

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: "Evaluación de extractos vegetales para el control de mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger en el Centro Experimental San Francisco, Cantón Huaca"

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniera en Agropecuaria

AUTORA: Ayala Cheza Lourdes Aracely

TUTOR: Ing. Carlos David Herrera Ramírez, MSc.

Tulcán, 2026.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la estudiante Ayala Cheza Lourdes Aracely con el número de cédula 0401520226 respectivamente ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de extractos vegetales para el control de mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger en el Centro Experimental San Francisco, Cantón Huaca"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva



Validez garantizada en FirmaEE.
Firmado digitalmente por:
**CARLOS DAVID
HERRERA RAMIREZ**

Ing. Carlos David Herrera Ramírez, MSc.

TUTOR

Tulcán, junio de 2026

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Ayala Cheza Lourdes Aracely con cédula de identidad número 0401520226 respectivamente declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Ayala Cheza Lourdes Aracely

AUTORA

Tulcán, junio de 2026

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Ayala Cheza Lourdes Aracely declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de extractos vegetales para el control de mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger en el Centro Experimental San Francisco, Cantón Huaca" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Ayala Cheza Lourdes Aracely

AUTORA

Tulcán, junio de 2026

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me acompañaron y apoyaron durante este importante proceso de formación académica.

A mi esposo, Diego Quintas, por su amor, paciencia y apoyo incondicional, por motivarme a seguir adelante y acompañarme en cada momento hasta alcanzar esta meta.

A mi hijo, Anderson Quintas, por ser mi mayor inspiración y la razón que me impulsa a continuar superándome cada día.

A mis amigos, por sus palabras de ánimo, su apoyo y por estar presentes durante este camino.

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente, por los conocimientos adquiridos y por ser parte fundamental en la culminación de esta etapa.

A todas las personas que de alguna manera contribuyeron para hacer posible este logro, les expreso mi profundo agradecimiento.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, fruto de mi esfuerzo, dedicación y perseverancia, a las personas que han sido mi mayor apoyo y motivación durante este importante camino.

A mi esposo, Diego Quintas, por estar a mi lado en cada momento, por su amor, paciencia y apoyo incondicional. Gracias por impulsarme a cumplir mis sueños, por creer en mí y por acompañarme en cada desafío hasta alcanzar esta meta.

A mi hijo, Anderson Quintas, quien con su amor y alegría ha sido mi inspiración para seguir adelante y esforzarme cada día. Este logro también es para ti, porque eres una de las razones más importantes que me motivan a crecer y superarme.

A mis amigos, la Ing. Yuli Arturo y el Ing. Kleber Morales, por su amistad, apoyo y palabras de aliento durante este proceso. Gracias por compartir sus conocimientos, brindarme su confianza y formar parte de este logro.

Con mucho cariño, dedico esta tesis a quienes caminaron conmigo y me recordaron que cada esfuerzo tiene su recompensa.

ÍNDICE

RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
I. EL PROBLEMA	18
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3. JUSTIFICACIÓN	19
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. Objetivo General	20
1.4.2. Objetivos Específicos.....	20
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	21
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.2. MARCO TEÓRICO	24
2.2.1. Cultivo de Brócoli.....	24
III. METODOLOGÍA	35
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	35
3.1.1. Enfoque	35
3.1.2. Tipo de Investigación	35
3.2. HIPÓTESIS	35
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	35
3.3.1. Definición de las variables.....	35
3.3.2. Operacionalización de las variables	36
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	39
3.4.1. Ubicación Geográfica del experimento.....	39
3.4.2. Superficie del Experimento.....	39

3.4.3. Tratamientos utilizados	39
3.4.4. Características del experimento.	40
3.4.5. Distribución de los tratamientos.....	40
3.4.6. Población y muestra.....	41
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	41
3.5.1. Análisis Estadístico	41
3.5.1.1. Descripción de la variable dependiente	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1. RESULTADOS	45
4.1.1. Incidencia de la mancha de la hoja (<i>Alternaria brassicae</i>) en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de alternativas de control orgánicas.	45
4.1.2. Severidad de la mancha de la hoja (<i>Alternaria brassicae</i>) en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de alternativas de control orgánicas.	46
4.1.3. Altura de tallo en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de alternativas orgánicas para el control de la mancha de la hoja (<i>Alternaria brassicae</i>).....	48
4.1.4. Presencia de hojas en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de alternativas orgánicas para el control de la mancha de la hoja (<i>Alternaria brassicae</i>).....	49
4.1.5. Calidad del producto	51
4.1.6. Relación Costo Beneficio en el cultivo de Brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos para el control de la mancha de la hoja (<i>Alternaria brassicae</i>).....	55
4.2. DISCUSIÓN	57
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
5.1. CONCLUSIONES.....	60
5.2. RECOMENDACIONES.....	60
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var <i>Itálica</i>)	24
Tabla 2. Requerimientos nutricionales del cultivo de brócoli.	26
Tabla 3. Taxonomía de la mancha de la hoja.	29
Tabla 4. Características químicas del fungicida químico Prochloraz.	31
Tabla 5. Composición química del ajo (<i>Allium sativum</i>)	32
Tabla 6. Características químicas de la cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>)	34
Tabla 7. Definición y operacionalización de variables	36
Tabla 8. Tratamientos utilizados en el experimento.	40
Tabla 9. Características del experimento.	40
Tabla 10. Esquema de ANAVAR.	42
Tabla 11. Escala de severidad.	43
Tabla 12. Análisis de varianza para la incidencia de la mancha de la hoja (<i>Alternaria brassicae</i>) en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de los tratamientos de extracto de ajo (<i>Allium sativum</i>)	45
Tabla 13. Prueba estadística de Tukey al 5% para la incidencia de la mancha de la hoja (<i>Alternaria brassicae</i>) en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos de ajo (<i>Allium sativum</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>).	46
Tabla 14. Análisis de varianza para la severidad de la mancha de la hoja (<i>Alternaria brassicae</i>) en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de los tratamientos de extracto de ajo (<i>Allium sativum</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>).	47
Tabla 15. Prueba estadística de Tukey al 5% para la severidad de la mancha de la hoja (<i>Alternaria brassicae</i>) en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos de ajo (<i>Allium sativum</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>).	47
Tabla 16. Análisis de varianza para la altura de tallo en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de los tratamientos de extracto de ajo (<i>Allium sativum</i>) y extracto de cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>) a los 15, 30, 45, 60 y 75ddt.	48
Tabla 17. Prueba estadística de Tukey al 5% para la altura de tallo en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de	

tratamientos de ajo (<i>Allium sativum</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>) a los 15, 30, 45, 60 y 75ddt.....	49
Tabla 18. Análisis de varianza para el número de hojas en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de los tratamientos de extracto de ajo (<i>Allium sativum</i>) y extracto de cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>) a los 15, 30, 45, 60 y 75ddt.....	49
Tabla 19. Prueba estadística de Tukey al 5% para el número de hojas en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos de ajo (<i>Allium sativum</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>) a los 15, 30, 45, 60 y 75ddt.....	50
Tabla 20. Análisis de varianza para el diámetro de pella a la cosecha en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de los tratamientos de extracto de ajo (<i>Allium sativum</i>) y extracto de cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>).	51
Tabla 21. Prueba estadística de Tukey al 5% para el diámetro de pella a la cosecha en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos de ajo (<i>Allium sativum</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>).....	52
Tabla 22. Análisis de varianza para el peso de la pella a la cosecha en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de los tratamientos de extracto de ajo (<i>Allium sativum</i>) y extracto de cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>).	52
Tabla 23. Prueba estadística de Tukey al 5% para el peso de pella a la cosecha en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos de ajo (<i>Allium sativum</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>).	53
Tabla 24. Análisis de varianza para el rendimiento del cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de los tratamientos de extracto de ajo (<i>Allium sativum</i>) y extracto de cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>) al momento de la cosecha.....	54
Tabla 25. Prueba estadística de Tukey al 5% para el rendimiento a la cosecha en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos de ajo (<i>Allium sativum</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>).	54

Tabla 26. Relación Costo Beneficio en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) 56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del experimento en el Centro Experimental San Francisco.	39
Figura 2. Tratamientos aleatorizados.	41
Figura 3. Unidad experimental y parcela neta.	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC	67
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas.....	68
Anexo 3. Medición y señalización del área del experimento.....	69
Anexo 4. Siembra de plántulas de brócoli variedad Híbrido Avenger.....	69
Anexo 5. Ajo y cola de caballo para la preparación de los extractos.....	69
Anexo 6. Toma de datos de las variables del cultivo.....	70

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue analizar extractos de plantas orgánicas para el control de *Alternaria brassicae* en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), específicamente la variedad híbrida Avenger, en la provincia de Carchi. La investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental de San Francisco utilizando un Diseño de Bloques Completos Aleatorizados (DBCA). El experimento consistió en siete tratamientos: extracto de ajo (*Allium sativum*) en dosis baja, media y alta; extracto de cola de caballo (*Equisetum arvense*) en dosis baja, media y alta; y un tratamiento de control químico, Prochloraz, en una dosis de 0.20 ml/l. El diseño experimental incluyó cuatro réplicas por tratamiento, totalizando 28 unidades experimentales. Los extractos se aplicaron cada quince días para un total de cinco aplicaciones a lo largo del ciclo fenológico del cultivo. El experimento duró 100 días, durante los cuales se evaluaron las siguientes variables: incidencia y severidad de la mancha foliar (*Alternaria brassicae*), altura del tallo, número de hojas, peso de la cabeza, diámetro de la cabeza y rendimiento total. El análisis estadístico se realizó utilizando el software InfoStat, incluyendo el Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%. Los resultados mostraron que los tratamientos T7 (Prochloraz a 0,20 ml) y T5 (extracto de cola de caballo en dosis alta) resultaron en la menor incidencia (10,41% y 11,46%, respectivamente) y severidad (1,30% y 1,43%) de *Alternaria*. En cuanto a la altura del tallo, los tratamientos más efectivos fueron T5 (cola de caballo) y T2 (ajo en dosis alta), con promedios de 12,13 cm y 11,82 cm, respectivamente. En cuanto a la presencia de hojas, T5 arrojó el mejor resultado con un promedio de 16,25 hojas por planta. En cuanto al peso de la cabeza, el diámetro y el rendimiento en la cosecha, los seis tratamientos con extractos de plantas se desempeñaron dentro del rango estadístico "A". Finalmente, los tratamientos T3 (extracto de ajo en dosis baja) y T4 (extracto de cola de caballo en dosis media) lograron una relación costo-beneficio de 1,51 por cada dólar invertido.

Palabras Claves: Extractos vegetales, mancha de la hoja, ajo, cola de caballo, brócoli.

ABSTRACT

The aim of this research was to analyze organic plant extracts for the control of *Alternaria brassicae* in the cultivation of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), specifically the Avenger hybrid variety, in the province of Carchi. The research was conducted at the San Francisco Experimental Center using a Randomized Complete Block Design (RCBD). The experiment consisted of seven treatments: garlic extract (*Allium sativum*) at low, medium, and high doses; horsetail extract (*Equisetum arvense*) at low, medium, and high doses; and a chemical control treatment, Prochloraz, at a dose of 0.20 ml/l. The experimental design included four replicates per treatment, totaling 28 experimental units. Extracts were applied every fifteen days for a total of five applications throughout the crop's phenological cycle. The experiment lasted 100 days, during which the following variables were evaluated: incidence and severity of leaf spot (*Alternaria brassicae*), stem height, leaf count, head weight, head diameter, and total yield. Statistical analysis was performed using InfoStat software, including Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey's test at a 5% significance level. The results showed that treatments T7 (Prochloraz at 0.20 ml) and T5 (high-dose horsetail extract) resulted in the lowest incidence (10.41% and 11.46%, respectively) and severity (1.30% and 1.43%) of *Alternaria*. Regarding stem height, the most effective treatments were T5 (horsetail) and T2 (high-dose garlic), with averages of 12.13 cm and 11.82 cm, respectively. For leaf presence, T5 yielded the best result with an average of 16.25 leaves per plant. Regarding head weight, diameter, and yield at harvest, all six plant extract treatments performed within the "A" statistical range. Finally, treatments T3 (low-dose garlic extract) and T4 (medium-dose horsetail extract) achieved a cost-benefit ratio of 1.51 for every dollar invested.

Keywords: Plant extracts, leaf spot, garlic, horsetail, broccoli.

INTRODUCCIÓN

El brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*), es una hortaliza que pertenece a la familia *Brassicaceae*, crece alrededor de 60 a 90 cm de altura formando un tallo verde grueso con una ramificación al final, siendo esta la parte comestible de la planta (Acosta *et al.*, 2018). Las variedades que se cultivan en su mayoría en el país son Domador, Legacy y Marathon, demostrando que el brócoli ecuatoriano es de buena calidad, gracias a esto la línea de artículos se ha expandido en diferentes presentaciones, enfocándose principalmente en mantener la calidad del brócoli. Ecuador, tiene un incremento paulatino, esto principalmente al cambio en los hábitos alimenticios de las personas que se enfocan en un mayor consumo de hortalizas en su dieta diaria. Las hortalizas una opción clara para pequeños y medianos agricultores esto por la extensa variedad en sus productos, lo cual facilita en una mejor venta (Vélez y Álava, 2021).

En Ecuador entre 2017 y 2019, se sembró un promedio de 9.000 hectáreas de brócoli, alcanzando una cosecha del 99.8% de la siembra, el tiempo entre siembra y cosecha tarda un aproximado de 90 a 100 días. En el año 2019, la producción en toneladas de brócoli tuvo un descenso del 10%, en comparación de años anteriores donde su crecimiento fue más del 55%, en cuanto a las ventas, se puede observar que hubo un crecimiento promedio de 8% en el periodo analizado. El año 2019 presentó una venta de 5.676 menos que en 2018 (Sánchez *et al.*, 2019). El cultivo de brócoli mueve el área agrícola en provincias como Cotopaxi, Chimborazo, Tungurahua, que suma un importante rubro la economía nacional creando fuentes de empleo en sus territorios (Vélez y Álava, 2021).

