



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MÉXICO**



FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

**ROTACIÓN DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE *Rhizoctonia*
spp. Y *Ascochyta* spp., EN *Pisum sativum* L., cv. EARLY
PERFECTION 326**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA**

PRESENTA:

MIRAFLORES URBINA WILLIAM

ASESORES:

DR. SÁNCHEZ PALE JESÚS RICARDO

DRA. CONTRERAS RENDÓN ALEJANDRA

**CAMPUS UNIVERSITARIO “EL CERRILLO”, EL CERRILLO
PIEDRAS BLANCAS, TOLUCA, MÉX. 2024.**

RESUMEN

Las enfermedades causadas por *Rhizoctonia* spp. y *Ascochyta* spp., afectan la producción de chícharo (*Pisum sativum* L.) al generar pérdidas económicas a los productores del Estado de México. Su control se realiza con uno o dos ingredientes activos de origen sintético con el mismo sitio o mecanismo de acción, representando un riesgo de generación de resistencia en corto tiempo. El objetivo de esta investigación fue generar una estrategia de control a *Rhizoctonia* spp. y *Ascochyta* spp., en el cultivar Early Perfection 326. Se evaluaron cinco propuestas de rotación de sitios y/o mecanismos de acción de fungicidas, más un testigo absoluto. En el municipio de Joquicingo, de la región sur del Estado de México, se estableció un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, cada tratamiento constó de cuatro surcos. Los tratamientos para *Rhizoctonia* spp., fueron: T1 (Az+Me-Tol M-Ti-Ip), T2 (Tol M-Ip-Ti-Az), T3 (Cap-Ip-Az+Me-Ti), T4 (Az+Me-Ti-Tol M-Cap), T5 (Cap-Tio M-Az-Zb) y un testigo. Para *Ascochyta* spp., fueron: T1 (Clo-Zb-Ip-Cb), T2 (Mz-Ip-Clo-Cb), T3 (Zb-Clo-Cb-Cy+Mz), T4 (Zb-Clo-Ip-Mz), T5 (Cb-Zb-Az-Cy+Mz) y un testigo. Cada ingrediente activo se aplicó a intervalos de 15 días durante todo el ciclo del cultivo. En cada tratamiento, para ambas enfermedades, se determinó la incidencia de la enfermedad (%), el área bajo la curva de progreso de la enfermedad y rendimiento. Únicamente en *Ascochyta* se evaluó la severidad con una escala diagramática validada. Los análisis de varianza se realizaron en el programa SAS, y el área bajo la curva se determinó en el programa R. Los resultados encontrados, indicaron que las diferentes propuestas de rotación ejercieron un retraso de la incidencia para ambas enfermedades. El tratamiento T5 para *Rhizoctonia* spp. y *Ascochyta* spp., presentaron el mayor valor del área bajo la curva. La rotación de sitios y mecanismos de acción de fungicidas con menor incidencia y curva de progreso de la enfermedad para *Rhizoctonia* spp., fue el tratamiento T3 (Cap-Ip-Az+Me-Ti) y para *Ascochyta* spp., fueron los fungicidas evaluados en el tratamiento T3 (Zb-Clo-Cb-Cy+Mz) que expresó el menor nivel de daño. En ambos tratamientos se obtuvo mayor rendimiento en el cultivo de chícharo en la región sur del Estado de México.

Palabras clave: *Pisum sativum*, *Rhizoctonia*, *Ascochyta*, rotación de mecanismos de acción, control.

ABSTRACT

The diseases caused by *Rhizoctonia* spp. and *Ascochyta* spp. affect the production of peas (*Pisum sativum* L.), generating economic losses for producers in Mexico State. Control generally consists of the use of one or two active ingredients of synthetic origin with the same site or mechanism of action, presenting a risk for the rapid development of resistance. The objective of this study was to generate a control strategy for *Rhizoctonia* spp. and *Ascochyta* spp., in pea crops of the Early Perfection 326 cultivar. We evaluated five proposals for the rotation of fungicide sites and/or mechanisms of action, plus an absolute control. In the municipality of Joquicingo, in the southern region of Mexico State, we established a randomized complete block design with four repetitions; each treatment consisted of four rows. The treatments for *Rhizoctonia* spp., were: T1 (Az+Me–Tol M–Ti–Ip), T2 (Tol M–Ip–Ti–Az), T3 (Cap–Ip–Az+Me–Ti), T4 (Az+Me–Ti–Tol M–Cap), T5 (Cap–Tio M–Az–Zb) and the control. For *Ascochyta* spp., they were: T1 (Clo–Zb–Ip–Cb), T2 (Mz–Ip–Clo–Cb), T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz), T4 (Zb–Clo–Ip–Mz), T5 (Cb–Zb–Az–Cy+Mz) and the control. Each active ingredient was applied once every 15 days throughout the whole growing cycle. For each treatment of each disease, we determined the disease incidence (%), the area under the curve of disease progression, and the yield. For *Ascochyta*, we also evaluated disease severity using a validated diagrammatic scale. We performed an analysis of variance in SAS and determined the area under the curve using the program R. The results indicated that the different rotation proposals slowed the incidence for both diseases compared to the controls. For both *Rhizoctonia* spp. and *Ascochyta* spp., T5 (control) had the largest value of the area under the curve. The rotation of fungicide sites and/or mechanisms of action with the lowest incidence and disease progress curve for *Rhizoctonia* spp. was T3 (Cap–Ip–Az+Me–Ti) and for *Ascochyta* spp. were the fungicides evaluated in T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz), which also expressed the lowest level of damage. In both treatments there was higher yield in the pea crop in the southern region of Mexico State.

Key words: *Pisum sativum*, *Rhizoctonia*, *Ascochyta*, rotation of mechanisms of action, control.

ÍNDICE

DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE ANEXO FOTOGRAFICO.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. HIPÓTESIS.....	2
III. OBJETIVOS.....	3
3.1 Objetivo General	3
3.2 Objetivos Específicos.....	3
IV. JUSTIFICACIÓN	4
V. REVISIÓN DE LITERATURA	5
5.1 Chícharo (<i>Pisum sativum</i> L.).....	5
5.1.1 Clasificación taxonómica del chícharo (<i>Pisum sativum</i> L.).....	5
5.2 Origen.....	6
5.3 Importancia del chícharo	6
5.3.1 Importancia del chícharo en la genética.....	9
5.4 Morfología del chícharo (<i>Pisum sativum</i> L.).....	11
5.4.1 Raíz.....	11
5.4.2 Tallo	12
5.4.3 Hoja.....	12
5.4.4 Flor	12

5.4.5 Inflorescencia.....	13
5.4.6 Fruto.....	14
5.4.7 Semilla	14
5.5 Fenología del chícharo (<i>Pisum sativum</i> L.).....	15
5.5.1 Germinación	15
5.5.2 Etapa vegetativa.....	15
5.5.3 Etapa reproductiva	16
5.5.4 Madurez para consumo en fresco	17
5.5.5 Madurez fisiológica.....	17
5.5.6 Madurez de cosecha	17
5.5.7 Características de cv. Early perfection 326.....	17
5.6 Condiciones Edafo-climatológicas	18
5.6.1 Temperatura	18
5.6.2 Altitud	19
5.6.3 Precipitación	19
5.6.4 Luz	19
5.6.5 Suelo.....	19
5.6.6 pH.....	20
5.7 Labores culturales.....	20
5.7.1 Preparación del terreno.....	20
5.7.2 Métodos de siembra	20
5.7.3 Siembra.....	22
5.7.4 Deshierbas.....	22
5.7.5 Fertilización.....	23
5.7.6 Cosecha para consumo en fresco	23
5.7.7 Cosecha para consumo en grano seco	24
5.7.8 Envasado en campo.....	25

5.7.9 Transporte.....	25
5.7.10 Comercialización	25
5.8 Plagas y Enfermedades.....	26
5.8.1 Plagas	26
5.8.2 Enfermedades	26
5.8.3 Clasificación taxonómica de <i>Rhizoctonia</i> spp.	27
5.8.4 Características y ciclo de vida.....	28
5.8.5 Síntomas.....	33
5.8.6 Agente causal.....	34
5.8.7 Importancia económica	35
5.8.8 Clasificación taxonómica de <i>Ascochyta</i> spp.....	36
5.8.9 Síntomas.....	36
5.8.10 Características y ciclo de vida	37
5.8.11 Origen	40
5.8.12 Agentes causales	40
5.8.13 Virosis	40
5.8.14 Daños.....	41
5.9 Importancia y uso de sitios y modos de acción (MoA) en Fungicidas	42
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	45
6.1 Área de estudio	45
6.2 Establecimiento del ensayo.....	47
6.3 Preparación de fungicidas	48
6.4 Tratamientos utilizados.....	49
6.5 Variables evaluadas.....	56
6.6 Costos por tratamiento para el control de <i>Rhizoctonia</i> spp. y <i>Ascochyta</i> spp.	57
6.7 Diseño experimental	58

6.8 Análisis estadístico	58
VII. RESULTADOS	59
7.1 Incidencia <i>Rhizoctonia</i> spp. y <i>Ascochyta</i> spp.....	59
7.1.1 Incidencia de <i>Rhizoctonia</i> spp.	59
7.1.2 Incidencia de <i>Ascochyta</i> spp.....	61
7.2 Severidad de <i>Ascochyta</i> spp.	64
7.2.1 Nivel de severidad de <i>Ascochyta</i> spp., en el estrato bajo de plantas de chícharo.	64
7.2.2 Nivel de severidad de <i>Ascochyta</i> spp., en el estrato medio de plantas de chícharo.	67
7.2.3 Nivel de severidad de <i>Ascochyta</i> spp., en el estrato alto de plantas de chícharo.	69
7.3 Rendimiento total en kilogramos obtenidos en las diferentes propuestas de manejo de rotaciones de MoA para control de <i>Rhizoctonia</i> spp., en chícharo...72	
7.4 Rendimiento total en kilogramos obtenidos en las diferentes propuestas de manejo de rotaciones de MoA para control de <i>Ascochyta</i> spp., en chícharo.....74	
7.5 Rendimiento por cada corte de vaina en los tratamientos de rotación de MoA para control de <i>Rhizoctonia</i> spp. y <i>Ascochyta</i> spp., en chícharo.....74	
7.5.1 Rendimiento en kilogramos obtenidos en los diferentes tratamientos para control de <i>Rhizoctonia</i> spp., en el primer corte.	75
7.5.2 Rendimiento en kilogramos obtenidos en los diferentes tratamientos para control de <i>Ascochyta</i> spp., en el primer corte.....	75
7.5.3 Rendimiento en kilogramos obtenidos en los diferentes tratamientos para control de <i>Rhizoctonia</i> spp., en el segundo corte.....	76
7.5.4 Rendimiento en kilogramos obtenidos en los diferentes tratamientos para control de <i>Ascochyta</i> spp., en el segundo corte.....	77
7.5.5 Rendimiento en kilogramos obtenidos en los diferentes tratamientos para control de <i>Rhizoctonia</i> spp., en el tercer corte.	78

7.5.6 Rendimiento en kilogramos obtenidos en los diferentes tratamientos para control de <i>Ascochyta</i> spp., en el tercer corte.....	79
VIII. DISCUSIÓN	81
IX. CONCLUSIONES	90
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
XI. ANEXO FOTOGRAFICO	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción y rendimiento de chícharo fresco en el Mundo (FAO, 2020).	8
Figura 2. Proporción de producción de chícharo fresco por continente (FAO, 2020).	8
Figura 3. Gregorio Mendel (1822–1884).	10
Figura 4. Representación esquemática del ciclo de vida de la enfermedad de <i>Rhizoctonia</i> spp., en cultivos de leguminosas.....	30
Figura 5. Tallos y haces vasculares en plantas de chícharo afectados por <i>Rhizoctonia</i> spp.	34
Figura 6. a) Raíz y daños en b) hojas basales en plantas de chícharo afectadas por <i>Rhizoctonia</i> spp.	35
Figura 7. Síntomas de <i>Ascochyta</i> spp., a) en el tallo, b) hoja y c) vaina de chícharo.	36
Figura 8. Representación esquemática del ciclo de vida de la enfermedad de <i>Ascochyta</i> spp., en cultivos de leguminosas.....	39
Figura 9. Ubicación del municipio de Joquicingo de León Guzmán, Estado de México, México., y colindancias (Ayuntamiento de Joquicingo, 2023).....	45
Figura 10. Ubicación geográfica del municipio de Joquicingo de León Guzmán, Estado de México, México., (Google Earth, 2023).....	46
Figura 11. Ubicación del terreno experimental en el municipio de Joquicingo, Estado de México, México., (Google Earth, 2023).....	48
Figura 12. Escala diagramática de severidad de mancha café (<i>Ascochyta</i> spp.) en chícharo, propuesta por López <i>et al.</i> (2024).....	56
Figura 13. Progreso del nivel de incidencia de <i>Rhizoctonia</i> spp., ante diferentes propuestas de rotación de MoA de fungicidas, en chícharo.....	60
Figura 14. Progreso del nivel de incidencia de <i>Ascochyta</i> spp., ante diferentes propuestas de rotación de MoA de fungicidas en chícharo.....	62
Figura 15. Nivel de severidad de <i>Ascochyta</i> spp., a través del tiempo en el estrato bajo de plantas de chícharo ante diferentes propuestas de rotación de MoA de fungicidas.....	65

Figura 16. Nivel de severidad de <i>Ascochyta</i> spp., a través del tiempo en el estrato medio de plantas de chícharo ante diferentes tratamientos de rotación de MoA de fungicidas.....	67
Figura 17. Nivel de severidad de <i>Ascochyta</i> spp., a través del tiempo en el estrato alto en las plantas de chícharo ante diferentes tratamientos de rotación de MoA de fungicidas.....	70
Figura 18. Rendimiento total en kilogramos obtenidos en 40 m, en los diferentes tratamientos con manejo de rotación de fungicidas para control de <i>Rhizoctonia</i> spp., en chícharo.	73
Figura 19. Rendimiento total en kilogramos obtenidos en 40 m, en los diferentes tratamientos con manejo de rotaciones de fungicidas para control de <i>Ascochyta</i> spp., en chícharo.	74
Figura 20. Rendimiento total, en kilogramos, obtenidos en cada uno de los tratamientos de fungicidas para control de <i>Rhizoctonia</i> spp., en chícharo en la cosecha del primer corte.....	75
Figura 21. Rendimiento total, en kilogramos, con manejo de rotaciones para control de <i>Ascochyta</i> spp., en chícharo en la cosecha del primer corte.	76
Figura 22. Rendimiento total, en kilogramos, con manejo de rotaciones para control de <i>Rhizoctonia</i> spp., en chícharo para el segundo corte.....	77
Figura 23. Rendimiento total, en kilogramos, con manejo de rotaciones para control de <i>Ascochyta</i> spp., en chícharo para el segundo corte.	78
Figura 24. Rendimiento total, en kilogramos, con manejo de rotaciones para control de <i>Rhizoctonia</i> spp., en chícharo en tercer corte.....	79
Figura 25. Rendimiento total, en kilogramos, con manejo de rotaciones para control de <i>Ascochyta</i> spp., en chícharo para el tercer corte.....	80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición promedio nutricional del chícharo para consumo en fresco (López y Guadarrama, 2016).....	11
Cuadro 2. Ficha técnica de (<i>Pisum sativum</i> L.), cv. Early perfection 326., (United Genetics Seeds Co., 2023).....	18
Cuadro 3. Temperatura del municipio de Joquicingo de León Guzmán, Estado de México, México.....	47
Cuadro 4. Tratamientos con los fungicidas empleados en rotación para el control de <i>Rhizoctonia</i> spp.....	50
Cuadro 5. Descripción de las dosis comerciales recomendadas y de aplicación de los fungicidas utilizados en cada tratamiento de rotación para <i>Rhizoctonia</i> spp...51	
Cuadro 6. Tratamientos de rotación de MoA de fungicidas para <i>Rhizoctonia</i> spp., orden de aplicación, grupo químico, clasificación FRAC y tipo de movimiento en la planta.....	52
Cuadro 7. Tratamientos con los fungicidas empleados en rotación para el control de <i>Ascochyta</i> spp.....	53
Cuadro 8. Descripción de las dosis comerciales recomendadas y de aplicación de los fungicidas utilizados en cada tratamiento de rotación para <i>Ascochyta</i> spp.54	
Cuadro 9. Tratamientos de rotación de MoA de fungicidas para <i>Ascochyta</i> spp., orden de aplicación, grupo químico, clasificación FRAC y tipo de movimiento en la planta.....	55
Cuadro 10. Costos por tratamiento para el control de <i>Rhizoctonia</i> spp.....	57
Cuadro 11. Costos por tratamiento para el control de <i>Ascochyta</i> spp.....	57
Cuadro 12. Resultado del análisis de varianza obtenidos para el área bajo la curva de incidencia de <i>Rhizoctonia</i> spp., durante el desarrollo del ensayo.....	60
Cuadro 13. Resultado de la prueba de comparación de medias para la variable de área bajo la curva del porcentaje de incidencia de <i>Rhizoctonia</i> spp., en chícharo.	61
Cuadro 14. Resultado del análisis de varianza obtenidos para el área bajo la curva de incidencia de <i>Ascochyta</i> spp., durante el desarrollo del ensayo.....	63
Cuadro 15. Resultado de la prueba de comparación de medias para la variable de área bajo la curva del porcentaje de incidencia de <i>Ascochyta</i> spp., en chícharo..64	

Cuadro 16. Resultado del análisis de varianza obtenidos para el área bajo la curva de severidad de <i>Ascochyta</i> spp., en el estrato bajo durante el desarrollo del ensayo.	66
Cuadro 17. Resultado de la prueba de comparación de medias para la variable del área bajo la curva del porcentaje de severidad de <i>Ascochyta</i> spp., en el estrato bajo en plantas de chícharo.	66
Cuadro 18. Resultado del análisis de varianza obtenidos para el área bajo la curva de severidad de <i>Ascochyta</i> spp., en el estrato medio durante el desarrollo del ensayo.	68
Cuadro 19. Resultado de la prueba de comparación de medias para la variable de área bajo la curva del porcentaje de severidad de <i>Ascochyta</i> spp., en el estrato medio, en plantas de chícharo.	69
Cuadro 20. Resultado del análisis de varianza obtenidos para el área bajo la curva de severidad de <i>Ascochyta</i> spp., en el estrato alto durante el desarrollo del ensayo.	71
Cuadro 21. Resultado de la prueba de comparación de medias para la variable de área bajo la curva del porcentaje de severidad de <i>Ascochyta</i> spp., en el estrato alto en plantas de chícharo.	72

ÍNDICE DE ANEXO FOTOGRAFICO

Figura 1. Medición del área de estudio.....	103
Figura 2. Siembra.	103
Figura 3. Medición de pH con cintas reactivas.	104
Figura 4. Preparación de productos fungicidas.	104
Figura 5. Aplicación de productos fungicidas a tratamientos.....	105
Figura 6. Productos fungicidas para tratamientos.	105
Figura 7. Fertilización inicial en etapa vegetativa.	106
Figura 8. Etapa vegetativa y floración.....	106
Figura 9. Evaluación de incidencia y severidad en campo.	107
Figura 10. Cosecha (evaluación de rendimiento por tratamiento y repetición). ..	108
Figura 11. Selección de vainas para indicar la muestra.	109
Figura 12. Empaque, etiquetado y herramienta para cargar los bultos.....	109
Figura 13. Transporte y comercialización en central de abastos Iztapalapa, Ciudad de México, México.....	110

I. INTRODUCCIÓN

El Estado de México ocupa el primer lugar como productor de chícharo fresco a nivel nacional, con 5,353.33 ha sembradas, y un rendimiento de 5.36 t/ha (SIAP, 2023). En la entidad, se cultiva en los municipios de Coatepec Harinas, Donato Guerra, Joquicingo, Malinalco, Ocuilan, Temascaltepec, Tenancingo, Tenango del Valle, Valle de Bravo y Villa de Allende (SADER, 2018).

Las enfermedades de las plantas reducen las cosechas y la calidad de la producción, limitando la disponibilidad de alimentos y materias primas, causando fuertes pérdidas a los productores.

Actualmente en las plantaciones de chícharo en el municipio de Joquicingo, son afectadas principalmente por dos patógenos, *Rhizoctonia* spp. y *Ascochyta* spp., causan pérdidas de hasta el 100% en la producción, cuando el productor no realiza un buen manejo de los fungicidas para el control y del equipo de aplicación el control de los patógenos no es eficiente en las diferentes etapas fenológicas, por lo tanto, el rendimiento y el precio de la producción disminuye.

Ante la necesidad de contar con una estrategia de control para estos patógenos de importancia económica, se realizaron diferentes rotaciones, sitios y modos de acción, con cuatro ingredientes activos de fungicidas descritos por el FRAC (2023), aplicados a intervalos de 15 días durante todo el ciclo del cultivo.

II. HIPÓTESIS

Al menos una propuesta de rotación de sitios y modos de acción de fungicidas reduce la incidencia y severidad de *Ascochyta* spp. y controla a *Rhizoctonia* spp., e incrementa el rendimiento en el cultivo de chícharo (*Pisum sativum* L.).

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Evaluar la rotación de ingredientes activos de diferentes sitios y modos de acción de fungicidas, como estrategia de control para *Rhizoctonia* spp. y *Ascochyta* spp., en el cultivo de chícharo (*Pisum sativum* L.) en el cultivar Early Perfection 326, en el municipio de Joquicingo, Estado de México.

3.2 Objetivos Específicos

Determinar la incidencia de *Rhizoctonia* spp. y *Ascochyta* spp., en el cultivo de chícharo (*Pisum sativum* L.).

Determinar la severidad de *Ascochyta* spp., en chícharo en el municipio de Joquicingo, Estado de México.

Evaluar el área bajo la curva y rendimiento de chícharo (*Pisum sativum* L.) en los diferentes tratamientos de control de *Rhizoctonia* spp. y *Ascochyta* spp.

IV. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de chícharo en el Estado de México es una de las principales hortalizas, siendo el municipio de Joquicingo donde destaca la producción de esta leguminosa. Sin embargo, en los últimos años se ha visto afectada por *Rhizoctonia* spp. y *Ascochyta* spp., las cuales ocasionan pérdidas en el rendimiento de 7 a 64%, además, generan problemas de comercialización.

El manejo se ha basado en el uso de fungicidas de origen sintético, pero de forma repetida y uso continuo, sin rotar sitios y modos de acción o usar otras estrategias de manejo. Los productores de esta zona han observado una continua pérdida en la eficiencia de los fungicidas que usan para su control y han incrementado la dosificación. Ambas observaciones se asocian con una posible habilidad de los dos hongos para posiblemente generar algún tipo de insensibilidad a los fungicidas.

Ante esta situación y, por la importancia económica y social del cultivo de chícharo en Joquicingo, este trabajo pretende generar propuestas de manejo de las dos enfermedades con el uso de fungicidas, pero desde una perspectiva de control o rotación de sitios y modos de acción, con la finalidad de encontrar una alternativa viable y eficiente en el manejo de las dos enfermedades.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Chícharo (*Pisum sativum* L.).

El chícharo (*Pisum sativum* L.), también se le conoce como guisante o arveja, proviene de Asia Occidental. Esta leguminosa llegó a nuestro país durante la conquista. Por su sabor y valor nutricional, se le considera una hortaliza de alto consumo, en fresco, enlatado, congelado o como grano seco. En la dieta animal se puede utilizar la planta completa o parte de ella, las hojas, los tallos o las valvas, también se puede emplear como abono verde, al incorporarla después de la cosecha de las vainas (López y Guadarrama, 2016).

Es una especie diploide $2n=14$, anual y autógama perteneciente a la familia de las leguminosas (subfamilia: Faboideae, tribu: Fabeae). Presenta una importante ventaja ecológica al contribuir al desarrollo de una agricultura de bajos insumos debido a la fijación de nitrógeno atmosférico, y minimiza la necesidad de insumos externos (Smýkal *et al.*, 2012; Guindon *et al.*, 2018).

El chícharo es una vaina colgante de 3.5 a 15 centímetros de longitud y alrededor de 1 a 2.5 centímetros de ancho. En su interior hay de 8 a 10 semillas redondas, lisas o arrugadas, de 5 a 8 mm de diámetro y varios colores: verde, amarillo, beige, marrón, rojo-anaranjado, violeta e incluso moteado (SAGARPA, 2017).

5.1.1 Clasificación taxonómica del chícharo (*Pisum sativum* L.)

Superreino: Eucariota

Reino: Plantae

División: Streptophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Pisum*

Especie: *Pisum sativum* L.

Fuente:(NCBI,2023).

5.2 Origen

Sus orígenes datan 9,500 a 8,500 años a.C., en medio oriente se tienen registros de su consumo y existen vestigios que indican su domesticación en Turquía. Se localiza de forma silvestre en la región mediterránea incluyendo: Turquía, Irán, Iraq y Siria. El cultivo del chícharo se realizó junto con la cebada, y se difundió a Europa en el año 4,000 a.C.; para el año 2,000 a.C., se extiende de Europa a la India (García, 2010).

El género *Pisum* incluye especies silvestres como *P. fulvum* originarias del Medio Oriente (Smýkal *et al.*, 2017) y especies cultivadas como *P. abyssinicum* provenientes de Yemen y Etiopía, y que probablemente, fue domesticada independientemente de *P. sativum*, un conjunto de formas silvestres (*P. sativum* subsp. *elatius*) y formas cultivadas que comprenden la especie *P. sativum* en un sentido amplio (Trněný *et al.*, 2018) que son nativas de la región mediterránea de Europa y del centro y noroeste de Asia (Smýkal *et al.*, 2017).

Se divide en dos subespecies, la subsp. *sativum*, a la que pertenece el chícharo cultivado, y la subsp. *elatius* (M. Bieb.) Asch. & Graebn., que crece silvestre en la cuenca mediterránea (Smýkal *et al.*, 2017).

5.3 Importancia del chícharo

Las leguminosas, junto con los cereales, algunas frutas y raíces tropicales, han sido la base principal de la alimentación humana durante milenios, siendo el uso de las leguminosas, en sus múltiples formas, compañero inseparable de la evolución del hombre. Las principales legumbres consumidas por los humanos son: alfalfa, chícharo, frijol, alubia, garbanzo, habas, ejote, lentejas, cacahuete y soya, son altamente nutritivas contienen: proteínas, hidratos de carbono, lípidos, fibra, minerales y vitaminas (SADER, 2015).

En este contexto, las legumbres, incluidas la soja, el maní, los frijoles, los chicharos, las habas y las lentejas, entre otras, tienen más contenido que la mayoría de los

alimentos vegetales y el doble del contenido de proteínas de los cereales (Leonard, 2012).

El chícharo seco se cultiva con fines comerciales en más de 100 países, su producción se concentra en Canadá, Rusia y China. La producción canadiense ha aumentado mucho en los últimos 30 años, de las 157.000 toneladas métricas anuales en la década de 1980 a alrededor de 3 millones en 2012, un incremento de un 12 % anual.

La producción mundial de chicharos secos alcanzó su incremento máximo en 1990, con 16,6 millones de toneladas métricas.

Es una leguminosa importante, ya que cada año se producen en el mundo alrededor de 1,5 millones de toneladas de guisantes secos, principalmente en Canadá, Rusia y China, y 2 millones de toneladas de chicharos verdes, principalmente en China, India y Estados Unidos (FAOSTAT, 2017).

El alto contenido de proteínas de las legumbres se relaciona con su asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno en sus raíces, que convierten el nitrógeno inutilizable en amonio que se utiliza para la síntesis de proteínas (Maphosa y Jideani, 2017).

El chícharo, como leguminosa beneficia al contribuir a la fijación del nitrógeno atmosférico (que constituye el 78 % del aire), hacia el suelo por la acción metabólica de las bacterias nitrificantes como *Rhizobium* spp., que se encuentran asociadas a los nódulos de sus raíces.

También, permite incorporar a su metabolismo el nitrógeno formado a partir de la asociación simbiótica, recibiendo el nitrógeno en forma de amonio y brindándole a las bacterias una fuente de carbohidratos. Además del consumo en seco (semilla), verdes y frescos, enlatados o congelados, también se le da otro uso, la producción de forraje a bajo costo y con un alto valor de proteína (García, 2010).

