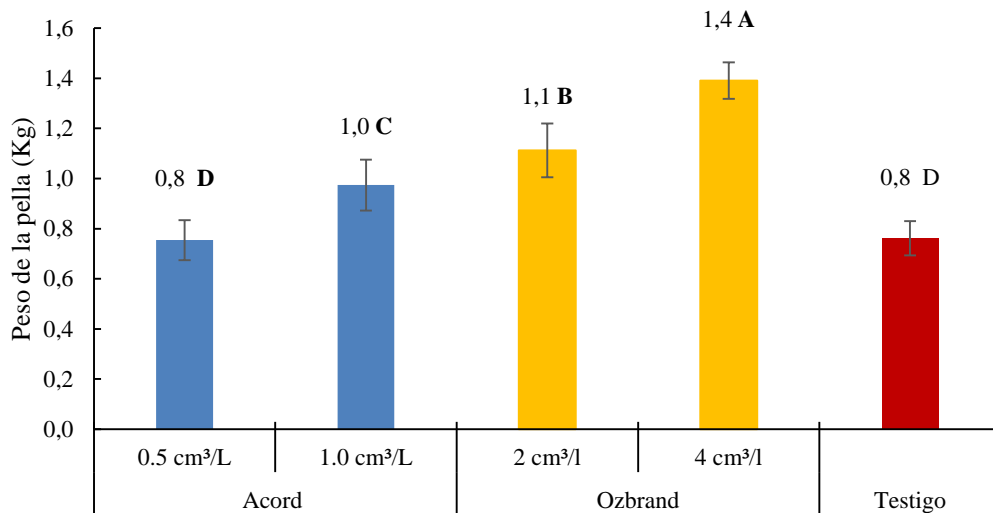
45.9% menor que en las pellas obtenidas de plantas tratadas con Ozbrand a la mayor dosis.

Los mejores resultados en cuanto al diámetro de pella obtenidos con el uso de Ozbrand que, aunque su principal acción es como fungicida, este también promueve la activación del sistema inmunológico de las plantas, protegiéndolas contra el daño oxidativo generado en células sometidas a distintos tipos de estrés, permitiéndole a la planta alcanzar su máximo de producción potencial.

#### **3.4. Peso de pella de brócoli (*Brassica oleracea var. italica*) utilizando dos productos para el manejo químico y orgánico de (*Alternaria spp.*)**

Se observó una tendencia similar con relación al peso de la pella, siendo mayor el peso obtenido en pellas obtenidas de plantas tratadas con Ozbrand a la mayor dosis, en las cuales alcanzaron un promedio de 1.4 Kg, seguidas de pellas obtenidas de plantas que fueron tratadas con la menor dosis del aceite ozonizado (1.1 Kg). Con relación al peso de las pellas cosechadas de plantas que fueron tratadas con Acord a dosis de 1.0 cm<sup>3</sup>/l, alcanzaron valores de 1.0 Kg, mientras que las que fueron tratadas con 0.5 cm<sup>3</sup>/l obtuvieron un peso menor (0.8 Kg), lo cual fue significativamente similar al tratamiento testigo.

De manera similar a lo observado en cuanto al diámetro de pella, los máximos valores de peso de la pella fueron observados con la aplicación de Ozbrand verificándose su papel en la activación del sistema inmunológico de las plantas, lo que les permite a los cultivos expresar su potencial de producción.