En la actualidad, el control de la mancha de la hoja en el cultivo de brócoli se basa principalmente en el uso de fungicidas químicos, que pueden tener efectos negativos en el medio ambiente y la salud humana. Además, el uso excesivo de estos productos puede generar resistencia en los patógenos, lo que reduce su eficacia y aumenta los costos de producción. En este contexto, es necesario buscar alternativas orgánicas sostenibles y seguras para el control de la mancha de la hoja en el cultivo de brócoli. Los extractos vegetales han demostrado ser una opción prometedora para el control de enfermedades en cultivos, debido a su actividad antifúngica y su baja toxicidad para el medio ambiente y la salud humana (Villalobos *et al.*, 2005).

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La comercialización del brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger ha aumentado en los últimos años, esto debido principalmente al cambio del estilo de vida de las personas las cuales prefieren alimentos de origen vegetal más sanos y frescos, siendo Japón, Estados Unidos y Europa los principales destinos de dicho cultivo, no obstante, para la producción de esta hortaliza se utilizan grandes cantidades de químicos en especial los fúngicos ya que esta especie vegetal es susceptible al ataque de hongos principalmente en temporada de invierno (Vélez y Álava, 2021).

En Ecuador a inicios del 2020 el brócoli ocupa el puesto ocho entre los productos agrícolas de exportación representando alrededor de 83 millones de USD de ingresos para el país, con un 36% más que en el año 2019, este crecimiento se debe a las condiciones climáticas óptimas presentes en el país, las cuales permiten cultivar este vegetal todo el año, a diferencia de los países que dependen de las estaciones y no pueden generar una producción estable todo el año (Coba, 2020). Gracias a este cultivo la economía se ha fortalecido en el país y principalmente en las provincias en donde se produce como son: Cotopaxi, Chimborazo, Tungurahua, Imbabura y Pichincha, en los cuales se ha incrementado la superficie cultivada con el fin de cubrir la gran demanda tanto a nivel nacional como internacional (Vélez y Álava, 2021).

A pesar de que la provincia del Carchi es mayoritariamente productora de papa, en los últimos meses ha ganado impulso la producción y exportación de brócoli, constituyéndose Japón como el principal destino de esta hortaliza, destino al cual se pretende enviar unas cuarenta toneladas semanales (La Hora, 2023).

El desarrollo de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrida Avenger, genera diversas problemáticas, como la disminución de la calidad del producto, un menor rendimiento, y el incremento de los costos de producción, esto determina la necesidad de aplicar tratamientos antifúngicos para mitigar el daño causado por

alternaria. Esta enfermedad suele presentar manchas necróticas en hojas, pellas y tallos, por lo cual afecta directamente a la cosecha. En casos extremo puede llegar a devastar completamente a la planta, lo que causa pérdidas económicas de importancia para los agricultores.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La aplicación de extractos vegetales con base en ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) variedad híbrido Avenger para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) genera una disminución significativa de los niveles de incidencia y severidad de la enfermedad?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El brócoli (*Brassica oleracea var. italica*), variedad híbrido Avenger, es susceptible a enfermedades fúngicas foliares que incrementan la incidencia y severidad de los daños, destacando la mancha de la hoja causada por *Alternaria brassicae*, la cual afecta el rendimiento y la calidad del cultivo. El control de esta enfermedad se basa principalmente en fungicidas químicos; sin embargo, su uso indiscriminado ha generado resistencia del patógeno, contaminación ambiental y residuos en el producto final. Por ello, es necesario evaluar alternativas sostenibles, como el uso de extractos vegetales, que permitan reducir la incidencia y severidad de la enfermedad y disminuir la dependencia de agroquímicos (Benavides, 2025).

Los extractos vegetales han demostrado tener propiedades antifúngicas que pueden ser efectivas en el control de diversos patógenos, incluidos los que afectan al brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) variedad híbrido Avenger. Muchos de estos extractos contienen compuestos bioactivos, como flavonoides, terpenos, alcaloides y aceites esenciales, que poseen propiedades fungicidas y antibacterianas naturales. La investigación de estos extractos no solo proporciona una solución potencialmente más ecológica, sino que también contribuye a la diversificación de las estrategias de manejo de enfermedades, reduciendo la dependencia de los productos sintéticos (Al-Otibi *et al.*, 2024).

El control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) mediante extractos vegetales podría reducir los costos asociados con el uso de productos químicos, que a menudo requieren aplicaciones repetidas, disminuyendo los costos de adquisición

de insumos y fomentando el uso de recursos naturales disponibles en la región, esta alternativa también promueve la sostenibilidad agrícola al mantener la salud del suelo (Duchimaza, 2022).

La búsqueda de soluciones naturales para el control de enfermedades en los cultivos está en línea con las tendencias actuales de la agricultura sostenible y la producción orgánica, las estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) y el uso de productos biológicos son cada vez más promovidos en la agricultura moderna, además de los beneficios ecológicos, el uso de extractos vegetales para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) puede reducir los riesgos para la salud humana asociados con la presencia de residuos químicos en los productos agrícolas. Dado que el brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger es un alimento muy consumido por sus beneficios nutricionales, el control orgánico de las enfermedades que lo afectan como el uso de los extractos vegetales contribuye con una producción saludable y sostenible (Duchimaza, 2022).

Aunque existen estudios previos sobre el uso de extractos vegetales en otros cultivos, aún queda un campo considerable para explorar en cuanto a su efectividad en el brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger y específicamente en el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*). En la presente investigación se profundizó sobre este tema no solo para obtener datos valiosos para los agricultores, sino que también para abrir nuevas líneas de investigación en la agricultura para mejorar su aplicación, efectividad y facilitar su integración en los sistemas agrícolas.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar dos extractos vegetales con base en ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para el control de mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger en el Centro Experimental San Francisco, cantón Huaca.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Medir el efecto de la aplicación de dos extractos orgánicos sobre las características agronómicas en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger.

- Determinar la incidencia y severidad de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger en cada tratamiento estudiado.
- Calcular el índice costo beneficio en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de la aplicación de extractos vegetales a base de ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) en cada tratamiento evaluado.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es el efecto de la aplicación de extractos orgánicos a base de ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) sobre las características agronómicas del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger?
- ¿Cómo influyen los tratamientos con extractos orgánicos de ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) en la incidencia y severidad de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger?
- ¿Cuál es el índice costo-beneficio del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger al aplicar extractos vegetales de ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) en los tratamientos evaluados?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En la investigación realizada por Duchimaza, (2022) denominada “Efecto de la utilización de extractos vegetales para el control de enfermedades foliares en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) cultivado en tres localidades urbanas de Quito”, se evaluaron los efectos de los extractos vegetales de tomillo (*Thymus vulgaris*), ajo (*Allium sativum*), manzanilla (*Chamomilla recutita*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) en tres dosis (150cc/lit-1, (300 cc/lit-1) y (0cc/lit-1), en tres ambientes diferentes de Quito (I1: la Santiago; I2: La ecuatoriana; I3: Guamaní), los resultados obtenidos determinaron que: el extracto vegetal de tomillo (*Thymus vulgaris*) a dosis de 300cc/lit-1 presentó el mejor índice de control de enfermedades foliares en Brócoli en ambientes urbanos de Quito, de la misma forma el extracto de tomillo (*Thymus vulgaris*) presentó la mejor tasa Beneficio/Costo con 1.24.

Manobanda (2020) en la investigación denominada “Evaluación de dos extractos como inhibidores en el desarrollo de *Fusarium oxysporum* in vitro”, realizada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias en el Laboratorio de Sanidad Vegetal perteneciente a la Universidad Técnica de Ambato. Para la preparación de los extractos se utilizó el método de extracción por maceración, el experimento se lo realizó un Diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con ocho tratamientos y tres repeticiones, se registraron las variables respuestas como son el porcentaje de inhibición micelial y crecimiento micelial, los mejores resultados del experimento fueron; los tratamientos T3 E1D3 (extracto de mostaza caliente al 10%) y T6 E2D3 (extracto de cola de caballo al 10%) que alcanzaron una inhibición micelial del 62,4% y un 67,0% respectivamente, y para el crecimiento micelial los tratamientos T1 E1D1 (Extracto de Mostaza al 5%) y T4 E2D1 y (Extracto de Cola de caballo 5%) con medidas de 3,56mm y 3,19mm respectivamente, los cuales mostraron un menor desarrollo del micelio.

Chávez (2023), desarrolló la investigación denominada “Eficiencia de los biocontroladores en el control del mildiu (*Peronospora variabilis*) en la producción orgánica de quinua (*Chenopodium quinoa*) en la Estación Experimental Canaán

UNSCH 2763 msnm", utilizó un diseño experimental de parcelas divididas (DPD) con 3 bloques y 16 tratamientos, los mismos que estuvieron constituidos por la aplicación de productos biocidas con base en extracto de ajo (*Allium sativum*), *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum* a una concentración de 100 y 200 g.L⁻¹; 1.5 y 2 ml.L; 8 y 16 g.L⁻¹ respectivamente y Metalaxil a una concentración de 1g.L⁻¹, en dos variedades de quinoa; Blanca Junín y Pasankalla, de donde se obtuvieron los siguientes resultados; para la variedad Blanca Junín los mejores tratamientos fueron: el T7 (Metalaxil 1g.L⁻¹) que presentó el menor porcentaje de incidencia con 58.33 %, mientras que para la severidad y el Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) el T2 (*Allium sativum* 200 g.L⁻¹) mostró los mejores valores con 22.5 % y 1480.5 respectivamente, el T6 (*Trichoderma harzianum* 16 g.L⁻¹) tuvo un rendimiento superior de 3,313.23 kg/ha. Para la variedad Pasankalla los mejores resultados fueron; el T9 (*Allium sativum* 100 g.L⁻¹) y T10 (*Allium sativum* 200 g.L⁻¹) presentaron la menor incidencia con 52% y 59% respectivamente, mientras que el T10 (*Allium sativum* 200 g.L⁻¹) se posesionó como el mejor tratamiento tanto para la severidad, el ABCPE y rendimiento con valores de 19.7 % , 1289.17, y 3,155.16 kg/ha respectivamente. Efecto del uso de biopreparados en el desarrollo y sanidad de plantines hortícolas.

En la investigación realizada por Rosso (2021) denominada "Control orgánico de la roya (*Puccinia allii*) del ajo (*Allium sativum*)" se estableció un ensayo ubicado en la chacra experimental de la EEA INTA Valle Inferior, para lo cual se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, los tratamientos fueron: testigo absoluto (T1), agroquímico sintético a base de tebuconazole+ trifloxistrobin (T2), extracto de cola de caballo (T3) y caldo sulfocalcico (T4), todos los productos evaluados alcanzaron un 100% de incidencia de la enfermedad al final del cultivo, en la severidad y la progresión de la enfermedad no existió diferencias significativas entre tratamientos, en la variable eficacia de fungicidas el T2 (fungicida sintético) presentó mayor porcentaje, llegando aproximadamente al 74%, mientras que T3 y T4 tuvieron valores cercanos al 50%. El calibre de los bulbos rondó los 5cm entre todos los tratamientos por lo cual no presentó diferencias significativas entre tratamientos.

Salinas (2020) efectuó la investigación "Evaluación de tres extractos vegetales elaborados con base en Manzanilla (*Chamaemelum nobile*), Ajo (*Allium sativum*) y Romero (*Rosmarinus officinalis*) para la inhibición del crecimiento de *Fusarium oxysporum* realizada en el Laboratorio Experimental de Agronomía en las

instalaciones de la Universidad San Francisco de Quito, utilizó un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos y once repeticiones, las variables susceptibles de medición fueron crecimiento micelial (cm) y las unidades formadoras de colonias (UFC/ml). Los resultados que obtuvo demostraron que los extractos evaluados de ajo, manzanilla planta entera y manzanilla flor; poseen un efecto inhibitorio en relación con el crecimiento micelial y la esporulación de *Fusarium oxysporum*, al usarse en concentraciones de 5 y 10 %.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Cultivo de Brócoli

2.2.1.1. Origen y taxonomía del brócoli

El brócoli tiene origen en las costas del Mediterráneo Oriental y Oriente Próximo, Grecia, Turquía y Siria. Su difusión por el mundo fue atribuido a los navegantes y comerciantes del Mediterráneo, los cuales llegaron a España, Inglaterra y a todos los lugares donde hoy se cultiva esta hortaliza (Espín, 2023).

Los primeros pueblos en cultivar esta hortaliza fueron los Sajones y Celtas en la zona norte de Europa. Antes de ser usado como alimento, se le dio otro uso con fines medicinales para combatir la sordera, afecciones estomacales como la diarrea y dolores de cabeza, etc. El nombre proviene del término italiano “broco” que hace referencia a un brote (BAYER, 2016). En la Tabla 1 se detalla la taxonomía del brócoli.

Tabla 1. Taxonomía del brócoli (*Brassica oleracea* var *Itálica*)

Reino	Plantae
División	Fanerógama Magnoliophyta
Clase	Dicotiledónea Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae (crucíferas)
Genero	<i>Brassica</i> L.
Especie	<i>Brassica oleracea</i>
Subespecie	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>

Fuente: Elaborado en base a Acosta *et al.* (2018)

2.2.1.2 Descripción Botánica del Brócoli

El brócoli es una planta herbácea que llega a alcanzar una altura de unos 60 a 90cm, posee un tallo principal con un diámetro que varía entre los 2 y 6 cm y una longitud

aproximada de 20 a 25cm, en el tallo presenta nódulos y en la parte superior se desarrolla la pella o inflorescencia (Santillán, 2021).