Es la tercera leguminosa más cultivada, en zonas templadas de todo el mundo, constituyendo una importante fuente de proteínas de alta calidad tanto para la alimentación humana como en la alimentación animal (Abi-Ghanem *et al.*, 2011).

Según datos de la FAO (2020), la producción mundial de chícharo verde para consumo en fresco ha ido incrementando tanto el área cosechada como el volumen cosechado en toneladas, llegando al año 2018 a valores de 2,743.867 ha cultivadas y (21,225.579 t) cosechadas (Figura 1).

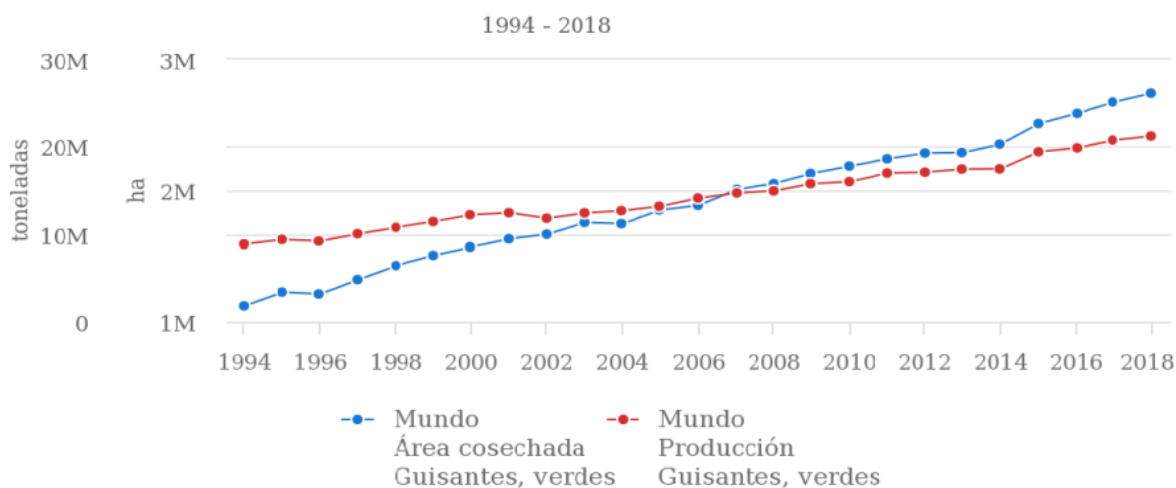


Figura 1. Producción y rendimiento de chícharo fresco en el Mundo (FAO, 2020).

Los países con mayor producción son China continental (con 8,066.133.32 t), India (3,054.833.2 t) y Estados Unidos (703,399.88 t); mientras que, si se considera la producción por continente, Asia reúne el 79.3% de la producción global, seguida por Europa y América (Figura 2).

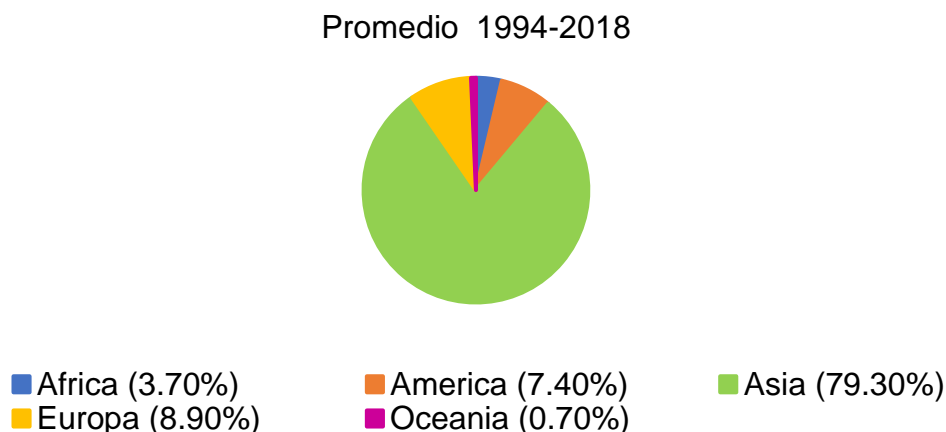


Figura 2. Proporción de producción de chícharo fresco por continente (FAO, 2020).

Durante el año 2010, en nuestro país se obtuvo una producción de (52,043.39 t) de chícharo (OEIDRUS, 2010). En 2016 se obtuvo una producción con más de (14,300.00 t), con un incremento del 19.26 % respecto al año anterior (FAOSTAT, 2017). En México el chícharo se cultiva en 19 estados, la producción de 2017 alcanzó las (63,934 t) cosechadas en 11,254.38 hectáreas, en este rubro destacan el Estado de México y Puebla como los líderes productores de esta legumbre con (26,718 t) y (11,158 t) respectivamente (SADER, 2018).

En el 2022, el Estado de México fue el mayor productor de chícharo a nivel nacional con 5,353.33 ha sembradas, y un rendimiento de 5.36 t/ha (SIAP, 2023). El ICAMEX (2023), recomienda el cultivo de 3 variedades de chícharo, las cuales son: Early Perfection, Perfection 326 y Rogger, considerando como periodo de siembra del 01 de Julio al 15 de julio.

La entidad mexiquense ocupa el primer lugar como productor de chícharo fresco a nivel nacional, se cultiva en los municipios de Coatepec Harinas, Donato Guerra, Joquicingo, Malinalco, Ocuilan, Temascaltepec, Tenancingo, Tenango del Valle, Valle de Bravo y Villa de Allende (SADER, 2018).

5.3.1 Importancia del chícharo en la genética

Gregorio Mendel (Figura 3), conocido como el padre de la genética moderna, desarrolló los principios de la herencia estudiando siete pares de caracteres heredados en el chícharo. Aunque la importancia de su obra no se reconoció en vida del investigador se ha convertido en fundamento de la genética actual (López y Guadarrama, 2016).



Figura 3. Gregorio Mendel (1822–1884).

En el (Cuadro 1) se muestra el valor nutricional promedio del chícharo para consumo en fresco de la parte comestible (100 g) como fuentes importantes de minerales, proteínas y azúcares, donde la mayor parte del nitrógeno que contiene corresponde a un 24% de proteínas y 1,6 a 4,3 % como parte no proteíca; localizadas principalmente en los ácidos nucleicos, la variabilidad se debe a su origen genético y son en su mayoría (85%) solubles en agua.

Principalmente son: globulinas (60%) del total de las proteínas hablando de la legumina y la vicilina, en ocasiones la convicina como proteínas de reserva, y (25%) del total de albúminas como proteínas de actividad biológica que pueden tener un efecto antinutricional (enzimas antitripsicos y lecitinas) de bajo peso molecular.

La concentración de aminoácidos depende del contenido y proporción de proteína bruta, el contenido de lisina y aminoácidos azufrados bajos (metionina y cistina) de igual forma el triptófano, contienen antitripsicos y lecitinas (hemoaglutininas) como moléculas de naturaleza proteica, pueden ser desnaturalizadas principalmente por las altas temperaturas (López y Guadarrama, 2016).

Cuadro 1. Composición promedio nutricional del chícharo para consumo en fresco (López y Guadarrama, 2016).

Valor nutricional del chícharo para consumo en fresco de la parte comestible (100 g)	
Agua	78%
Proteína	6.3 g
Grasas	0.4 g
Hidratos de Carbono	14.4 mg
Fibra	2.0 mg
Cenizas	0.9 g
Calcio	26 mg
Fosforo	116 mg
Hierro	1.9 mg
Sodio	2 mg
Potasio	316 mg
Vitamina A	640 UI
Tiamina	0.35 mg
Riboflavina	0.14 mg
Niacina	2.9 mg
Acido ascórbico	27 mg
Calorías	84 cal

5.4 Morfología del chícharo (*Pisum sativum* L.)

Hábitos: hierbas (rara vez acuáticas), arbustos, enredaderas, lianas (a menudo con zarcillos y/o ganchos) y árboles; estípulas presentes (aunque a menudo caen temprano), a veces grandes y con forma de hojas, a veces modificadas en espinas. Es una planta anual de germinación hipogea, de hábito de crecimiento determinado o indeterminado (López y Guadarrama, 2016).

5.4.1 Raíz

Desarrolla una raíz principal que alcanza hasta los 50 cm, de ella se desprenden numerosas raíces secundarias y de estas, a su vez, raíces terciarias. Las raíces le

permiten a la planta el anclaje al suelo, pero además los pelos absorbentes que cubren las raíces jóvenes realizan la absorción de nutrientes y agua, pueden presentar nódulos por la asociación simbiótica natural con la bacteria del género *Rhizobium*, los cuales permiten la fijación de nitrógeno atmosférico que, de este modo, puede ser aprovechado por la planta (Galindo, 2020).

5.4.2 Tallo

La planta posee un tallo principal hueco con entrenudos que lo hacen formar un patrón en zig zag. De este tallo principal se pueden desarrollar o no tallos secundarios, a partir del nudo cotiledonal o nudos superiores. El tallo en un inicio es erecto y poco después de la floración se postra, por el aumento de masa fresca de la planta (Ligarreto, 2012).

5.4.3 Hoja

La hoja está constituida por dos estípulas que abrazan al tallo en la parte basal, de cuatro a seis folíolos opuestos lanceolados o alternos y, en la parte terminal, los zarcillos, que varían de tres a cinco y de los que se vale la planta para treparse. Las estípulas son de mayor tamaño que los folíolos; en cultivares que producen granos de mayor tamaño, habitualmente los folíolos y las estípulas son más grandes (Galindo, 2020).

Existen algunos materiales que desarrollan únicamente zarcillos ramificados y prensiles en vez de folíolos (Ligarreto, 2012); sin embargo, se conservan las estípulas. Las hojas generalmente son alternas, simples, unifolioladas, trifolioladas, paripinnadas, imparipinnadas o bipinnadas, luego pinnas con uno a numerosos pares de folíolos; pecíolo con basalpulvinus (cuando es unifoliolado también con un ápice).

5.4.4 Flor

La flor del chícharo es una típica Papilionidae, ya que cuando se desenvuelven los pétalos se asemejan a una mariposa, tiene una simetría bilateral y sus estructuras son las siguientes: Pedicelo, une la parte basal de la flor con el pedúnculo, en su base sí presenta una bráctea; cáliz, es campanulado, pentagamosépalo, glabro y con 2 pequeñas brácteas en su base; corola, está constituida por 5 pétalos, el color va depender de la variedad, el de mayor tamaño se le denomina estandarte, que encierra a los demás.

Los dos pétalos laterales se les denomina alas, se extienden oblicuamente hacia afuera y se adhieren por medio de la quilla central, que está formado por un par de pétalos pequeños fusionados entre sí, que encierran al androceo y al gineceo; el androceo es diadelfo, esto quiere decir que los estambres forman 2 grupos, tiene 10 estambres y los filamentos concrecentes, 9 de ellos forman un tubo que está abierto en el lado superior; el décimo estambre se le denomina vexilar, y está libre, es el que está más cerca del estandarte y este es el primero en liberar polen; el gineceo, es monocarpelar curvado de ovario súpero, unilocular y tiene 2 hileras de óvulos que se originan sobre las placentas parietales paralelas y adyacentes, el estilo es filiforme y está orientado en una aproximación a un ángulo recto con el ovario (López y Guadarrama, 2016).

5.4.5 Inflorescencia

Inflorescencias axilares o terminales, racimos, espigas, panículas, cabezuelas o flores solitarias. Flores ordinariamente bilateralmente simétricas, generalmente actinomorfo en la subfamilia Mimosoideae, y a veces actinomorfo en Caesalpinioideae y Papilionoideae, comúnmente hermafrodita, rara vez unisexual; sépalos (4-)5, libres o fusionados; pétalos 4-5, a veces ausentes o 1-3, variando en tamaño y forma.

Androceo generalmente de 9 o 10 estambres, a veces reducido a 1, 3, 4, 5 o 6, y a veces de 50 a 100+ (parte de la subfamilia Mimosoideae), filamentos parcialmente fusionados en un tubo o libres, las anteras dehiscentes de corta a larga, hendiduras longitudinales o, a veces, por poros apicales; los nectarios suelen estar presentes

alrededor del ovario superior, el carpelo 1 (rara vez muchos), el lóculo 1 (rara vez 2), los óvulos, 2 o 9 (Plants of the world online 2010).

5.4.6 Fruto

El fruto es una vaina de 5 a 10 cm de longitud y en su interior puede tener de 4 a 10 semillas la forma y el color es variable de acuerdo con el cultivar, las valvas de la vaina tienen pergamino; en las variedades que se come la vaina completa carece de pergamino. El exocarpio está formado por una sola capa de células epidérmicas de pared gruesa; el mesocarpio, también se le denomina pergamino, tiene grandes células parenquimatosas de paredes finas, el endocarpio es fibroso. El tamaño en longitud de las vainas es muy variable pueden ser pequeñas entre (3 y 4,5 cm), mediana (4,5 a 6 cm), grande (6 a 10 cm) y muy grande de (10 a 15 cm) (López y Guadarrama, 2016).

Generalmente, es una leguminosa de una a muchas semillas, dehiscente o indehiscente, seca o carnosas, inflada o comprimida, a veces alada (samaroide) o que se rompe en artículos de una sola semilla (lomentácea), rara vez una drupa, a veces un craspedium. Semillas a veces con arilo más o menos elaborado, generalmente con una cubierta dura; endospermo poco o ausente; embrión grande y cotiledones visibles (Plants of the world online, 2010).

5.4.7 Semilla

La semilla posee dos cotiledones con un eje embrionario, este último formado por la radícula, el hipocótilo, el epicótilo, la plúmula y dos brácteas trifidas unidas a la pared interna de la vaina por medio del funículo que al desprenderse deja una cicatriz que corresponde al hilium. El grano es globoso con un diámetro entre 3, 5 a 8 mm, su testa es delgada con superficie variable según el material: lisa o rugosa, incolora verde o gris, café o violeta (Galindo, 2020).

A un lado del hilium, está una protuberancia denominada rafe el que tiene su origen de la unión del funículo con los tegumentos externos del óvulo, entre el hilium y el

rafe hay una pequeña abertura en la testa que corresponde al micrópilo. Las semillas tienen una ligera latencia a los 3 años de la cosecha y pueden tener una germinación aceptable en las variedades de grano rugoso, pero con el tiempo una buena viabilidad disminuye (López y Guadarrama, 2016).

La recolección se hace cuando las vainas están llenas y tiernas, ya que, si se dejan más tiempo en la planta, el producto endurece. Se sabe que es el momento adecuado cuando el tegumento o recubrimiento se desprende fácilmente al presionar los chícharos. Además, la vaina y las semillas deben mantener su color verde característico (SIAP, 2023).

5.5 Fenología del chícharo (*Pisum sativum* L.)

Se refiere a la sucesión de las diferentes etapas de la planta o de sus órganos durante su desarrollo o ciclo biológico, están determinados genéticamente en cada una de las variedades, se modifican por las condiciones ambientales, las que más influyen son: la temperatura, humedad, la duración e intensidad de la luz (López y Guadarrama, 2016). A continuación, se describen las etapas fenológicas:

5.5.1 Germinación

Cuando se dan las condiciones apropiadas (López y Guadarrama, 2016) intervienen los factores esenciales como el agua (80-90 %), oxígeno y la temperatura (18-20°C) su crecimiento del embrión empieza a desarrollarse, la semilla empieza con el proceso de imbibición que es la entrada del agua por el micrópilo, se hincha y aumenta su tamaño, se manifiesta la aparición de la radícula y posteriormente aparece la plúmula. La temperatura ideal para la germinación está entre los 10 y los 18 °C (Ligarreto, 2012).

5.5.2 Etapa vegetativa

Inicia desde la emergencia hasta la aparición de los primeros botones florales, en esta etapa crecen el tallo principal, las hojas, estípulas y los zarcillos, las ramas basales en los dos primeros nudos, en algunos cultivares aparecen ramas secundarias y es desfavorable, ya que es una de las causas del acame o volcamiento de la planta (López y Guadarrama, 2016).

5.5.3 Etapa reproductiva

Floración

Las flores se empiezan a diferenciar y a visualizar cuando están cubiertas o encerradas por las hojas que no se han expandido, indicando los primeros botones florales entre las hojas, ocurre la fecundación y el chícharo presenta cleistogamia, es decir, la fecundación se da antes de que ocurra la apertura de las flores, esta etapa se alcanza cuando el 50% de las plantas tienen por lo menos una flor abierta (López y Guadarrama, 2016).

Crecimiento y llenado de vaina

Al ocurrir la fecundación, los pétalos de la flor se encierran y envuelven al ovario fecundado, los pétalos se marchitan y dejan ver una vaina pequeña, las vainas empiezan a aumentar en longitud y en anchura, paulatinamente empieza a incrementar el grosor de sus paredes, al inicio del crecimiento de los granos en las vainas se desarrolla el endocarpio o pergamino, este es un tejido fibroso que se encuentra en el interior de las valvas.

El crecimiento de los granos (división celular) empieza antes que las vainas alcancen su máxima longitud; en los primeros días los granos crecen muy lentamente y de momento crecen muy rápido lo que se aprecia por el abultamiento de las vainas (López y Guadarrama, 2016).

5.5.4 Madurez para consumo en fresco

Se alcanza cuando la vaina está completamente llena en sus cavidades con un contenido de humedad en los granos del 72-74% y el tamaño de los granos depende del cultivar (López y Guadarrama, 2016).

5.5.5 Madurez fisiológica

Una vez alcanzada la madurez para consumo en fresco, siguen aumentando de tamaño y sus reservas en carbohidratos (amiláceos y proteínas) aumentan el contenido de humedad en los granos y disminuye gradualmente. En algunos cultivares se aprecia un arrugamiento en las vainas y se va perdiendo el color verde característico, la razón es que se va perdiendo poco a poco la clorofila (López y Guadarrama, 2016).

Los granos de cultivares dulces se empiezan a arrugar (62-63% de humedad), la madurez fisiológica se alcanza cuando se acumula el máximo de reservas en el grano y el contenido de humedad es de aproximadamente del (52-54%), en esta fase los granos pueden ser rugosos o lisos, siempre dependiendo del cultivar (López y Guadarrama, 2016).

5.5.6 Madurez de cosecha

Previamente, alcanzada la madurez fisiológica, las semillas continúan perdiendo humedad, se van secando y endureciendo hasta alcanzar su madurez de cosecha, en esta etapa se da la senescencia de la planta (López y Guadarrama, 2016).

5.5.7 Características de cv. Early perfection 326

Las características del cultivo de chícharo, cv. Early perfection 326 F 100 126-2, se deben a que la planta posee un sistema vegetativo poco desarrollado de 80-90 días a la madurez y en su mejor momento de los 90 a 110 días, con una raíz pivotante que tiende a profundizar bastante, mientras que, las hojas están formadas por pares

de foliolos terminados en zarcillos, las inflorescencias nacen en racimos que se insertan en las axilas de las hojas (Missouri Botanical Garden, 2022).

Además, las semillas se encuentran en vainas color verde claro, de 8 a 10 unidades por vaina, la longitud promedio es de 5 a 10 cm de largo de excelente uniformidad y rendimiento con tolerancia media a pudrición de la raíz, por *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp. y cenicilla polvorienta, sin embargo, el chícharo de clima templado, en sus primeras etapas de crecimiento es resistente a las bajas temperaturas (Kings Seeds, 2022). En el (Cuadro 2) se indica la ficha técnica del cv. Early perfection 326 (United Genetics Seeds Co., 2023).

Cuadro 2. Ficha técnica de (*Pisum sativum* L.), cv. Early perfection 326., (United Genetics Seeds Co., 2023).

Garden Pea Seed Early Perfection 326		
8000 Fairview Road – Hollister – CA – 95023 PH. (831) 636-4884 FAX: (831) 636-4883		
Lot #: F100126- 2	Code #: 039011	Net Wt: 50#
Net Wt: 50#		
Purity: 99.5%	Seed Count: 2404	seeds/lb.
Germ: 90% 01/17	Inert: 0.5%	Weeds: 0.0%
Other Crops: 0.0%	Treated with Captan	
At manufacturers recommended rate		

5.6 Condiciones Edafo-climatológicas

5.6.1 Temperatura

Es un cultivo de clima templado y húmedo, por lo que la planta no tolera temperaturas por debajo de -3 o -4 °C. El desarrollo vegetativo tiene como óptimo crecimiento temperaturas comprendidas entre 16 y 20 °C, siendo el mínimo entre 6 y 10 °C, y el máximo en más de 35 °C. Si la temperatura es muy elevada, la planta

no desarrolla correctamente, ya que necesita ventilación y luminosidad (SIAP, 2023).

5.6.2 Altitud

Se produce satisfactoriamente en altitudes que oscilan entre los 1,300 y 2,200 a 2,600 m s.n.m. (Ruiz *et al.*, 1999).

5.6.3 Precipitación

En el cultivo de chícharo es importante garantizar la disponibilidad continua del agua en el suelo, para evitar el estrés por exceso o escasez. Frente al déficit hídrico severo la planta no crece y si sobrevive, produce tan solo una o dos vainas por planta. Cuando se presenta exceso de agua persistente en el suelo (encharcamiento), las plantas presentan amarillamiento y llegan a morir si se prolongan las lluvias. El cultivo requiere entre 150 y 380 mm de agua por ciclo, según el material genético. Las etapas más críticas de exigencia hídrica son la fase de crecimiento vegetativo y en el inicio de la floración (Almansa *et al.*, 1999).

5.6.4 Luz

Para una buena floración se recomienda tener más de nueve horas luz y de intensidad suficiente. Las variedades de enrame requieren más horas luz que las variedades de medio enrame (Camarena, 2014).

5.6.5 Suelo

En suelos pesados, arcillosos o mal drenados, se recomienda hacer zanjas de drenaje, mantenerlas limpias y sembrar sobre surcos altos para evitar que la semilla se pudra, o que, si germina, las plantas crezcan débiles, se amarillen prematuramente y produzcan muy poco (DANE, 2016).

5.6.6 pH

Debe tener un pH adecuado el cual oscila entre 5.5 a 6.5. esta planta se cultiva en una gran variedad de suelos que van desde los arenosos hasta los arcillosos, con buen drenaje, el contenido de materia orgánica es importante en la formación de los nódulos fijadores del Nitrógeno (ICAMEX, 2023).

5.7 Labores culturales

5.7.1 Preparación del terreno

El propósito de preparar la tierra para el cultivo de chícharo es desterronar el suelo, eliminar la maleza presente y facilitar la humedad adecuada del terreno; recordar que una buena cosecha resulta en una buena época, y depende de la época de producción.

El barbecho, o en suelos arables, solo deben realizarse dos pases de rastra cruzados a una profundidad de 25 a 30 cm, para favorecer el crecimiento de las raíces y permitir la aireación del suelo, mejorar el drenaje, lograr una mayor captación y retención de agua, e incorporar los residuos de los cultivos anteriores y de la maleza (López y Guadarrama, 2016).

Sin embargo, el barbecho o pase de rastra ayuda a controlar las plagas del suelo, ya que se exponen los huevecillos y larvas a los rayos solares y bajas temperaturas (ICAMEX, 2023). Finalmente, se desmenuza el suelo sin pulverizarlo para mantener la estructura y favorecer la retención de humedad (Buitrago *et al.*, 2006).

La profundidad correcta permite a la semilla germinar, además, de poder absorber el agua, protegida de la desecación y de los animales, pero no tan onda que la plántula no pueda alcanzar la superficie antes de agotar sus reservas de alimento o la atacarán insectos o enfermedades del suelo (López y Guadarrama, 2016).

5.7.2 Métodos de siembra

Para la siembra del cultivo existen varios sistemas como se describen a continuación:

Voleo: Se utiliza principalmente cuando se siembra para forraje, en cuyo caso se cosecha cuando el grano está inmaduro; es un sistema no recomendado para la producción comercial del grano, debido a que favorece la presencia de enfermedades por la alta humedad que genera el follaje (Ligarreto, 2012).

Surcos: En este sistema de siembra la densidad de plantas por hectárea se maneja con la distancia entre surcos y entre plantas, así como por el número de semillas por sitio. Comúnmente, la distancia entre plantas varía entre 10 y 30 cm, y la distancia entre surcos está entre 60 y 130 cm; las distancias son mayores si la zona de siembra es de clima húmedo, con el fin de mejorar la aireación y evitar la proliferación de patógenos (Ligarreto, 2012).

Además, afecta si el material vegetal es de porte alto o bajo, si es de porte alto, se requiere menor densidad respecto al porte bajo (Ligarreto, 2012). El número de semillas por sitio varía de una a tres, lo cual depende del porcentaje de germinación. La distancia entre surcos puede ser de 80 cm, distribuyendo la semilla a chorrillo o a cada 5 cm entre sí, con una profundidad de 2 a 2.5 cm (López y Guadarrama, 2016).

Ahoyado sin tutoreo: En este sistema de siembra la densidad de plantas por hectárea se maneja con la distancia entre surcos y entre plantas, así como por el número de semillas por sitio. Hay zonas en el Estado de México, como en el municipio de Joquicingo de León Guzmán, donde la siembra se realiza de forma manual, previamente se controla el pasto o maleza presente en el terreno por medio de secante temporal, pre-emergente de contacto o algún otro producto equivalente, post-emergente o selectivo al cultivo.

Después, se hacen hoyadas o cajetes con el azadón, las distancias entre las filas son variables de 30 a 35 cm depositando de 6 a 8 semillas por cajete, la distancia es similar entre matas, y el sistema de siembra es frecuente en laderas con pendientes muy pronunciadas, aunque también es común en suelos o zonas planicies (López y Guadarrama, 2016).

Tutorado: Cuando se trabaja con materiales volubles conviene colocar un tutorado al cultivo para mejorar su desempeño y evitar el contacto de hojas y vainas con el suelo. Consiste en colocar guías en el terreno para orientar y favorecer el crecimiento de la planta. Se utilizan materiales como estacas de madera, alambre o cuerdas e hilaza (Ligarreto, 2012).

Para su instalación, se colocan primero postes de un diámetro de 10 cm en el extremo de los surcos; sobre los surcos se colocan varas o estacas cada seis metros. Posteriormente, se coloca una hilada de alambre de calibre 10 a 16, fijándolo con grapas y pasando por los postes y varas a una altura uniforme, según el estrato máximo de la planta. Finalmente, del alambre se amarran tiras de hilaza que ayudarán a levantar y sujetar cada una de las plantas (Ligarreto, 2012).

5.7.3 Siembra

La densidad de siembra es de 100 a 120 kg/ha, en surcos de 80 a 90 cm, o bien, por hoyada o cajete depositando de 6 a 8 semillas de 30 a 35 cm por cajete en zonas con pendientes muy pronunciadas o planicies, mientras que, en melgas se realiza depositando 16 a 18 semillas por metro lineal, (López y Guadarrama, 2016).

Se recomienda desinfectar la semilla con 2gr de captan por kg de semilla. Es aconsejable emplear para la siembra semillas que tengan menos de dos años desde su recolección; en las variedades de grano arrugado, la facultad germinativa es menor que en las de grano liso (Galindo, 2020).

5.7.4 Deshierbas

En términos generales el primer deshierbe se requiere a la semana de la germinación 15 a 20 días después de la siembra (DDS), de lo cual la planta crece con relativa rapidez disminuyendo la necesidad de deshierbes sobre todo en los cultivos con densidades altas, además, existe la posible alternativa de aplicar productos herbicidas pre-emergentes, post-emergentes y selectivos al cultivo, o

bien, las deshierbas manuales deben ser muy superficiales para evitar el daño de raíces y arrancar la planta (FNCYPDD, 2001).

5.7.5 Fertilización

La nutrición de las plantas ayuda a aumentar la producción de grano en calidad y cantidad, al influir en la elaboración de clorofila y en la producción de azúcares, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y otro tipo de compuestos, por esta razón, la planta requiere de nutrimentos para un buen crecimiento y desarrollo. Sin embargo, para conseguir un excelente rendimiento se recomienda emplear la fórmula 60-80-40 para obtener 130 kg de urea, 174 kg de superfosfato de calcio triple y 66 kg de cloruro de potasio.