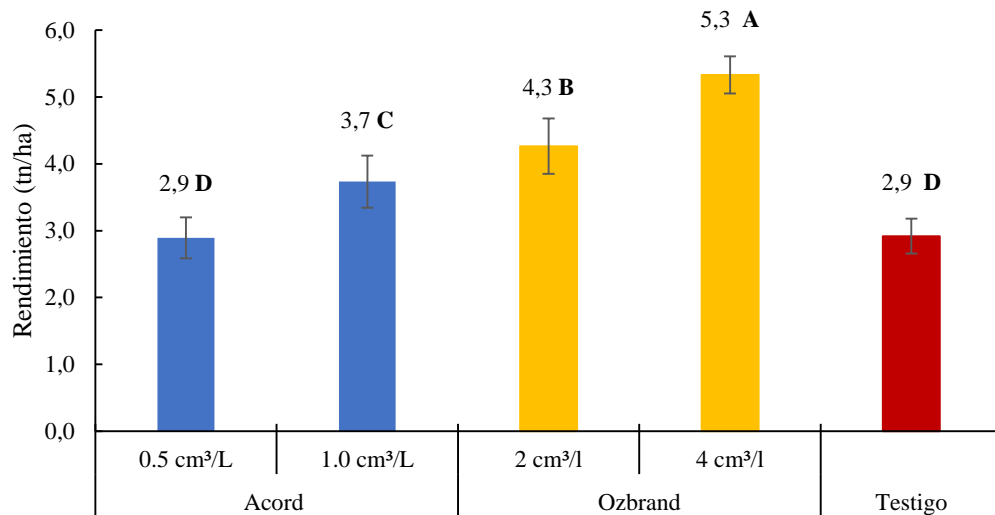


**Figura 7**

*Peso de la pella por efecto de la aplicación de dos dosis de Acord y Ozbrand en plantas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)*

### **3.5. Rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) utilizando dos productos para el manejo químico y orgánico de (*Alternaria* spp.)**

Cuando se analizó el rendimiento nuevamente se encontró un efecto significativo del producto y sus dosis, observándose mayor rendimiento en plantas tratadas con Ozbrand a dosis de 4 cm<sup>3</sup>/l con el que se alcanzó un valor de 5.3 tn/ha, seguido de las plantas tratadas con el mismo producto a la dosis menor (2 cm<sup>3</sup>/l), las que tuvieron un rendimiento de 4.3 tn/ha. Las plantas tratadas con las dos dosis del fungicida químico (1.0 y 0.5 cm<sup>3</sup>/l) alcanzaron un rendimiento de 3.7 y 2.9 tn/ha, respectivamente, que fue 30.0 y 45.8 % menor que el mejor tratamiento (Ozbrand a 4 cm<sup>3</sup>/l) (Fig. 8).



**Figura 8**

*Variación del rendimiento en plantas de brócoli (Brassica oleraceae var. italica) por efecto de la aplicación de dos dosis de Acord y Ozbrand*

De acuerdo con Kovilpillai et al. (2023), la exposición elevada al ozono aumentó significativamente la actividad de las enzimas antioxidantes como la catalasa y la peroxidasa, además del incremento en el contenido de fósforo total en los tejidos de las hojas, sin embargo, los protectores a base de ozono desempeñaron un papel importante sobre el crecimiento y el desarrollo, los rasgos fisiológicos y el rendimiento de plantas de nabo.

El uso de ozono aplicado de forma foliar permitió la adición de nutrientes en las plantas y la eliminación de plagas y enfermedades, por lo que esto afecta positivamente el crecimiento rápido y vigoroso de las mismas. Lo indicado podría explicar los resultados obtenidos en la presente investigación, en la cual se observó un mayor crecimiento de la pella de brócoli, lo que incidió en un mayor rendimiento.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

Se demostró el efecto del uso de aceite ozonizado sobre la incidencia de la mancha foliar por *Alternaria* en plantas de brócoli puesto que su uso mostró una reducción significativa con respecto al tratamiento testigo (sin ningún tipo de aplicación), mientras que a su vez el aceite ozonizado produjo resultados similares a los obtenidos con el uso del fungicida químico. De igual manera, con relación a la severidad de la mancha foliar por *Alternaria*, también se demostró efecto del aceite ozonizado, el cual provocó una disminución significativa en la severidad en comparación con el tratamiento testigo y así mismo, este producto mostró resultados similares a los obtenidos con el fungicida químico.

En cuanto al control de *Alternaria* en brócoli, los mejores resultados fueron obtenidos con el producto Acord a dosis de 0.5 y 1 cm<sup>3</sup>/L y con Ozbrand a dosis de 4 cm<sup>3</sup>/L, mientras que los parámetros del rendimiento fueron mayores con Ozbrand a 4 cm<sup>3</sup>/L.