La inflorescencia es un corimbo que se conforma por flores pequeñas y numerosas con pétalos de color amarillo, en estado inmaduro son la parte comestible de la hortaliza, al inicio esta es firme y compacta, pero pierde la consistencia debido a la maduración y separación de las flores, el color puede variar entre un tono verde claro a un verde intenso, esto depende del cultivar (Sailema, 2023).

La hortaliza posee entre 15 y 30 hojas de unos 50cm de longitud por 30cm de ancho, las hojas presentan en su superficie una cutícula cerosa la cual es permeable.

El fruto en forma de silicua en su interior posee más de 10 semillas, estas son redondas y pequeñas de unos 2mm de diámetro pueden ser de color rojizo o marrón oscuro (Sailema, 2023).

Las raíces de esta planta son ramificadas con una raíz primaria que llega a una profundidad de unos 45 a 60cm, por lo general esta se rompe en el trasplante del almácigo al suelo, esta se puede llegar a extender unos 45 a 60 cm alrededor del tallo (Medina, 2015).

2.2.1.3. Variedad Avenger.

Es el híbrido líder en el mercado por su amplia adaptación y consistentes rendimientos. Avenger es el brócoli que ha marcado el referente tanto para la industria del congelado como para el mercado fresco. Avenger es de planta vigorosa, cabezas bien domadas, con grano fino y gran peso. Su uniformidad de cabezas le da un beneficio para el empaque en la caja para fresco y un buen aprovechamiento de floretes para el proceso (Sakata, 2016).

2.2.1.4. Requerimientos Edafoclimáticos

El brócoli tiene una mejor adaptación a una temperatura de 16 °C, aunque el rango óptimo va desde los 15 a 25 °C, la semilla suele germinar a los 7 días aproximadamente en temperaturas que van desde los 20 y 30 °C. En temperaturas muy elevadas la planta no se desarrolla por completo presentando cabezas deformes de un color púrpura el cual ocasiona baja calidad en el cultivo (Saavedra y Kehr, 2022).

En cuanto al requerimiento de humedad relativa esta oscila entre 70 y 80 % para un estado óptimo del cultivo, se inclina a suelos con acidez y no alcalinos, un pH óptimo está entre 6,5 y 7, estas plantas no soportan la salinidad excesiva en el suelo ni en el

agua de riego, en la fase de formación de la pella es preferible que el suelo no presente humedad excesiva (INTAGRI, 2021).

2.2.1.5. requerimientos nutricionales del cultivo

En cuanto a nutrientes el brócoli es exigente principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, si el suelo tiene escasos de magnesio es necesario una aportación de este nutriente. En la tabla 2 se detallan los requerimientos nutricionales del cultivo de brócoli.

Tabla 2. Requerimientos nutricionales del cultivo de brócoli.

Nutrientes	Función	Niveles requeridos
Nitrógeno (N)	Promueve el crecimiento vegetativo, y en la formación de aminoácidos componentes básicos de las proteínas, producción de clorofila y enzimas.	1.6 y 4.7 kg de N por tonelada de producto
Fósforo (P)	Mejora el desarrollo de las raíces, flores en las plantas de brócoli, ayuda en el proceso de transferencia de energía dentro de la planta, es vital para la formación de ADN y ARN, que sirven para el crecimiento y reproducción de las plantas.	0.33 a 0.67 kg P/t de materia fresca total
Potasio (K)	Facilita la regulación del agua y la absorción de nutrientes, mejora la resistencia a las enfermedades y al estrés, contribuye en la activación de enzimas y la fotosíntesis, promueve el vigor de la planta.	2.7 y 5.1 kg/t de materia fresca
Calcio (Ca)	Ayuda a fortalecer la estructura de la pared celular, disminuye el riesgo de trastornos como la quemadura de las puntas, regula la permeabilidad de la membrana.	2.2 kg/t
Magnesio (Mg)	componente crucial de la clorofila, esencial para la fotosíntesis en las plantas, mejora el metabolismo de los carbohidratos y los procesos de transferencia de energía, controla la actividad enzimática y la absorción de nutrientes.	0.1 y 0,3 kg/t dependiendo del tipo de Brassica.

Fuente: Elaborado en base a Yara (2025)

2.2.1.6. Fases del Cultivo

En el desarrollo del brócoli se pueden considerar las siguientes fases:

- Fase de crecimiento. En esta fase el desarrollo de las hojas es la principal.
- Fase de inducción floral. Ocurre después de que la planta pasa varios días con temperaturas bajas, de igual forma en la planta siguen brotando hojas pequeñas (Saavedra y Kehr, 2022).
- Fase de formación de pella. En el extremo superior del tallo se forma un pella, de igual forma en las yemas de las hojas ocurre la fase de la inducción floral y

se forman nuevas pellas las cuales son más pequeñas en comparación a la pella principal (Saavedra y Kehr, 2022).

- Fase de floración. El tallo que sostiene la parte de la pella inicia el crecimiento longitudinal, con posterior apertura de las flores.
- Fructificación. En esta fase se forman los frutos (silicuas) y semillas.

2.2.1.7. Labores Culturales en el Cultivo de Brócoli

- Elección y Preparación del Terreno. El suelo debe presentar buen drenaje, textura media, con niveles de salinidad y acidez adecuados para el cultivo, para esto es necesario realizar un análisis del suelo en laboratorio y de acuerdo con los resultados obtenidos aplicar las correcciones necesarias. De preferencia el terreno no debe haber sido sembrado con ningún tipo de crucíferas al menos después de rotar con otro tipo de cultivos como maíz o algún tipo de leguminosas y tubérculos, es recomendable que el terreno esté libre de malezas y tenga una fuente de agua cercana y que esta sea de calidad. Para la preparación del terreno se debe realizar un arado y nivelación, de ser necesario se puede incorporar estiércol o algún tipo de materia orgánica que le agregue nutrientes al suelo (Sailema, 2023).
- Siembra. El brócoli se cultiva en campo abierto, pero previo a esto es sembrado en semilleros en el cual germina y se desarrolla hasta los 45 días aproximadamente que es cuando presentan seis hojas verdaderas y una altura de unos 15 a 20cm (Espín, 2023).
- Trasplante. El terreno debe estar humedecido previamente, y realizado los surcos a las distancias requerida para la variedad a utilizar, se debe evitar en lo posible maltratar la planta ya que estas son muy delicadas, se coloca la planta y se la cubre con tierra hasta que esta quede erguida, se debe presionar para que no quede aire entre el suelo para evitar la pudrición de la raíz lo que puede provocar la pérdida de la planta, es recomendable realizar el trasplante en días nublados o frescos, para obtener un buen desarrollo del cultivo y evitar la competencia por nutrientes no es recomendable plantarlas junto a otras crucíferas (Guerena, 2020).
- Densidad de Siembra. Para una hectárea de brócoli se necesitan de 25.000 a 30.000 plantas, las cuales serán colocadas a una distancia de 40 o 50cm entre plantas y de 60 a 75cm entre surcos, esto depende de la variedad (Santillán, 2021).

- Riego. Debido a que las raíces del brócoli no profundizan a más de 36 a 48cm, cuando se realiza el trasplante los riegos serán leves y frecuentes para que el cultivo este siempre húmedo, el desbalance en cuanto a humedad provoca maduración prematura de la pella. Al inicio de la formación de la pella y en el desarrollo el brócoli el cultivo presenta el nivel más alto de requerimiento hídrico (Guerena, 2020).
- Fertilización. Antes del trasplante se recomienda realizar un análisis del suelo para establecer el tipo de fertilización más adecuado para el cultivo, y si es necesario se colocará agentes enraizantes para que la raíz se desarrolle con mayor rapidez, el brócoli es exigente en Nitrógeno, Fosforo, Potasio y Calcio (Burbano, 2023).
- Control de malezas. Las malas hierbas compiten con el cultivo por luz, agua y nutrientes, estas pueden ser hospedadoras de plagas y patógenos que dañan el cultivo, es necesario diseñar un plan de control y eliminación de estas malezas (Santillán, 2021).
- Recolección. El brócoli debe ser cosechado cuando este cuente con las hojas necesarias para su protección, en los brócolis de pella deben estar cubiertos en su totalidad. La recolección inicia una vez que la longitud del tallo alcance 5 o 6cm, los brócolis de buena calidad deben presentar las inflorescencias cerradas y de un color verde oscuro muy brillante, además las pellas deben ser compactas. El total de la producción varía de acuerdo con la densidad de siembra y la variedad utilizada.

2.2.1.8. Plagas y Enfermedades

Se deben realizar controles fitosanitarios rigurosos y estos deben estar a cargo de un profesional con experiencia y evitar en lo posible una pérdida del cultivo.

2.2.1.8.1. Plagas

- Polilla Dorso de Diamante (*Plutella xylostella*). Esta polilla podría considerarse una de las más importantes en este cultivo, posee un cuerpo delgado de color marrón/gris, antenas muy largas y atacan a toda la planta, las larvas causan daños principalmente en las hojas, y si no es controlada puede llegar a provocar pérdidas de hasta el 70% (Guerena, 2020).
- Falso Medidor (*Trichoplusia ni*). Polillas de hábito nocturno. El daño es causado por sus larvas de color verde, que se mueven de una forma muy característica retrayendo su cuerpo (Santillán, 2021).

- Gusano u Oruga Soldado (*Spodoptera exigua*). De gran relevancia, ya que puede atacar a muchos cultivos como tomate, chiles y por supuesto brócoli y coliflor, ataca en etapas tempranas del desarrollo de la planta y es típica de lugares tropicales como México, al igual que otras larvas, se alimentan del borde de las hojas o dejan daños en forma de ventanas (Guerena, 2020).
- Áfidos. Son dos especies que atacan al cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*); la *Brevicoryne brassicae* y *Lipaphis erysimi*, plaga que se alimentan de la sabia de las hojas, generan arrugamiento y heridas en el tejido vegetal retrasando el desarrollo del cultivo ya que generan estrés en las plantas, además causan daños estéticos en la pella lo que disminuye la calidad de la producción (Guerena, 2020).

2.2.1.8.2. Enfermedades.

2.2.1.8.2.1. Mancha de la Hoja.

Alternaria brassicae, es un hongo patógeno de las plantas capaz de infectar a la mayoría de Brassica incluyendo muchas especies importantes en la agricultura como brócoli, col y colza. Causa el marchitamiento de las plantas si estas son atacadas en etapa de desarrollo vegetativo, las afectaciones de este hongo en plantas adultas son menos severas y causan manchas en las hojas (Guerena, 2020).

2.2.1.8.2.2. Taxonomía

Alternaria brassicae es un hongo filamentoso, saprofita, perteneciente al filo *Ascomycota*, caracterizados por presentar una coloración oscura, en la Tabla 3 se presenta la taxonomía de esta enfermedad.

Tabla 3. Taxonomía de la mancha de la hoja.

Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Dothideomycetes
Orden	Pleosporales
Familia	Pleosporaceae
Género	<i>Alternaria</i>
Especie	<i>Alternaria brassicae</i>

Fuente: Elaborado en base a Medina (2015)

2.2.1.8.2.3. Ciclo de Enfermedad y Condiciones de Desarrollo.

Alternaria brassicae sobrevive en invierno dentro y fuera de las semillas y en los residuos de cultivos agrícolas y maleza. La presencia de esporas en la semilla puede causar la pérdida prematura de la planta. Tras la infección primaria se forman numerosas esporas nuevas y el hongo puede dispersarse con las salpicaduras de agua y el viento. Las esporas producen manchas en hojas, tallos y silicuas. La nueva semilla queda también infectada. El hongo puede sobrevivir muchos años en semillas almacenadas en un lugar fresco y seco (Medina, 2015).

2.2.1.8.2.4. Síntomas de la Enfermedad.

Alternaria brassicae provoca manchas oscuras en todas las partes aéreas de la planta. Las lesiones son de color marrón oscuro con un halo amarillo de unos 0.5-12 mm de diámetro. En las lesiones se pueden apreciar anillos concéntricos, a los que se les suele caer la parte más vieja. Las hojas afectadas pueden volverse totalmente amarillas y caerse las pellas pueden presentar manchas negras (SENASICA, 2021).

2.2.1.9.2.5. Condiciones para su desarrollo.

La temperatura óptima para la germinación está entre los 21 y los 28 °C. Para que se produzca la infección las temperaturas ideales están entre 20 y 25 °C, y es necesario un periodo de tres horas de humedad en las hojas. Las condiciones óptimas para la esporulación son una humedad relativa superior al 91 % y temperaturas de entre 24 y 28 °C (Adlercreutz y Montoya, 2021).

2.2.1.9. El Manejo Integrado de Plagas (MIP)

Incluye diversos tipos de controles, como los mecánicos, biológicos, químicos, culturales y físicos. El objetivo del MIP es reducir el uso de plaguicidas y minimizar los riesgos para la salud humana y el medio ambiente (FAO, 2025).

2.2.1.10. Tipos de controles

2.2.1.10.1. Control mecánico

El control mecánico de malezas en cultivos de brócoli implica la eliminación física de las malas hierbas utilizando herramientas o maquinaria. Esto puede incluir la eliminación manual, el uso de rastrillos, hileras o máquinas especiales para el control de malezas en cultivos de hileras. El objetivo es mantener el brócoli libre de competencia de malezas, especialmente durante las etapas iniciales de crecimiento (Cherlinka, 2022).