Se mezclan bien las fuentes de fertilizante y si es en surco se aplica a chorrillo y en banda a 5 cm de separación de la semilla, si es por hollada o cajete se aplica directamente, considerando la separación de la semilla; de esa manera si se desea aplicar el insecticida junto con el fertilizante se puede realizar (López y Guadarrama, 2016).

5.7.6 Cosecha para consumo en fresco

La cosecha de chícharo para consumo en verde se realiza cuando los granos han llenado las vainas, pero estas aún están tiernas, sanas, verdes, lisas y no tienen rugosidades de madurez extrema y los granos son dulces (Rodríguez, 2015).

Las primeras vainas formadas corresponden al tallo principal de la planta. Las vainas que se forman de las ramas de la planta vienen después, pero muchas de ellas serán pequeñas, dado el autosombreamiento de la planta. En el cultivo de chícharo se pueden realizar varios pases de cosecha (de dos a cuatro), con intervalos de tiempo entre los 8, 10 y 15 días (Ligarreto, 2012), según el cultivar.

La cosecha se debe realizar cuando las vainas están frescas o en verde y el grano haya llenado por completo alcanzando un rendimiento promedio de 4 t/ha en verde, es decir, consumo en fresco.

El índice de madurez de cosecha para este producto corresponde al momento en que las paredes de las vainas se encuentran succulentas, pero con el grano totalmente desarrollado (lleno); tanto para consumo en fresco como para congelación. En estado apropiado de madurez de cosecha, las vainas contienen entre 85 y 88 % de agua y pesan entre 4,5 y 6 g por unidad (Daza, 2017).

En la madurez el contenido de azúcar disminuye y aumenta el contenido de almidón y el tegumento de los granos se endurece, por esta razón, se debe cosechar antes de que se den estos cambios. Las vainas se deben de cortar cuando las plantas no tengan rocío, la actividad de la cosecha se debe realizar con mucho cuidado en el primer corte para evitar maltratar demasiado la planta, las valvas de la vaina deben de estar integra; el equipo que se requiere para la cosecha es un ayate o un recipiente firme de plástico, este último es el más adecuado, ya que no se maltrata demasiado la vaina cortada y la planta (López y Guadarrama, 2016).

La postcosecha del producto fresco es por las operaciones de acondicionamiento del producto pueden ser tan sencillas como la transferencia de las vainas del recipiente de cosecha a un empaque o arpillera para el transporte, se pueden incluir prácticas como el lavado, clasificación por tamaño y calidad, si el acondicionamiento es en campo se debe efectuar en la sombra de los árboles o colocar lonas claras, apropiando el lugar más adecuado para estas actividades (López y Guadarrama, 2016).

Después de haber cosechado la vaina es importante conservar la calidad del grano, lo cual se logra mejor en vaina que desgranada, de esa manera, para mantener las vainas a bajas temperaturas hasta que lleguen al mercado, con almacenamiento a 0 °C y 90-95% de humedad relativa, las vainas pueden conservarse por 3 semanas, mientras que a 5 °C se conservan por 15 días (López y Guadarrama, 2016).

5.7.7 Cosecha para consumo en grano seco

La cosecha se realiza cuando las vainas estén secas, las plantas toman un color amarillo en forma natural y no por el daño de plagas o enfermedades, sin embargo, el corte de las plantas se realiza cuando se haya alcanzado la madurez fisiológica,

esta práctica se debe realizar en el momento oportuno para no perder grano en el campo (López y Guadarrama, 2016).

Cuando las plantas presentan humedad deben alcanzar la humedad adecuada para permitir un trillado adecuado, se logra con el secado. Una vez alcanzada la humedad adecuada se procede al trillado, puede realizarse con una trituradora o con el paso de animales. Si el producto tiene materia inerte se limpia la semilla; al final de estas operaciones se envasa y se guarda en un lugar fresco y seco, estas actividades desde el corte, secado, trilla y limpia son similares al del frijol (ICAMEX, 2023). (López y Guadarrama, 2016).

5.7.8 Envasado en campo

Para envasar la producción tradicionalmente los productores han utilizado los costales de henequén, estos envases no son los adecuados ya que por el tipo de material retiene la humedad y con el calor que desprenden las vainas, puede favorecer el desarrollo de hongos y bacterias en el almacén; el recipiente más recomendable es la arpilla de plástico y que sea de color verde, es más llamativa y permite una mejor ventilación en el producto (López y Guadarrama, 2016).

5.7.9 Transporte

Los vehículos de transporte deben tener sistemas de control de temperatura o con estructuras de aislamiento para mantener un ambiente fresco en el producto; un vehículo abierto puede cargarse de forma que el aire pase por la carga y que se refresquen las vainas, recomendable en las primeras horas del día antes del amanecer, si se realiza durante el día el vehículo debe cubrirse con una lona holgada y para eso el recipiente más recomendable es la arpilla de plástico verde (López y Guadarrama, 2016).

5.7.10 Comercialización

Las vainas de chícharo en estado fresco como en grano seco se comercializan en la central de abasto de Iztapalapa, en la Ciudad de México. Posteriormente, en los tianguis y en centros comerciales, por lo general, el producto se le ubica y se vende en los mismos lugares locales, ya sea en los mercados municipales y comunidades (López y Guadarrama, 2016).

5.8 Plagas y Enfermedades

5.8.1 Plagas

- Gallina ciega (*Phyllophaga* spp.)
- Gusano de alambre (*Agriotes*, spp.)
- Frailecillo (*Macroductyllus mexicanus*)
- Trips (*Frankliniella occidentalis*)
- Minador de la hoja (*Liriomyza* spp.)
- Gusano soldado (*Spodoptera exigua*)
- Gusano peludo (*Estigmene acrea*)
- Chinche verde (*Nezara viridula*)
- Chinche apestosa (*Euschistus servus*)
- Diabrotica (*Diabrotica undecimpunctata*)
- Gorgojo del chícharo (*Bruchus pisorum*)
- Caracol (*Helix aspersa*)
- Babosa (*Deroceras reticulatus*)
- Nemátodo del tallo (*Ditylenchus dipsaci*)
- Nemátodo del nudo (*Meloidogine* spp.)

5.8.2 Enfermedades

- Marchitez o pudrición radicular (*Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*)
- Mancha de la hoja (*Ascochyta* spp.)
- Oídio del chícharo (*Erysiphe polygoni*)
- Antracnosis (*Colletotrichum pisi*)

- Mildiu (*Peronospora viciae* (Berk) Casp.)
- Roya (*Uromyces pisi*)
- Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotorium*)

(López y Guadarrama, 2016).

Sin embargo, la producción de leguminosas ha sido difícil, debido a la relativa baja en rendimiento, causados principalmente por fitopatógenos, provocando que las plantas de leguminosas se desarrollen de forma anormal. Sin tener en cuenta los detalles del cultivo, del suelo o del fitopatógeno, la agricultura contemporánea emplea habitualmente grandes dosis de fertilizantes y pesticidas para combatir estos organismos peligrosos (Abd-Elmagid *et al.*, 2020).

Como consecuencia, una tierra menos fértil, el deterioro ambiental debido al uso excesivo de productos químicos y la aparición de patógenos resistentes a pesticidas y otros tratamientos químicos (Tilman *et al.*, 2002; López y Castaño, 2012).

5.8.3 Clasificación taxonómica de *Rhizoctonia* spp.

Superreino: Eucariota

Reino: Fungi

División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Cantarellales

Familia: Ceratobasidiaceas

Género: *Rhizoctonia*

Especie: *Rhizoctonia* spp.

Fuente:(NCBI,2023).

5.8.4 Características y ciclo de vida

La especie *solani* dentro de este género de *Rhizoctonia* tiene un estilo de vida destructivo con una amplia gama de huéspedes, pues a nivel mundial, hay diferentes cultivos de importancia económica que se ven afectados por este hongo que ataca a miembros de Poaceae, Rubiaceae, Fabaceae, Solanáceas, Moráceas, Malváceas, Lináceas, Aráceas y Familias de amaranthaceae (Patil y Solanki, 2016).

Según (Ajayi-Oyetunde y Bradley, 2018) el ciclo de *Rhizoctonia* comienza con la etapa sexual con la división nuclear en las hifas vegetativas, donde esta división se produce dentro de cada célula y ocurre de forma sincronizada en todas las células lo que genera la duplicación de células hijas, la mitad de estas emigra hacia el sector nuevo en crecimiento de la hifa creando una división con la formación de un septo.

La etapa sexual comienza con la unión de núcleos genéticamente compatibles, ubicados en las células vegetativas, de este emparejamiento, se deriva la formación de basidios y posteriormente los núcleos unidos dentro de cada basidio sufren de cariogamia (fusión de núcleos sexuales) lo que resulta en núcleos diploides que eventualmente, por medio de meiosis se convertirán en cuatro células haploides que madurarán en basidiosporas (Ajayi-Oyetunde y Bradley, 2018).

Rhizoctonia solani es un excelente competidor de otros saprófitos que habitan en el suelo a pesar de ser un parásito facultativo, de larga duración los propágulos independientes de nutrientes (esclerocios) lo ayudan a persistir en el suelo, sin embargo, no está claro si las basidiosporas tienen o no una función como fuente de inóculo para enfermedades de las leguminosas.

Las hifas indiferenciadas o las células monilioides dan origen a esclerocios, que luego germinan en micelios y actúan como fuente de inóculo para infecciones y diseminación de enfermedades, las infecciones por *Rhizoctonia solani* suelen comenzar como esclerocios que germinan para producir micelios y luego abrirse camino hacia las leguminosas hospedantes.

En respuesta a los exudados de cultivos de leguminosas, el hongo forma un micelio, que luego da lugar a la unión de hifas, el crecimiento de hifas a lo largo de las

paredes celulares epidérmicas del huésped y la formación de ramas en forma de "T" con estructuras de infección similares a apresorios (Abbas *et al.*, 2022a).

Los esclerocios pueden germinar y desarrollar hifas, invadir la corteza de la raíz y se extiende persistentemente dentro y sobre la superficie de las raíces bajo condiciones ambientales favorables. Esto hace que la parte superior de la raíz adquiera un tono profundo de marrón o quizás negro, desarrollar rayas oscuras a lo largo de su longitud, conseguir pudrirse y morir. Los síntomas en el follaje pueden manifestarse como clorosis, tizones, retraso del crecimiento o marchitamiento de las hojas.

Las semillas infectadas por *R. solani* es poco probable que germinen; incluso si lo hacen, el resultado es que las plántulas mueran poco después o enseguida de la emergencia, surgen esclerocios recurrentes, completando el ciclo de la enfermedad (Figura 4) y poder sobrevivir durante años en entornos extremos como calor o frío, períodos prolongados sin alimento, agua, la presencia de productos químicos agresivos o altos niveles de radiación (Abbas *et al.*, 2022b)

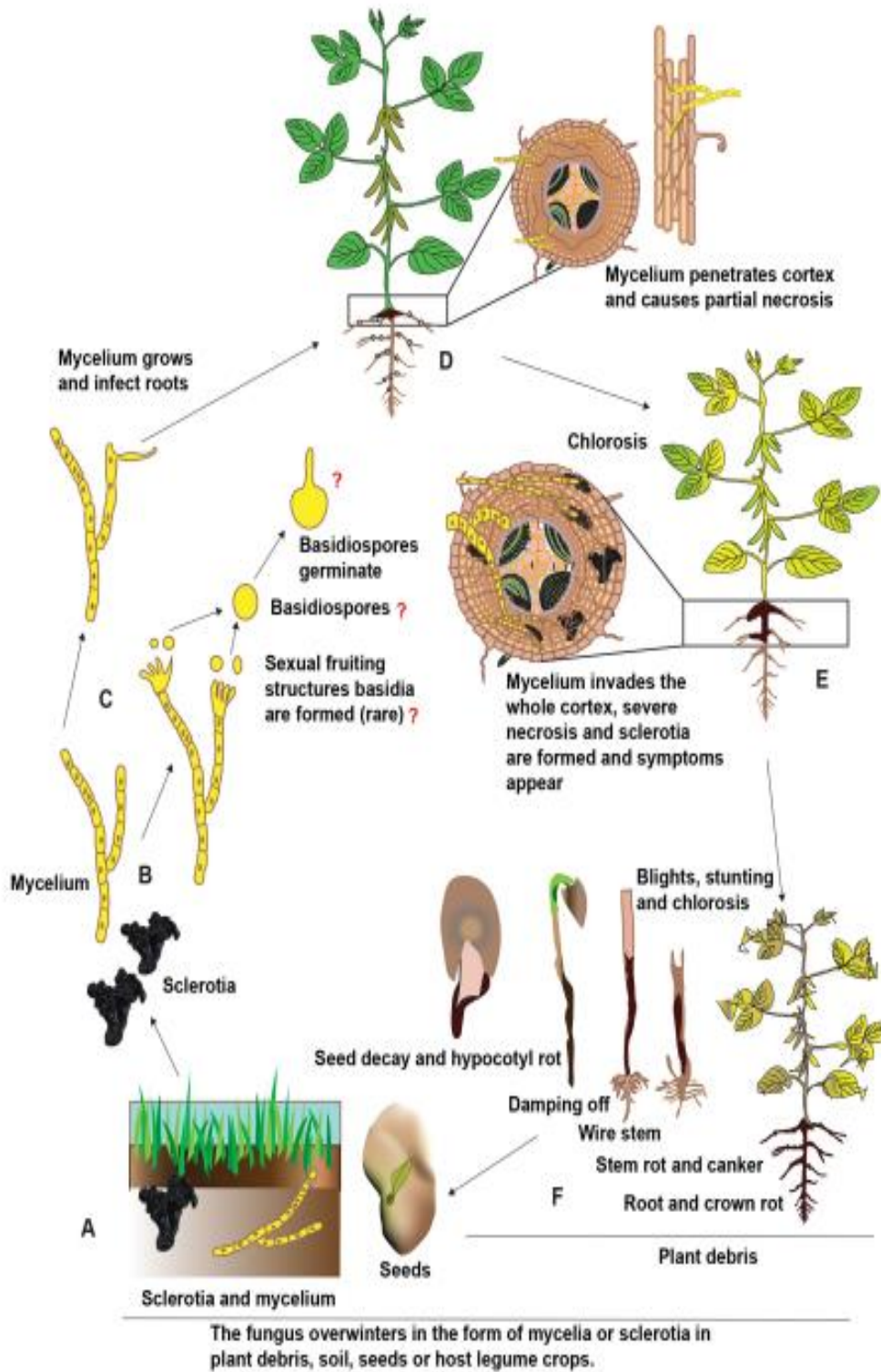


Figura 4. Representación esquemática del ciclo de vida de la enfermedad de *Rhizoctonia* spp., en cultivos de leguminosas.

Rhizoctonia solani es un patógeno facultativo exitoso para competir con otros organismos saprófitos en el suelo, debido a su forma de propagación por esclerocios es favorecido por condiciones específicas, por germinar para formar micelio, que se genera en respuesta de los exudados emitidos por la planta, de tal forma, que el organismo rodea las paredes de su huésped y mediante la formación de apresorios atraviesa tejido hasta establecerse y propicia un eventual colapso vascular. Es transmitido por el suelo y ampliamente distribuido que afecta gravemente a una amplia diversidad de cultivos económicamente importantes (Ajayi-Oyetunde y Bradley, 2018).

En sus plantas hospedantes, *R. solani* causa diversos síntomas, que incluyen pudrición previa y posterior a la emergencia, pudrición de semillas, raíces, hipocótilo, corona, tallo, rama o vaina, tizón de las semillas, caspa negra o cancro del tallo (Ajayi-Oyetunde y Bradley, 2018).

En plantas adultas, los síntomas de *R. solani* se pueden observar principalmente en raíces y tallos, pero también en hojas (Aiello *et al.*, 2017). Este hongo penetra los espacios intercelulares de las hojas a través de aberturas naturales, y puede infectar cultivos como el arroz (Peng, *et al.*, 2020; Shi *et al.*, 2020), el nabo (Sekiguchi *et al.*, 2015), la palma aceitera (Boari *et al.*, 2017) y la mandioca (Siviero *et al.*, 2019). En pimiento, los principales síntomas provocados por *R. solani* son el deterioro de las plántulas, la pudrición de raíces y tallos y manchas necróticas en el hipocótilo (Mannai *et al.*, 2018; Parisi *et al.*, 2020).

Se desarrolla a temperaturas muy diversas en zonas cálidas, templadas y frías, ocasionando daño considerable en los brotes emergentes de tubérculos y raíces cuando las condiciones no favorecen su rápida emergencia; por ejemplo, en suelos húmedos, ácidos y fríos (suelos inundables), la enfermedad es común en todas las regiones donde se cultivan hortalizas, encontrándose tanto superficialmente como en estratos profundos del suelo (CIP, 1996).

Además, la producción de conidios por reproducción asexual es inexistente, están relativamente bien adaptadas a la vida en el suelo, incluso en ausencia de vegetales, viven por lo tanto en condiciones saprofitas muy polifágica, *Rhizoctonia solani* ataca claramente a los ciclámenes.

Se localiza en las capas superiores del suelo donde puede conservarse varios años, en principio ataca la planta a nivel del cuello. El ataque progresa rápidamente hacia el bulbo y/o el sistema radicular. La turba favorece el desarrollo del hongo. Todo substrato de este tipo, no desinfectado, puede considerarse como potencialmente infectado, sin embargo, el control químico es eficaz.

Rhizoctonia solani JG Kühn Teleomorfo: *Thanatephorus cucumeris* (AB Frank) Donk, es uno de los fitopatógenos necrotróficos cruciales transmitidos por el suelo que causa pudrición del hipocótilo, la corona, la raíz, el cuello del tallo, las yemas y los frutos, las plagas, el tallo de alambre y el marchitamiento en las regiones productoras de leguminosas de todo el mundo. Se ha estimado que, en promedio, el 20% de la pérdida anual del rendimiento de las leguminosas se debe a *R. solani*, e incluso en algunos escenarios raros, también se ha observado entre el 30% y el 60% de la pérdida completa de los cultivos de leguminosas (Ajayi-Oyetunde y Bradley, 2018).

Además, debido a su capacidad parasitaria facultativa, puede sobrevivir como saprófito en el suelo. *R. solani* puede propagarse a través de esclerocios salpicados por la lluvia, restos de suelo infestados y puentes miceliales entre plantas y semillas infectadas. Mientras que la etapa teleomorfa (sexual) de *R. solani* permite la transmisión de basidiosporas por el aire, lo que no es típico en los campos.

Los esclerocios, la etapa asexual de *R. solani*, pueden permanecer viables en el suelo durante varios años. Basado en la fusión de hifas, morfología del cultivo, patogenicidad o virulencia, y homología del ADN, *R. solani* es un complejo de especies y se ha dividido en 13 grupos somáticamente incompatibles, también denominados anastomosis grupos (AG; Abbas *et al.*, 2022a).

De manera similar, la pudrición severa de las raíces de la alfalfa, causada por *R. solani* ocurrió al 65% de la capacidad de retención de agua y menos al 45%. Asimismo, cada grupo de anastomosis (AG) de *R. solani* requiere una cierta temperatura para causar enfermedades de las leguminosas. *R. solani* también infecta legumbres a temperaturas frías (15-18° C), lo que ralentiza el crecimiento de sus plántulas (Abbas *et al.*, 2022b).

Rhizoctonia solani se localiza preferentemente en las capas superiores del suelo (en los dos primeros centímetros). En el suelo, puede en ausencia de plantas o de condiciones favorables, conservarse varios años. Esta conservación se hace bajo forma de esclerocios, amas de micelio entrelazado, duros y de color sombreado.

5.8.5 Síntomas

Los síntomas de la enfermedad en diferentes huéspedes son podredumbre y cancro, pudrición del hipocótilo, caspa negra, pudrición de la vaina, plagas, pudrición de la raíz, pudrición de la corona, amortiguamiento pre y post-emergente (Patil y Solanki, 2016).

Ataca sobre todo los cultivos de plantas de semilla y jóvenes repicadas, el ataque es a nivel de cuello, por lo que la enfermedad progresa por manchas sucesivas a nivel de las raíces y de los pecíolos de las hojas en la interfaz del suelo, se desarrollan pequeñas necrosis secas, de color pardo a rojo, y el color se propaga, finalmente, esta pudrición es el origen de la caída de la planta y de su muerte (Morel, 2023).

El ataque puede rápidamente progresar hacia tubérculos y raíces, en los lugares atacados se desarrolla un micelio brillante de color marrón gris, después de estar afectado el cuello de la planta, el sistema radicular puede también oscurecerse. En cuanto al sistema aéreo tiene tendencia a comportarse como si estuviera afectada de clorosis (Morel, 2023).

Puede producirse un ataque a plantas más viejas, con frecuencia pueden ir acompañadas de otros hongos como *Nectria radicícola* y *Botrytis cinérea*, estos hongos producen diversas enzimas que permiten degradar la celulosa y la lignina de los tejidos vegetales, y es por esta vía donde se desarrolla la pudrición (Morel, 2023).

Como la producción de esporas asexuadas es nula, el riesgo de la diseminación por agua, las corrientes de aire y los insectos es nula. Los vegetales son el origen de la contaminación más importante; este patógeno está presente sobre muchas

plantas huésped, puede ser ciclamen cultivado en invernadero u otras plantas cultivadas al exterior (Morel, 2023).

En consecuencia, todo suelo no descontaminado es considerado como potencialmente infeccioso y los esclerocios pueden vivir numerosos años en estado saprofita sobre restos vegetales, germinan sobre la acción de secreciones radiculares emitidas por la planta cuando las condiciones climáticas son favorables, dotado de una fuerte aptitud saprofita, el micelio se desarrolla rápidamente en el suelo hasta que la planta es infectada, donde las condiciones favorables son de pH superior a 5.8 y temperaturas de 15 a 35°C (Morel, 2023).

5.8.6 Agente causal

También conocida como "rizoconiosis" denominada también "chancro del tallo" ó "costra negra" (*Rhizoctonia solani* Kühn) es una de las enfermedades fungosas que está presente en todas las zonas productoras de cultivos agrícolas como la papa y hortalizas (Hooker, 1980; Torres, 2002). Otros nombres son alusivos a sus síntomas: amarillamiento, marchitez vascular y/o pudrición radical del chícharo. Las plantas afectadas suelen presentar otros síntomas, como la muerte prematura de la semilla, la presencia de lesiones acuosas en la base del tallo y la pudrición de las raíces (Figura 5 y 6).



Figura 5. Tallos y haces vasculares en plantas de chícharo afectados por *Rhizoctonia* spp.



Figura 6. a) Raíz y **daños en b)** hojas basales en plantas de chícharo afectadas por *Rhizoctonia* spp.

5.8.7 Importancia económica

R. solani posee una gran importancia económica, es la especie más importante dentro del género *Rhizoctonia*, un patógeno con una diversidad en morfología, por un amplio rango de hospedantes y de agresividad (Ajayi-Oyetunde y Bradley, 2018).

El avance de la severidad de la enfermedad conduce a la muerte de las plantas. Las pérdidas económicas en un cultivo pueden oscilar entre el 50 y el 100 % cuando no se toman medidas de manejo; se considera como una enfermedad endémica que debe ser manejada de manera integrada.

En muchas hortalizas, como en chícharo, calabaza, papa, entre otras, *R. solani* ocasiona la enfermedad denominada como rhizoctoniasis o cáncer de raíces o tallos y costra negra cuando se presenta como esclerocios en la superficie de raíz y tubérculos.

5.8.8 Clasificación taxonómica de *Ascochyta* spp.

Superreino: Eucariota

Reino: Fungi

División: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Pleosporales

Familia: Didymellaceae

Género: *Ascochyta*

Especie: *Ascochyta* spp.

Fuente:(NCBI,2023).

5.8.9 Síntomas

Esta enfermedad es causada por un complejo de hongos pertenecientes al género *Ascochyta*, y recientemente se relaciona también con *Phoma medicaginis* var. *pinodella* (Trivoli y Banniza, 2007). Los síntomas pueden ser observados en hojas, tallos y vainas; el hongo *Ascochyta* spp., genera lesiones delineadas con bordes claros y necrosis progresiva del tallo (Figura 7). El hongo *P. medicaginis* var. *pinodella* causa una podredumbre en la base de la planta, las vainas se necrosan y la infección puede pasar a la semilla, que al utilizarse puede funcionar como inóculo para dispersar la enfermedad (Trivoli y Banniza, 2007).



Figura 7. Síntomas de *Ascochyta* spp., **a)** en el tallo, **b)** hoja y **c)** vaina de chícharo.

5.8.10 Características y ciclo de vida

Ascochyta pisi Lib., es la especie típica del género *Ascochyta*. Chilvers *et al.*, (2009) reportaron el descubrimiento del teleomorfo (estado sexual) de *Ascochyta pisi*, y lo clasificaron dentro del taxa *Didymella*, llamándolo *Didymella pisi*.

Didymella pinodes (Berk. & A. Bloxam) Petr., es el nombre taxonómicamente correcto, para el estado sexual de *Ascochyta pinodes*. A pesar de ello, el nombre más reconocido por los fitopatólogos es el sinónimo *Mycosphaerella pinodes*.

Basados en datos moleculares, (Dugan *et al.*, 2007) mostraron que *M. pinodes* se agrupaba dentro del taxa *Didymella* en lugar del taxa *Mycosphaerella*. Ellos propusieron que *D. pinodes*, un sinónimo de *M. pinodes*, sea el nombre aceptado.

El hongo, *D. pinodes*, ha sido clasificado recientemente como *Peyronellaea pinodes* Berk. & A. Bloxam (Skoglund *et al.*, 2011). Ocurren en todo el mundo y pueden tener una importancia económica significativa.

Por otra parte, tal parece que las especies de hongos patógenos son menos sensibles a la toxicidad de las fitoalexinas producidas por sus plantas hospedantes que los hongos que no son patógenos. Se ha demostrado que esto ocurre en los numerosos sistemas hospedante-patógeno, como es el caso de la reacción a la pisatina en la relación que se establece entre el chícharo y el hongo *Ascochyta pisi*. Asimismo, se ha encontrado que se acumulan altos niveles de pisatina y faseolina en las relaciones susceptibles establecidas entre el chícharo y *Fusarium solani* f. sp. *psii* y entre el frijol y *F. solani* f. sp. *phaseoli*, respectivamente, sin que se observe aumento en la resistencia del hospedante, al parecer debido a que cada patógeno puede tolerar la fitoalexina de su hospedante.

Según DANE (2015), los hongos más frecuentes en chícharo son *Ascochyta pisi* (Mancha por *Ascochyta*) y *Colletotrichum corda* (Antracnosis). Mostrando los principales síntomas que son lesiones o manchas oscuras, delimitadas por un margen oscuro y en el centro se observan los picnidios. Las manchas presentes en hojas y tallo son redondas a irregulares.

El ciclo de vida de estos hongos comienza por una infección primaria llamadas ascosporas que al madurar el pseudotecio se liberan al aire y por una infección

secundaria de esporas asexuales llamados conidios que salen de los picnidios en una masa pegajosa de esporas y sobrevive en restos vegetales y semillas (Figura 8).

Mancha por *Ascochyta* (*Ascochyta pisi*) Según DANE (2015) y FENALCE (2006), es una enfermedad que reduce las cosechas en un 20 a 50 %, además de deteriorar la calidad de la vaina y de los granos cosechados. Afecta sobre todo al tercio inferior de la planta y aumenta los daños por lluvias intensas y humedad en el ambiente, especialmente en la floración y el llenado de las vainas. Incide en forma más severa en cultivos sembrados al voleo.

También, se ha observado que la severidad de algunas enfermedades disminuye cuando aumentan los niveles de ciertos micronutrientes. Por ejemplo, las aplicaciones de hierro al suelo reducen los marchitamientos del mango y del cacahuate causados por *Verticillium*, y las aplicaciones foliares de compuestos de hierro reducen la severidad de la hoja plateada de los árboles frutales deciduos (causada por *Stereum purpureum*).

Asimismo, las aplicaciones de manganeso reducen la severidad de la roña y el tizón tardío de la papa, y la pudrición del tallo de las plántulas de la calabaza causada por *Sclerotinia sclerotiorum*, mientras que las aplicaciones de molibdeno disminuyen el tizón tardío de la papa y el tizón del frijol y chícharo causados por *Ascochyta* spp., (Agrios,1995).