En cuanto al rendimiento, el aceite ozonizado produjo mejores resultados en los parámetros de peso y diámetro de la pella y, consecuentemente sobre el rendimiento de plantas de brócoli, incluso fueron mayores que con el uso del fungicida químico, lo que podría deberse a la capacidad de estimulación de los complejos enzimáticos del producto ozonizado.

#### 4.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda la incorporación del producto Ozbrand dentro de los programas de manejo de la mancha foliar por *Alternaria* en cultivos de brócoli, debido a que los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran su potencial en el control de la enfermedad.



Es recomendable realizar estudios similares en otros cultivos de importancia hortícola en la región de manera de evaluar su uso potencial con el fin de proponer alternativas sustentables para los cultivos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adhikari, N., Katel, S., & Yadav, S. P. S. (2023). Effect of Triazole and Strobilurin Fungicide Against Alternaria Leaf and Pod Blight (*Alternaria raphani*) in Radish (*Raphanus sativus* var. Mino Early). *AgroEnvironmental Sustainability*, *1*(2), 105–110. <https://doi.org/10.59983/s2023010203>
- Blagojević, J. D., Vukojević, J. B., & Ivanović, Ž. S. (2020). Occurrence and characterization of *Alternaria* species associated with leaf spot disease in rapeseed in Serbia. *Plant Pathology*, *69*(5), 883–900. <https://doi.org/10.1111/ppa.13168>
- Carvalho, D. D. C., Alves, E., Barbosa Camargos, R., Ferreira Oliveira, D., Soares Scolforo, J. R., de Carvalho, D. A., & Sâmia Batista, T. R. (2011). Plant extracts to control *Alternaria alternata* in Murcott tangor fruits. *Revista Iberoamericana de Micología*, *28*(4), 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2011.05.001>
- Castillo-Arévalo, T., & Jiménez-Martínez, E. (2020). Incidencia y severidad de enfermedades asociadas al cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua. *La Calera*, *20*(35), 1–13. <https://doi.org/10.5377/calera.v20i35.10319>
- Coba, C. (2018). *Evaluación de cinco híbridos de tomate hortícola (*Lycopersicon esculentum*) bajo cubierta plástica en parroquia Izamba* [Universidad Técnica de Ambato]. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24085/1/tesis 006 Ingeniería Agropecuaria - Paola Alexandra Masaquiza - cd 006.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24085/1/tesis%2006%20Ingenier%C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Paola%20Alexandra%20Masaquiza%20-%20cd%20006.pdf)
- De Britto, S., & Jogaiah, S. (2022). Priming with fungal elicitor elicits early signaling defense against leaf spot of broccoli underlying cellular, biochemical and gene expression. *Microbiological Research*, *263*, 127143. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127143>
- Floare, A. D., Dumitrescu, R., Alexa, V. T., Balean, O., Szuhaneck, C., Obistioiu, D., Cocan, I., Neacsu, A. G., Popescu, I., Fratila, A. D., & Galuscan, A. (2023). Enhancing the Antimicrobial Effect of Ozone with *Mentha piperita* Essential

Oil. *Molecules*, 28(5), 1–17. <https://doi.org/10.3390/molecules28052032>

Flórez, C., & Mojica, J. (2019). *Determinación de la composición química de los aceites esenciales de Tomillo (Thymus vulgaris) y Romero (Rosmarinus officinalis) y su posible uso como antifúngico contra microorganismos fitopatógenos en productos agrícolas*. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Fuertes, F. (2010). *Estudio de los efectos fitosanitarios del agua ozonizada*. Universidad de Valladolid.