2.2.1.10.2. Control físico

El control físico en el cultivo de brócoli involucra el uso de métodos no químicos para gestionar plagas y enfermedades, como barreras, trampas y la manipulación de condiciones ambientales. Esto incluye prácticas como la desinfección de herramientas y bandejas, la solarización del suelo, la rotación de cultivos y la gestión adecuada del riego y la humedad (Cherlinka, 2022).

2.2.1.10.3. Control cultural

Incluye prácticas específicas de gestión agrícola, como:

- Rotación de cultivos
- Cultivo intercalado
- Gestión de las fechas de siembra, plantación o cosecha
- Manejo del agua y el riego
- Gestión de suelos y nutrientes. (Cherlinka, 2022)

2.2.1.10.4. Control químico

Utilización de fungicidas sintéticos según Cherlinka (2022):

2.2.1.10.4.1. Prochloraz (TUNDRA Fungicida Agrícola).

Es un fungicida que protege y erradica a los patógenos hospederos ya en la planta, inhibe la biosíntesis del ergosterol el cual es un componente de la membrana de los hongos, por lo que se torna rígida y agrietada; consecuentemente las hifas del patógeno no pueden crecer ni infectar al hospedante, en la tabla 4 se detallan las características químicas del fungicida químico Prochloraz (Edifarm Ecuador, 2019).

Tabla 4. Características químicas del fungicida químico Prochloraz.

Ingrediente activo	Concentración	Grupo químico
Prochloraz	450gramos/l	Imidazoles

Fuente: Elaborado en base a Edifarm Ecuador (2019)

2.2.1.10.5. Control biológico

Se caracteriza por la utilización de microorganismos benéficos tales como la *Trichoderma* que es un tipo de hongo antagonista los cuales son utilizados principalmente contra enfermedades fungosas en el suelo, estos compiten por nutrientes y espacio contra los hongos fitopatógenos, suelen atacarlos de forma directa e incluso llegan a parasitarlos, pueden estar presentes de forma natural en el suelo o ser introducidos de forma controlada (Cherlinka, 2022). Además, se destaca

un control biológico de enfermedades que se caracteriza por la utilización de extractos vegetales para prevenir o tratar enfermedades en cultivos (Ramírez, 2021).

2.2.1.10.5.1. Extractos vegetales

Son preparados que se obtienen de las partes de las plantas esto a partir de diferentes procesos como: maceración, fermentación, infusión, decocción y esencias, cada planta contiene activos complejos como fitoquímicos los cuales se encuentran en gran variedad y diferentes concentraciones. Existen compuestos activos que sirven para combatir plagas y enfermedades, o para estimular el desarrollo vegetativo, incluso favorece en la resistencia ante factores abióticos (sequía, granizo, heladas, etc). La efectividad de los extractos vegetales depende de factores entre los que destacan: especie, variedad vegetal, método de extracción, calidad de las plantas utilizadas, concentración utilizada, etc. (Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021).

2.2.1.10.5.2 El Ajo (*Allium sativum*).

El interés de la ciencia por la capacidad antifúngica del ajo se remonta al siglo pasado, Timonin y Thexton (1951) y Tansey y Appleton (1975) observaron que extractos acuosos del ajo pueden inhibir el crecimiento de diversas especies de hongos, además el ajo contiene alicina y azufre, compuestos que actúan como fungicidas naturales, estos inhiben el crecimiento micelial del hongo, disminuye la esporulación, y provoca daños en las membranas impidiendo la síntesis de lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, en la tabla 5 se detalla las características químicas del ajo (Muy-Rangel *et al.*, 2017).

Tabla 5. Composición química del ajo (*Allium sativum*)

Compuesto organosulfurados	Descripción
Alicina y sus derivados	Principal compuesto responsable de su olor característico, tiene propiedades antimicrobianas y antifúngicas, derivados, como el disulfuro de dialilo, (DADS) y el trisulfuro de dialilo (DATS), contribuyen a la actividad biológica del ajo en la agricultura.
Ajoenos	Compuestos con propiedades antifúngicas y antibacterianas.
Vinilditiinas	Se forman a partir de la alicina, contribuyen a las propiedades bioactivas del ajo
Fructosanos	Son un tipo de carbohidrato que sirve como fuente de energía para las plantas.
Sales minerales	Contiene minerales como fósforo, potasio, azufre, hierro, manganeso, calcio y magnesio, que son nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.
Vitaminas	Contiene pequeñas cantidades de vitaminas como la vitamina B6 y la vitamina C, que son beneficiosas para las plantas.

Fuente: Elaborado en base a Batiha *et al.* (2020)

Preparación del extracto de ajo (*Allium sativum*).

Para preparar 1 litro de extracto se necesitan:

- 500g de ajo pelado.
- 1 litro de agua lluvia o destilada.
- Licuadora.
- Filtrador.
- Recipiente para almacenar.

Preparación:

- En una licuadora colocamos los 500g de ajo pelado, se añade un litro de agua lluvia o destilada, se procede a licuar hasta que el ajo este triturado por completo.
- Una vez licuado dejamos reposar la mezcla por el lapso de una hora.
- Pasado este tiempo se procede a filtrar la mezcla en un recipiente para eliminar la parte sólida y obtener la parte líquida, el cual será utilizado inmediatamente en los tratamientos respectivos. (Villanueva, 2021)

2.2.1.10.5.3. Cola de Caballo (*Equisetum arvense*).

Es una de las plantas más usadas por sus característica fungicida ya que contiene ciertas sustancias que son tóxicas para los hongos como las Saponinas (*Equisetonina*, Ácido silícico y azufre), los Flavonoides (*Isoquercitosido*, *Galuteolina* o *Equisetrina*) o los Ácidos Orgánicos (*Nicotina*, *Palustrina* o *Dimetilsulfona*). Su principal mecanismo de acción se basa en que favorece el engrosamiento de las paredes celulares vegetales, lo que impide la penetración de los hongos. El insecticida y fungicida de cola de caballo es un tratamiento ecológico muy eficaz contra diferentes plagas y enfermedades fungosas, en la tabla 6 se detalla las características químicas de la cola de caballo (Duchimaza, 2022).

Tabla 6. Características químicas de la cola de caballo (*Equisetum arvense*)

Compuestos químicos	Descripción
Silicio	Componente esencial que fortalece las paredes celulares de las plantas, mejora su resistencia a enfermedades y plagas.
Potasio	Nutriente importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ayuda a regular la absorción de agua y nutrientes.
Magnesio	Componente esencial de la clorofila, asociado en la fotosíntesis y el metabolismo de las plantas.
Calcio	Ayuda en la formación de las paredes celulares y en la regulación de procesos metabólicos.
Flavonoides y taninos	Son propiedades antioxidantes y antifúngicas que ayudan a proteger a las plantas contra enfermedades causadas por hongos y otros patógenos.
Saponinas	Compuestos con actividad insecticida y antifúngica, contribuyendo a la defensa de la planta contra plagas e infecciones.

Fuente: Elaborado en base a Vermiduro (2024)

Preparación del extracto de Cola de caballo (*Equisetum arvense*)

Para preparar 1 litro de extracto se necesita:

- 300 g de planta fresca (hojas y tallos) de cola de caballo.
- 1 litro de agua de lluvia o destilada.
- Recipiente de 5 litros para la decocción.
- Estufa.
- Filtrador
- Recipiente para almacenar.

Preparación:

- Se procede a cortar la planta en pedazos no mayores a 5cm para facilitar la cocción.
- Se coloca en el recipiente junto con el litro de agua.
- Hervir durante 30 minutos a fuego bajo, se debe tener en cuenta que si el volumen de agua se reduce se debe aumentar para mantener el volumen inicial.
- Una vez terminado el proceso de decocción retiramos de la estufa, se deja reposar durante 1 hora para luego ser filtrado, y utilizado inmediatamente (F. Rosso, 2021).

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

El enfoque de la investigación es cuantitativo dado que se utilizó la recolección de datos enfocados en medidas numéricas y análisis estadísticos, además los datos recolectados corresponden a las variables evaluadas de: incidencia, severidad de alternaria, altura de tallo, presencia de hojas, diámetro y peso de la pella y rendimiento para aprobar o desaprobar la hipótesis que se ha planteado.

3.1.2. Tipo de Investigación

La investigación es de carácter experimental, debido a que se aplicaron los extractos vegetales de ajo y cola de caballo como tratamientos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) para el control de la mancha de la hoja (*Alternaría brassicae*), el ensayo se lo realizo en un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con 7 tratamientos y 4 repeticiones, obteniendo un total de 28 unidades experimentales distribuidas de forma aleatoria en cada bloque.

3.2. HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa: Los extractos vegetales de ajo y cola de caballo si ejercen control sobre la mancha de la hoja (*Alternaría brassicae*), en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) variedad Avenger.

Hipótesis Nula: Los extractos vegetales de ajo y cola de caballo no ejercen control sobre la mancha de la hoja (*Alternaría brassicae*), en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) variedad Avenger.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1. Definición de las variables

Variable independiente: Uso de extractos vegetales de ajo y cola de caballo para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) variedad Avenger.

Variable Dependiente: Control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) y desarrollo del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) variedad Avenger

3.3.2. Operacionalización de las variables

En la tabla 7, se visualiza la operacionalización de las variables dependientes e independientes de acuerdo a lo propuesto en el experimento.

Tabla 7. Definición y operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicaciones	Técnicas	Instrumentos
Variable independiente Uso de extractos vegetales de ajo y cola de caballo para el control de la mancha de la hoja (<i>Alternaria brassicae</i>) en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) variedad Avenger.	Extracto de ajo El ajo contiene alicina y azufre compuestos que actúan como fungicidas naturales, estos inhiben el crecimiento micelial del hongo, disminuye la esporulación, y provoca daños en las membranas impidiendo la síntesis de lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. (Muy-Rangel <i>et al.</i> , 2017)	<ul style="list-style-type: none"> Dosis media. - Se realizaron 5 aplicaciones al follaje del extracto a una dosis de 666ml/l de agua a los 15, 30, 45, 60 y 75 días ddt. Dosis alta. -Se realizaron 5 aplicaciones al follaje de 1000ml/l de agua a los 15, 30, 45, 60 y 75 días ddt. Dosis baja. - Se realizaron 5 aplicaciones al follaje de 111ml/ l de agua a los 15, 30, 45, 60 y 75 ddt. 	Aplicación foliar	Bomba de fumigar
	Extracto de cola de caballo La cola de caballo contiene ácido silícico el cual ayuda a engrosar las paredes celulares de las plantas, impidiendo que los hongos ingresen, además contiene potasio y una importante toxina como es la saponina (equisotonina) que inhibe el desarrollo de los hongos. (Duchimaza, 2022)	<ul style="list-style-type: none"> Dosis media. -Se realizaron 5 aplicaciones al follaje de 250ml/l de agua a los 15, 30, 45, 60 y 75 días ddt. Dosis alta. - Se realizaron 5 aplicaciones al follaje de 428ml/ l de agua a los 15, 30, 45, 60 y 75 días ddt. Dosis baja. - Se realizaron 5 aplicaciones al follaje de 111ml/l de agua a los 15, 30, 45, 60 y 75 días ddt. 	Aplicación foliar	Bomba de fumigar
	Prochloraz Este fungicida protege y erradica a los patógenos hospederos presentes en la planta, inhibe las funciones del ergosterol el cual es un componente de la membrana de los hongos, por lo que se vuelve rígida y agrietada, causando que las hifas del patógeno no pueden crecer ni	<ul style="list-style-type: none"> Se realizaron cinco aplicaciones al follaje con 2ml/l de agua a los 15, 30, 45, 60 y 75 días ddt. 	Aplicación foliar	Bomba de fumigar

infectar al hospedante. (Edifarm Ecuador, 2019)

Variables Dependiente

Grado de control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) y desarrollo del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad Avenger.

Incidencia del hongo patógeno en las hojas.

- Se evaluaron las plantas en cada unidad experimental, desde los 15 hasta los 75 ddt cada 15 días, para lo cual se observó en las plantas la presencia de los síntomas característicos de esta enfermedad (manchas circulares marrones o negras en las hojas, que pueden tener anillos concéntricos y un halo amarillo. Estas manchas pueden causar la caída de las hojas, y en casos graves, afectar la pella del brócoli). para diferenciar entre plantas sanas y enfermas, con esta información se procedió a calcular la incidencia utilizando la fórmula correspondiente.

Observación de los síntomas.

INCIDENCIA (%) = número de plantas enfermas /total de plantas muestreadas*100 (Raico, 2022)

Severidad del hongo patógeno en las hojas.

- Se evaluaron las hojas de las plantas en cada unidad experimental, desde los 15 hasta los 75 ddt cada 15 días, para lo cual se observó el porcentaje de daño en las hojas, teniendo en cuenta las características de la enfermedad como la presencia de manchas concéntricas en forma de diana de unos 0,5-12mm de diámetro de color marrón claro o grisáceo y con esta información se procedió a calcular la severidad utilizando la fórmula correspondiente. (SENASICA, 2021)

Observación de síntomas.

Severidad Clase daño
 0= 0 %
 1 =12,5 %
 2 =25 %
 3 =37,5 %
 4 = 50 %
 5 = 62,5 %
 6 = 75 %
 7 = 87,5 %
 8 = 100 %
 (Castellanos et al., 2019)

Altura de tallo

- Se realizaron 5 mediciones desde los 15 hasta los 75 ddt con intervalos de 15 días, donde se midió la altura del tallo en cm desde la base del tallo hasta la base del pedúnculo primario.

Observación

Cinta métrica, regla y libreta de campo.

Presencia de hojas

- Se contabilizó el número de hojas/planta desde los 15 a los 75 ddt, con intervalos de 15 días.

Observación

Libreta de campo.