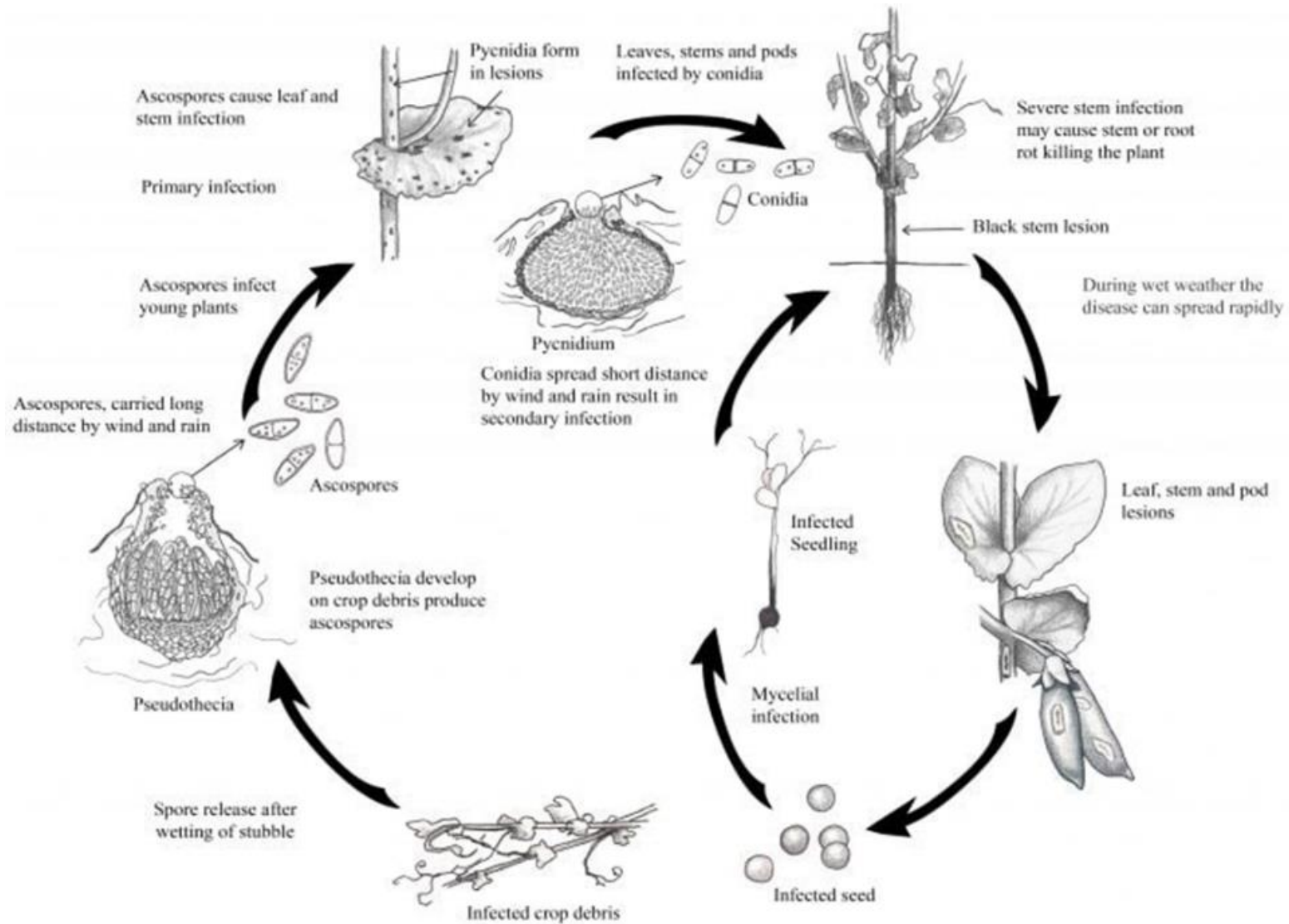


Figura 8. Representación esquemática del ciclo de vida de la enfermedad de *Ascochyta* spp., en cultivos de leguminosas.

5.8.11 Origen

La enfermedad fue descubierta por primera vez en 1830 en Europa por Libert, quien llamó al patógeno *Ascochyta pisi*. La descripción de otros hongos que causaban síntomas similares fue realizada por (Berkeley y Bloxam, 1861) y por (Jones, 1927). Fue este quien reportó que los aislamientos de *A. pisi* y *Mycosphaerella pinodes* podían distinguirse por sus características en cultivo (Skoglund *et al.*, 2011).

5.8.12 Agentes causales

La enfermedad es provocada por un complejo de hongos llamados *Ascochyta pisi* Lib., *Mycosphaerella pinodes* (Berk. & A. Bloxam) Vesterg. (ana. *Ascochyta pinodes* L.K. Jones), y *Phoma pinodella* (L.K. Jones) Morgan-Jones & K.B. Burch sinónimos *Ascochyta pinodella* L.K. Jones, y *Phoma medicaginis* var. *pinodella* (L.K. Jones) Boerema. Los tres patógenos se parecen, pero pertenecen a especies distintas y es difícil distinguirlos basándose solo en los síntomas (Skoglund *et al.*, 2011; Allard *et al.*, 1993).

Por la presencia de los dos posibles agentes causales, a la enfermedad se le ha considerado como un complejo de *Ascochyta*, y son: 1) *Mycosphaerella pinodes*: - que se hace presente en lluvias intensas después de la siembra; en rastrojo infectado y suelo, diseminado por el viento y lluvia. 2) *Ascochyta pisi*: que se presenta con lluvias intensas en la etapa de floración y llenado de grano; y en semilla. 3) *Phoma medicaginis*: que se expresa en regiones áridas, y está presente en suelo y semilla.

5.8.13 Virosis

Virus del mosaico del chícharo (PsbMV)

Las infecciones por virus provocan una variedad de efectos adversos en las plantas, que van desde la reducción de la cosecha y calidad de los frutos hasta la muerte de la planta que desencadenan grandes pérdidas económicas (Fauquet *et al.*, 2005)

y Cann 2005). La especificidad de los virus es muy variable, algunos son capaces de colonizar diferentes hospederos, mientras que otros sólo infectan una especie definida y se debe a las intrincadas interacciones específicas con la célula vegetal (Rodríguez *et al.*, 2009), esto se debe, a que el genoma se encuentra protegido por una cubierta proteica (Fauquet *et al.*, 2005).

5.8.14 Daños

Por Aves

Las aves-plaga en México señala distintas especies que han sido encontradas atacando diferentes cultivos, por su número y dispersión se mencionan a las urracas o zanates del género *Quiscalus*, los tordos cuervitos o pájaros vaqueros del género *Molothrus*, los chaparreros del género *Agelaius*, por último, se encuentran los gorrioncillos también llamados carrancistas, chillones o refugiados del género *Passer* y los cuervos calotes del género *Corvus*, que atacan cultivos de hortalizas, legumbres y gramíneas, durante la siembra y cosecha en el centro y sur del país (Contreras *et al.*, 2003).

Por Heladas

Las bajas temperaturas para este cultivo se declaran heladas, la planta detiene su crecimiento cuando las temperaturas son menores a 7 y 5 °C; el chícharo se ve afectado principalmente en la etapa fenológica de floración (flores) y llenado de grano (vainas), dañando directamente a los órganos reproductivos. Esto a su vez impacta el rendimiento y calidad del producto, los daños se empiezan a manifestar por la tarde y al segundo día son más notorios (López y Guadarrama, 2016).

Por alta humedad relativa

La humedad del ambiente en un porcentaje elevado y propiciar el desarrollo de enfermedades también posibilita la germinación de granos, muy cercanos a la etapa fenológica de madurez fisiológica, o que ya han alcanzado esta etapa, el porcentaje

se incrementa cuando el follaje es muy denso, o, si no fue eficiente, el control de la maleza (López y Guadarrama, 2016).

5.9 Importancia y uso de sitios y modos de acción (MoA) en Fungicidas

Los plaguicidas se utilizan para proteger los cultivos contra insectos, malas hierbas, hongos y otras plagas. Son potencialmente tóxicos para los seres humanos y pueden tener efectos agudos y crónicos en la salud de las personas, dependiendo de la cantidad y la forma de exposición (OMS, 2022).

Hoy en día se utilizan más de 1000 plaguicidas en todo el mundo para garantizar que las plagas no dañen ni destruyan los alimentos, cada plaguicida tiene diferentes propiedades y efectos toxicológicos. Desempeñan un papel importante en la producción de alimentos, protegen e incrementan el rendimiento y el número de veces al año que se puede plantar un cultivo en la misma tierra.

Esto es importante en los países que padecen períodos de escasez alimentaria, pueden prevenir grandes pérdidas de cultivos y seguirán desempeñando un papel en la agricultura. Sin embargo, los efectos de la exposición a los plaguicidas en los seres humanos y el medio ambiente son una preocupación constante (OMS, 2022).

El uso de plaguicidas para producir alimentos, tanto para alimentar a las poblaciones locales como para la exportación, deben cumplir con las buenas prácticas agrícolas, independientemente de la situación económica del país, donde los agricultores deben limitar la cantidad de plaguicida utilizado al mínimo necesario para proteger sus cultivos (OMS, 2022).

Los fungicidas inhiben el crecimiento del hongo interfiriendo procesos celulares críticos. El modo de acción se refiere al proceso celular específico que inhibe cada fungicida en particular, dentro de cada modo de acción hay sitios de acción específicos, que son las enzimas específicas del proceso celular a las que se unen los fungicidas (FRAC, 2019).

El control químico de hongos en el cultivo de chícharo se realiza con fungicidas químicos, que contengan los siguientes ingredientes activos: Carbendazim, Mancozeb, Difenconazol o Azoxystrobin (Daza, 2017).

El mecanismo de acción de los fungicidas se vincula a la interferencia por alteración de carbohidratos, estímulo de producción de defensas y alteración física de la planta (Melgarejo, 1989).

El modo de acción se relaciona con la manera de como el producto llega al sitio o como se mueve dentro de los tejidos de la planta para afectar los procesos biológicos vitales en el ciclo de vida del fitopatógeno. Los fungicidas inhiben el crecimiento de hongos al interferir con procesos celulares críticos (BDAC, 2011).

El modo de acción (MoA) se refiere al proceso celular específico inhibido por un fungicida en particular. FRAC enumera 11 modos de acción en su póster de modo de acción y lista de códigos, los fungicidas pueden actuar de modo que no se entiende completamente al introducirse. Hasta que haya evidencia específica de los procesos bioquímicos involucrados, FRAC enumera compuestos tales como "Modo de acción desconocido" en la lista de códigos FRAC (FRAC, 2023).

Dentro de cada modo de acción hay sitios específicos de acción. Estos sitios de acción o sitios objetivo son las enzimas específicas en un proceso celular al que muerden los fungicidas. Por ejemplo, tanto los fungicidas de estrobilurina como los fungicidas SDHI comparten el mismo MoA (inhibición de la respiración) pero tienen diferentes sitios de acción en la vía respiratoria; Las SDHI inhiben el complejo II, mientras que las estrobilurinas inhiben el complejo III.

En la literatura farmacéutica, la inhibición de una enzima específica se conoce como mecanismo de acción (algunos patólogos de plantas usan el término mecanismo de acción indistintamente con modo de acción). FRAC asigna un número a los compuestos activos en el mismo sitio objetivo (por ejemplo, los SDHI son el grupo FRAC # 7 en la lista de códigos FRAC (FRAC, 2023).

Para comprender la interacción bioquímica del fungicida con un sitio objetivo específico, la analogía de usar una cerradura y una llave para abrir una puerta es útil. La cerradura es el sitio objetivo de la enzima y la clave es el sustrato natural

con el que interactúa la enzima para completar los procesos celulares normales (análogo a desbloquear la puerta).

Los fungicidas activos en ese sitio objetivo son un conjunto adicional de objetos similares a llaves que también pueden caber en la cerradura. Si una de estas llaves "artificiales" está en la cerradura, la llave / sustrato normal no puede caber en la cerradura y el proceso bioquímico fúngico está bloqueado (la puerta no se puede desbloquear).

Dentro de la célula, el fungicida y el sustrato compiten por el sitio de bloqueo / objetivo. A medida que el fungicida se acumula en la célula, el sustrato normal ya no puede acceder al sitio objetivo y los procesos celulares normales alcanzarán un nivel tan bajo, o pueden bloquearse por completo, observándose efectos adversos.

Si bien los fungicidas comparten similitud con el sustrato fúngico en términos de su estructura tridimensional, no son idénticos. Es posible que ocurran alteraciones en el sitio de objetivo que permitan que el sustrato fúngico continúe uniéndose y que los procesos celulares normales continúen, pero no permitan que el fungicida se una. Esta situación da lugar a una resistencia en el sitio objetivo (FRAC, 2023).

Los fungicidas activos en el mismo sitio objetivo (que están dentro del mismo código FRAC # en la Lista de códigos FRAC) se consideran resistentes entre sí. La resistencia cruzada es un fenómeno que ocurre cuando surge resistencia a un fungicida que también resulta en resistencia a otro fungicida. Ocasionalmente, la resistencia cruzada puede ocurrir entre compuestos activos en diferentes sitios objetivo (Genet y Jaworska, 2009).

La resistencia a múltiples fármacos (MDR) se desarrolla cuando un transportador específico es capaz de excluir múltiples fungicidas de diferentes grupos de sitios objetivo. La aplicación de los fungicidas en cuestión puede ejercer suficiente presión de selección para que los aislados que contienen estos transportadores exportadores de fungicidas se vuelvan más frecuentes en la población, como es el caso de *Botrytis cinérea* (Kretschmer *et al.*, 2009).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio

El presente trabajo se realizó en el municipio de Joquicingo de León Guzmán, paraje El “Agüita”, localizado al sur del Estado de México, México., a una distancia de 36 km de la capital del Estado. Colinda al norte con Tenango del Valle y Texcalyacac, al sur con Tenancingo, al este con Ocuilan y al oeste sigue colindando con Tenango del Valle (Figura 9); formado por un territorio de 63,66 km (Ayuntamiento de Joquicingo, 2023).

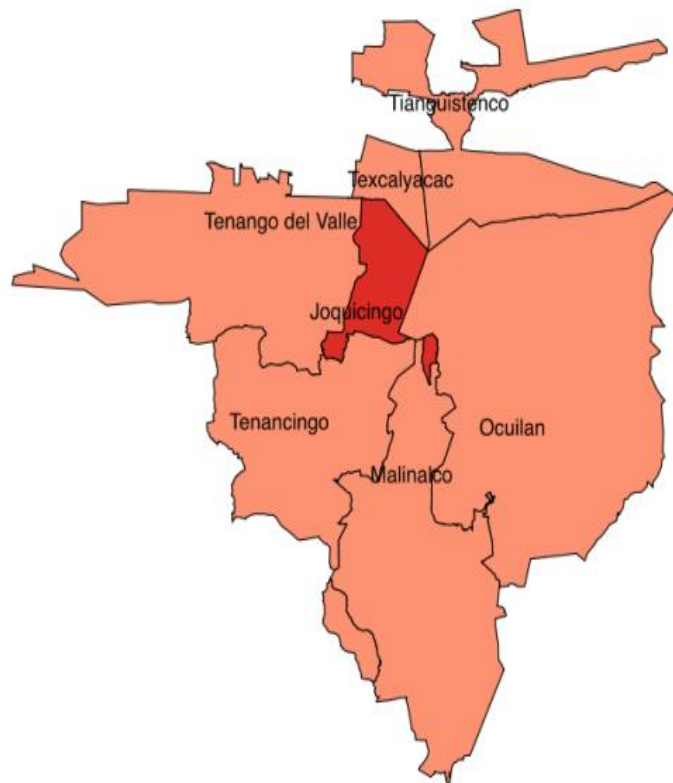


Figura 9. Ubicación del municipio de Joquicingo de León Guzmán, Estado de México, México., y colindancias (Ayuntamiento de Joquicingo, 2023).

Se encuentra situado a una altitud promedio de 2,750 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m). La latitud mínima es de 19°00'13"N y máxima de 19°07'09"N; con una longitud mínima de 99°42'03"O y máxima de 99°33'33"O (Figura 10). El territorio ocupa el 0.29% de la superficie total del Estado de México, la región está

conformada por municipios mayoritariamente rurales y cuyas condiciones territoriales y climatológicas favorecen el desarrollo de actividades agropecuarias (Ayuntamiento de Joquicingo, 2023).

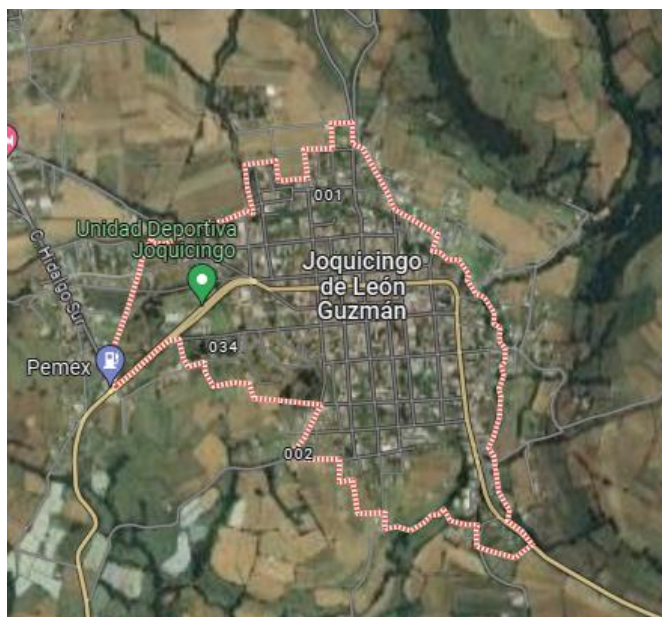


Figura 10. Ubicación geográfica del municipio de Joquicingo de León Guzmán, Estado de México, México., (Google Earth, 2023).

El suelo que domina en el municipio es de tipo Andosol, los Andosoles tienen un alto potencial para la producción agrícola, pero muchos de ellos no se usan hasta su capacidad. Los suelos identificados en este municipio son: Andosol (58.74%), Leptosol (36.84%), Phaeozem (0.62%), Vertisol (0.51%) y Gleysol (0.21%) (INEGI, 2010).

Particularmente, los suelos Andosoles integran ceniza volcánica intermedia o básica y normalmente no expuestos a lavado excesivo. La fuerte fijación de fosfato de los Andosoles (causada por Al y Fe libres) es un problema. Sin embargo, las medidas de mejora para reducir este efecto incluyen la aplicación de calcáreo, sílice, material orgánico y fertilización fosfatada (FAO, 2008).

Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de $-0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ y rara vez baja a menos de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ o sube a más de $26\text{ }^{\circ}\text{C}$, en un clima templado subhúmedo, además, la temporada fría dura 2 meses, es decir, del 1 de diciembre al 3 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 19

°C, mientras que el mes más frío del año es enero, con una temperatura mínima promedio de -0 °C y máxima de 19 °C (Weather Spark, 2023).

Las sequías comienzan en el mes de diciembre, y se extiende hasta enero, febrero y a principios de marzo, la temporada templada dura 2.2 meses, es decir, del 22 de marzo al 29 de mayo, la temperatura máxima promedio diaria es más de 22 °C, mientras que el mes más cálido del año es mayo, con una temperatura máxima promedio de 23 °C y mínima de 7 °C.

Sin embargo, de abril a junio ascienden las precipitaciones siendo julio, agosto y septiembre donde se gestan las condiciones atmosféricas más húmedas. En octubre, el clima es semiseco. El mes de noviembre propiamente es seco con temperaturas medias mensuales que varían entre 10°C a 16°C, propios de las bajas temperaturas (Weather Spark, 2023).

En el (Cuadro 3) se indica el análisis estadístico de informes climatológicos históricos por hora y reconstrucciones de modelos del 1 de enero de 1980 al 31 de diciembre de 2016 (Weather Spark, 2023).

Cuadro 3. Temperatura del municipio de Joquicingo de León Guzmán, Estado de México, México.

Temperatura °C												
	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Máxima	19	20	22	23	23	20	19	19	19	20	20	19
Promedio	9	10	12	14	15	14	13	13	13	12	11	9
Mínima	0	1	3	5	7	9	8	8	8	6	3	0

6.2 Establecimiento del ensayo

La siembra se realizó el 21 de julio de 2022 en el paraje El “Agüita”, en una zona de ladera con una superficie experimental de 800 m² para ambas enfermedades en el municipio de Joquicingo de León Guzmán, carretera Joquicingo-Malinalco bajo régimen de temporal, utilizando semilla de chícharo (*Pisum sativum* L.) cv. Early

perfection 326 (United Genetics Seeds Co.) aplicando a siembra directa compost de champiñón, la fertilización se efectuó a los 30 días después de la siembra (DDS) con DAP 18-46-00 y una segunda fertilización foliar a los 75 DDS (Figura 11).



Figura 11. Ubicación del terreno experimental en el municipio de Joquicingo, Estado de México, México., (Google Earth, 2023)

6.3 Preparación de fungicidas

Con ayuda de cintas reactivas, se midió el pH de nuestro depósito de fuente de agua, regulando con Dap Plus a relación de 1:1 para alcanzar un pH final promedio de 6.5, con el fin de tener una mejor efectividad de uso, al momento de aplicar los productos fungicidas, así mismo, se estimó la cantidad proporcional de cada dosis de fungicidas a utilizar, con el apoyo de una báscula gramera digital, para vertirse en una aspersora manual de 15 L.

El gasto de agua requerido para el control de *Rhizoctonia* spp., fue de 11 L de agua dirigidos al drench, mientras que para *Ascochyta* spp., fue de 4 L, destinados a la parte aérea como protectantes, disponiendo de una boquilla de cuatro salidas de alto volumen por cada repetición formada por 4 surcos de 10 m de largo.

Para *Rhizoctonia* spp., cada dosis recomendada por el fabricante se disolvió por separado en 4 L de agua, mientras, que para el control de *Ascochyta* spp., las dosis pesadas de cada fungicida se disolvieron en 1 L de agua, usando una jarra o cubeta graduada para lograr una mejor solución de mezcla, posteriormente, cada mezcla concentrada se agregó a nuestro equipo de aplicación limpio, siguiendo el orden de cada rotación y enjuagando correctamente nuestro equipo de aspersión en cada cambio de tratamiento previo a su aplicación.

Finalmente, los fungicidas empleados para el control de *Rhizoctonia* spp., como de *Ascochyta* spp., fueron aplicados a partir de los 8 DDS; totalizando 9 aplicaciones a término de los 144 DDS, se asperjaron en un horario oportuno de 8:00 a.m. usando debidamente el equipo de protección personal (EPP) y siguiendo correctamente el manual de aplicación de plaguicidas.

6.4 Tratamientos utilizados

En el (Cuadro 4) se indican los tratamientos con los fungicidas empleados en rotación para el control de *Rhizoctonia* spp., en g o mL de producto comercial utilizado para el manejo de *Rhizoctonia* spp., para un gasto de agua de 11 L por cada tratamiento evaluado, previamente dirigidos al drench.

Cuadro 4. Tratamientos con los fungicidas empleados en rotación para el control de *Rhizoctonia* spp.

Tratamientos	Producto comercial
T1	Az+Me (27.5 mL)–Tol M (330 g)–Ti (137.5 g)–Ip (48.12 g) Uniform- Rizolex 75%- Tecto 60%- Rovral 50 PH
T2	Tol M (330 g)–Ip (48.12 g)–Ti (137.5 g)–Az (13.75 g) Rizolex 75%- Rovral 50 PH- Tecto 60%- Amistar
T3	Cap (137.5 g)–Ip (48.12 g)–Az+Me (27.5 mL)–Ti (137.5 g) Captan Ultra 50 WP- Rovral 50 PH-Uniform- Tecto 60%
T4	Az+Me (27.5 mL)–Ti (137.5 g)–Tol M (330 g)–Cap (137.5 g) Uniform- Tecto 60%- Rizolex 75%- Captan Ultra 50 WP
T5	Cap (137.5 g)–Tio M (34.37 g)–Az (13.75 g)–Zb (137.5 g) Captan Ultra 50 WP- Cercobin M 70 %- Amistar- Zineb micro 80 %
TESTIGO	Agua sin Fungicidas

1

¹ Az + Me: Azoxystrobin + Metalaxil-M (Líquido), Tol M: Tolclofos metil, Ti: Tiabendazole, Ip: Iprodiona, Az: Azoxystrobin, Cap: Captan, Zb: Zineb, g: gramos, mL: mililitros.

En el (Cuadro 5) se describen las dosis comerciales recomendadas y de aplicación de los fungicidas utilizados en cada tratamiento de rotación.

Cuadro 5. Descripción de las dosis comerciales recomendadas y de aplicación de los fungicidas utilizados en cada tratamiento de rotación para *Rhizoctonia* spp.

Abreviatura de IA, de producto comercial utilizado.	Dosis Comercial Recomendada kg, g, mL ha ⁻¹	Dosis Promedio de Aplicación kg, g o mL	Dosis de Aplicación g o mL / 11 L
Az + Me: Azoxystrobin + Metalaxil- M (Líquido)	400–600 mL ha ⁻¹	500 mL	27.5 mL
Tol M: Tolclofos metil	5.0-7.0 kg ha ⁻¹	6.0 kg	330 g
Ti: Tiabendazole	2.0-3.0 kg ha ⁻¹	2.5 kg	137.5 g
Ip: Iprodiona	0.75-1.0 kg ha ⁻¹	875 g	48.12 g
Az: Azoxystrobin	200-300 g ha ⁻¹	250 g	13.75 g
Cap: Captan	2.0-3.0 kg ha ⁻¹	2.5 kg	137.5 g
Zb: Zineb	2.0-3.0 kg ha ⁻¹	2.5 kg	137.5 g
Tio M: Tiofanato metil	500-750 g ha ⁻¹	625 g	34.37 g

En el (Cuadro 6) se menciona a cada tratamiento, su secuencia de aplicación por MoA, ingrediente activo, grupo químico y tipo de movimiento en la planta de cada fungicida.

Cuadro 6. Tratamientos de rotación de MoA de fungicidas para *Rhizoctonia* spp., orden de aplicación, grupo químico, clasificación FRAC y tipo de movimiento en la planta.

Tratamientos	Orden	Nombre comercial / IA del producto	Grupo químico	Clasificación MoA en FRAC	Movimiento en la planta
T1	1	Uniform (Azoxystrobin + Metalaxil-M)	Methoxy-acrylates (estrobilurinas) + acylalaninas (fenilamidas)	11 4	Sistémico
	2	Rizolex 75% (Tolclofos-metil)	Aromatic hydrocarbons	14	Contacto
	3	Tecto 60% (Tiabendazole)	Benzimidazoles	1	Sistémico
	4	Rovral 50 PH (Iprodiona)	Dicarboximidas	2	Contacto
T2	1	Rizolex 75% (Tolclofos-metil)	Aromatic hydrocarbons	14	Contacto
	2	Rovral 50 PH (Iprodiona)	Dicarboximidas	2	Contacto
	3	Tecto 60% (Tiabendazole)	Benzimidazoles	1	Sistémico
	4	Amistar (Azoxystrobin)	Methoxy-acrylates (estrobilurinas)	11	Sistémico
T3	1	Captan Ultra 50 WP (Captan)	Phthalamidas (electrophiles) carboximidas	M04	Contacto
	2	Rovral 50 PH (Iprodiona)	Dicarboximidas	2	Contacto
	3	Uniform (Azoxystrobin + Metalaxil-M)	Methoxy-acrylates (estrobilurinas) + acylalaninas (fenilamidas)	11 4	Sistémico
	4	Tecto 60% (Tiabendazole)	Benzimidazoles	1	Sistémico
T4	1	Uniform (Azoxystrobin + Metalaxil-M)	Methoxy-acrylates (estrobilurinas) + acylalaninas (fenilamidas).	11 4	Sistémico
	2	Tecto 60% (Tiabendazole)	Benzimidazoles	1	Sistémico
	3	Rizolex 75% (Tolclofos-metil)	Aromatic hydrocarbons	14	Contacto
	4	Captan Ultra 50 WP (Captan)	Phthalamidas (electrophiles) carboximidas	M04	Contacto
T5	1	Captan Ultra 50 WP (Captan)	Phthalamidas (electrophiles) carboximidas	M04	Contacto
	2	Cercobin M 70 % (Tiofanato metilico)	Thiofanatos	1	Sistémico
	3	Amistar (Azoxystrobin)	Methoxy-acrylates (estrobilurinas)	11	Sistémico
	4	Zineb micro 80 % (Zineb)	Dithiocarbamatos	M03	contacto

Se utilizaron cinco tratamientos indicados en el (Cuadro 7), con su ingrediente activo (usando términos de abreviación).