Hirooka, T., & Ishii, H. (2013). Chemical control of plant diseases. *Journal of General Plant Pathology*, 79(6), 390–401. <https://doi.org/10.1007/s10327-013-0470-6>

Hussein, M. A. M., Abdel-Aal, A. M. K., Rawa, M. J., Mousa, M. A. A., Moustafa, Y. M. M., & Abo-Elyousr, K. A. M. (2023). Enhancing chili pepper (*Capsicum annum* L.) resistance and yield against powdery mildew (*Leveillula taurica*) with beneficial bacteria. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 33, 1–9. <https://doi.org/10.1186/s41938-023-00758-0>

Ishieze, P. U., Amuji, C. F., Ugwuoke, K. I., Baiyeri, P. K., & Eze, M. O. (2023). Comparative Efficacy of Systemic and Combination Fungicides for the Control of Alternaria Leaf Spot of Cabbage. *Applied Microbiology*, 3(3), 906–914. <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol3030062>

Kabir, M. H., Rashid, M. M., Bhuiyan, M. R., Mian, M. S., Ashrafuzzaman, M., Rafii, M. Y., & Latif, M. A. (2014). Integrated management of alternaria blight of broccoli. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 8(1), 149–158.

Kachelo, G. A., Rajput, N. A., Atiq, M., Sahi, S. T., Khan, N. A., Hameed, A., Muhammad, N., & Mushtaq, M. S. (2022). Antifungal Efficacy of Plant Extracts and Chemicals against Alternaria Leaf Spot Disease of Spinach. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 35(2), 380–387. <https://doi.org/10.17582/journal.pjar/2022/35.2.380.387>

- Kovilpillai, B., Nedumaran, S., Mani, S., Raja Mani, J., Natarajan, S., & Ramasamy, J. (2023). Impacts of Elevated Ozone and Ozone Protectants on Plant Growth, Nutrients, Biochemical and Yield Properties of Turnip (*Brassica Rapa L.*). *Ozone: Science and Engineering*, 45(5), 475–487.  
<https://doi.org/10.1080/01919512.2023.2165475>
- Lafi, O. I. A., El-Hamarnah, H. A., Al-Saloul, N. J. H., Radwan, H. I. A., & Abu-Naser, S. S. (2008). A Proposed Expert System for Skin Diseases Diagnosis. *Journal of Applied Sciences Research*, 4(12), 1682–1693.
- Lalnunmawii, B., & Simon, S. (2022). Effect of bio-resources against alternaria leaf spot (*Alternaria brassicae*) of broccoli (*Brassica oleracea var. italica*). *The Pharma Innovation Journal*, 11(9), 131–135.
- Leadbeater, A., & Gisi, U. (2009). Recent Developments in Management of Plant Diseases. In U. Gisi, I. Chet, & M. Gullino (Eds.), *Recent Developments in Management of Plant Diseases* (pp. 3–17). Springer Science+Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8804-9>
- Liu, R., Li, J., Zhang, L., Feng, T., Zhang, Z., & Zhang, B. (2021). Fungicide difenoconazole induced biochemical and developmental toxicity in wheat (*Triticum aestivum L.*). *Plants*, 10, 1–15.  
<https://doi.org/10.3390/plants10112304>
- Moureu, S., Violleau, F., Ali Haimoud-Lekhal, D., & Calmon, A. (2015). Ozonation of sunflower oils: Impact of experimental conditions on the composition and the antibacterial activity of ozonized oils. *Chemistry and Physics of Lipids*, 186, 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2015.01.004>
- Muimba-Kankolongo, A. (2018). Vegetable Production. In *Food Crop Production by Smallholder Farmers in Southern Africa*. Academic Press.  
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814383-4.00011-6>
- Nan, J., Liuqing, W., Zuliang, L., Duo, W., & Meng, W. (2019). Inhibitory Effect of Ozone on the Growth and Mycotoxin Production of *Alternaria*. *Basic Research*

*in Food Sciences*, 40(21), 51–57.