Calidad del producto:

<ul style="list-style-type: none">• Diámetro	<ul style="list-style-type: none">• Se realizó la medición de la pella a los 100 ddt, es decir, cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica y el punto de cosecha, (pellas de color verde uniformes compactas y bien formadas, diámetro de 15 y 18cm según la variedad) (Zamora, 2016) para esto se midió con un calibrador pie de rey de borde a borde de la pella pasando por el centro, el diámetro de la pella se lo determinó en cm.	Observación	Libreta de campo, calibrador pie de rey.
<ul style="list-style-type: none">• Peso	<ul style="list-style-type: none">• Se realizó la medición a los 100 ddt, es decir cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica, (pellas de color verde uniformes, compactas y bien formadas, peso de 776g como mínimo) (Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo, 2023), el peso se lo calculó con la ayuda de la balanza digital y se lo determinó en gramos.	Observación	Libreta de campo, balanza digital
<ul style="list-style-type: none">• Rendimiento	<ul style="list-style-type: none">• Se determinó una vez cosechado el producto cuando la pella ha alcanzado la madurez fisiológica a los 100 ddt, se tomó en cuenta la totalidad de la producción de los tratamientos y se relacionó con la superficie (Kg/ha)	Observación	Libreta de campo, programa "Excel".
<ul style="list-style-type: none">• Costo veneficio	<ul style="list-style-type: none">• Para su determinación en cada tratamiento se estableció el costo de producción y se lo relacionó con la utilidad generada por dicho tratamiento, esta utilidad fue estimada con base en el valor de venta de la producción y en el precio del mercado.	Observación	Libreta de campo, programa "Excel".

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Ubicación Geográfica del experimento

La presente investigación se la estableció en el Centro Experimental San Francisco propiedad de la UPEC ubicado en el Cantón San Pedro de Huaca provincia del Carchi. El cual se encuentra localizado a una altitud de 2780 msnm, posee una temperatura promedio de 12,7°, la humedad relativa es del 78% y la precipitación promedio anual es de 779 a 1200mm.



Figura 1. Ubicación del experimento en el Centro Experimental San Francisco.

3.4.2. Superficie del Experimento.

El experimento tubo una superficie total de 311,1m², las dimensiones son de 25,5 metros de largo por 12,2 metros de ancho, el cual está dividido en 28 unidades experimentales con medidas de 2,5 metros de largo y 1,80 metros de ancho cada una.

3.4.3. Tratamientos utilizados

La variable independiente de este experimento se constituye por la aplicación de tratamientos de extractos vegetales a base de ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) variedad híbrido Avenger, la primera aplicación se la realizo a los 15 días después del trasplante (ddt) las siguientes aplicaciones se las efectuó con intervalos de 15 días hasta los 75 ddt, los tratamientos evaluados se detallan en la Tabla 8.

Tabla 8. Tratamientos utilizados en el experimento.

Tratamientos	Descripción	Observación
T1 Extracto de ajo dosis media	666ml/l	Todos los tratamientos se aplicaron de manera foliar desde los 15 hasta los 75 ddt, con intervalos de 15 días con un total de 5 aplicaciones durante todo el ciclo fenológico del cultivo.
T2 Extracto de ajo dosis alta	1000ml/l	
T3 Extracto de ajo dosis baja	111ml/l	
T4 Extracto de cola de caballo dosis media	250ml/l	
T5 Extracto de cola de caballo dosis alta	428ml/l	
T6 Extracto de cola de caballo dosis baja	111ml/l	
T7 Testigo químico "Prochloraz"	2ml/l	

3.4.4. Características del experimento.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completamente al azar (DBCA), con un total de 7 tratamientos y 4 repeticiones. En la tabla 9 se detallan las características del experimento.

Tabla 9. Características del experimento.

Diseño de bloques completo al azar	Dimensiones
Número de tratamientos	7
Número de repeticiones	4
Número de unidades experimentales	28
Distancia entre planta	0,50m
Distancia entre surco	0,60m
Plantas por parcelas	24
Total, de plantas	672
Área de la unidad experimental	4,5m ²
Área total del experimento	311,1m ²
Plantas por parcela neta	8

3.4.5. Distribución de los tratamientos

El experimento estuvo constituido por 7 tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, resultando un total de 28 unidades experimentales, las separaciones entre las unidades experimentales se delimitaron por caminos de 1 metro de ancho como se muestra en la figura 2.

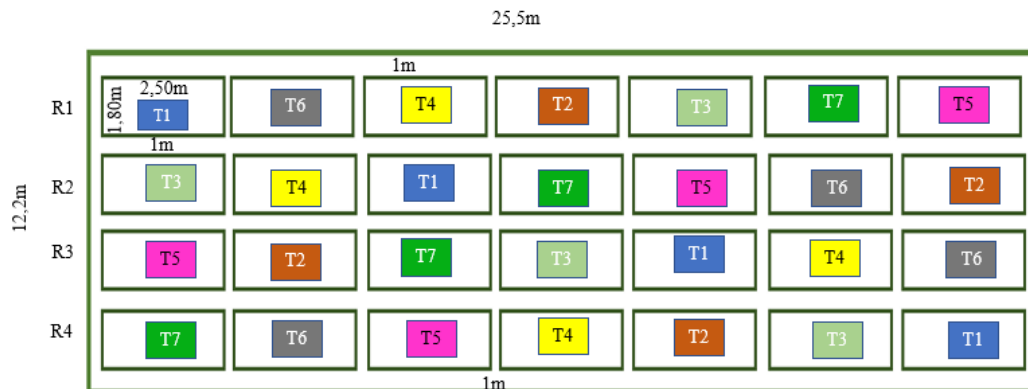


Figura 2. Tratamientos aleatorizados.

3.4.6. Población y muestra

Esta investigación tuvo una superficie total de 311,1m² constituida por 672 plantas de brócoli variedad Avenger, la superficie se dividió en 28 unidades experimentales de las cuales cada una estuvo conformada por 4 surco, en cada surco se sembró 6 plantas dando un total de 24 plantas por unidad experimental. La parcela neta estuvo constituida por 8 plantas por unidad experimental con lo cual se evaluaron una totalidad de 224 plantas, en la Figura 3 se presenta la distribución de las plantas por unidad experimental.

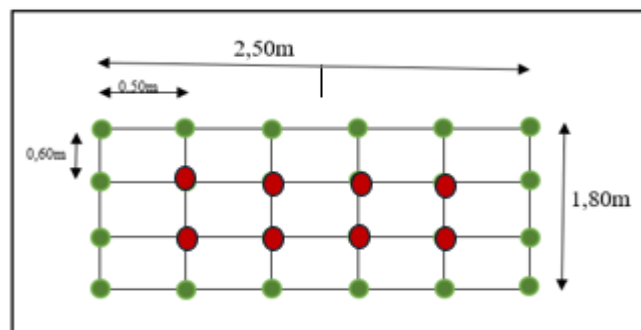


Figura 3. Unidad experimental y parcela neta.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.5.1. Análisis Estadístico

En el experimento las herramientas estadísticas utilizadas fueron: el Análisis de Varianza (ANAVAR) y la prueba de Tukey para determinar la existencia o no de diferencias estadísticas entre los tratamientos, en la Tabla 10 se detalla el esquema para el análisis de varianza.

Tabla 10. Esquema de ANAVAR.

Fuente de Variación	Fórmula	Grados de Libertad
Tratamientos	T-1	6
Bloques	r-1	3
Error Experimental	(T-1) (r-1)	18
Total	Tr-1	27

3.5.1.1. Descripción de la variable dependiente

La variable dependiente de la investigación fue el grado de control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) y el desarrollo fenológico del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad Avenger., (calidad y rendimiento), para evaluar de forma detallada esta variable dependiente en el experimento se analizaron las siguientes subvariables: incidencia y severidad de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*), altura de tallo, presencia de hojas, diámetro y peso de la pella del brócoli, rendimiento y costo beneficio del cultivo de brócoli variedad Avenger bajo el efecto de alternativas orgánicas para el control de alternaria (*Alternaria brassicae*).

Incidencia de alternaria (*Alternaria brassicae*): La incidencia de la afectación es la proporción de las plantas enfermas en relación con las plantas sanas, en una determinada área de cultivo, esta se expresa en porcentajes y se calculó en relación con el número total de plantas. La sintomatología característica de esta enfermedad está dada por la presencia de manchas concéntricas en forma de diana de unos 0,5-12mm de diámetro de color marrón claro o grisáceo (*Alternaria brassicae*): Las observaciones se realizó cada 15 días al total de las plantas en cada tratamiento, a partir de los 15 hasta los 75 ddt obteniendo 5 observaciones durante todo el experimento, para determinar la incidencia se utilizó la siguiente formula (Raico, 2022).

$$I = \frac{\text{número de plantas afectadas}}{\text{número total de plantas}} \times 100$$

Severidad de alternaria (*Alternaria brassicae*): La severidad es una estimación que indica el grado de daño que ha sufrido una planta a causa de una enfermedad, esta se calculó a partir del tejido enfermo de la planta. Las mediciones del experimento se iniciaron a partir de los 15 ddt para lo cual se utilizó una escala de severidad (a partir de 0 al 8) para mayor precisión y registrar el grado de afectación de la

enfermedad en el cultivo, las observaciones se las efectuó a la totalidad de las plantas estudiadas a los 15, 30, 45, 60 y 75 ddt bajo la siguiente escala.

Tabla 11. Escala de severidad.

Clase	Descripción	Daño
0	Hoja completamente sana.	0 %
1	Aparición de síntomas, pequeñas manchas de color café.	12,5 %
2	Manchas con anillos concéntricos definidos.	25 %
3	Amarillamiento de hojas.	37,5 %
4	Dianas completamente desarrolladas	50 %
5	Daños necróticos dentro de las manchas.	62,5 %
6	Necrosis en las tres cuartas parte de la hoja.	75 %
7	Hojas con daños irreversibles.	87,5 %
8	Daño de totalidad de la hoja.	100 %

Fuente: Elaborado en base a Castellanos *et al.* (2019)

Altura de tallo: Las mediciones para la altura del tallo se realizaron a los 15, 30, 45, 60 y 75 ddt, desde la base del tallo hasta la base del pedúnculo primario con la ayuda de una regla, cada dato se lo registro en una libreta de campo, se realizaron un total de 5 mediciones durante todo el ciclo fenológico del cultivo.

Presencia de hojas: Se efectuó el conteo del total de hojas por cada planta de la parcela neta, cada 15 días desde los 15 hasta los 75 ddt, variable evaluada en 32 plantas por tratamiento, cada dato se lo registro en una libreta de campo.

Diámetro de pella: Se realizó la medición de la pella a los 100 ddt; es decir, cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica y por ende el punto de cosecha. Las características son: pellas de color verde uniformes compactas y bien formadas, con un diámetro aproximado de 15 y 18cm por pella). Según Zamora (2016) para esto se debe medir con un calibrador (pie de rey), con el fin de determinar la amplitud de la pella entre bordes opuestos.

Peso de la pella: Se realizó la medición a los 100 ddt, es decir cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica y el punto de cosecha (pellas de color verde uniformes compactas y bien formadas, con un peso aproximado de 776g/pella (Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo, 2023). El peso de la pella se lo determinó con la ayuda de la balanza digital, registrando su valor en gramos.

Rendimiento: Se determinó una vez cosechado el producto cuando la pella ha alcanzado la madurez fisiológica a los 100 ddt, se tomó en cuenta la totalidad de las pellas cosechadas por tratamiento y se relacionó con la superficie (Kg/ha)

Costo beneficio: para su determinación en cada tratamiento se estableció el costo de producción y se lo relacionó con la utilidad generada por cada tratamiento, esta venta fue estimada con base en el valor del precio del producto en el mercado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Incidencia de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de alternativas de control orgánicas.

En la Tabla 12 se muestra el análisis de varianza para la incidencia de *Alternaria brassicae* en el cultivo de brócoli, a los 15 y 30 ddt el porcentaje de incidencia fue del 0% en el experimento, en cambio a los 45, 60 y 75 ddt el P-valor de los tratamientos señalan que existen diferencias estadísticas al 1% (P-valor <0,01). Además, los valores de los coeficientes de variación en las evaluaciones efectuadas se mantienen dentro de un rango estable para este experimento con valores menores a 22%. Los promedios registrados en este experimento son: 13,54, 15,63 y 17, 11% de incidencia a los 45, 60 y 75 ddt respectivamente.

Tabla 12. Análisis de varianza para la incidencia de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de los tratamientos de extracto de ajo (*Allium sativum*)

Fuentes de Variación.	Grados de libertad	45ddt		60ddt		75ddt	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Total	27						
Tratamiento	6	75,206	0,000**	102,71	0,000**	134,344	0,000**
Repetición	3	0,620	0,975 ^{ns}	27,082	0,089 ^{ns}	53,505	0,019*
Error	18	8,818		10,683		12,538	
CV (%)		21,93		20,92		20,7	
Promedio (%)		13,54		15,62		17,11	

Nota. * Hay diferencias estadísticas al 5%, ** hay diferencias estadísticas al 1%, ns no hay diferencias estadísticas, ddt después del trasplante.

En la Tabla 13 se observa la prueba estadística de Tukey al 5% para incidencia de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli, a los 45, 60 y 75 ddt, y con los menores valores de incidencia se destacan los tratamientos T7 (Testigo químico Prochloraz) y T5 (Extracto de cola de caballo dosis alta) ubicándose en el

rango A con incidencias de 7,29, 9,37 y 10,41% para el T7 (Testigo químico Prochloraz) y 9,37, 11,46 y 10,41% para el T5 (Extracto de cola de caballo dosis alta), mientras que el tratamiento T3 (Extracto ajo dosis baja) es aquel que presentó los promedios de incidencia más altos del experimento en todas las mediciones ubicándose en el último rango de evaluación con promedios de 13,54, 15,62 y 17,11% a los 45, 60 y 75 ddt.