Cuadro 7. Tratamientos con los fungicidas empleados en rotación para el control de *Ascochyta* spp.

Tratamientos	Producto comercial
	Clo (50 g)–Zb (50 g)–Ip (17.5 g)–Cb (5.5 g)
T1	Daconil 2787 w-75 % - Zineb micro 80 %- Rovral 50 PH- Guardian Xtra 80 %
	Mz (40 g)–Ip (17.5 g)–Clo (50 g)–Cb (5.5 g)
T2	Mancozeb 80 % PH- Rovral 50 PH- Daconil 2787 w-75 %- Guardian Xtra 80 %
	Zb (50 g)–Clo (50 g)–Cb (5.5 g)–Cy+Mz (40 g)
T3	Zineb micro 80 %- Daconil 2787 w-75 %- Guardian Xtra 80 %- Cyrizate
	Zb (50 g)–Clo (50 g)–Ip (17.5 g)–Mz (40 g)
T4	Zineb micro 80 %- Daconil 2787 w-75 %- Rovral 50 PH- Mancozeb 80 % PH
	Cb (5.5 g)–Zb (50 g)–Az (5 g)–Cy+Mz (40 g)
T5	Prozycar 50% PH- Zineb micro 80 %- Amistar- Cyrizate
TESTIGO	Sin aplicación

2

² Clo: Clorotalonil, Zb: Zineb, Ip: Iprodiona, Cb: Carbendazim, Mz: Mancozeb, Cy + Mz: Cymoxanil + Mancozeb, Az: Azoxystrobin, g: gramos.

En el (Cuadro 8) se describen las dosis comerciales recomendadas y de aplicación de los fungicidas utilizados en cada tratamiento de rotación para manejo de *Ascochyta* spp., empleando un gasto de agua de 4 L, dirigidos en la parte aérea, disponiendo de una boquilla de alto volumen con cuatro salidas.

Cuadro 8. Descripción de las dosis comerciales recomendadas y de aplicación de los fungicidas utilizados en cada tratamiento de rotación para *Ascochyta* spp.

Abreviatura de IA, de producto comercial utilizado.	Dosis Comercial Recomendada kg, g ha ⁻¹	Dosis Promedio de Aplicación kg o g	Dosis de Aplicación g / 4 L
Clo: Clorotalonil	1.5-3.5 kg ha ⁻¹	2.5 kg	50 g
Zb: Zineb	2.0-3.0 kg ha ⁻¹	2.5 kg	50 g
Ip: Iprodiona	0.75-1.0 kg ha ⁻¹	875 g	17.5 g
Cb: Carbendazim	250-300 g ha ⁻¹	275 g	5.5 g
Mz: Mancozeb	1.5-2.5 kg ha ⁻¹	2.0 kg	40 g
Cy + Mz: Cymoxanil + Mancozeb	1.5-2.5 kg ha ⁻¹	2.0 kg	40 g
Az: Azoxystrobin	200-300 g ha ⁻¹	250 g	5 g

En el (Cuadro 9) se describe el tratamiento, el orden de aplicación, ingrediente activo, grupo químico y finalmente el tipo de movimiento de cada fungicida en la planta.

Cuadro 9. Tratamientos de rotación de MoA de fungicidas para *Ascochyta* spp., orden de aplicación, grupo químico, clasificación FRAC y tipo de movimiento en la planta.

Tratamientos	Orden	Nombre comercial / IA del producto	Grupo químico	Clasificación MoA en FRAC	Movimiento en la planta
T1	1	Daconil 2787 w-75 % (Clorotalonil)	Chloronitriles	M05	Contacto
	2	Zineb micro 80 % (Zineb)	Dithiocarbamatos	M03	Contacto
	3	Rovral 50 PH (Iprodiona)	Dicarboximidias	2	Contacto
	4	Guardian Xtra 80 % (Carbendazim)	Benzimidazoles	2	Sistémico y Contacto
T2	1	Mancozeb 80 % PH (Mancozeb)	Dithiocarbamatos	M03	Contacto
	2	Rovral 50 PH (Iprodiona)	Dicarboximidias	2	Contacto
	3	Daconil 2787 w-75 % (Clorotalonil)	Chloronitriles	M05	Contacto
	4	Guardian Xtra 80 % (Carbendazim)	Benzimidazoles	1	Sistémico
T3	1	Zineb micro 80 % (Zineb)	Dithiocarbamatos	M03	Contacto
	2	Daconil 2787 w-75 % (Clorotalonil)	Chloronitriles	M05	Contacto
	3	Guardian Xtra 80 % (Carbendazim)	Benzimidazoles	1	Sistémico
	4	Cyrizate (Cymoxanil 8% + Mancozeb 64%)	Cyanoacetamidas oxime (Cymoxanil) Dithiocarbamatos (Mancozeb)	27+ M03	Sistémico Contacto
T4	1	Zineb micro 80 % (Zineb)	Dithiocarbamatos	M03	Contacto
	2	Daconil 2787 w-75 % (Clorotalonil)	Chloronitriles	M05	Contacto
	3	Rovral 50 PH (Iprodiona)	Dicarboximidias	2	Contacto
	4	Mancozeb 80 % PH (Mancozeb)	Dithiocarbamatos	M03	Contacto
T5	1	Prozycar 50% PH (Carbendazim)	Benzimidazoles	1	Sistémico
	2	Zineb micro 80 % (Zineb)	Dithiocarbamatos	M03	Contacto
	3	Amistar (Azoxystrobin)	Methoxy-acrylates (estrobilurinas)	11	Sistémico
	4	Cyrizate (Cymoxanil 8% + Mancozeb 64%)	Cyanoacetamidas oxime (Cymoxanil) Dithiocarbamatos (Mancozeb)	27+ M03	Sistémico y Contacto

6.5 Variables evaluadas

Se evaluó la incidencia de cada enfermedad por tratamiento con la fórmula:

$$\text{Incidencia de la enfermedad (\%)} = \frac{\text{Número de plantas infectadas}}{\text{Número de plantas evaluadas}} \times 100$$

La severidad o daño ocasionado por *Ascochyta* spp., se evaluó en 5 plantas marcadas por repetición de cada tratamiento, mediante una escala diagramática compuesta de 6 clases, indicada en la (Figura 12). Cada planta se dividió en tres estratos (bajo, medio y alto) para evaluar el nivel de daño de la enfermedad en cada estrato.







Imagen						
Clase	0	1	2	3	4	5
Rango (%)	0%	0.1%-6.0%	6.1%-10.0%	10.1%-15.0%	15.1%-40.0%	>40.1%
Valor medio absoluto	0%	3.0%	8.0%	12.5%	27.5%	70.0%

Figura 12. Escala diagramática de severidad de mancha café (*Ascochyta* spp.) en chícharo, propuesta por López *et al.* (2024).

Los datos de incidencia y severidad se utilizaron para determinar el área bajo la curva (ABC), mediante la suma acumulativa de la severidad de la enfermedad de cada repetición por tratamiento, además, se determinó el rendimiento obtenido en (kg) en cada tratamiento por repetición.

6.6 Costos por tratamiento para el control de *Rhizoctonia* spp. y *Ascochyta* spp.

En el (Cuadro 10) se indican los costos por tratamiento para el control de *Rhizoctonia* spp.

Cuadro 10. Costos por tratamiento para el control de *Rhizoctonia* spp.

Tratamientos	Costos
T1 (Az+Me–Tol M–Ti–Ip)	\$2,800 ^{oo}
T2 (Tol M–Ip–Ti–Az)	\$3,250 ^{oo}
T3 (Cap–Ip–Az+Me–Ti)	\$2,250 ^{oo}
T4 (Az+Me–Ti–Tol M–Cap)	\$2,350 ^{oo}
T5 (Cap–Tio M–Az–Zb)	\$1,575 ^{oo}
TESTIGO	\$ 0.00 ^{oo}

Posteriormente, en el (Cuadro 11) se indican los costos por tratamiento para el control de *Ascochyta* spp.

Cuadro 11. Costos por tratamiento para el control de *Ascochyta* spp.

Tratamientos	Costos
T1 (Clo–Zb–Ip–Cb)	\$1,925 ^{oo}
T2 (Mz–Ip–Clo–Cb)	\$1,900 ^{oo}
T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz)	\$1,615 ^{oo}
T4 (Zb–Clo–Ip–Mz)	\$1,975 ^{oo}
T5 (Cb–Zb–Az–Cy+Mz)	\$1,495 ^{oo}
TESTIGO	\$ 0.00 ^{oo}

Para ambas enfermedades, cada producto fungicida de los tratamientos T3 son de menor costo a diferencia del resto de tratamientos, pero a excepción del T5, esto brinda la posibilidad de adquirir con fines lucrativos los productos fungicidas de esta propuesta de rotación a los productores de la región.

6.7 Diseño experimental

El ensayo se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar, cinco tratamientos y cuatro repeticiones, para ambas enfermedades de estudio. Cada repetición se consideró de cuatro surcos, siendo los dos surcos centrales la parcela útil en donde se estimó la incidencia, severidad, (ABC) y rendimiento obtenido en cada repetición por tratamiento.

6.8 Análisis estadístico

Los resultados de cada variable se analizaron bajo un diseño de bloques completamente al azar, en el programa estadístico SAS (The SAS System for Windows ver. 9.0) y cuando el valor de F fue significativo, se efectuó la comparación de medias con la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Por otro lado, valores de incidencia y severidad obtenidos por cada fecha de evaluación se usaron para calcular el área bajo la curva de progreso de cada enfermedad (ABC) (Madden *et al.*, 2006; Bivand *et al.*, 2008) de cada unidad experimental a través del programa R usando la librería agricolae.

VII. RESULTADOS

7.1 Incidencia *Rhizoctonia* spp. y *Ascochyta* spp.

7.1.1 Incidencia de *Rhizoctonia* spp.

La expresión de síntomas de la enfermedad inició a los 8 DDS en el testigo, mientras que en los tratamientos de rotación inicio a los 16 DDS, indicativo que el efecto de tratamiento de fungicidas a la semilla dejo de ser eficiente a esta fecha después de la siembra, especialmente se observó su inicio en las zonas bajas del terreno donde se acumula mayor humedad.

En términos generales, el T3 con el uso de los ingredientes activos de fungicidas (Cap-Ip-Az+Me-Ti) presento la menor incidencia de *Rhizoctonia* spp., en los tratamientos T1 (Az+Me-Tol M-Ti-Ip), T4 (Az+Me-Ti-Tol M-Cap) y T2 (Tol M-Ip-Ti-Az), se observó un efecto similar expresando la menor incidencia de la enfermedad durante todo el ciclo del cultivo.

El T3 (Cap-Ip-Az+Me-Ti) y T1 (Az+Me-Tol M-Ti-Ip) a los 120 DDS, ejercieron un mejor control de la enfermedad, mientras que el T5 (Cap-Tio M-Az-Zb) y el testigo, presentaron la mayor incidencia (Figura 13).

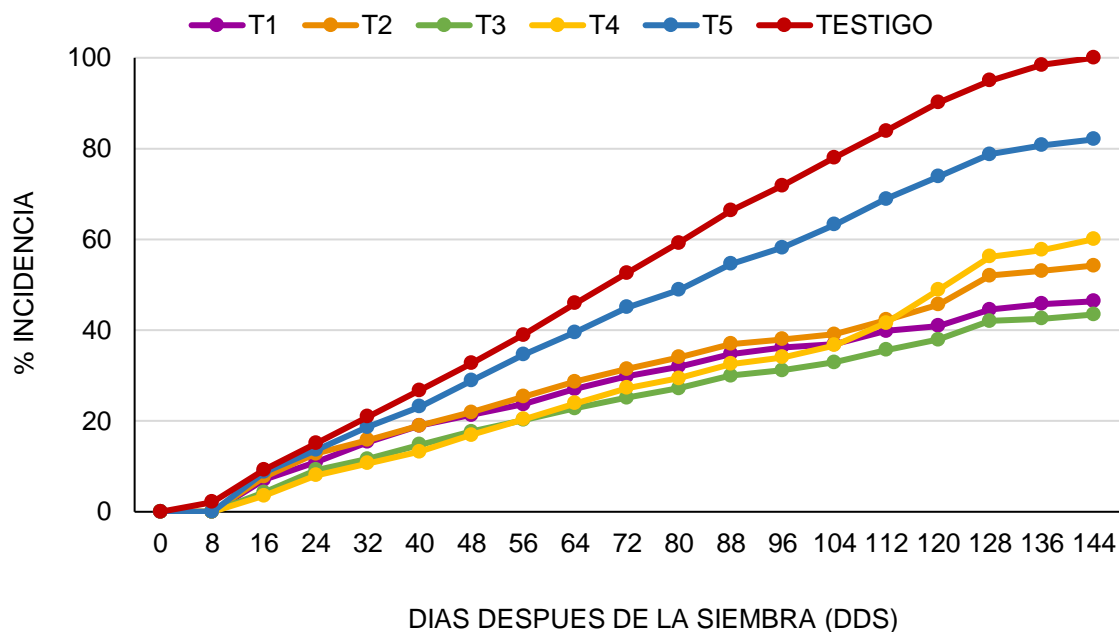


Figura 13. Progreso del nivel de incidencia de *Rhizoctonia* spp., ante diferentes propuestas de rotación de MoA de fungicidas, en chícharo.

Los resultados del análisis de varianza para los valores obtenidos del área bajo la curva de *Rhizoctonia* spp., indicó diferencia altamente significativa para modelo y para los tratamientos (Cuadro 12), por lo que al menos un tratamiento se comportó de manera diferente.

Cuadro 12. Resultado del análisis de varianza obtenidos para el área bajo la curva de incidencia de *Rhizoctonia* spp., durante el desarrollo del ensayo.

ANOVA					
FV	GL	SC	CM	F	Pt (5%)
Modelo	8	51392062.73	6424007.84	8.36**	0.0002
Error	15	11530370.81	768691.39		
Total	23	62922433.54			
C.V. (%)	17.96				
Tratamiento	5	50754445.32	10150889.06	13.21**	<.0001
Bloque	3	637617.40	212539.13	0.28 ^{ns}	0.8415

** Altamente significativo ($p \leq 0.01$); * significativo ($p \leq 0.05$); ns: no significativo; CM: cuadrado medio.

La separación de medias indicó que en el T5 (Cap–Tio M–Az–Zb) y el testigo, presentaron el mayor valor del área bajo la curva, y fueron estadísticamente diferentes a los tratamientos restantes. Mientras que T1 (Az+Me–Tol M–Ti–Ip), T2 (Tol M–Ip–Ti–Az), T3 (Cap–Ip–Az+Me–Ti) y T4 (Az+Me–Ti–Tol M–Cap) presentaron valores estadísticamente similares.

Los tratamientos T1, T2, T3 y T4 fueron establecidos bajo una rotación de ingredientes activos de fungicidas con sitios y modos de acción sistémicos, preventivos de contacto y curativos, efecto expresado en una menor área bajo la curva. Destacando la propuesta de rotación de MoA en el T3 como la de mayor efectividad en el control de la enfermedad (Cuadro 13).

Cuadro 13. Resultado de la prueba de comparación de medias para la variable de área bajo la curva del porcentaje de incidencia de *Rhizoctonia* spp., en chícharo.

Tratamientos	Valor medio
TESTIGO	7152.0* a
T5 (Cap–Tio M–Az–Zb)	6645.2 a
T2 (Tol M–Ip–Ti–Az)	4245.9 b
T4 (Az+Me–Ti–Tol M–Cap)	3926.3 b
T1 (Az+Me–Tol M–Ti–Ip)	3905.1 b
T3 (Cap–Ip–Az+Me–Ti)	3414.1 b

* Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos, Tukey ($\alpha = 0.05$).

7.1.2 Incidencia de *Ascochyta* spp.

La presencia de la enfermedad se expresó a los 8 DDS en el testigo, mientras que en los tratamientos de rotación inicio a los 16 DDS, indicativo que el efecto de tratamiento de fungicidas a la semilla dejó de ser eficiente a los 16 DDS, pero también permite inferir una gran presión de inóculo de la enfermedad en la parcela.

La menor incidencia de *Ascochyta* spp., a través del tiempo, se observó en el T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz), efecto similar se presentó en los tratamientos T2 (Mz–Ip–Clo–Cb), T4 (Zb–Clo–Ip–Mz) y T1 (Clo–Zb–Ip–Cb) con una respuesta similar de baja incidencia. En cambio, en el T5 (Cb–Zb–Az–Cy+Mz), presentó el porcentaje de mayor incidencia, este tratamiento de fungicidas es el que emplea el productor.

En el resto de los tratamientos, se caracterizan por protección de fungicidas de sitios y modos de acción sistémicos, preventivos de contacto y curativos, durante el primer mes, en periodos de cada 15 días por cada ingrediente activo. La mayor incidencia de la enfermedad se presentó en el testigo (Figura 14).

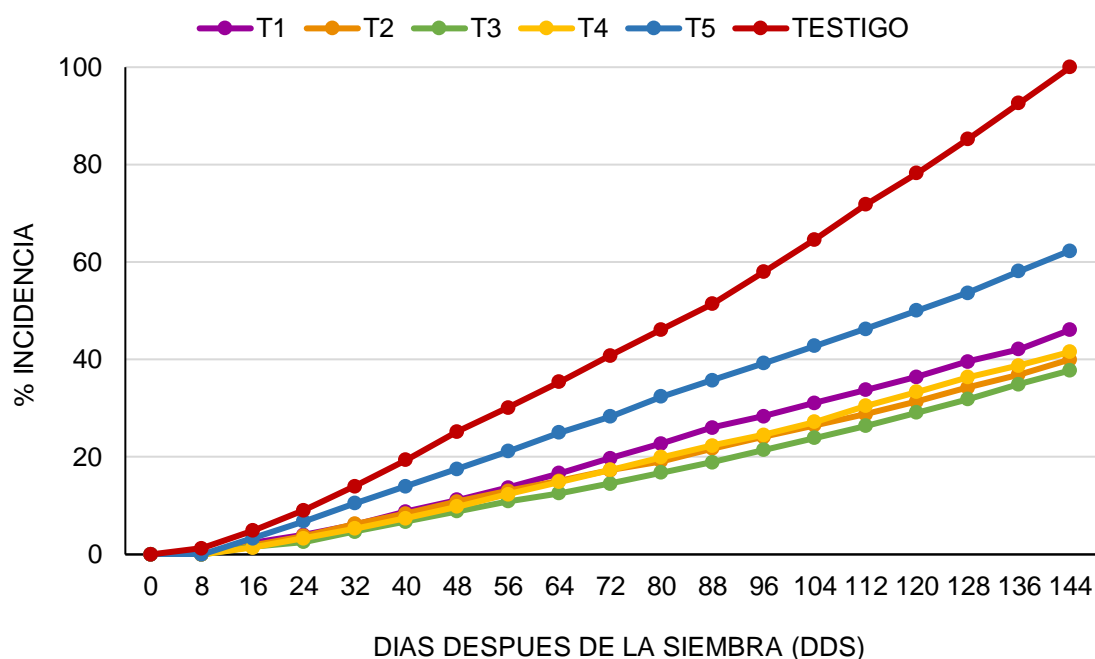


Figura 14. Progreso del nivel de incidencia de *Ascochyta* spp., ante diferentes propuestas de rotación de MoA de fungicidas en chícharo.

Los resultados del análisis de varianza para los valores obtenidos del área bajo la curva de *Ascochyta* spp., indicó diferencia altamente significativa para el factor modelo y así como para el factor tratamiento (Cuadro 14), por lo que al menos un tratamiento se comportó de manera diferente.

Cuadro 14. Resultado del análisis de varianza obtenidos para el área bajo la curva de incidencia de *Ascochyta* spp., durante el desarrollo del ensayo.

ANOVA					
FV	GL	SC	CM	F	Pt (5%)
Modelo	8	44361540.34	5545192.54	29.43**	<.0001
Error	15	2826392.18	188426.15		
Total	23	47187932.52			
C.V. (%)	12.60				
Tratamiento	5	43794990.09	8758998.02	46.49**	<.0001
Bloque	3	566550.25	188850.08	1.00*	0.4189

** Altamente significativo ($p \leq 0.01$); * significativo ($p \leq 0.05$); ns: no significativo; CM: cuadrado medio.

El testigo, presentó el mayor valor del área bajo la curva y estadísticamente diferente a todos los tratamientos, seguido del T5 (Cb–Zb–Az–Cy+Mz), mientras, que el resto de los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) mostraron estadísticamente valores iguales, indicando mayor efectividad (Cuadro 15). El menor valor del área bajo la curva se presentó en el T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz), mientras que un valor por arriba del 200% del área bajo la curva se presentó en el testigo.

Cuadro 15. Resultado de la prueba de comparación de medias para la variable de área bajo la curva del porcentaje de incidencia de *Ascochyta* spp., en chícharo.

Tratamientos	Valor Medio
TESTIGO	6158.1* a
T5 (Cb–Zb–Az–Cy+Mz)	4133.2 b
T1 (Clo–Zb–Ip–Cb)	2930.2 c
T4 (Zb–Clo–Ip–Mz)	2606.7 c
T2 (Mz–Ip–Clo–Cb)	2557.2 c
T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz)	2279.6 c

* Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos, Tukey ($\alpha = 0.05$).

7.2 Severidad de *Ascochyta* spp.

7.2.1 Nivel de severidad de *Ascochyta* spp., en el estrato bajo de plantas de chícharo.

Los síntomas de la enfermedad iniciaron a partir de los 16 DDS en el testigo. El tratamiento T4 (Zb–Clo–Ip–Mz), presentó menor porcentaje de severidad de la enfermedad, por efecto de control de cada ingrediente activo de fungicidas con sitios y modos de acción preventivos de contacto a cada 15 días de aplicación para todo el ciclo del cultivo, con relación al resto de los tratamientos.

En cambio, los tratamientos T1 (Clo–Zb–Ip–Cb), T2 (Mz–Ip–Clo–Cb), T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz) y T5 (Cb–Zb–Az–Cy+Mz), presentaron porcentajes de severidad muy similares entre sí, por mencionar a ambos tratamientos (T3 y T4) presentaron control a los 80 DDS, pero el T4 prolongo el control al término del cultivo, dando origen a la menor área bajo la curva de la enfermedad. Mientras que el testigo, expresó el mayor porcentaje de severidad de *Ascochyta* spp., en el estrato bajo de las plantas (Figura 15).

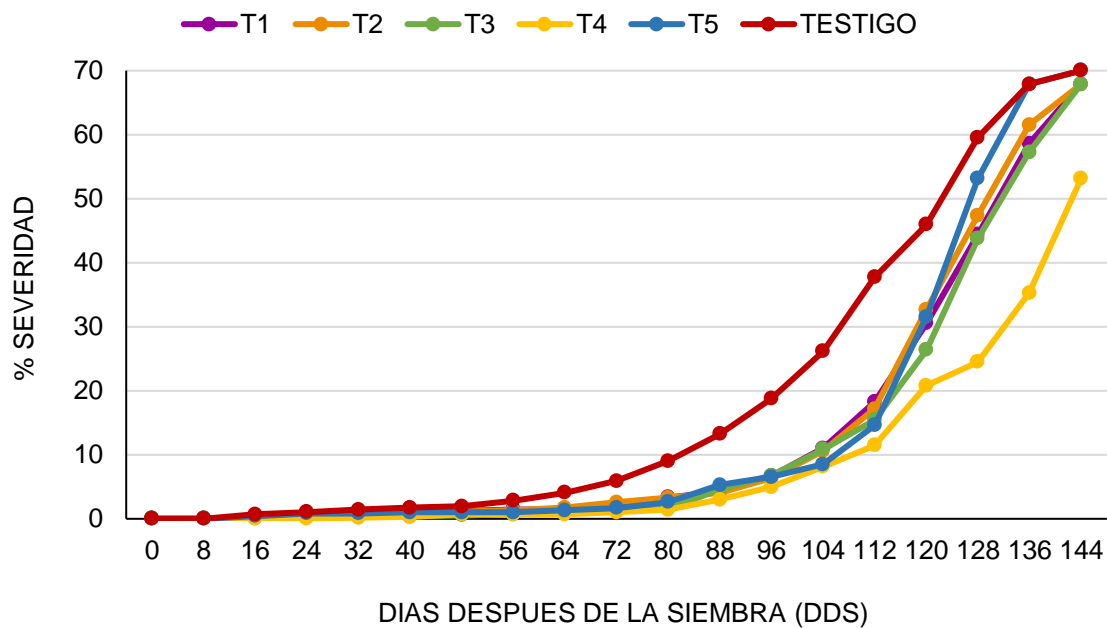


Figura 15. Nivel de severidad de *Ascochyta* spp., a través del tiempo en el estrato bajo de plantas de chícharo ante diferentes propuestas de rotación de MoA de fungicidas.

Los resultados del análisis de varianza para los valores obtenidos del área bajo la curva del porcentaje de severidad de *Ascochyta* spp., en el estrato bajo, indicó la existencia de diferencia altamente significativa para modelo y así mismo para los tratamientos (Cuadro 16), por lo que al menos un tratamiento se comportó de manera diferente.

Cuadro 16. Resultado del análisis de varianza obtenidos para el área bajo la curva de severidad de *Ascochyta* spp., en el estrato bajo durante el desarrollo del ensayo.

ANOVA					
FV	GL	SC	CM	F	Pt (5%)
Modelo	8	5215740.64	651967.58	7.02**	0.0006
Error	15	1393027.333	92868.489		
Total	23	6608767.973			
C.V. (%)	16.84				
Tratamiento	5	4974074.373	994814.875	10.71**	0.0002
Bloque	3	241666.267	80555.422	0.87 ^{ns}	0.4796

** Altamente significativo ($p \leq 0.01$); * significativo ($p \leq 0.05$); ns: no significativo; CM: cuadrado medio.

La separación de medias indicó que el testigo, presentó el mayor valor del área bajo la curva y estadísticamente diferente a todos los tratamientos. En cambio, los tratamientos T1, T3 y T4, presentaron valores con igualdad de medias en términos estadísticos con el menor valor del área bajo la curva de la enfermedad (Cuadro 17), pero es de destacar que el T4 presentó el menor valor del área bajo la curva de la enfermedad respecto a los demás tratamientos.

Cuadro 17. Resultado de la prueba de comparación de medias para la variable del área bajo la curva del porcentaje de severidad de *Ascochyta* spp., en el estrato bajo en plantas de chícharo.

Tratamientos	Valor medio
TESTIGO	2663.2* a
T5 (Cb–Zb–Az–Cy+Mz)	1865.2 b
T2 (Mz–lp–Clo–Cb)	1817.7 b
T1 (Clo–Zb–lp–Cb)	1753.9 bc
T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz)	1639.1 bc
T4 (Zb–Clo–lp–Mz)	1117.1 c

* Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos, Tukey ($\alpha = 0.05$).

7.2.2 Nivel de severidad de *Ascochyta* spp., en el estrato medio de plantas de chícharo.

A nivel del estrato medio de las plantas, los síntomas de la enfermedad se presentaron a los 16 DDS en el testigo, mientras que en los tratamientos de rotación de fungicidas se presentaron a partir de los 80 DDS con un excelente control en el porcentaje de severidad menor al 1 %. El T4 (Zb–Clo–Ip–Mz), presentó el menor porcentaje de severidad durante todo el ciclo del cultivo, respecto a los demás tratamientos.

Esto permite indicar que para su control se requiere precisamente el uso de ingredientes activos de fungicidas con movimiento en la planta de contacto, a partir de los 16 DDS, a intervalos de 15 días de aplicación hasta el término del cultivo, principalmente para brindar protección a la planta en las diferentes etapas fenológicas, sobre todo en el momento de floración y llenado de vainas, lo que está en función del rendimiento y calidad de la cosecha en el primer corte a los 96 DDS (Figura 16).