- Nira, S. T., Hossain, M. F., Hassan, N. U. M., Islam, T., & Akanda, A. M. (2022a). Alternaria leaf spot of broccoli caused by *Alternaria alternata* in Bangladesh. *Plant Protection Science*, 58(1), 49–56. <https://doi.org/10.17221/44/2020-PPS>
- Nira, S. T., Hossain, M. F., Hassan, N. U. M., Islam, T., & Akanda, A. M. (2022b). Alternaria leaf spot of broccoli caused by *Alternaria alternata* in Bangladesh. *Plant Protection Science*, 58(1), 49–56. <https://doi.org/10.17221/44/2020-PPS>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). *FAOSTAT*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Rashid, M. H., Hossain, M. A., Kashem, M. A., Kumar, S., Rafii, M. Y., & Latif, M. A. (2014). Efficacy of combined formulations of fungicides with different modes of action in controlling *Botrytis gray* mold disease in chickpea. *The Scientific World Journal*, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2014/639246>
- Raza, A., Hafeez, M. B., Zahra, N., Shaukat, K., Umbreen, S., Tabassum, J., Charagh, S., Sohail, R., Khan, A., & Hasanuzzaman, M. (2020). The Plant Family Brassicaceae: Introduction, Biology, And Importance. In M. Hasanuzzaman (Ed.), *The Plant Family Brassicaceae Biology and Physiological Responses to Environmental Stresses* (pp. 1–42). Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-6345-4>
- Red Hidrometeorológica de Tungurahua. (2023). *GeoPortal*. <https://rrmn.tungurahua.gob.ec/red/estaciones/estacion/530b84ed74daaf23bce53ceb>
- Rosenzweig, N., Hanson, L. E., Mambetova, S., Jiang, Q. W., Guza, C., Stewart, J., & Somohano, P. (2019). Fungicide sensitivity monitoring of *Alternaria* spp. causing leaf spot of sugarbeet (*Beta vulgaris*) in the Upper Great Lakes. *Plant Disease*, 103(9), 2263–2270. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-18-2282-RE>
- Sabry, S., Ali, A. Z., Abdel-Kader, D. A., & Abou-Zaid, M. I. (2015). Studies on

Cabbage *Alternaria* Leaf Spot Disease. *Zagazig Journal of Plant Pathology*, 42(5), 1–16. <https://www.researchgate.net/publication/334625882>

Šamec, D., & Salopek-Sondi, B. (2019). Cruciferous (brassicaceae) vegetables. In N. Seyed & A. Silva (Eds.), *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements* (pp. 195–202). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812491-8.00027-8>

Sehim, A. E., Abd Elghaffar, R. Y., Emam, A. M., & El-Desoukey, T. A. (2023). Evaluation of the efficacy of ozonated olive oil for controlling the growth of *Alternaria alternata* and its toxins. *Heliyon*, e17885. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17885>

Thabit, T. M. A., Abdelkareem, E. M., Bouqellah, N. A., & Shokr, S. A. (2021). Triazole fungicide residues and their inhibitory effect on some trichothecenes mycotoxin excretion in wheat grains. *Molecules*, 26(6), 1–13. <https://doi.org/10.3390/molecules26061784>

Viriyasuthee, W., Jogloy, S., Saksirirat, W., & Saepaisan, S. (2019). Biological Control of *Alternaria* Leaf Spot Caused by *Alternaria* spp. in Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) under Two Fertilization Regimes. *Plants*, 8(463), 1–15.

Żyła, N., Fidler, J., & Babula-Skowrońska, D. (2021). Economic and Academic Importance of Brassica oleracea. In S. Liu, R. Snowdon, & C. Kole (Eds.), *The Brassica oleracea Genome* (pp. 1–6). Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-31005-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31005-9_1)

## Anexo 1. Análisis estadístico

### 1.1. Análisis de varianza para las variables de Incidencia y Severidad

Statistix 10,0  
26/12/2023; 16:22:02

#### Completely Randomized AOV for Incidencia

| Source    | DF | SS      | MS      | F     | P      |
|-----------|----|---------|---------|-------|--------|
| Tratamien | 4  | 1206,56 | 301,640 | 76,56 | 0,0000 |
| Error     | 20 | 78,80   | 3,940   |       |        |
| Total     | 24 | 1285,36 |         |       |        |