Tabla 13. Prueba estadística de Tukey al 5% para la incidencia de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos de ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*).

45 ddt			60 ddt			75 ddt		
Tratamientos	Medias	G.H	Tratamientos	Medias	G.H	Tratamientos	Medias	G.H
T7	7,29	A	T7	9,37	A	T7	10,41	A
T5	9,37	A	T5	11,46	A	T5	11,46	A
T4	11,46	AB	T4	12,5	AB	T4	12,5	A
T1	13,54	AB	T1	13,54	ABC	T1	16,66	AB
T6	17,7	B	T2	19,79	BCD	T2	21,87	B
T2	17,7	B	T6	20,83	CD	T6	22,91	B
T3	17,7	B	T3	21,87	D	T3	23,95	B
Promedio (%)	13,54			15,62			17,11	

Nota. T1 Extracto de ajo dosis media, T2 Extracto de ajo dosis alta, T3 Extracto de ajo dosis baja, T4 Extracto de cola de caballo dosis media, T5 Extracto de cola de caballo dosis alta, T6 Extracto de cola de caballo dosis baja, T7 testigo químico Prochloraz. G.H grupos homogéneos, ddt después del trasplante.

4.1.2. Severidad de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de alternativas de control orgánicas.

En la Tabla 14 se muestra el análisis de varianza para la severidad de *Alternaria brassicae* en el cultivo de brócoli, a los 15 y 30 ddt el porcentaje de severidad fue del 0%, en cambio a los 45, 60 y 75 ddt, el P-valor de los tratamientos señala que existen diferencias estadísticas al 1% (P-valor <0,01). Además, los valores de los coeficientes de variación en las evaluaciones efectuadas se mantienen dentro de un rango estable para este experimento con valores menores a 22%. Los promedios registrados en este experimento son: 1,69, 1,96 y 2,18% de incidencia a los 45, 60 y 75 ddt respectivamente.

Tabla 14. Análisis de varianza para la severidad de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de los tratamientos de extracto de ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*).

Fuentes de Variación	Grados de libertad	45ddt		60ddt		75ddt	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Total	27						
Tratamiento	6	1,17	0,000**	1,675	0,000**	2,465	0,000**
Repetición	3	0,01	0,975ns	0,423	0,108ns	0,954	0,020*
Error	18	0,14		0,181		0,225	
CV (%)		21,9		21,73		21,73	
Promedio (%)		1,69		1,96		2,18	

Nota. * Hay diferencias estadísticas al 5%, ** hay diferencias estadísticas al 1%, ns no hay diferencias estadísticas, ddt después del trasplante.

En la Tabla 15 se observa la prueba estadística de Tukey al 5% para la severidad de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos a los 45, 60 y 75 ddt, y se destacan los tratamientos T7 (Testigo químico Prochloraz) y T5 (Extracto de cola de caballo dosis alta) ubicándose en el rango A, con porcentajes de severidad de 0,91, 1,17 y 1,3% para el tratamiento T7 (Testigo químico Prochloraz) y 1,17, 1,43 y 1,43% para el tratamiento T5 (Extracto de cola de caballo dosis alta), mientras que el tratamiento T3 (Extracto de ajo dosis baja) es aquel que presentó los promedios de severidad más altos del experimento en todas las mediciones ubicándose en el último rango de la clasificación en cada medición con valores de 2,2, 2,28 y 3,2% a los 45, 60 y 75 ddt.

Tabla 15. Prueba estadística de Tukey al 5% para la severidad de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos de ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*)

Tratamientos	45 ddt Medias	G.H	Tratamientos	60 ddt Medias	G.H	Tratamientos	75 ddt Medias	G.H
T7	0,91	A	T7	1,17	A	T7	1,30	A
T5	1,17	A	T5	1,43	A	T5	1,43	A
T4	1,43	AB	T4	1,56	AB	T4	1,56	A
T1	1,69	AB	T1	1,69	ABC	T1	2,08	AB
T6	2,21	B	T2	2,47	BCD	T6	2,86	BC
T2	2,21	B	T6	2,6	CD	T2	2,86	BC
T3	2,21	B	T3	2,8	D	T3	3,2	C
Promedios (%)	1,69			1,96			2,18	

Nota. T1 Extracto de ajo dosis media, T2 Extracto de ajo dosis alta, T3 Extracto de ajo dosis baja, T4 Extracto de cola de caballo dosis media, T5 Extracto de cola de caballo

dosis alta, T6 Extracto de cola de caballo dosis baja, T7 testigo químico Prochloraz. G.H grupos homogéneos, ddt después del trasplante.

4.1.3. Altura de tallo en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de alternativas orgánicas para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*).

En la Tabla 16 se muestra el análisis de varianza para altura de planta en el cultivo de brócoli, a los 15, 30, 45, 60 y 75 ddt, el p-valor de los tratamientos señalan que existe diferencias estadísticas al 1% (P-valor <0,01), además, los valores de los coeficientes de variación en las evaluaciones efectuadas se mantienen dentro de un rango estable para este experimento con valores menores al 5%. Los promedios registrados en este experimento son: 4,39, 5,60, 6,93, 8,20 y 10,13cm de altura a los 15, 30, 45, 60 y 75 ddt respectivamente.

Tabla 16. Análisis de varianza para la altura de tallo en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de los tratamientos de extracto de ajo (*Allium sativum*) y extracto de cola de caballo (*Equisetum arvense*) a los 15, 30, 45, 60 y 75 ddt.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	15ddt		30ddt		45ddt		60ddt		75dt	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	P-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Total	27										
Tratamiento	6	0,43	0,0001*	1,980	0,0001**	3,595	0,0001	5,904	0,0001*	7,306	0,0001*
Repetición	3	0,01	0,296 ^{ns}	0,010	0,693 ^{ns}	0,068	0,452	0,137	0,477 ^{ns}	0,158	0,356 ^{ns}
Error	18	0,01		0,020		0,074		0,158		0,137	
CV (%)		2,2		2,54		3,92		4,84		3,65	
Promedio (cm)		4,39		5,60		6,39		8,20		10,13	

Nota. * Hay diferencias estadísticas al 5%, ** hay diferencias estadísticas al 1%, ns no hay diferencias estadísticas, ddt después del trasplante.

En la Tabla 17 se observa la prueba estadística de Tukey al 5% para altura de tallo en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*), a los 15, 30, 45, 60 y 75 ddt, y se destaca el tratamiento T5 (Extracto de cola de caballo dosis alta) ubicándose en el rango A, con alturas de 4,88; 6,72; 8,43; 10,07 y 12,13cm respectivamente, mientras que el tratamiento T7 (Testigo químico Prochloraz) es aquel

que presento los promedios de altura más bajos del experimento en todas las mediciones con promedios de 4,1, 4,72, 5,83, 6,7 y 8,78 a los 15, 30, 45, 60 y 75ddt.

Tabla 17. Prueba estadística de Tukey al 5% para la altura de tallo en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos de ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) a los 15, 30, 45, 60 y 75ddt.

Tratamiento	15ddt		30ddt		45ddt		60ddt		75ddt	
	Media (cm)	G. H	Media (cm)	G. H	Media (cm)	G. H	Media (cm)	G. H	Media (cm)	G. H
T5	4,88	A	6,72	A	8,43	A	10,07	A	12,13	A
T2	4,72	AB	6,25	B	7,92	A	9,53	A	11,82	A
T4	4,58	B	5,8	C	7,05	B	8,32	B	10,2	B
T1	4,17	C	5,38	D	6,65	BC	7,83	BC	9,63	BC
T6	4,13	C	5,25	D	6,53	BC	7,67	BC	9,43	BC
T3	4,13	C	5,05	DE	6,1	CD	7,25	CD	8,9	C
T7	4,1	C	4,72	E	5,83	D	6,7	D	8,78	C
Promedio (cm)	4,39		5,60		6,93		8,20		10,13	

Nota. T1 Extracto de ajo dosis media, T2 Extracto de ajo dosis alta, T3 Extracto de ajo dosis baja, T4 Extracto de cola de caballo dosis media, T5 Extracto de cola de caballo dosis alta, T6 Extracto de cola de caballo dosis baja, T7 testigo químico Prochloraz. G.H grupos homogéneos, ddt después del trasplante.

4.1.4. Presencia de hojas en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de alternativas orgánicas para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*).

En la Tabla 18 se muestra el análisis de varianza para número de hojas en el cultivo de brócoli, a los 15, 30, 45, 60 y 75 ddt y el p-valor de los tratamientos señalan diferencias estadísticas al 1% (P-valor <0,01), mientras que en la evaluación efectuada el día 75 ddt no muestran diferencias estadísticas entre tratamientos. Además, los valores de los coeficientes de variación en las evaluaciones efectuadas se mantienen dentro de un rango estable para este experimento con valores menores al 7%. Los promedios registrados son de: 6,61, 7,52, 9,27, 11,32 y 14,86 hojas/planta a los 15, 30, 45, 60 y 75 ddt respectivamente.

Tabla 18. Análisis de varianza para el número de hojas en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de los tratamientos de extracto de ajo (*Allium sativum*) y extracto de cola de caballo (*Equisetum arvense*) a los 15, 30, 45, 60 y 75ddt.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	15ddt		30ddt		45ddt		60ddt		75ddt	
		CM	p-v	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Total	27										
Tratamiento	6	0,548	0,002**	1,85	0,001**	4,11	0,000**	4,37	0,000**	2,482	0,061ns

Repetición	3	0,036	0,767 ^{ns}	0,04	0,888 ^{ns}	0,204	0,689 ^{ns}	0,22	0,621 ^{ns}	0,942	0,436 ^{ns}
Error	18	0,093		0,17		0,41		0,37		0,989	
CV (%)		4,63		5,48		6,91		5,37		6,69	
Promedio (#hojas/planta)		6,61		7,52		9,27		11,32		14,86	

Nota. * Hay diferencias estadísticas al 5%, ** hay diferencias estadísticas al 1%, ns no hay diferencias estadísticas, ddt después del trasplante.

En la Tabla 19 se observa la prueba estadística de Tukey al 5% para número de hojas en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*), a los 15, 30, 45, 60 y 75 ddt, y se destaca el tratamiento T5 (Extracto de cola de caballo dosis alta) ubicándose en el rango A, con promedios de 7,10, 8,80, 11,25, 13,35 y 16,25 (# hojas/plantas) respectivamente, mientras que el tratamiento T7 (Testigo químico Prochloraz) es aquel que presentó los promedios de hojas más bajos del experimento en todas las mediciones con valores de 6,15, 7,52, 9,27, 11,32 y 13,75 a los 15, 30, 45, 60 y 75 ddt.

Tabla 19. Prueba estadística de Tukey al 5% para el número de hojas en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos de ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) a los 15, 30, 45, 60 y 75 ddt.

Tratamientos	15ddt		30ddt		45ddt		60ddt		75ddt	
	Medias	G.H	Medias	G.H	Medias	G.H	Medias	G.H	Medias	G.H
T5	7,10	A	8,80	A	11,25		13,35	A	16,25	A
T2	7,00	AB	7,85	AB	9,75	A	11,95	AB	15,20	AB
T4	6,75	ABC	7,75	BC	9,50	B	11,35	BC	15,00	AB
T1	6,65	ABC	7,30	BC	8,85	B	10,95	BC	14,95	AB
T3	6,35	BC	7,15	BC	8,75	B	10,80	BC	14,65	AB
T6	6,25	C	7,00	BC	8,40	B	10,55	BC	14,25	AB
T7	6,15	C	6,80	C	8,40	B	10,30	C	13,75	B
Promedio(#hojas/planta)	6,61		7,52		9,27		11,32		14,86	

Nota. T1 Extracto de ajo dosis media, T2 Extracto de ajo dosis alta, T3 Extracto de ajo dosis baja, T4 Extracto de cola de caballo dosis media, T5 Extracto de cola de caballo dosis alta, T6 Extracto de cola de caballo dosis baja, T7 testigo químico Prochloraz. G.H grupos homogéneos, ddt después del trasplante.

4.1.5. Calidad del producto

4.1.5.1. Diámetro de pella a la cosecha en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de alternativas orgánicas para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*).

En la Tabla 20 se muestra el análisis de varianza para diámetro de pella en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger al momento de la cosecha, el p-valor de los tratamientos señalan diferencias estadísticas al 1% (P-valor <0,01). Además, el valor del coeficiente de variación en la evaluación efectuada se mantuvo dentro del rango aceptable para este experimento con un valor menor al 4%. El promedio registrado para este experimento es de: 17,47cm.

Tabla 20. Análisis de varianza para el diámetro de pella a la cosecha en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de los tratamientos de extracto de ajo (*Allium sativum*) y extracto de cola de caballo (*Equisetum arvense*).

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Diámetro de pella			
		SC	CM	F	p-valor
Total	27	45,91			
Tratamiento	39,325	6	6,554	18,464	0,000**
Repetición	0,192	3	0,064	0,18	0,909 ^{ns}
Error	6,39	18	0,355		
CV (%)		3,41			
Promedio (cm)		17,47			

Nota. * Hay diferencias estadísticas al 5%, ** hay diferencias estadísticas al 1%, ns no hay diferencias estadísticas, dat después del trasplante.

En la Tabla 21 se observa la prueba estadística de Tukey al 5% para diámetro de pella en el momento de la cosecha en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*), donde se destacan los tratamientos T5 (Extracto de cola de caballo dosis alta), T4 (Extracto de cola de caballo dosis media), T2 (Extracto de ajo dosis alta), T1 (Extracto de ajo dosis media), T3 (Extracto de ajo dosis baja) y el T6 (Extracto de cola de caballo dosis baja) ubicándose en el rango A, mientras que el tratamiento T7 (Testigo químico Prochloraz) obtuvo un promedio de diámetro de 14,72cm siendo el más bajos del experimento.