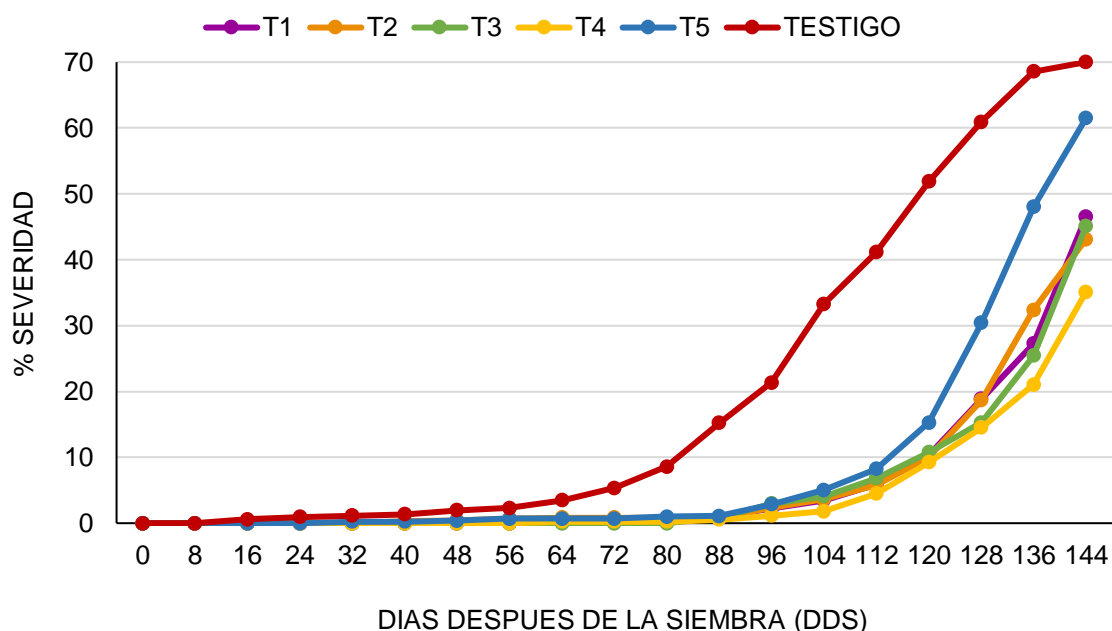


Figura 16. Nivel de severidad de *Ascochyta* spp., a través del tiempo en el estrato medio de plantas de chícharo ante diferentes tratamientos de rotación de MoA de fungicidas.

Los resultados del análisis de varianza para los valores obtenidos del área bajo la curva del porcentaje de severidad de *Ascochyta* spp., en el estrato medio, indicó la existencia de diferencia altamente significativa para modelo y así mismo para los tratamientos (Cuadro 18), por lo que al menos un tratamiento se comportó de manera diferente.

Cuadro 18. Resultado del análisis de varianza obtenidos para el área bajo la curva de severidad de *Ascochyta* spp., en el estrato medio durante el desarrollo del ensayo.

ANOVA					
FV	GL	SC	CM	F	Pt (5%)
Modelo	8	14564213.68	1820526.71	44.25**	<.0001
Error	15	617191.59	41146.11		
Total	23	15181405.27			
C.V. (%)	17.88				
Tratamiento	5	14498874.51	2899774.9	70.48**	<.0001
Bloque	3	65339.17	21779.72	0.53 ^{ns}	0.669

** Altamente significativo ($p \leq 0.01$); * significativo ($p \leq 0.05$); ns: no significativo; CM: cuadrado medio.

La separación de medias indicó que el testigo, presentó el mayor valor del área bajo la curva y fue estadísticamente diferente al resto de tratamientos. Estos últimos, presentaron valores con igualdad de medias en términos estadísticos y con el menor valor del área bajo la curva, en control a la enfermedad (Cuadro 19).

Cuadro 19. Resultado de la prueba de comparación de medias para la variable de área bajo la curva del porcentaje de severidad de *Ascochyta* spp., en el estrato medio, en plantas de chícharo.

Tratamientos	Valor Medio
TESTIGO	2824.2* a
T5 (Cb–Zb–Az–Cy+Mz)	1164.8 b
T2 (Mz–Ip–Clo–Cb)	793.9 bc
T1 (Clo–Zb–Ip–Cb)	744.4 bc
T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz)	709.5 bc
T4 (Zb–Clo–Ip–Mz)	568.9 c

* Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos. Tukey ($\alpha = 0.05$).

7.2.3 Nivel de severidad de *Ascochyta* spp., en el estrato alto de plantas de chícharo.

En el testigo, los síntomas de la enfermedad iniciaron a los 16 DDS el estrato alto de las plantas, mientras que en los tratamientos de rotación comenzaron a los 104 DDS, con menos del 1,5 %, pero el T3 expresó mejor control durante la mayor parte del tiempo que duro el ciclo del cultivo. En este estrato de la planta se presentaron los menores valores del área bajo la curva de la severidad de la enfermedad, al compararla con los otros dos estratos.

El T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz) presentó el menor porcentaje de severidad en el estrato alto de las plantas, con valores muy similares a los tratamientos T1 (Clo–Zb–Ip–Cb) y T2 (Mz–Ip–Clo–Cb), seguido de T4 (Zb–Clo–Ip–Mz) y T5 (Cb–Zb–Az–Cy+Mz). En la (Figura 17), se observó que por protección de los diferentes productos fungicidas en rotación el estrato alto de la planta permitió una continua fotosíntesis, y por ende un mejor funcionamiento de la planta que repercutió en un mayor rendimiento y calidad para el segundo corte a los 112 DDS.

El tercer corte se realizó a los 128 DDS, al no presentarse síntomas de la enfermedad en las vainas prevaleció el índice de control de rotación de ingredientes

activos con respecto contrario a lo observado en el testigo, el cual presento mayor porcentaje de severidad, demeritando su calidad.

En los tratamientos evaluados, se observó a los 144 DDS los niveles de daño de la enfermedad que expresaron una tendencia a incrementarse de forma continua y exponencial, debidamente por presentarse ya en términos finales el ciclo de vida del cultivo y vulnerabilidad por extremas condiciones climatológicas para la planta.

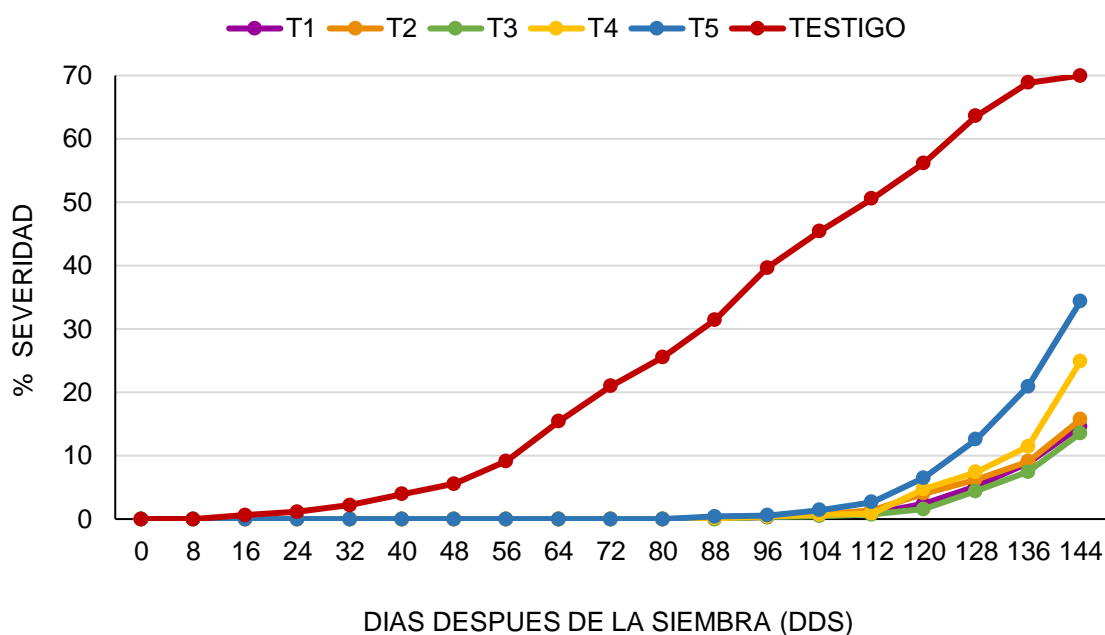


Figura 17. Nivel de severidad de *Ascochyta* spp., a través del tiempo en el estrato alto en las plantas de chícharo ante diferentes tratamientos de rotación de MoA de fungicidas.

Los resultados del análisis de varianza para los valores obtenidos del área bajo la curva del porcentaje de severidad de *Ascochyta* spp., en el estrato alto, indicó la existencia de diferencia altamente significativa para el factor modelo y así mismo, para los tratamientos (Cuadro 20), por lo que al menos un tratamiento se comportó de manera diferente.

Cuadro 20. Resultado del análisis de varianza obtenidos para el área bajo la curva de severidad de *Ascochyta* spp., en el estrato alto durante el desarrollo del ensayo.

ANOVA					
FV	GL	SC	CM	F	Pt (5%)
Modelo	8	41677074.64	5209634.33	118.41**	<.0001
Error	15	659954.37	43996.96		
Total	23	42337029.01			
C.V. (%)	24.09				
Tratamiento	5	41551179.33	8310235.87	188.88**	<.0001
Bloque	3	125895.31	41965.1	0.95 ^{ns}	0.4398

** Altamente significativo ($p \leq 0.01$); * significativo ($p \leq 0.05$); ns: no significativo; CM: cuadrado medio.

La separación de medias indicó que el testigo presentó el mayor valor del área bajo la curva, con diferencias significativas con respecto a los tratamientos de rotación de sitios y MoA, que en términos estadísticos presentaron igualdad entre sí. Sin embargo, la menor área bajo la curva se presentó en el T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz), indicativo de una mayor eficiencia en el control del daño ocasionado por *Ascochyta* spp., aunque es de destacar los tratamientos T1 (Clo–Zb–Ip–Cb) y T2 (Mz–Ip–Clo–Cb) que presentaron valores de área bajo la curva muy por debajo del testigo (Cuadro 21).

Cuadro 21. Resultado de la prueba de comparación de medias para la variable de área bajo la curva del porcentaje de severidad de *Ascochyta* spp., en el estrato alto en plantas de chícharo.

Tratamientos	Valor Medio
TESTIGO	3803.2*a
T5 (Cb–Zb–Az–Cy+Mz)	497.7 b
T4 (Zb–Clo–lp–Mz)	305.2 b
T2 (Mz–lp–Clo–Cb)	238.2 b
T1 (Clo–Zb–lp–Cb)	205.3 b
T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz)	173.2 b

* Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos. Tukey ($\alpha = 0.05$).

7.3 Rendimiento total en kilogramos obtenidos en las diferentes propuestas de manejo de rotaciones de MoA para control de *Rhizoctonia* spp., en chícharo.

Para la cosecha se realizaron tres cortes de calidad, el primero a los 96 DDS con un porcentaje mínimo de severidad del 1 %, el segundo a los 112 DDS presentando un porcentaje de severidad menor al 3 % y el tercero a los 128 DDS bajo un valor medio absoluto de severidad del 8 % y un cuarto corte de menor calidad a los 144 DDS con un porcentaje de severidad de 35 %.

En los tres cortes de calidad, se recolectaron vainas completamente llenas, a intervalos de 16 días permitiendo satisfacer las necesidades y demandas del mercado, el cuarto corte se llevó a cabo para juntar el resto de cosecha, así mismo, aprovechando el rastrojo para venderlo como alimento para el ganado, o bien, cambiarlo por abono animal.

El cultivo se prolongó hasta los 144 DDS, ciclo mayor al resto de los productores de la zona que dura entre los 95 a 110 días aproximadamente, posiblemente debido a una mejor vitalidad del cultivo por efectos de los controles inducidos con la rotación de sitios y MoA.

Es muy importante medir el pH del depósito de agua al aplicar los productos fungicidas, para favorecer la movilidad, disponibilidad de moléculas químicas al control eficiente de las enfermedades patógenas, así como, la efectividad y uso adecuados de estos.

El T3 con uso de los sitios y MoA de IA de fungicidas (Cap-Ip-Az+Me-Ti), fue el que mayor rendimiento alcanzo, con 17 kg totales en las cuatro repeticiones, en 40 metros lineales (estimando 4,722 kg /ha). Del mismo modo, para el T1 (Az+Me-Tol M-Ti-Ip) de 14 kg (estimando 3,888.8 kg/ha), para el T2 (Tol M-Ip-Ti-Az) de 12 kg (estimando 3,333.33 kg/ha), para el T4 (Az+Me-Ti-Tol M-Cap) de 11 kg (estimando 3,055.52 kg/ha), y finalmente solo 6 kg (estimando 1,665.65 kg/ha) para el T5 (Cap-Tio M-Az-Zb) representó el menor rendimiento total entre las propuestas de rotación de fungicidas, mientras que el testigo asumió solo 1 kg, con un estimado de 277.75 kg/ha (Figura 18).

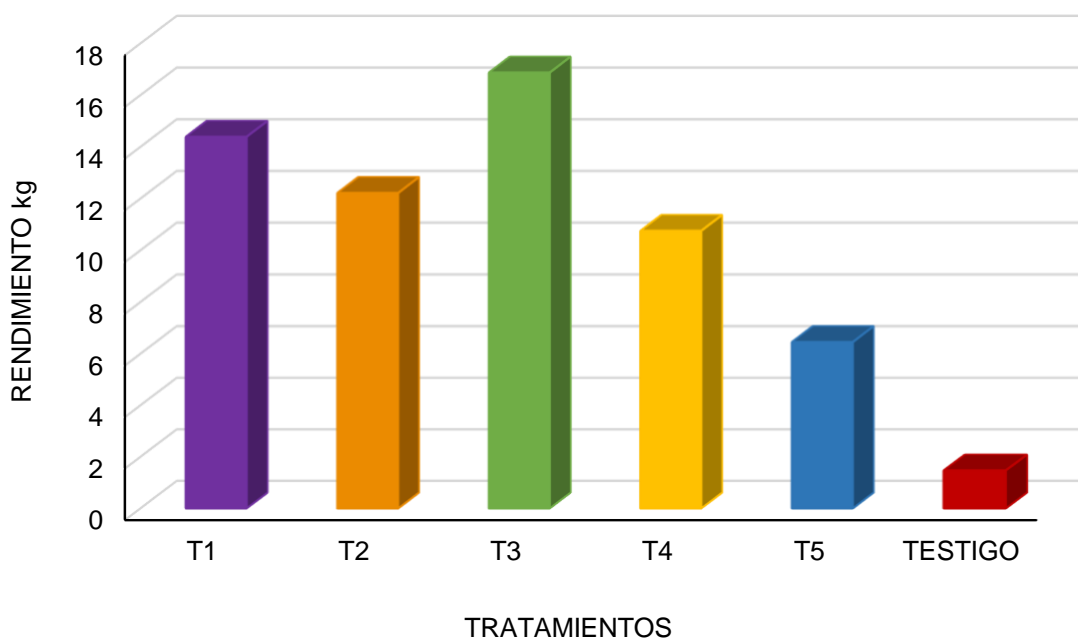


Figura 18. Rendimiento total en kilogramos obtenidos en 40 m, en los diferentes tratamientos con manejo de rotación de fungicidas para control de *Rhizoctonia* spp., en chícharo.

7.4 Rendimiento total en kilogramos obtenidos en las diferentes propuestas de manejo de rotaciones de MoA para control de *Ascochyta* spp., en chícharo.

Los IA de fungicidas (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz) del tratamiento T3, presentaron el mayor rendimiento con 18 kg, considerando las cuatro repeticiones (estimando 4,999.95 kg/ha), así mismo, el T2 (Mz–Ip–Clo–Cb), de 14 kg (estimando 3,888.8 kg/ha), el T1 (Clo–Zb–Ip–Cb) con 12 kg (estimando 3,333,3 kg/ha), mientras que el T4 (Zb–Clo–Ip–Mz) de 8 kg (estimando un rendimiento de 2,222.2 kg/ha).

Finalmente, solo 4 kg fue el rendimiento alcanzado para el T5 (Cb–Zb–Az–Cy+Mz) con un estimado de 1,111.1 kg/ha; sin embargo, con respecto al testigo, solo 1 kg se logró obtener, con un estimado de 277.75 kg/ha (Figura 19).

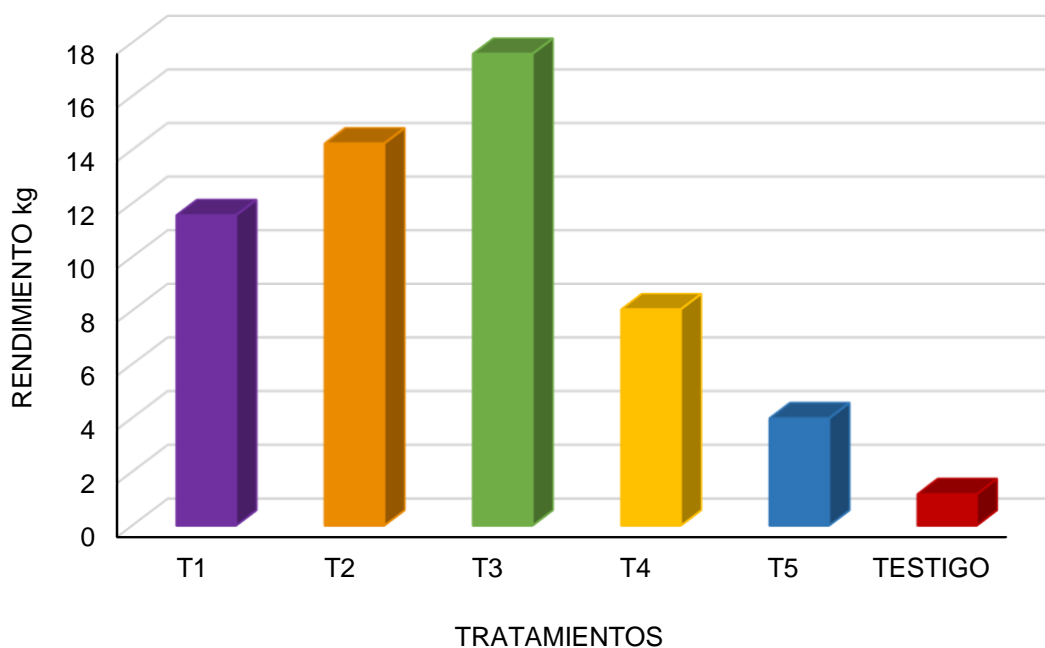


Figura 19. Rendimiento total en kilogramos obtenidos en 40 m, en los diferentes tratamientos con manejo de rotaciones de fungicidas para control de *Ascochyta* spp., en chícharo.

7.5 Rendimiento por cada corte de vaina en los tratamientos de rotación de MoA para control de *Rhizoctonia* spp. y *Ascochyta* spp., en chícharo.

7.5.1 Rendimiento en kilogramos obtenidos en los diferentes tratamientos para control de *Rhizoctonia* spp., en el primer corte.

Se realizó una evaluación de análisis estadístico únicamente para precisar el rendimiento y calidad del primer, segundo y tercer corte, inicialmente, para el primer corte de vaina en las rotaciones para el control de *Rhizoctonia* spp., el tratamiento T3 (Cap–Ip–Az+Me–Ti) presentó un rendimiento de 6.2 kg, T1 (Az+Me–Tol M–Ti–Ip) de 4.6 kg, el T2 (Tol M–Ip–Ti–Az) de 4.1 kg, con relación al T4 (Az+Me–Ti–Tol M–Cap) indicó de 3.7 kg, el T5 (Cap–Tio M–Az–Zb) de 2.5 kg. Por último, con respecto al testigo se obtuvo un rendimiento de tan solo 0.5 kg (Figura 20).

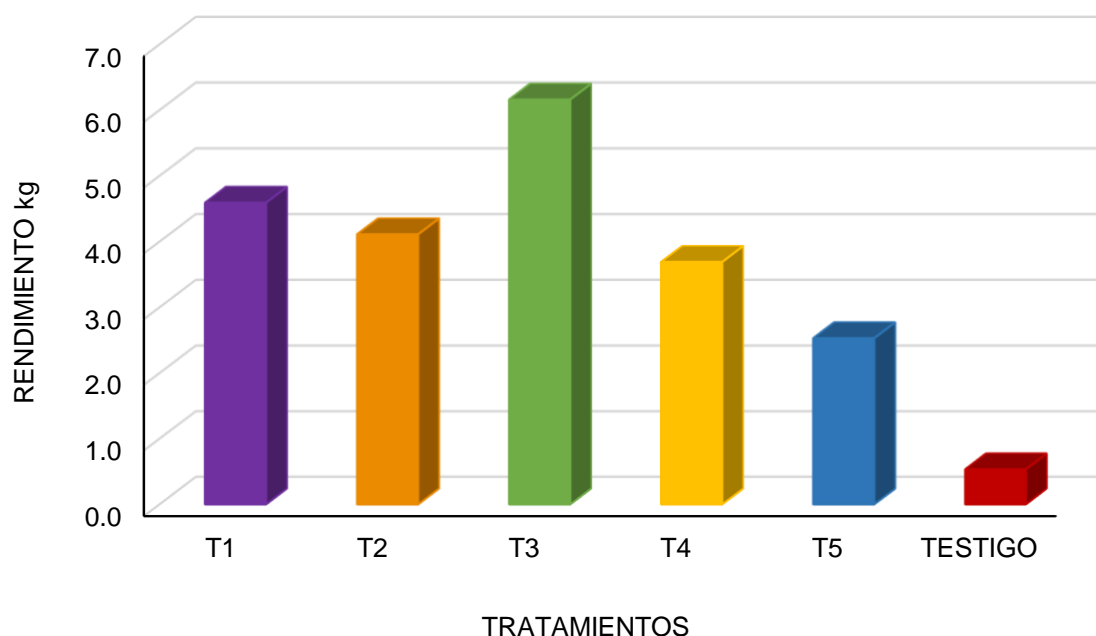


Figura 20. Rendimiento total, en kilogramos, obtenidos en cada uno de los tratamientos de fungicidas para control de *Rhizoctonia* spp., en chícharo en la cosecha del primer corte.

7.5.2 Rendimiento en kilogramos obtenidos en los diferentes tratamientos para control de *Ascochyta* spp., en el primer corte.

El tratamiento T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz), presento un rendimiento de 7.0 kg. Del mismo modo, el T2 (Mz–Ip–Clo–Cb) de 5.5 kg, muy similar al T1 (Clo–Zb–Ip–Cb) de 5.1 kg, mientras que el T4 (Zb–Clo–Ip–Mz) de 2.6 kg. Por último, solo 1.9 kg se obtuvo en el T5 (Cb–Zb–Az–Cy+Mz), mientras que con el testigo se cosechó un rendimiento de 0.6 kg (Figura 21).

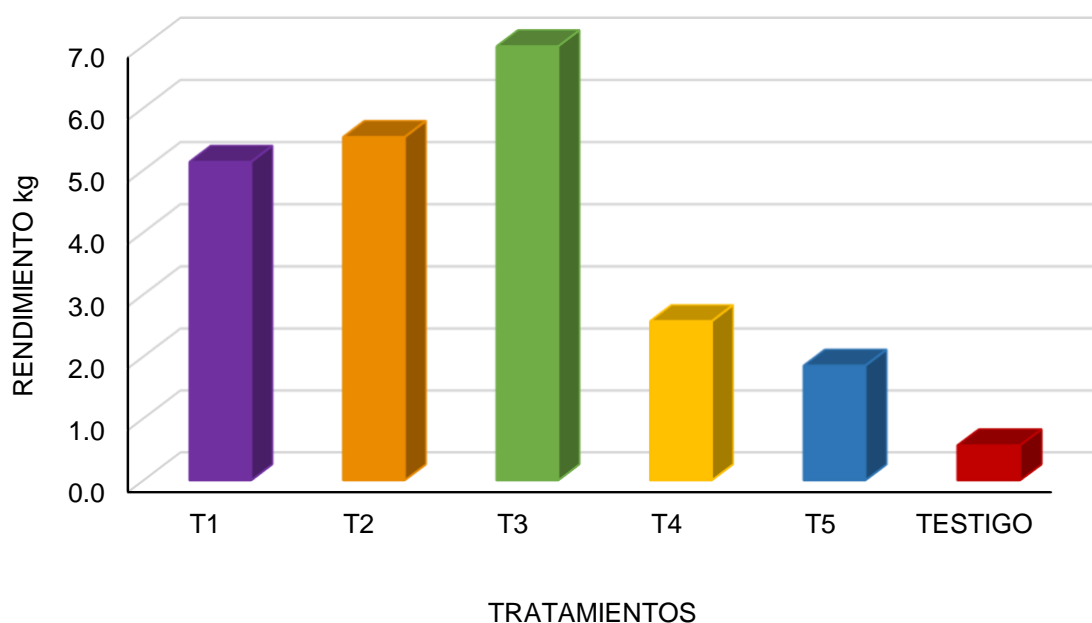


Figura 21. Rendimiento total, en kilogramos, con manejo de rotaciones para control de *Ascochyta* spp., en chícharo en la cosecha del primer corte.

7.5.3 Rendimiento en kilogramos obtenidos en los diferentes tratamientos para control de *Rhizoctonia* spp., en el segundo corte.

Con los ingredientes activos de fungicidas (Cap–Ip–Az+Me–Ti), se obtuvo un rendimiento 6.0 kg para el tratamiento T3, el T1 (Az+Me–Tol M–Ti–Ip) de 5.9 kg, enseguida se menciona a T2 (Tol M–Ip–Ti–Az) de 5.2 kg, T4 (Az+Me–Ti–Tol M–Cap) con 4.9 kg y T5 (Cap–Tio M–Az–Zb) de 2.3 kg, el testigo, tan solo demostró un rendimiento de 0.7 kg (Figura 22).

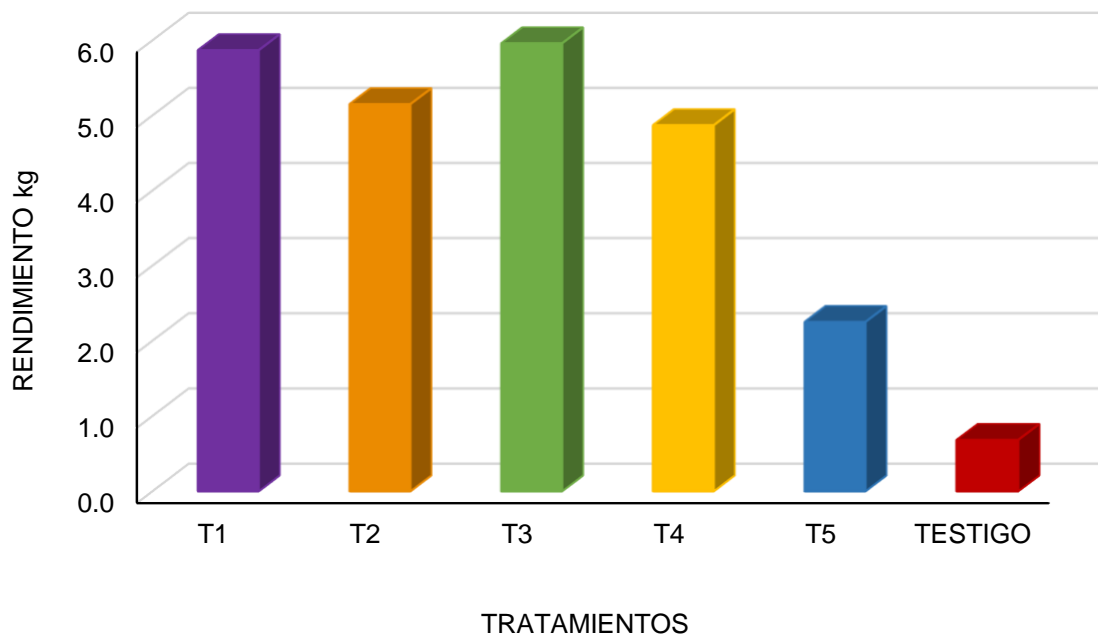


Figura 22. Rendimiento total, en kilogramos, con manejo de rotaciones para control de *Rhizoctonia* spp., en chícharo para el segundo corte.