Grand Mean 27,160      CV 7,31

#### Completely Randomized AOV for Severidad

| Source    | DF | SS      | MS      | F      | P      |
|-----------|----|---------|---------|--------|--------|
| Tratamien | 4  | 624,228 | 156,057 | 263,92 | 0,0000 |
| Error     | 20 | 11,826  | 0,591   |        |        |
| Total     | 24 | 636,054 |         |        |        |

Grand Mean 9,5340      CV 8,07

### 1.2. Prueba de medias para las variables de Incidencia y Severidad

Statistix 10,0  
26/12/2023; 16:22:54

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Incidencia by Tratamien

| Tratamien | Mean   | Homogeneous Groups |
|-----------|--------|--------------------|
| T0        | 40,800 | A                  |
| T3        | 26,000 | B                  |
| T1        | 24,000 | B                  |
| T4        | 23,000 | B                  |
| T2        | 22,000 | B                  |

Alpha                      0,01      Standard Error for Comparison    1,2554  
Critical Q Value    5,265      Critical Value for Comparison    4,6737  
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 by Tratamien

| Tratamien | Mean   | Homogeneous Groups |
|-----------|--------|--------------------|
| T0        | 18,950 | A                  |
| T3        | 10,340 | B                  |
| T4        | 6,7800 | C                  |
| T1        | 5,9800 | C                  |
| T2        | 5,6200 | C                  |

Alpha                      0,01      Standard Error for Comparison    0,4863

Critical Q Value 5,265      Critical Value for Comparison 1,8106  
 There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means  
 are not significantly different from one another.

### 1.3. Resumen de estadísticos para las variables de Incidencia y Severidad

Statistix 10,0  
 26/12/2023; 16:25:13

#### Breakdown for Incidencia

| Variable  | Level | Mean   | SD     |
|-----------|-------|--------|--------|
| Tratamien | T0    | 40,800 | 2,5884 |
| Tratamien | T1    | 24,000 | 1,0000 |
| Tratamien | T2    | 22,000 | 2,3452 |
| Tratamien | T3    | 26,000 | 1,5811 |
| Tratamien | T4    | 23,000 | 2,0000 |
| Overall   |       | 27,160 | 7,3182 |

Cases Included 25      Missing Cases 0

#### Breakdown for Severidad

| Variable  | Level | Mean   | SD     |
|-----------|-------|--------|--------|
| Tratamien | T0    | 18,950 | 1,0735 |
| Tratamien | T1    | 5,9800 | 0,4764 |
| Tratamien | T2    | 5,6200 | 0,3701 |
| Tratamien | T3    | 10,340 | 1,0164 |
| Tratamien | T4    | 6,7800 | 0,6380 |
| Overall   |       | 9,5340 | 5,1480 |

Cases Included 25      Missing Cases 0

### 2.1. Análisis de varianza para las variables peso de pella, diámetro de pella y rendimiento

Statistix 10,0  
 26/12/2023; 16:18:28

#### Completely Randomized AOV for DIAMETRO

| Source    | DF | SS      | MS      | F      | P      |
|-----------|----|---------|---------|--------|--------|
| TRATAMIEN | 4  | 573,842 | 143,461 | 152,13 | 0,0000 |
| Error     | 45 | 42,437  | 0,943   |        |        |
| Total     | 49 | 616,279 |         |        |        |

Grand Mean 16,477      CV 5,89

#### Completely Randomized AOV for PESO

| Source    | DF | SS      | MS      | F     | P      |
|-----------|----|---------|---------|-------|--------|
| TRATAMIEN | 4  | 2,83452 | 0,70863 | 92,48 | 0,0000 |



|       |    |         |         |
|-------|----|---------|---------|
| Error | 45 | 0,34480 | 0,00766 |
| Total | 49 | 3,17932 |         |

Grand Mean 0,9987      CV 8,77

**Completely Randomized AOV for RENDIM~01**

| Source    | DF | SS      | MS      | F     | P      |
|-----------|----|---------|---------|-------|--------|
| TRATAMIEN | 4  | 41,6517 | 10,4129 | 92,48 | 0,0000 |
| Error     | 45 | 5,0666  | 0,1126  |       |        |
| Total     | 49 | 46,7183 |         |       |        |