Tabla 21. Prueba estadística de Tukey al 5% para el diámetro de pella a la cosecha en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos de ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*).

Tratamientos	Medias (cm)	G.H
T5	18,71	A
T4	18,16	A
T2	17,89	A
T1	17,74	A
T3	17,58	A
T6	17,52	A
T7	14,72	B
Promedio (cm)	17,47	

Nota. T1 Extracto de ajo dosis media, T2 Extracto de ajo dosis alta, T3 Extracto de ajo dosis baja, T4 Extracto de cola de caballo dosis media, T5 Extracto de cola de caballo dosis alta, T6 Extracto de cola de caballo dosis baja, T7 testigo químico Prochloraz. G.H grupos homogéneos, ddt después del trasplante.

4.1.5.2. Peso de la pella a la cosecha en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de alternativas orgánicas para el control de la mancha (*Alternaria brassicae*).

En la Tabla 22 se muestra el análisis de varianza para el peso de la pella en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger al momento de la cosecha, el p-valor de los tratamientos señalan diferencias estadísticas al 1% (P-valor <0,01). Además, el valor del coeficiente de variación se mantuvo dentro del rango aceptable para este experimento con un valor menor al 4%. Con un promedio registrado de: 993,32 g/pella.

Tabla 22. Análisis de varianza para el peso de la pella a la cosecha en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de los tratamientos de extracto de ajo (*Allium sativum*) y extracto de cola de caballo (*Equisetum arvense*).

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Peso de la pella			
		SC	CM	F	p-valor
Total	203206	27			
Tratamiento	178168	6	29695	22,83	0,000**
Repetición	1624	3	541	0,416	0,744ns
Error	23414	18	1301		
CV (%)		3,29			
Promedio (g/pella)		993,32			

Nota. * Hay diferencias estadísticas al 5%, ** hay diferencias estadísticas al 1%, ns no hay diferencias estadísticas, ddt después del trasplante.

En la Tabla 23 se observa la prueba estadística de Tukey al 5% para el peso de pella en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger al momento de la cosecha, y se destacan los tratamientos T5 (Extracto de cola de caballo dosis alta), T4 (Extracto de cola de caballo dosis recomendada), T2 (Extracto de ajo dosis alta), T1 (Extracto de ajo dosis recomendada), T6 (Extracto de cola de caballo dosis baja) y T3 (Extracto de ajo dosis baja) ubicándose en el rango A, mientras que el tratamiento T7 (Testigo químico Prochloraz) obtuvo un promedio de peso de 804,50g/pella constituyéndose en el valor más bajo del experimento.

Tabla 23. Prueba estadística de Tukey al 5% para el peso de pella a la cosecha en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos de ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*).

Tratamientos	Medias (g/pella)	G.H
T5	1062,75	A
T4	1050,75	A
T2	1028,75	A
T1	1015,75	A
T6	999,00	A
T3	991,75	A
T7	804,50	B
Promedio (g/pella)	993,32	

Nota. T1 Extracto de ajo dosis media, T2 Extracto de ajo dosis alta, T3 Extracto de ajo dosis baja, T4 Extracto de cola de caballo dosis media, T5 Extracto de cola de caballo dosis alta, T6 Extracto de cola de caballo dosis baja, T7 testigo químico Prochloraz. G.H grupos homogéneos, ddt después del trasplante.

4.1.5.3. Rendimiento

En la Tabla 24 se muestra el análisis de varianza para el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger al momento de la cosecha, el p-valor de los tratamientos señalan que existen diferencias estadísticas al 1% (P-valor <0,01). Además, el valor del coeficiente de variación se mantuvo dentro del rango aceptable para este experimento con un valor menor al 4%, el promedio registrado en el experimento fue de: 1379,43 kg/ha.

Tabla 24. Análisis de varianza para el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de los tratamientos de extracto de ajo (*Allium sativum*) y extracto de cola de caballo (*Equisetum arvense*) al momento de la cosecha.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	SC	CM	F	p-valor
Total	27	226390388			
Tratamientos	6	198442565	33073761	22,757	0,000**
Repetición	3	1788041,44	596014	0,410	0,748ns
Error	18	26159781,2	1453321		
CV (%)		3,64			
Promedio (kg/ha)		33106,2			

Nota. * Hay diferencias estadísticas al 5%, ** hay diferencias estadísticas al 1%, ns no hay diferencias estadísticas.

En la Tabla 25 se observa la prueba estadística de Tukey al 5% para rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos para el control de la macha de la hoja (*Alternaria brassicae*), y se destacan los tratamientos T5 (Extracto de cola de caballo dosis alta), T4 (Extracto de cola de caballo dosis media), T2 (Extracto de ajo dosis alta), T1 (Extracto de ajo dosis media), T3 (Extracto de ajo dosis baja) T6 (Extracto de cola de caballo dosis baja) ubicándose en el rango A , mientras que el tratamiento T7 (Testigo químico Prochloraz) obtuvo un promedio de 1116,96 kg/ha constituyéndose en el valor más bajos del experimento.

Tabla 25. Prueba estadística de Tukey al 5% para el rendimiento a la cosecha en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos de ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*).

Tratamientos	Medias (kg)	G.H
T5	35425	A
T4	34675,69	A
T2	34294,79	A
T1	33854,17	A
T3	33394,1	A
T6	33292,71	A
T7	26806,94	B
Promedio (%)	33106,2	

Nota. T1 Extracto de ajo dosis media, T2 Extracto de ajo dosis alta, T3 Extracto de ajo dosis baja, T4 Extracto de cola de caballo dosis media, T5 Extracto de cola de caballo dosis alta, T6 Extracto de cola de caballo dosis baja, T7 testigo químico Prochloraz. G.H grupos homogéneos.

4.1.6. Relación Costo Beneficio en el cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*)

El análisis costo-beneficio mostrado en la tabla 26 indica que el tratamiento T7 (Testigo químico Prochloraz) es el de menor inversión con \$3298,50 aunque en la relación costo beneficio es el más bajo con 1,03. De los tratamientos que contienen los extractos se aprecia que los tratamientos T3 (Extracto de ajo dosis baja) con una inversión de \$3330,50 y la relación costo-beneficio de 1,51 y el T4 (Extracto de Cola de caballo dosis media) con una inversión de \$3451,50 y la relación costo beneficio de 1,51 son los de mejor opción.

Tabla 26. Relación Costo Beneficio en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger bajo el efecto de tratamientos para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*)

Tratamientos	Tratamiento	Costo marginal de producción dólares /ha	Costo del tratamiento dólares/ha	Costo total del Tratamiento dólares/ha	Rendimiento Tn/ha	precio de venta \$/Tn	Venta \$	Utilidad neta \$	Costo Beneficio
Extracto de ajo dosis media	T1	3158,50	689	3847,50	33,85	250,00	8463,54	4616,04	1,20
Extracto de ajo dosis alta	T2	3158,50	862	4020,50	34,29	250,00	8573,70	4553,20	1,13
Extracto de ajo dosis baja	T3	3158,50	172	3330,50	33,39	250,00	8348,52	5018,02	1,51
Extracto de Cola de caballo dosis media	T4	3158,50	293	3451,50	34,68	250,00	8668,92	5217,42	1,51
Extracto de Cola de caballo dosis alta	T5	3158,50	431	3589,50	35,43	250,00	8856,25	5266,75	1,47
Extracto de Cola de caballo dosis baja	T6	3158,50	379	3537,50	33,29	250,00	8323,18	4785,68	1,35
Testigo químico Prochloraz	T7	3158,50	140	3298,50	26,81	250,00	6701,74	3403,24	1,03

4.2. DISCUSIÓN

El cultivo de brócoli en el Ecuador se lo destina en su mayoría a la exportación, por lo cual este es el motivo principal que tienen los productores para buscar alternativas orgánicas que les permita competir en los mercados extranjeros, las enfermedades y la calidad del producto agrícola a la cosecha expresados en peso, diámetro y rendimiento de la pella se constituyen en los principales factores de preocupación en el desarrollo de este cultivo por lo tanto en la presente investigación se evaluaron los efectos del uso de extractos vegetales para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*), disminuyendo así el uso de fungicidas sintéticos, la información obtenida de esta investigación es de gran importancia para los agricultores, ya que con los extractos vegetales se propone una estrategia de control sin perder la calidad de las pellas a la cosecha. A continuación, se detalla la discusión de los resultados más importantes obtenidos del experimento.

Para la incidencia y severidad de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*), variedad híbrido Avenger, los tratamientos con menores valores de incidencia y severidad (rango A) a los 75 ddt fueron: en primer lugar, el T7 Testigo químico Prochloraz con un valor de 10,41% de incidencia y 1,30% de severidad, en segundo lugar, están los tratamientos T5 (Extracto de cola de caballo dosis alta) y T4 (Extracto de cola de caballo dosis media) con incidencias de 11,46 y 12,50%, y para la severidad valores de 1,43 y 1,56 % respectivamente, con esto se demostró que el extracto de cola de caballo puede ser utilizado para controlar la enfermedad de la mancha de la hoja en el cultivo de brócoli, como lo demuestra también Manobanda Gallo (2020), quien determinó que el extracto de cola de caballo (*Equisetum arvense*) tienen propiedades antifúngicas gracias a la presencia del ácido silícico, sustancia que tiene como principal función y mecanismo de acción el engrosamiento de las paredes celulares de las plantas, lo que impide la penetración de los hongos en los tejidos vegetales, este principio activo extraído de la cola de caballo registro control sobre *Fusarium oxysporum* a nivel de laboratorio, considerándose una alternativa de control sostenible.

Los resultados obtenidos para la altura de tallo en el cultivo de brócoli a los 75 ddt nos muestran que el T5 Extracto de cola de caballo dosis alta y T2 (Extracto de ajo dosis alta) presentaron las mejores alturas con promedios de 12,13cm y 11,82cm respectivamente estos resultados indican que los extractos con base en cola de

caballo y ajo aplicados en dosis alta favorece el desarrollo de la planta, esto gracias a la presencia del ácido silícico en la cola de caballo que fortalece las paredes celulares de las plantas, haciéndolas más resistentes a factores adversos como plagas, enfermedades y condiciones climáticas extremas. Y la presencia de minerales esenciales (fósforo, potasio y yodo) en el extracto con base en ajo y aplicados en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) permitieron mejorar el crecimiento y desarrollo de la planta.

Los resultados relacionados con la presencia de hojas en el cultivo de brócoli a los 75 ddt determinaron que el T5 Extracto de cola de caballo dosis alta obtuvo el mejor promedio con un valor de 16,25 (# hojas/planta) esto nos indica una respuesta favorable en la utilización del extracto de cola de caballo gracias sus micronutrientes esenciales como silicio, potasio, calcio, hierro y compuestos bioactivos (silicio, flavonoides, taninos, saponinas y ácidos orgánicos) que estimulan el desarrollo de las raíces, las partes aéreas de las plantas a demás actúan como antioxidantes. A diferencia de la investigación realizada por Duchimaza (2022) donde se determina que se debe considerar el contenido de MO presente en el suelo, esto debido a que en su investigación el T13 obtuvo mejores resultados con 8.16% gracias a que el suelo contenía mayor cantidad de materia orgánica lo que produjo que las plantas presentaron mayor número de hojas por lo que el rendimiento incrementa.

En cuanto al diámetro, peso y rendimiento de la pella en el cultivo de brócoli se obtuvo que todos los tratamientos a base de extractos naturales de ajo (*Allium sativum*) y de cola de caballo (*Equisetum arvense*) obtuvieron resultados favorables, manteniéndose en el rango A, con esto se determina que el uso de estos extractos en diferentes dosis ayuda a mejorar la producción del cultivo gracias a la presencia del silicio en la cola de caballo el cual es un componente que sirve para proteger a las plantas de tensiones ambientales bióticas y abióticas, como el ataque de plagas y enfermedades y la resistencia al estrés hídrico. Este puede darle al cultivo mejores condiciones para resistir las adversidades climáticas, edáficas y biológicas, resultando en un aumento y mayor calidad en la producción, y la presencia de minerales como fósforo, potasio y yodo en el ajo, las cuales son esenciales para el crecimiento sano de las plantas. En la investigación realizada por Chávez (2023) se encuentran resultados similares a los obtenidos en el presente estudio, el autor evaluó el extracto de ajo (*Allium sativum*) en dos variedades del cultivo de quinua y determinó que el

rendimiento en la variedad Pasankalla bajo el efecto del Tratamiento T10 con base en extracto de ajo alcanzo los mayores valores con 3,155.16 kg. ha-1 r.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Una vez concluidos los análisis estadísticos y económicos sobre el uso de extractos vegetales en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger, se concluye lo siguiente:

- Los tratamientos con base en extracto de ajo (*Allium sativum*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) superan al tratamiento testigo (prochloraz) en las variables de: diámetro, peso y rendimiento de la pella en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger, los valores promedios del experimento de estas variables son: 17,47cm, 993,32g/pella y 33106,2kg/ha.
- El Extracto con base en cola de caballo (*Equisetum arvense*) se establece como el mejor tratamiento orgánico para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger, alcanzando un nivel de incidencia de 11,46 y 12,50% respectivamente; y un nivel de severidad de 1,43 y 1,56% igualando estadísticamente al desempeño del testigo químico.
- El análisis del índice costo beneficio reveló que, tanto el extracto de ajo como el de cola de caballo presentaron un retorno positivo de inversión con un valor de 1,51 para el T3 Extracto de ajo dosis baja y T5 Extracto de cola de caballo dosis alta, seguido del T2 Extracto de ajo dosis alta con un retorno positivo de 1,47por cada dólar invertido.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para el control de la mancha de la hoja (*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) híbrido Avenger se recomienda la aplicación foliar del extracto vegetal con base en cola de caballo (*Equisetum arvense*), a una dosis que puede variar entre 250ml/l y 428ml/l cada 15ddt durante todo el ciclo fenológico del cultivo.
- Investigar el efecto de la aplicación del extracto de ajo (*Allium sativum*) con una concentración mayor a 500ml/l, para el control de la mancha de la hoja

(*Alternaria brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) híbrido Avenger con una frecuencia de 15 días después del trasplante.