7.5.4 Rendimiento en kilogramos obtenidos en los diferentes tratamientos para control de *Ascochyta* spp., en el segundo corte.

El tratamiento T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz) presentó el mayor rendimiento con 5.7 kg, el T2 (Mz–Ip–Clo–Cb) obtuvo 5.0 kg, 4.3 kg para el T1 (Clo–Zb–Ip–Cb), en el T4 (Zb–Clo–Ip–Mz) de 3.7 kg; mientras que en el T5 (Cb–Zb–Az–Cy+Mz) solo 0.9 kg. En el testigo se cosechó un total de 0.4 kg de rendimiento (Figura 23).

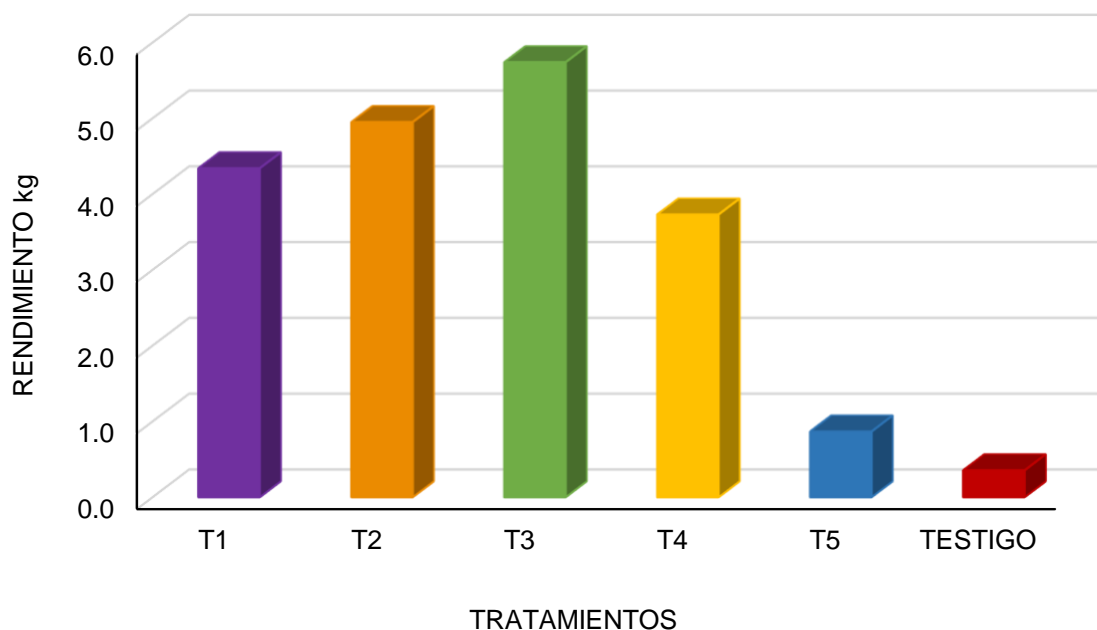


Figura 23. Rendimiento total, en kilogramos, con manejo de rotaciones para control de *Ascochyta* spp., en chícharo para el segundo corte.

7.5.5 Rendimiento en kilogramos obtenidos en los diferentes tratamientos para control de *Rhizoctonia* spp., en el tercer corte.

El tratamiento T3 (Cap–Ip–Az+Me–Ti) mostro mayor rendimiento de 4.8 kg, el T1 (Az+Me–Tol M–Ti–Ip) de 3.9 kg, el T2 (Tol M–Ip–Ti–Az) de 3.0 kg, con relación a T4 (Az+Me–Ti–Tol M–Cap), de 2.2 kg, el T5 (Cap–Tio M–Az–Zb), de 1.7 kg y finalmente, el testigo demostró un rendimiento de 0.3 kg (Figura 24).

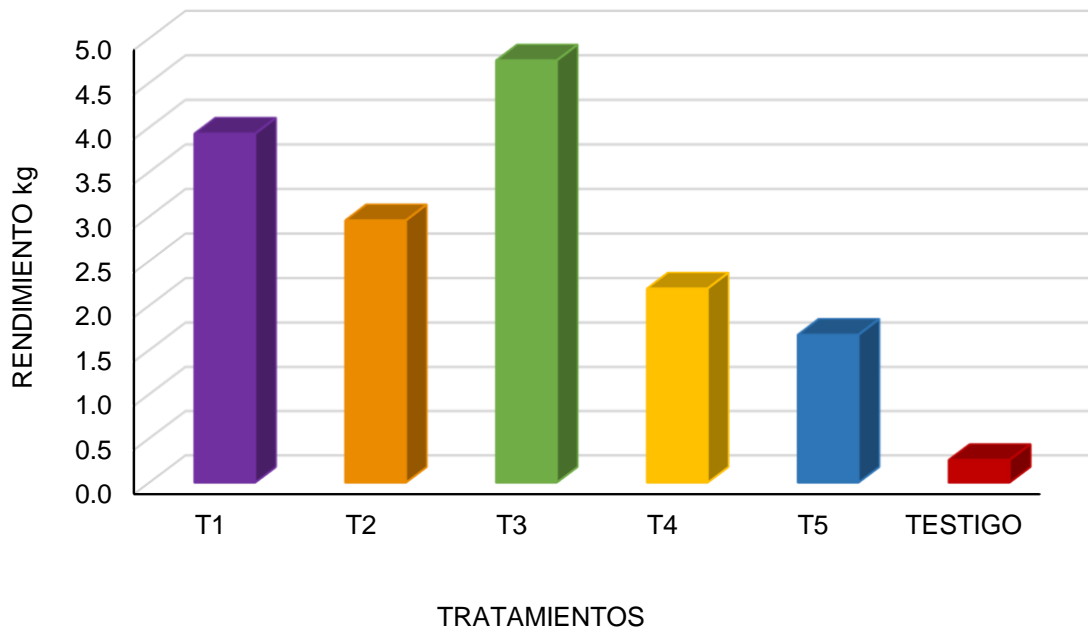


Figura 24. Rendimiento total, en kilogramos, con manejo de rotaciones para control de *Rhizoctonia* spp., en chícharo en tercer corte.

7.5.6 Rendimiento en kilogramos obtenidos en los diferentes tratamientos para control de *Ascochyta* spp., en el tercer corte.

El tratamiento T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz) presentó un rendimiento de 4.9 kg, el T2 (Mz–Ip–Clo–Cb) de 3.8 kg, 2.1 kg para el T1 (Clo–Zb–Ip–Cb), el T4 (Zb–Clo–Ip–Mz) de 1.7 kg; en cambio, el T5 (Cb–Zb–Az–Cy+Mz) solo 1.3 kg, pues bien, se usaron los ingredientes activos de fungicidas a 15 días de aplicación de sitios y MoA sistémicos, preventivos de contacto y curativos. El testigo indico 0.2 kg en rendimiento (Figura 25).

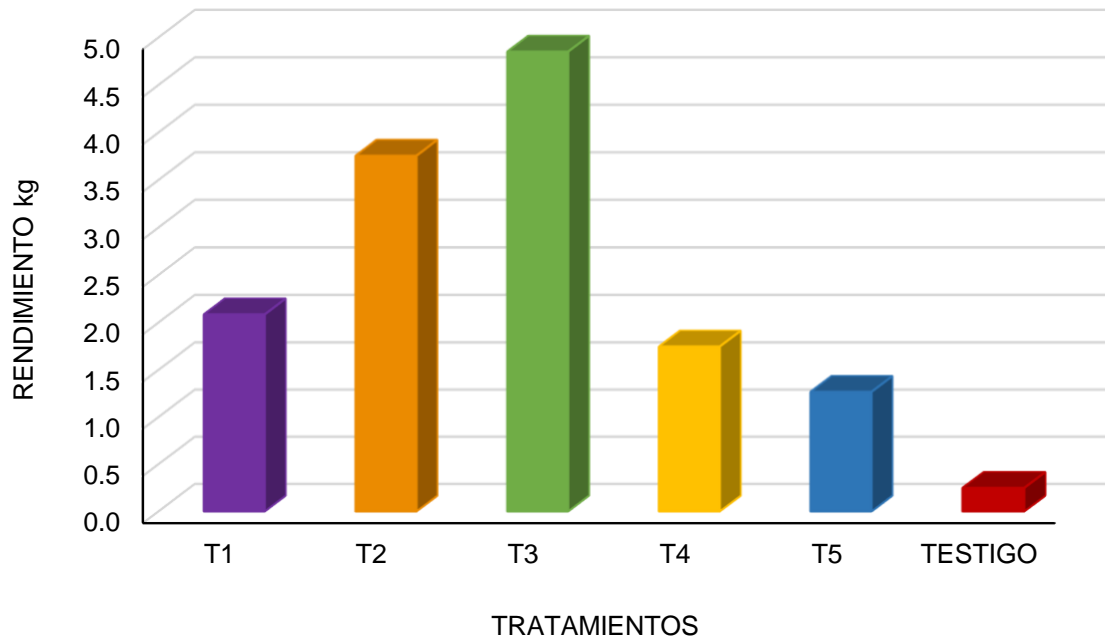


Figura 25. Rendimiento total, en kilogramos, con manejo de rotaciones para control de *Ascochyta* spp., en chícharo para el tercer corte.

VIII. DISCUSIÓN

Este experimento se planteó con la hipótesis de que al menos una propuesta de rotación de sitios y modos de acción de los fungicidas reduce la incidencia y severidad de *Ascochyta* spp. y controla a *Rhizoctonia* spp., e incrementa el rendimiento en el cultivo de chícharo (*Pisum sativum* L.). Debido a que en los últimos años se ha visto afectado por estos patógenos en toda la región sureste del Estado de México.

En el presente trabajo con aplicación y uso de la propuesta de rotación T5 para ambas enfermedades, las pérdidas oscilan alrededor del 93.63% asociadas con *Rhizoctonia* spp. y de 95.83% con *Ascochyta* spp., estas por arriba de lo reportado por SADER (2018) que considera daños de 7 a 64%, y que han ocasionado pérdidas de hasta 100 % de las vainas, indicativo que las infecciones sistémicas son la principal fuente de las enfermedades en esta región sur del Estado de México, además de los problemas de comercialización que generan.

Rhizoctonia spp., en México como en otras partes del mundo, está presente sobre un gran número de plantas huésped, los esclerocios de *Rhizoctonia* spp., pueden vivir numerosos años en estado saprofita sobre restos vegetales, posee una producción de hifas vegetativas o esclerocios, los cuales pueden germinar en condiciones adecuadas (Morel, 2023).

R. solani posee una gran importancia económica, dentro del género *Rhizoctonia*, es una de las principales especies y es un patógeno con una diversidad en morfología, amplio rango de hospedantes y de agresividad (Ajayi-Oyetunde y Bradley, 2018).

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que en la variable respuesta de incidencia, severidad, (ABC) y rendimiento, la mejor propuesta de rotación de ingrediente activos de fungicidas fue el T3 (Cap–Ip–Az+Me–Ti) para el control de *Rhizoctonia* spp., por clasificación del FRAC (2024) y agentes de control de hongos por patrón de resistencia cruzada, sitios y MoA son de actividad multi sitio, transducción de señales osmóticas (MAP/histidina quinasa), complejo III citocromo bc1 (ubiquinol oxidasa) en el sitio Qo (gen cyt b) + Metabolismo de los

ácidos nucleicos (ARN Polimerasa I), Citoesqueleto y proteínas motoras (polimerización de tubulina).

Por otro lado, para el control de *Ascochyta* spp., fue el T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz), por clasificación del FRAC (2024) y agentes de control de hongos por patrón de resistencia cruzada, sitios y MoA son de actividad multi sitio, actividad en citoesqueleto y proteínas motoras (polimerización de tubulina). Además, de ser las rotaciones más efectivas de su uso en función al resto de los tratamientos y sus diferentes activos, además, de ser las que representan un menor costo económico. En concordancia con lo indicado por Enciso-Maldonado *et al.* (2022) quienes, al evaluar diferentes programas de aplicación de fungicidas en dos localidades con dos fechas de siembra diferente, redujeron la severidad entre 4 y 22% en la fecha temprana de siembra, 8 y 17% en la fecha tardía en la primera localidad evaluada y entre 1 y 17% en la fecha temprana, entre 21 y 28% en la fecha tardía en una segunda localidad. La Eficiencia de control fue menor en la fecha tardía, pero encontraron programas de aplicación de fungicidas con baja eficiencia de control (<40%). Los programas de aplicación de fungicidas alcanzaron rendimientos promedios de 3,810 (en la etapa de siembra temprana) y 4,539 kg ha⁻¹ (en la etapa de siembra tardía) en la localidad uno y 3,731 (en la fecha de siembra temprana) y 3, 252 kg ha⁻¹ (en la fecha de siembra tardía) en una segunda localidad.

En nuestro trabajo se determinaron pérdidas de 98.12% en el tratamiento sin uso de fungicidas que controlen la enfermedad, por lo contrario, el mejor tratamiento de control de *Rhizoctonia* spp., se dio con la rotación de la propuesta T3 (Cap–Ip–Az+Me–Ti) cuyo tipo de movimiento en la planta fue Contacto-Contacto-Sistémico-Sistémico, combinación que permitió una menor incidencia y severidad, así como una menor área bajo la curva de progreso de la enfermedad, que repercutió en un mayor rendimiento. Todos aplicados en forma de drench.

El segundo mejor tratamiento fue la rotación del T1 de sitios y MoA (Az+Me–Tol M–Ti–Ip) con movimiento en la planta como Sistémico-Contacto-Sistémico-Contacto. Entre los dos mejores tratamientos, aparte del orden, fue la rotación del movimiento de fungicidas en la planta, destacando los de contacto como Captan y Tolclofosmetil. Al parecer, el resultado sugiere que el uso de fungicidas de contacto en los

primeros días del cultivo es más eficiente que un sistémico aplicado en forma inicial en el control de *Rhizoctonia* spp.

Dentro de los fungicidas usados con éxito en este estudio, coinciden con los reportados por Walter *et al.* (2004) en moras para control de *Peronospora sparsa*, quienes indican que las aplicaciones de Metalaxil-M (Mefenoxam) y Azoxystrobin (usados en los dos mejores tratamientos) reducen significativamente la infección de la vaina, en comparación al testigo.

Así mismo, una evaluación demostró excelentes resultados en la efectividad de tratamientos por separado antes de la floración en bayas de berrys, siendo similares en aplicaciones directamente al drench, en baja presión de la enfermedad, dos aplicaciones de Metalaxil- M (Mefenoxam), tres de ácido fosfórico y tres de Azoxystrobin más una de diclofluanida aplicadas 21 días antes de la floración, redujeron significativamente las pérdidas de frutos debido al mildiu veloso en moras (Walter *et al.*, 2004).

Estudios realizados en Nueva Zelanda sobre Arándano (*Vaccinium corymbosus* sp.), demostraron que la enfermedad (*Peronospora sparsa*) podría controlarse exitosamente con el uso de Metalaxil-M (Mefenoxam) y Mancozeb (Tate, 1981, 1983). Sobre Zarzamora (*Rubus fruticosus* L.) y diferentes especies de Rosa, la enfermedad se controló con una mezcla de Cymoxanil + Mancozeb + Oxadixyl, Fluazinam y Fosetil aluminio (O'Neil *et al.*, 2002).

Además, enfatizan que para prevenir la acumulación de poblaciones con resistencia de *P. sparsa* a las fenilamidas en las moras, es necesario aplicar una estrategia al manejo de resistencia a enfermedades patógenas, como es el de las bayas secas basada en el uso de Mefenoxam en aplicaciones foliares de Fosfito de potasio y Azoxystrobin. Sin duda, esto podría representar un programa adicional prometedor que reduzca el riesgo de desarrollo de resistencia en este patógeno, de la misma manera y por la misma secuencia de aplicación de ingredientes activos de fungicidas para el cultivo de chícharo. En este sentido, Rebollar *et al.* (2012) encontraron una reducción en la incidencia y severidad de *Peronospora sparsa* con el uso de programas de aspersion con ingredientes activos, iniciando con la aspersion de fosfito de potasio, así como la aspersion en drench de Mefenoxam.

Dentro de las dos rotaciones de mayor control de *Rhizoctonia* spp., en chícharo, se incluyó el ingrediente activo Iprodiona que presenta una amplia gama de acción y con propiedad protectora para enfermedades producidas por los hongos de los géneros como *Botrytis*, *Sclerotinia*, *Alternaria*, *Septoria*, *Phoma*, *Rhizoctonia*, *Helminthosporium*, *Penicillium Monilia* (Muiño et al., 2010). Es del grupo de las Dicarboximidias de amplio espectro de acción (CropScience, 2004).

Captan se ha utilizado para controlar enfermedades como *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., en cultivos de frutales, ornamentales y hortícolas, entre los que se encuentran: chícharo, chile, tomate, mango, manzano, vid, zanahoria. Todos ellos relacionados con agentes causales de enfermedades radicales (NCBI, 2021).

El ingrediente activo Tiabendazol, con movimiento en la planta de acción sistémico, protector y curativo, inhibe la mitosis, afectando el crecimiento y desarrollo del patógeno (FRAC, 2017), bajo condiciones *In vitro*, Alburqueque y Gusqui (2018) evaluaron el porcentaje de inhibición de crecimiento micelial (PICM) en medio adicionado con Tiabendazol, determinando el mejor control con un 100 % PICM en los tratamientos T1 (*R. solani*), T2 (*F. oxysporum*), T4 (*L. theobromae*) y T7 (*Penicillium* spp.) indicando un coeficiente de variación para esta prueba de 3.67 %.

El ingrediente activo más eficiente para el control de *Rhizoctonia solani*, *F. oxysporum*, *L. theobromae* y *Penicillium* spp., fue Tiabendazol bajo concentraciones de recomendación comercial de 200 cc/cilindro, seguido de Carbendazim mediante una dosis comercial de 300 cc/cilindro.

La absorción de Tiabendazol se produce a través de las raíces y las hojas de las plantas, aplicado para el control de hongos fitopatógenos que atacan a frutales, hortalizas, legumbres y ornamentales. Principalmente es empleado para tratamiento de semillas, para el manejo de los hongos del suelo y postcosecha como *Penicillium* spp., *Diplodia* spp., *Botrytis* spp., *Fusarium* spp., *Gloesporium* spp., *Rhizoctonia* spp., (Syngenta, 2021).

Resultados similares fueron encontrados por Gutiérrez y Gutiérrez (2003) al analizar la acción de Tiabendazol y Azoxystrobin en diversos aislados de *Colletotrichum gloeosporioides* agente causal de la antracnosis en frutos de guayaba, mencionan que algunas cepas presentaron mayor sensibilidad al

Tiabendazol con respecto al Azoxystrobin, este comportamiento concuerda con lo reportado por Spalding (1982) en donde la mayoría de los aislados de *Colletotrichum gloeosporioides* presentaron resistencia a los dos compuestos activos antes mencionados.

Respecto a *Ascochyta* spp., se determinó que la rotación de sitios y mecanismos de acción de fungicidas que originó la menor incidencia, severidad y menor área bajo la curva, así como un mayor rendimiento fue el tratamiento T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz) con movimiento en la planta de Contacto-Contacto-Sistémico-Sistémico, seguido de T2 (Mz–Ip–Clo–Cb) con movimiento en la planta de Contacto-Contacto-Contacto-Sistémico. Además, fue el tratamiento que menor costo implica su uso.

Fue evidente que la rotación de ingredientes activos con movimiento en la planta de acción local o de contacto de forma continua al inicio del ciclo, y posteriormente combinada con una acción curativa o sistémica al final del ciclo, eficientizaron el control de *Ascochyta* spp., además de considerar el efecto de cada ingrediente activo que resultaron efectivos como fue Zineb, Clorotalonil, Mancozeb, Iprodiona, y los sistémicos Carbendazim y Cymoxanil.

Los fungicidas de contacto resultaron eficientes si consideramos que los síntomas de *Ascochyta* spp., son observados inicialmente en la superficie de hojas, tallos y vainas sugiriendo una acción local del hongo, y genera lesiones delineadas con bordes claros y necrosis progresiva del tallo y que la infección puede pasar a la semilla, que al utilizarse puede funcionar como inóculo para dispersar la enfermedad (Trivoli y Banniza, 2007). Los fungicidas de contacto utilizados inhibieron el desarrollo de las infecciones locales iniciales de *Ascochyta* spp. y su posterior progreso.

Checa *et al.* (2012) indican que la enfermedad tiene una incidencia de 35 %; disminuyendo el rendimiento en forma significativa y enfatizan que *Ascochyta* spp., se controla con los ingredientes activos Azoxystrobin y Difeconazol, en la dosis de aplicación de 0,625 ml/l de agua, que difieren con nuestros resultados en virtud de que en el tratamiento en donde se incluyó Azoxystrobin no tuvo resultados satisfactorios, pero Difeconazol podría ser una alternativa adicional en la rotación de fungicidas, en este mismo sentido, Daza (2017) menciona que el fungicida más utilizado para el control químico de los hongos en las enfermedades causadas por

hongos en chícharo, en especial para el control de *Ascochyta* spp. y *Colletotrichum* spp., son del principio activo Azoxystrobin, ya sea como protectante o curativo.

Sin embargo, el tratamiento T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz), a los 15 días de aplicación, dirigidos a infecciones locales para el control de *Ascochyta* spp., resulto de bueno a excelente, al rotar ingredientes activos de los fungicidas Zineb, Clorotalonil, Carbendazim, Cymoxanil + Mancozeb. Sin embargo, zineb es considerado como uno de los fungicidas utilizados en todo el mundo, al controlar muchas enfermedades fúngicas, su modo de acción protectante o de contacto detiene la germinación de esporas al inhibir la respiración al control de *Phytophthora infestans*, *Botrytis* spp, Peronosporaceae y Uredinales en cereales y leguminosas entre otros cultivos como apio, chile, zanahoria y tabaco (IRET, 2024).

Salazar *et al.* (2017) al evaluar diferentes tratamientos en manejo poscosecha en frutos de papayo, obtuvieron que el fungicida de contacto que ejerció mejor control en las dos especies de *Colletotrichum gloeosporioides* y *Colletotrichum dematium*, fue el Clorotalonil a 1% en variedades criollas, así como Procloraz a concentración de 1%; y recomiendan emplearlo en rotaciones por brindar excelente control; por otro lado, se reporta el uso de Clorotalonil en el cultivo de fresa como un tratamiento dirigido al suelo, bajo condiciones de invernadero, para el control de pudrición radical y marchitez, ocasionada por *Rhizoctonia* spp. y *Fusarium* spp., en apio, cacahuate, calabaza, cebolla y ajo.

No obstante, Murillo (2004), en una evaluación de fungicidas contra la pudrición de frutos de papayo en poscosecha, menciona al fungicida de contacto Clorotalonil al 1%, como el que mejor control ejerció en los diferentes géneros de *Mycosphaerella* spp., *Cephalosporium* spp., *Acremonium* spp., *Cladosporium* spp., *Rhizopus* spp., *Chalaropsis* spp. y *Colletotrichum gloeosporioides*, al obtener una menor área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABC) siendo estadísticamente similar al tratamiento con Benomilo al 0,5% y 1 %.

En este mismo sentido Daza (2017) indica un excelente resultado en el uso y aplicación de Benomilo, del grupo químico Benzimidazoles, como curativo de *Colletotrichum* spp. y *Ascochyta* spp., por lo que sería un factor importante considerarlo como ingrediente activo en rotaciones e incorporarlo en previas evaluaciones futuras.

Alza (2015) destaca que, en aplicaciones de fungicidas, un factor importante a considerar son los intervalos de tiempo, junto con los sitios y mecanismos de acción que erradican al hongo. El Cymoxanil con acción principal de anular la germinación de esporangios, la liberación de zoosporas y obstruir la producción de ácidos nucleicos en especies de *Colletotrichum* spp., (Adama, 2015; Adama, 2016; Adama, 2019).

Así mismo, se manifiesta que Mancozeb, básicamente como sal etilenbisditiocarbamato utilizada ampliamente para proteger cultivos agrícolas tiene un excelente efecto preventivo de contacto, al afectar Mancozeb los procesos bioquímicos de respiración a nivel enzimático para el tratamiento de peca de la hoja ocasionada por *Mycosphaerella fragariae*, además, Mancozeb al 1% aplicado en postcosecha en frutos de variedades mejoradas de papayo, ejercen un excelente control en dos especies de *Colletotrichum* spp. y de *Fusarium* spp., causante de la fusariosis, pudrición radical y marchitez en diversos cultivos, recomendando su aplicación en frutas, frutos secos, verduras, plantas ornamentales y cultivos como: algodón, apio, cacahuate, chícharo, avena, cebada, espárrago, contra diversos patógenos de dichos cultivos (NCBI, 2021).

De igual manera, el Carbendazim perteneciente al grupo químico de los benzimidazoles, es considerado de actividad curativa contra *Ascochyta* spp., *Botrytis cinerea* y *Colletotrichum* spp., inhibiendo de esa manera, el ensamble de la Beta-tubulina en la mitosis (FRAC, 2017). Bajo otros principios, también inhibe la formación del apresorio, el crecimiento y desarrollo del micelio de los patógenos (Silvestre, 2017).

Sharvelle (1961) evaluó Carbendazim adicionado al medio de cultivo para el control del hongo *Macrophoma* spp., agente causal de la pudrición apical del fruto del Guayabo (*Psidium guajava* L.) determinando que fue el único ingrediente activo de fungicidas que en todas las dosis utilizadas logró inhibir completamente el crecimiento del hongo durante siete días que duró el ensayo, razón por la cual, se consideró el más eficaz (Quinterol y Urdaneta, 1997).

Por otro lado, los hongos de los géneros *Phytophthora* spp., *Fusarium* spp., *Colletotrichum* spp., *Rhizoctonia* spp., *Botrytis* spp., *Sclerotinia* spp., *Lasiodiplodia* spp. y *Penicillium* spp., constituyen un grupo de patógenos de importancia al

ocasionar diferentes enfermedades en cultivos de hortalizas y frutales (García, 2004), debido a su gran número y su enorme capacidad de reproducción. FRAC (2017) indica que los ingredientes activos como Clorotalonil poseen bajo riesgo a generar resistencia de enfermedades causadas por hongos que producen mejor control por acción antifúngica de contacto y actividad multisitio.

Syngenta (2017) menciona que inhibe la germinación de esporas y del crecimiento del micelio, así mismo, la inhibición de la respiración de las células del hongo, debido a que las moléculas del Clorotalonil se unen a grupos sulfhidrilo de los aminoácidos, deshabilitando las enzimas que intervienen en el ciclo de Krebs y desfavoreciendo la producción de moléculas de ATP (LifeScience, 2017). Sin embargo, este fungicida está indicado para el control de *R. solani* en el macollamiento del cultivo de legumbres y cereales, pero no en el cultivo de la papa (Diccionario Agropecuario, 2000).

La detección temprana de enfermedades permitiría desarrollar y usar un programa integrado de manejo de enfermedades con recomendaciones efectivas de fungicidas, además de brindar aplazamiento en la resistencia de los agentes causales a los ingredientes activos utilizados.

Con este método para detectar ambos patógenos en las parcelas, reducirá la propagación de la enfermedad en nuevos establecimientos de cultivo, sin embargo, la rotación de plaguicidas es una estrategia de manejo que tiene como objetivo evitar y reducir el riesgo de resistencia a los plaguicidas, que se implementa alternando el uso de diferentes ingredientes activos, con diferentes sitios y modos de acción (Cropaia, 2023).

Sin dejar de considerar que la severidad de algunas enfermedades disminuye cuando aumentan los niveles de ciertos micronutrientes, por mencionar las aplicaciones de molibdeno que disminuyen el tizón tardío de la papa y el tizón del frijol y chícharo causados por *Ascochyta* spp. (Agrios, 1995).

FRAC (2019) enfatiza que haciendo uso excesivo o mal uso de un sitio, modo o mecanismo de acción fungicida, puede acelerar significativamente estos cambios en la sensibilidad de una población plaga, siguiendo ese marco de referencia tal como lo usa FRAC, se refiere a una reducción adquirida y hereditaria en la sensibilidad de un hongo a un agente antifúngico específico, la rotación de por lo

menos cuatro ingredientes activos, para evitar, o bien, manejar la resistencia de manera efectiva, haciendo de nuestros resultados, una propuesta para reducir la sensibilidad del hongo a un solo tipo de fungicida.