Grand Mean 3,8282      CV 8,77

## 2.2. Prueba de medias para las variables peso de pella, diámetro de pella y rendimiento

Statistix 10,0  
26/12/2023; 16:19:51

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DIAMETRO by TRATAMIEN**

| TRATAMIEN | Mean   | Homogeneous Groups |
|-----------|--------|--------------------|
| T4        | 20,467 | A                  |
| T3        | 18,837 | B                  |
| T2        | 17,770 | B                  |
| T1        | 14,239 | C                  |
| T0        | 11,072 | D                  |

Alpha 0,01      Standard Error for Comparison 0,4343  
 Critical Q Value 4,890      Critical Value for Comparison 1,5017  
 There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Statistix 10,0      Peso y rendimiento.sx;  
3/1/2024; 21:39:58

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of PESO by TRATAMIEN**

| TRATAMIEN | Mean   | Homogeneous Groups |
|-----------|--------|--------------------|
| T4        | 1,3910 | A                  |
| T3        | 1,1125 | B                  |
| T2        | 0,9740 | C                  |
| T0        | 0,7613 | D                  |
| T1        | 0,7545 | D                  |

Alpha 0,01      Standard Error for Comparison 0,0391  
 Critical Q Value 4,890      Critical Value for Comparison 0,1354  
 There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of RENDIM~01 by TRATAMIEN**

| TRATAMIEN | Mean   | Homogeneous Groups |
|-----------|--------|--------------------|
| T4        | 5,3322 | A                  |
| T3        | 4,2646 | B                  |
| T2        | 3,7337 | C                  |
| T0        | 2,9183 | D                  |
| T1        | 2,8923 | D                  |

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,1501  
Critical Q Value 4,890 Critical Value for Comparison 0,5189  
There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means  
are not significantly different from one another.

### 2.3. Resumen de estadísticos para las variables peso de pella, diámetro de pella y rendimiento

Statistix 10,0  
26/12/2023; 16:20:32

#### Breakdown for DIAMETRO

| Variable  | Level | Mean   | SD     |
|-----------|-------|--------|--------|
| TRATAMIEN | T0    | 11,072 | 0,8803 |
| TRATAMIEN | T1    | 14,239 | 0,7796 |
| TRATAMIEN | T2    | 17,770 | 1,0148 |
| TRATAMIEN | T3    | 18,837 | 0,8176 |
| TRATAMIEN | T4    | 20,467 | 1,2783 |
| Overall   |       | 16,477 | 3,5464 |

Cases Included 50 Missing Cases 0

#### Breakdown for PESO

| Variable  | Level | Mean   | SD     |
|-----------|-------|--------|--------|
| TRATAMIEN | T0    | 0,7613 | 0,0685 |
| TRATAMIEN | T1    | 0,7545 | 0,0797 |
| TRATAMIEN | T2    | 0,9740 | 0,1018 |
| TRATAMIEN | T3    | 1,1125 | 0,1078 |
| TRATAMIEN | T4    | 1,3910 | 0,0727 |
| Overall   |       | 0,9987 | 0,2547 |

Cases Included 50 Missing Cases 0

#### Breakdown for RENDIM~01

| Variable  | Level | Mean   | SD     |
|-----------|-------|--------|--------|
| TRATAMIEN | T0    | 2,9183 | 0,2626 |
| TRATAMIEN | T1    | 2,8923 | 0,3057 |
| TRATAMIEN | T2    | 3,7337 | 0,3902 |
| TRATAMIEN | T3    | 4,2646 | 0,4132 |
| TRATAMIEN | T4    | 5,3322 | 0,2786 |
| Overall   |       | 3,8282 | 0,9764 |

Cases Included 50 Missing Cases 0

## Anexo 2. Fotografías del ensayo



**Figura 9**

*Vista general del ensayo (A), muestra de una planta sana (B) y una planta enferma (C), cosecha de las plantas (D).*





**Figura 10**

*Vista general del ensayo. Toma de datos*