- Profundizar en el estudio de la elaboración de los extractos para obtener mayor concentración y optimizar las aplicaciones para reducir los costos de producción y maximizar los beneficios económicos del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad híbrido Avenger.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J., Martínez, B., Cerdá, A., Ferrandéz, B., y Núñez, E. (2018). *Alimentos de la Región de Murcia: Brócoli*. Universidad Católica de Murcia. <https://www.researchgate.net/publication/329758586>
- Adlercreutz, E., y Montoya, M. (2021). Ataques de “mancha negra” (*Alternaria brassicae* y *Alternaria brassicicola*) en el cultivo de brócoli en el Cinturón Hortícola de Mar del Plata. *Horticultura*, 28(137), 48–50. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/10009#>
- Al-Otibi, F., Al-Sahli, S. A., y Alharbi, R. I. (2024). Comparative analysis of antifungal activity of *Rhazya stricta* ethanolic extracts and biogenic silver nanoparticles against pathogenic fungi. *Scientific Reports*, 14(1), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-024-82015-4>
- Batiha, G. E. S., Beshbishy, A. M., Wasef, L. G., Elewa, Y. H. A., Al-Sagan, A. A., El-Hack, M. E. A., Taha, A. E., Abd-Elhakim, Y. M., y Devkota, H. P. (2020). Chemical constituents and pharmacological activities of garlic (*Allium sativum* L.): A review. *Nutrients*, 12(3), 1–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/nu12030872>
- BAYER. (2016, August 12). *Origen y usos del brócoli*. <https://www.vegetables.bayer.com/es/es-es/recursos/noticias/origen-y-usos-del-brocoli.html>
- Benavides, M. (2025, March 28). *Colombia y la nueva era de los extractos de plantas para manejo de plagas y enfermedades y estimulantes de crecimiento*. <https://www.metroflorcolombia.com/colombia-y-la-nueva-era-de-los-extractos-de-plantas-para-manejo-de-plagas-y-enfermedades-y-estimulantes-de-crecimiento/>
- Burbano, M. (2023). *Respuesta del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) a la aplicación de tres láminas de riego en las terrazas de Banco en el Campus Salache-UTC, 2023* [Trabajo de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ebaa3d83-0a69-4aed-92a3-bb1d8219a3d0/content>
- Castellanos, L., Martínez, G., Castro, M., y Villamizar Cristhian. (2019). Alternativas para el control de la hernia de las crucíferas en coliflor en el municipio Mutiscua, provincia de Pamplona, Norte de Santander. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 4(2), 75–81. <https://doi.org/https://doi.org/10.24054/cyta.v4i2.1014>

- Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo. (2023, September 22). *El brócoli, un tesoro entre los vegetales*. Centro de Investigación En Alimentos y Desarrollo. <https://www.ciad.mx/el-brocoli-un-tesoro-entre-los-vegetales/>
- Chávez, V. (2023). *Eficiencia de los biocontroladores en el control del mildiu (Peronospora variabilis) en la producción orgánica de quinua (Chenopodium quinoa) en la EE Canaán UNSCH 2763 msnm*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/23f4f74d-36be-4102-a80c-b5a8350c0835/content>
- Cherlinka, V. (2022, December 23). *Manejo Integrado De Plagas (MIP): Métodos De Aplicación*. Eos Data Analytics. <https://eos.com/es/blog/manejo-integrado-de-plagas/>
- Coba, G. (2020, August 2). *El brócoli gana protagonismo en la exportación no petrolera del país*. Primicias. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/brocoli-espacio-canasta-exportaciones/>
- Duchimaza, M. (2022). *Efecto de la utilización de extractos vegetales para el control de enfermedades foliares en brócoli (Brassica oleracea Var. Itálica) cultivado en tres localidades urbanas de Quito*. [Tesis de posgrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4a4de49c-a746-4e49-870f-ef20aae852b8/content>
- Edifarm Ecuador. (2019, October 23). *TUNDRA-20191023-160848*. Edifarm. https://gestion.edifarm.com.ec/edifarm_quickagro/images/productos/TUNDRA-20191023-160848.pdf
- Espín, A. (2023). *Comparación productiva del cultivo de brócoli (brassica oleracea var itálica) con fertilización química y abonadura orgánica, en el Cantón Ambato provincia de Tungurahua*. [Trabajo de grado, Universidad Estatal de Bolívar]. <https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f4ff52ad-db09-47cd-a7a0-338e62831b69/content>
- FAO. (2025). *Manejo integrado de plagas y plaguicidas*. <https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm/integrated-pest-management/es/>
- Guerena, M. (2020). *Cultivos de Cole y otras Brassicaceae (Crucíferas): Producción Orgánica*. <https://attradev.ncat.org/wp-content/uploads/2022/08/cultivos-de-cole-y-otras-brassicaceae.pdf>
- INTAGRI. (2021). *Cultivos de Brócoli y Coliflor (Vol. 31)*. <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/cultivos-de-brocoli-y-coliflor>
- La Hora. (2023, March 10). *La producción de brócoli de Carchi llegará a japon*. *La Hora*, 4. https://issuu.com/la_hora/docs/norte10marzo2023_a_1_

- Manobanda, J. (2020). *Evaluación de dos extractos como inhibidores en el desarrollo de Fusarium oxysporum in vitro* [Trabajo de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2e5b1a47-1d9e-4530-b5f0-7c5bd27ffab4/content>
- Medina, B. (2015). *Caracterización morfológica de hongos fitopatógenos en el cultivo de brócoli (brassica oleracea var. Italica), sector brigada patria – Cotopaxi. 2014.* [Trabajo de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/066448eb-e4b2-4ef4-b02b-d7c2056b0c34/content>
- SENASICA. (2021). *Ficha técnica para el diagnóstico de: Especies del género Alternaria que afectan brasicáceas (Brassicaceae).* https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/723904/10._Ficha_t_ccnica_diagn_stico_G_nero_Alternaria.pdf
- Muy-Rangel, M. D., Osuna-Valle, J. R., García-Estrada, R. S., San Martín-Hernández, C., y Quintana-Obregón, E. A. (2017). Actividad antifúngica in vitro del aceite esencial de ajo (*Allium sativum* L.) contra *Alternaria tenuissima*. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 36(1), 162–171. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1708-3>
- Raico, L. (2022). *Evaluación de cinco fungicidas orgánicos para el control de Mildiu (peronospora sp.) en quinua (chenopodium quinoa) en Cajamarca.* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5478/TESIS%20LUIS%20CARLOS%20RAICO%20FLORES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez, N. (2021). *Formulación de extractos vegetales para el control de enfermedades agrícolas* [Trabajo de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5d909f5c-e239-4450-bb50-954a73ed1020/content>
- Rosso, F. (2021). *Efecto del uso de biopreparados en el desarrollo y sanidad de plantines hortícolas* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Río Negro]. http://rid.unrn.edu.ar:8080/bitstream/20.500.12049/8007/1/Rosso_Flores%20Edith-2021.pdf
- Rosso, M. (2021). Control Orgánico de la Roya (*Puccinia Allii*) del ajo (*Allium sativum*) [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Río Negro]. In *Ingeniería Agronómica UNRN*. http://rid.unrn.edu.ar:8080/bitstream/20.500.12049/7079/1/Rosso_Mariana%20Alejandra-2021.pdf
- Saavedra, G., y Kehr, E. (2022). *Manejo y especies hortícolas aptas para la agroindustria en la Región de La Araucanía* (INIA, Vol. 472). INIA. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/f725ed82-f102-4a9e-a569-7e4d50886cd6>
- Sailema, D. (2023). *Evaluación de Bioles en la producción de brócoli (Brassica oleracea) var. italica* [Trabajo de grado, Universidad Técnica de Ambato].

<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c223970e-e0a5-46b5-9261-e929541a3a36/content>

Sakata. (2016). *Semilla para Cultivo de Brocoli Sakata Avenger*. www.sakata.com.mx

Salinas, F. (2020). *Evaluación de tres extractos vegetales elaborados en base a (Manzanilla, Ajo y Romero) para la inhibición del crecimiento de Fusarium oxysporum* [Trabajo de grado, Universidad San Francisco de Quito]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/9251/1/132513.pdf>

Sánchez, A., Vayas, T., Mayorga, F., y Freire, C. (2019). *Producción de Brócoli en Ecuador*. <https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2020/12/Brocoli-en-Ecuador-1.pdf#:~:text=Los%20cultivos%20de%20br%C3%B3coli%20son%20transitorios%20en, cosecha%20equivalente%20al%2099.8%25%20de%20la%20siembra.&text=El%200a%C3%B1o%202019%20es%20el%20que%20menor, total%2C%20cuando%20el%20 promedio%20fue%20de%2098.6%25>.

Santillán, J. (2021). *Comportamiento de dos variedades de brócoli con diferente distanciamiento de siembra en el centro experimental "Dr. Jacobo Bucaram Ortiz"* [Trabajo de grado, Universidad Agraria del Ecuador Facultad de Ciencias Agrarias]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SANTILLAN%20FREIRE%20JHONNY%20ARON.pdf>

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (Agricultura). (2021). *Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumo*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737322/10_Extractos_vegetales.pdf

Tansey, M., y Appleton, J. (1975). Inhibition of growth of zoopathogenic fungi by garlic extract. *Mycologia*, 67(4), 882–887. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1177972/>

Timonin, M. I., y Thexton, R. H. (1951). The Rhizosphere Effect of Onion and Garlic on Soil Microflora. *Soil Science Society of America Journal*, 15(C), 186–189. <https://doi.org/10.2136/sssaj1951.036159950015000C0042x>

Vélez, P., y Álava, A. (2021). Análisis de los canales de comercialización del brócoli en Ecuador. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 33(3), 181–201. <https://doi.org/10.37815/rte.v33n3.857>

Vermiduro. (2024, June 5). *Cola de caballo o Equigan: Arma Secreta en Agricultura Ecológica*. Vermiduro. <https://vermiduro.es/equigan-o-cola-de-caballo-el-arma-secret-a-de-la-agricultura-ecologica-para-plantas-fuertes-y-resistentes-%F0%9F%8C%B1%F0%9F%9B%A1%EF%B8%8F/>

Villalobos, S., Castellanos, J., Tijerina, L., y Crespo, G. (2005). Coeficientes de desarrollo del cultivo de brócoli con riego por goteo Crop Coefficient in Broccoli under Drip Irrigation. *Terra Latinoamérica*, 23(3), 329–333. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57311101004.pdf>

Villanueva, V. (2021). *Evaluación de biopreparados del ajo (allium sativum) como insecticida o barrera natural del Trips (Frankliniella diffilis) en el cultivo de haba* [Trabajo de grado, Universidad Nacional del Centro Del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/62ce585e-df2c-4bd9-94ac-7948019528e7/content>

Yara. (2025). *Coles y otras Brassicas. Resumen nutricional*. Yara. <https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/brassicas/resumen-nutricional/>

Zamora, E. (2016). *El cultivo del brócoli*. <https://dagus.unison.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

ESTUDIANTE:	AYALA CHEZA LOURDES ARACELY	CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401520226
PERIODO ACADÉMICO:	2025A		
PRESIDENTE TRIBUNAL	MSC. JULIO JAIRO PEÑA CHAMORRO	DOCENTE TUTOR:	MSC. CARLOS DAVID HERRERA RAMIREZ
DOCENTE:	PhD. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL		
TEMA DEL TIC:	"EVALUACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES PARA EL CONTROL DE MANCHA DE LA HOJA (ALTERNARIA BRASSICAE) EN EL CULTIVO DE BROCOLI (BRASSICA OLERACEA VAR. ITALICA) VARIEDAD HÍBRIDO AVENGER EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SAN FRANCISCO CANTÓN HUACA"		

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	8,00	RELACIONAR LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN CON LOS OBJETIVOS
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7,67	ACTUALIZAR EL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y LA JUSTIFICACIÓN
3	METODOLOGÍA	7,67	ABORDAR LA PREPARACIÓN DE LOS EXTRACTOS
4	RESULTADOS	7,67	EXPLICAR COHERENTEMENTE LOS RESULTADOS OBTENIDOS
5	DISCUSIÓN	7,67	ARGUMENTAR SOBRE LA INCIDENCIA Y LA SEVERIDAD
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7,67	MODIFICAR LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	8,00	ABORDAR ACERCA DE LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	7,67	CORREGIR EL FORMATO

Obteniendo una nota de: 7,73 Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el viernes, 11 de julio de 2025


 MSC. JULIO JAIRO PEÑA CHAMORRO
 PRESIDENTE TRIBUNAL


 MSC. CARLOS DAVID HERRERA RAMIREZ
 DOCENTE TUTOR


 PhD. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL
 DOCENTE

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Ayala Cheza Lourdes Aracely

Fecha de recepción del abstract: Jueves, 21 de mayo de 2026

Fecha de entrega del informe: Viernes, 05 de junio de 2026

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



MA. Martha Viveros
RESPONSABLE CIDEN

Anexo 3. Medición y señalización del área del experimento.



Anexo 4. Siembra de plántulas de brócoli variedad Híbrido Avenger.



Anexo 5. Ajo y cola de caballo para la preparación de los extractos.



Anexo 6. Toma de datos de las variables del cultivo.