Los resultados encontrados en este trabajo, en especial con la propuesta de rotación de sitios o mecanismos de acción empleados en el tratamiento T3, están en concordancia con lo indicado por Quezada (2017) que con el uso de rotación con base al MoA de fungicidas en rosa variedad tara, encontró el mayor número de tallos de exportación, como parte importante del negocio del cultivo de la rosa, lo presentó el tratamiento del manejo anti resistencia de los fungicidas Metrafenone - Albesilate- Bupirimato - Estrobilurina - Triflumizole - Spiroxamine – Azufre; y el mayor rendimiento por unidad de superficie en tallos de exportación lo presentó el tratamiento con la rotación de los fungicidas Metrafenone - Albesilate - Bupirimato - Estrobilurina - Triflumizole - Spiroxamine - Azufre.

Telenko *et al.* (2022) indican que en evaluaciones de rotación de MoA de fungicidas para el manejo de mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) en maíz, encontraron que al comparar grupos de tratamientos con fungicidas por la cantidad de MoA, los productos fungicidas foliares que tenían dos o tres MoA redujeron el nivel de daño de las manchas de asfalto en comparación con los productos sin tratamiento y con un solo MoA. Además, el grupo de fungicidas que contenía los tres MoA aumentó significativamente el rendimiento en comparación con no tratar con un fungicida o usar un solo grupo de MoA.

IX. CONCLUSIONES

La rotación de sitios y mecanismos de acción de fungicidas que ejerció una menor incidencia y (ABC) fue el T3 (Cap–Ip–Az+Me–Ti), además, produjo una mayor efectividad en el control de *Rhizoctonia* spp., por sitios y MoA de cada ingrediente activo y adquisición a bajo costo de cada producto.

La rotación de sitios y mecanismos de acción de fungicidas que ejerció una mayor incidencia y (ABC) fue el testigo y T5 (Cap–Tio M–Az–Zb), con una menor efectividad en el control de *Rhizoctonia* spp.

La rotación por el tipo de movimientos de fungicidas en la planta, que ejerció un retraso en el desarrollo de la incidencia de la enfermedad ocasionada por *Rhizoctonia* spp., fue contacto-contacto-sistémico-sistémico.

La rotación de sitios y mecanismos de acción de fungicidas que ejerció una menor incidencia y (ABC) produciendo una mayor efectividad en el control de *Ascochyta* spp., fue el T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz), por sitios y MoA de cada ingrediente activo y adquisición a bajo costo de cada producto.

La rotación de sitios y mecanismos de acción de fungicidas que ejerció una mayor incidencia y (ABC) fue el testigo y T5 (Cb–Zb–Az–Cy+Mz), además, produjo una menor efectividad en el control de *Ascochyta* spp.

La rotación por el tipo de movimientos de fungicidas en la planta, que ejerció un retraso en el desarrollo de daños de la enfermedad ocasionada por *Ascochyta* spp., fue contacto-contacto-sistémico-sistémico.

La rotación de sitios y mecanismos de acción de fungicidas que ejerció una menor severidad en el estrato bajo en plantas de chícharo y (ABC) fue el T4 (Zb–Clo–Ip–Mz), seguido después el T3 (Zb–Clo–Cb–Cy+Mz), presentando una mayor efectividad en el control de *Ascochyta* spp. La rotación que presento en todo momento una mayor severidad y (ABC) fue el testigo, con una menor efectividad en el control de *Ascochyta* spp.

La rotación de sitios y mecanismos de acción de fungicidas que ejerció una menor severidad en el estrato medio en plantas de chícharo y (ABC) fue el T4 (Zb–Clo–

Ip-Mz), seguido después el T3 (Zb-Clo-Cb-Cy+Mz), lo que produjo una mayor efectividad por protección y por actividad multi sitio para el control de *Ascochyta* spp., evitando resistencia cruzada entre ingredientes activos. La rotación que presento en todo momento una mayor severidad y (ABC) fue el testigo, con una menor efectividad en el control de *Ascochyta* spp.

La rotación de sitios y mecanismos de acción de fungicidas que ejerció una menor severidad en el estrato alto en plantas de chícharo y (ABC) fue el T3 (Zb-Clo-Cb-Cy+Mz), seguido después el T1 (Clo-Zb-Ip-Cb) lo que produjo una mayor efectividad por protección, en actividad citoesqueleto, proteínas motoras y multi sitio, para el control de *Ascochyta* spp., evitando resistencia cruzada entre ingredientes activos. La rotación que presento en todo momento una mayor severidad y (ABC) fue el testigo, demostrando una menor efectividad en el control de *Ascochyta* spp.

La rotación de sitios y mecanismos de acción de fungicidas para el control de *Rhizoctonia* spp., que mayor rendimiento presento fue el T3 (Cap-Ip-Az+Me-Ti) y el de menor rendimiento fue el testigo y T5 (Cap-Tio M-Az-Zb), mientras que para el control de *Ascochyta* spp., el T3 (Zb-Clo-Cb-Cy+Mz) fue el de mayor rendimiento y el de menor fue el testigo y T5 (Cb-Zb-Az-Cy+Mz).

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abi-Ghanem, R., Carpenter-Boggs, L., Smith, J. L. (2011). Cultivar effects nitrogen fixation in peas and lentils. *Biology and Fertility of Soils*, 47, 115-120.
- Abbas, A., Mubeen, M., Sohail, M. A., Solanki, M. K., Hussain, B., Nosheen, S., et al. (2022a). Root rot a silent alfalfa killer in China: distribution, fungal, and oomycete pathogens, impact of climatic factors and its management. *Frontiers in Microbiology*, 13, 961794. doi: 10.3389/fmicb.2022.961794
- Abbas, A., Mubeen, M., Zheng, H., Sohail, M. A., Shakeel, Q., Solanki, M. K., et al. (2022b). *Trichoderma* spp. genes involved in the biocontrol activity against *Rhizoctonia solani*. *Frontiers in Microbiology*, 13, 884469. doi: 10.3389/fmicb.2022.884469
- Abd-Elmagid, W. M., Aly, M. M. E. S., El-Sharkawy, R. M. (2020). Control of peanut root and pod rots diseases using certain bioagents. *Journal of Phytopathology and Disease Management*, 7, 79–90.
- Ajayi-Oyetunde, O. O., Bradley, C. A. (2018). *Rhizoctonia solani*: Taxonomy, population biology and management of *Rhizoctonia* seedling disease of soybean. *Plant Pathology*, 67(1), 3-17.
- ADAMA, Ltd. (2015). Ficha técnica Compeer SC. Disponible en: https://www.adama.com/documents/392363/395128/FT+COMPEER+SC_tc. Fecha de consulta: octubre de 2023.
- ADAMA, Ltd. (2016). Ficha técnica Tirton. Disponible en: https://www.adama.com/documents/392363/6576465/TIRTON_FT. Fecha de consulta: octubre de 2023.
- ADAMA, Ltd. (2019). Ficha técnica Supresor 500 SC. Disponible en: https://www.adama.com/documents/392363/10051349/FT+Supresor_120919. Fecha de consulta: octubre de 2023.
- Agrios, G. N.: 1995. Fitopatología. Ed. Limusa. Méjico. 838 p. 1995.
- Aiello D., Guarnaccia V., Formica PT., Hyakumachi M, Polizzi G. (2017). Occurrence and characterisation of *Rhizoctonia* species causing diseases of ornamental plants in Italy. *European Journal of Plant Pathology*, 148, 967–82.
- Allard C BL and Touraud G. (1993). L'antracnose du pois. Revue bibliographique et synthèse. *Agronomie*, 13(1), 5-24.

- Almansa, E. F., Ramírez, J. J., Rodríguez, M. L. y Burgos, J. E. (1999). Manual de asistencia técnica n.º 5, Manejo de cultivos bajo riego en distritos de pequeña escala. Bogotá, Colombia: CORPOICA-INAT.
- Alburquerque Andrade A. D., y Gusqui Mata M. R. (2018). Eficacia de fungicidas químicos para el control in vitro de diferentes fitopatógenos en condiciones controladas. *Arnaldoa*, 25(2), 489-498.
- Alza, C. W. R. (2015). Estimación del riesgo de contaminación de fuentes hídricas de pesticidas (Mancozeb y Carbofuran) en Ventaquemada, Boyacá – Colombia. Escuela de Ciencias Químicas. Facultad de Ciencias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá- Colombia. *Acta Agronómica*, 65(4), 368-374.
- Ayuntamiento de Joquicingo, (2023). Gobierno municipal de Joquicingo. Disponible en: Gobierno Municipal de Joquicingo. Fecha de consulta: noviembre de 2023.
- Ayuntamiento de Joquicingo, (2023). Plan de Desarrollo Municipal. Disponible en: Joquicingo_PDM_2022_2024.pdf (edomex.gob.mx). Fecha de consulta: diciembre de 2023.
- BDAC, Biblioteca Digital Agropecuaria de Colombia. (2011). Revista *Ventana al Campo*. Fungicidas. Mecanismo de acción de los fungicidas. Disponible en: 64405_64953.pdf (agrosavia.co). Fecha de consulta: enero de 2024
- Bivand, R., Pebesma, E., Gómez, Rubio, V. (2008). Applied spatial data analysis with R. *Spring*, New York. USA. 374 p.
- Boari, A. J., Quadros, A. F. F., Nechet, K. L. (2017). *Rhizoctonia solani* AG 1-IA causing leaf blight in oil palm seedlings in Brazil. *Australasian Plant Disease Notes*, 12, 42.
- Buitrago, J., Duarte, C. y Sarmiento, A. (2006). El cultivo del chícharo en Colombia. Bogotá, Colombia: Fenalce, Fondo Nacional de Leguminosas.
- Camarena, F. (2014). Innovación fitotecnia del haba (*Vicia faba* L.), chícharo (*Pisum sativum* L.), y lenteja (*Lens culinaris* Medik.). Lima, Perú. 189 p.
- Cann, A. J. (2005). Principles of molecular virology. *Elsevier Inc*, USA. p 315.
- Checa, O., Ligarreto, G., Lagos, T., Betancourth, C. y Arteaga, G. (2012). La Arveja. Investigación y tecnología en el sur de Colombia. Variedad Mejorada de chícharo. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Grupo de Investigación en Cultivos Andinos. 218 p.

- Chilvers, M. I., Rogers J. D., Dugan F. M., Stewart J. E., Chen W, Peever TL. (2009). *Didymella pisi* sp., the teleomorph of *Ascochyta pisi*. *Mycological Research*, 113(3), 391-400.
- CIP, Centro Internacional de la Papa. (1996). Principales enfermedades, nemátodos e insectos de la papa. Lima, Perú. p. 42.
- Contreras, A. J., Tejeda, A. G., García, J. A. (2003). Las aves como plaga, controles y manejo. *Ciencia UANL*, 6(1), 93-98.
- Cropaia, (2023). La rotación de pesticidas. Disponible en: La rotación de pesticidas Guy Sela, Cropaia. Fecha de consulta: octubre de 2023.
- CropScience, B. (2004). Rovral. (en línea). Disponible en <http://www.bayercropscience.cl/soluciones/fichaproducto>. Fecha de consulta: agosto de 2023.
- DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2016). El cultivo del chícharo (*Pisum sativum* L.) durante la temporada de lluvias. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/sipsa/Bol_Ins_umos_nov_2016.pdf. Fecha de consulta: junio de 2023.
- DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2015). El Cultivo de chícharo en Colombia. Boletín Mensual. No. 33.
- Daza, N. N. A. (2017). Cultivo de chícharo (*Pisum sativum* L.) como alternativa de diversificación de cultivos y aestrato a la seguridad alimentaria del municipio de Gigante Huila. Informe Final de Grado. Universidad de la Salle. Facultad de Ciencias Agropecuarias. El Yopal. 103 pp.
- Diccionario Agropecuario. (2000). Vademécum de productos agropecuarios. Año XV. Edición 13. Ediciones HC Ltda.
- Dugan, F. M., Akamatsu, H., Lupien, S. L., Chen, W., Chilvers, M. L., Peever, T. L. (2009). *Ascochyta* blight of chickpea reduced 38% by application of *Aureobasidium pullulans* (anamorphic Dothioraceae, Dothideales) to post-harvest debris. *Biocontrol Science and Technology*, 19(5), 537-45.
- Enciso-Maldonado, G. A., Núñez-Ramírez, R. A., Montoya-García, C. O., Schlickmann-Tank, J. A., Maidana Ojeda, M., Mendoza-Duarte, M. J., Aguilar-Cubilla, E. D. & Sanabria, A. D. 2022. Efecto de la época de siembra y diferentes programas aplicación de fungicidas sobre la severidad de la roya asiática de la soja. *Investigaciones y estudios - UNA*, 13(2), 37-48. <https://doi.org/10.47133/IEUNA22204b>

- Fauquet, C.M., Mayo, M. A., Maniloff, J., Desselberg, U. y Ball L. A. (2005). Virus taxonomy. Eighth report of the international committee on taxonomy of viruses. *Elsevier Inc*, USA, p 1273.
- FAOSTAT, Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). Base de datos. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> Fecha de consulta: octubre de 2023.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). Cultivos: Guisante verde. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize> 12/5/2020. Fecha de consulta: octubre de 2023.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2008). Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a0510s/a0510s.pdf>. Fecha de consulta: octubre de 2023.
- FNCYPDD, Federación Nacional de Cafeteros y Programas de Desarrollo y Diversificación. (2001). El cultivo del chícharo. Ediciones Montserrat. Cundinamarca - Colombia. 67.
- FRAC. (2017). List of Fungicide Common Names. Disponible en: <https://www.frac.info/home/news/2017/03/03/publication-of-the-frac-code-list-2017>. Fecha de consulta: octubre de 2023.
- FRAC. (2019). Clasificación de fungicidas y bactericidas según el modo de acción. Disponible en: folleto Clasificación de fungicidas y bactericidas según el modo de acción.pdf (fmcagro.es) Fecha de consulta: octubre de 2023.
- FRAC. (2023). Mode of Action (MoA). Disponible en: <https://www.frac.info/>. Fecha de consulta: julio de 2023.
- FRAC. (2024). Clasificación de fungicidas. Disponible en: <https://www.frac.info/fungicide-resistance-management>. Fecha de consulta: mayo de 2024.
- Galindo, P. J. R. (2020). Chícharo (*Pisum sativum* L.). Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. Bogotá, D. C. Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2.
- García, S. M. D. (2010). Tecnoagro. Disponible en: EL CHÍCHARO: *Pisum sativum* (Fabaceae). No. 52 2009 TecnoAgro. Fecha de consulta: septiembre de 2023.

- García, C. (2004). Introducción a la microbiología. Segunda edición. Editorial EUNED. Costa Rica. 103-107.
- Genet, J. L., Jaworska, G. (2009). Sensibilidad basal a proquinazid en *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* y *Erysiphe necator* y resistencia cruzada con otros fungicidas. *Ciencia del manejo de plagas*, 65(8), 878-884.
- Google Earth. (2023). Paraje “El Agüita “. Disponible en: Google Earth. Fecha de consulta: octubre de 2023.
- Guindon, M. F., Martin E., Cravero V., Cointry E. L. (2018). Transgressive segregation, heterosis and heritability for yield-related traits in a segregating population of *Pisum sativum* L. *Experimental Agriculture*, Cambridge University Press. 1-11.
- Gutiérrez, O., Gutiérrez, J. (2003). Evaluación de resistencia a Benomil, Thiabendazol y Azoxystrobin para el control de antracosis *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc. en frutos de guayaba (PsiT 64 Temas de Ciencia y Tecnología, septiembre-diciembre de 2016. Ensayos (*Psidium guajava* L.) en postcosecha. *Revista Mexicana de Fitopatología*, (21). 228-232.
- Hooker W. J. (1980). Compendio de Enfermedades de la Papa. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 166.
- ICAMEX, Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal. (2023). Cultivo de Chícharo. Disponible en: Cultivo de Chícharo | Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal (edomex.gob.mx). Fecha de consulta: octubre de 2023.
- INEGI. (2010). Joquicingo, Estado de México. Disponible en: Compendio de información geográfica municipal 2010. Joquicingo, México. (inegi.org.mx). Fecha de consulta: noviembre de 2023.
- IRET. (2024). Universidad Nacional Heredia, Costa Rica. Manual de Plaguicidas de Centroamérica. Disponible en: zineb (una.ac.cr). Fecha de consulta: enero de 2024.
- Kings Seeds, (2022). Chícharo cv. Early Perfection 326. Disponible en: Chícharo Early Perfection 326 – King Seeds. Fecha de consulta: octubre de 2023.
- Kretschmer, M., Leroux, M., Mosbach, A., Walker, A. S., Fillinger, S., Mernke, D., Schoonbeek, H. J., Pradier, J. M., Leroux, P., De Waard, M., Hahn, M. (2009). Evolución impulsada por fungicidas y bases moleculares de la resistencia a

múltiples fármacos en poblaciones de campo del hongo del moho gris *Botrytis cinerea*. *Los patógenos*, 5(12).

Leonard, E. (2012). Cultivating Good Health. Grains and Legumes Nutrition Council.

LifeScience, A. (2017). Fungitox. Disponible en: [http://www.arysta.com.co/ProductosProteccion/PDF/F.T.%20FUNGITOX%20\(vr.%20](http://www.arysta.com.co/ProductosProteccion/PDF/F.T.%20FUNGITOX%20(vr.%20) Fecha de consulta: octubre de 2023.

Ligarreto, G. A. (2012). chícharo (*Pisum sativum* L.). En H. Pinzón. (Ed.), Manual para el cultivo de hortalizas Bogotá, Colombia. *Produmedios*, 420-437.

López, C. N., Castaño, Z. J. (2012). Characterization of phytopathogenic fungi, bacteria, nematodes, and viruses in four commercial varieties of Heliconia (*Heliconia* sp.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 65, 6697–6710.

López, R. M. y Guadarrama, G. M. E. (2016). Tecnología de producción para el cultivo de chícharo. Icamex. Disponible en: Cultivo de chicharo 2016.pdf (edomex.gob.mx). Fecha de consulta: diciembre de 2023.

Maphosa, Y., Jideani, V. A. (2017). The role of legumes in human nutrition. *Functional food-improves health through adequate food*, 1, 13.

Mannai, S., Khiareddine H. J., Remadi M. D. (2018). *Rhizoctonia* root rot of pepper (*Capsicum annuum*): comparative Pathogenicity of causal agent and biocontrol attempt using fungal and bacterial agents. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 9(2), 1-10.

Madden, F., Fehle, S. (2006). Fournier, Brands matter: an empirical demonstration of the creation of shareholder value through branding, *Journal of the Academy of Marketing Science*, 34(2), 224-235.

Melgarejo, J. (1989). Modo de acción de los fungicidas (mimeografiado). Rhone-Poulenc Agrochimie, Bogotá.

Missouri Botanical Garden. (2022). National Historic Landmark summary listing. National Park Service. Disponible en: Jardín Botánico de Missouri (missouribotanicalgarden.org). Fecha de consulta: junio de 2023.

Morel, (2023). Selección de ciclámenes Híbridos F1. Los hongos. *Rhizoctonia solani*. Disponible en:

<https://www.cyclamen.com/es/profesional/enfermedades/8/22>. Fecha de consulta: octubre de 2023.

Monge, J. (2007). ¿Qué son plagas vertebradas? *Agronomía Costarricense*, 31(2),111-121. ISSN:0377-9424.

Muiño, G. B. L., Almándo, P. J., Martín, T. E. L. (2010). Efecto in vitro del fungicida iprodione sobre *alternaria* spp. y prospección para su inclusión en estrategias de manejo en papa, tomate, ajo y cebolla. *Fitosanidad*, 14(3), 171-176.

Murillo, P. G. L. (2004). Hongos patógenos poscosecha en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) y su control químico e hidrotérmico. Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Agronomía. Departamento Académico de Ciencias Agrarias.

NCBI, National Center for Biotechnology Information. (2023). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/guide/taxonomy/> Fecha de consulta: septiembre de 2023.

NCBI, National Center for Biotechnology Information. (2021). *PubChem Compound Summary for CID 8606, Captan*. Disponible en: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Captan>. Fecha de consulta: octubre de 2023.

OEIDRUS. (2010). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Cíclicos-Perennes, Modalidad Riego y Temporal. Catálogo Cultivos Genéricos. Disponible en: <http://www.campomexiquense.gob.mx/>. Fecha de consulta: julio de 2023.

OMS, Organización Mundial de la Salud. (2022). Residuos de plaguicidas en los alimentos. Disponible en: Residuos de plaguicidas en los alimentos (who.int). Fecha de consulta: Julio de 2023.

O'Neil, T. M., Pye, D., Locke, T. (2002). The effect of fungicides, irrigation, and plant density on the development of *Peronospora sparsa*, the cause of downy mildew in rose and blackberry. *Annals of Applied Biology*, 140, 2007-2214.

Patil, H. J., Solanki, M. K. (2016). "Molecular prospecting: advancement in diagnosis and control of *Rhizoctonia solani* diseases in plants," in *Current Trends in Plant Disease Diagnostics and Management Practices*. eds. P. Kumar, V. Gupta, A. Tiwari, and M. Kamle (Cham, Switzerland: Springer), 165–185.

- Parisi, M., Alioto, D., Tripodi, P. (2020). Overview of biotic stresses in pepper (*Capsicum* spp.): sources of genetic resistance, molecular breeding, and genomics. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(7), 2587.
- Peng, Y. D., Xu, X. F., Hong, W. J., Wang, S. T., Jia, X. T., Liu, Y. (2020). Transcriptome analysis of rice leaves in response to *Rhizoctonia solani* infection and reveals a novel regulatory mechanism. *Plant Biotechnology Reports*, 14, 559–73.
- Plants of the world Online. (2010). Leguminosas neotropicales (Mimosoideae). Disponible en: <https://powo.science.kew.org/> Fecha de consulta: septiembre de 2023.
- Quevedo. G. J., Infante. N. J. C., & García. B. R. M. (2018). Efecto del uso predominante de fungicidas sistémicos para el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella Fijiensis* Morelet) en el área foliar del banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 128-136. Disponible en: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>.
- Quezada, F. W. O. (2017). Manejo anti-resistencia de la cenicilla (*Oidium* spp) en el cultivo del rosal (*Rosa* spp.), bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3207>. Fecha de consulta: 28 de diciembre de 2023.
- Quinterol, E., Urdaneta, L. (1997). Evaluación in vitro de fungicidas para el control del hongo *Macrophoma* sp., agente causal de la pudrición apical del fruto del Guayabo (*Psidium guajava* L.). Disponible en: [In-vitro-evaluation-of-fungicides-for-the-control-of-Macrophoma-sp-fungi-causal-agent-of-the-stylar-end-rot-of-guava-Psidium-guajava-L.pdf](#) (researchgate.net). Fecha de consulta: noviembre de 2023.
- Rebollar, A. A., Silva, R. H. V., López, C. I., Boyzo, M. J., Ellis, M. A. (2012). Fungicide spray programs to manage downy mildew (dryberry) of blackberry caused by *Peronospora sparsa*. *Crop protection*, 42, 49-53.
- Rodríguez, G. (2015). Evaluación de 12 cultivares de chícharo (*Pisum sativum* L.) de tipo industrial para cosecha en verde en condiciones de tarma. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú, Mantaro, Perú.

- Rodríguez, S. P., G. G. Lindsay, P.M.B. Fernandes (2009). Biotechnological approaches for plant viruses resistance: From general to the modern RNA silencing Pathway. *Brazilian archives of biology and technology*, 52(4), p 795-808.
- Ruiz, C., J. A., Medina, G. G., González, I. J. A., Ortiz, C. T., Flores, H. E. L., Martínez, R. A. P., y Byerly, K.F. M. (1999). Requerimientos agroecológicos de cultivos. Libro Técnico Núm. 3. 1ª. Ed. INIFAP-Conexión Gráfica. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Centro de Jalisco. Guadalajara, Jalisco, México. 324 p.
- SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). ¿Conocías esto del chícharo?. Disponible en: ¿Conocías esto del chícharo? | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gov.mx (www.gob.mx). Fecha de consulta: octubre de 2023.
- SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). Leguminosas, el alimento de todos. Disponible en: Leguminosas, el alimento de todos | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gov.mx (www.gob.mx). Fecha de consulta: octubre de 2023.
- SAGARPA. (2017). El Estado de México es líder en producción de chícharo. Disponible en: El Estado de México es líder en producción de chícharo | Representación AGRICULTURA Estado de México | Gobierno | gov.mx (www.gob.mx). Fecha de consulta: octubre de 2023.
- Salazar, M. J. A., Somoza, V. C. E., Pérez, A. B., Velásquez, S. M., Torres, G. G., Huerta de la Peña, A., Ortega, M. L. D. (2017). Uso y manejo de plaguicidas en diferentes sistemas de producción de fresa en México. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 6, 27-42.
- Sekiguchi, H., Toda, T., Sato, E., Tomioka, K., Murakami, H., Amemiya, R. (2015). *Rhizoctonia* blight of turnip green caused by *Rhizoctonia solani* AG-4 HGIII. *Journal of General Plant Pathology*, 81, 454-6.
- Sharvelle, G. E. (1961). The Nature and Use of Modern Fungicides. *Burgess Publishing Company*, 308.
- Shi, W., Zhao, S. L., Liu, K., Sun, Y. B., Ni, Z. B., Zhang, G. Y. (2020). Comparison of leaf transcriptome in response to *Rhizoctonia solani* infection between resistant and susceptible rice cultivars. *BMC Genomics*, 21, 245.

- Siviero, A., De Macedo, P. E. F., Moreira, G. T. S., Nechet, K. L., Coelho, R. M. S., HalfeldVieira, B. A. (2019). First report of cassava leaf blight caused by *Rhizoctonia solani* AG-1 IA. *Australasian Plant Disease Notes*, 14, 1–3.
- Silvestre. (2017). Ficha Técnica PROTEXIN. Disponible en: http://www.silvestre.com.pe/site/images/Fichas_Tecnicas/FT_PROTEXIN_500_FW_09.pdf. Fecha de consulta: octubre de 2023.
- SIAP. (2020). Anuario estadístico de la producción agrícola. SADER. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta: Julio de 2023.
- SIAP. (2023). CHICHARO. Disponible en: Chicharo_monografía_2023 (www.gob.mx). Fecha de consulta: octubre de 2023.
- Syngenta Group, Co., Ltd. (2017). Ficha Técnica TIMOREX GOLD. Disponible en: <https://www.syngenta.cl/product/crop-protection/fungicidas/timorex-goldr-1>. Fecha de consulta: octubre de 2023.
- Syngenta Group, Co., Ltd. (2021). Mertect 500 SC. Disponible en: <https://www.syngenta.com.ec/product/cropprotection/fungicida/mertect-500-sc> Fecha de consulta: agosto de 2023.
- Skoglund, L. G., Harveson, R. M., Chen, W., Dugan, F., Schwartz, H. F., Markell, S. G., Estrator, L., Burrows, M. L., Goswami, R. (2011). Ascochyta blight of peas. *Plant Health Progress*, 12(1), doi: 10.1094/php-2011-0330-01-rs.
- Smýkal, P., Aubert, G., Burstin, J., Coyne, C. J., Ellis, N. T. H., Flavell, A. J., Ford, R., Hýbl, M., Macas, J., Neumann, P., McPhee, K. E., Redden, R. J., Rubiales, D., Weller, J. L., Warkentin, T. D. (2012). Pea (*Pisum sativum* L.) in the genomic era. *Agronomy*, 2, 74-115.
- Smýkal, P., Hradilová, I., Trněný, O., Brus, J., Rathore, A., Bariotakis, M., Das, R. R., Bhattacharyya, D., Richards, C., Coyne, C. J., Pirintsos, S. (2017). Genomic diversity and macroecology of the crop wild relatives of domesticated pea. *Scientific Reports*, 7(1), 1-10.
- Spalding, D. (1982). Resistance of mango pathogens to fungicide used to control postharvest diseases. *Plant Disease*, 66.1185-1186.
- Tate, K. G., (1981). Etiology of dryberry disease of boysenberry in New Zealand. N. Z. J. *Crop Experimental Agriculture*, 9, 371-376.
- Tate, K. G., (1983). Control of dryberry disease (*Peronospora sparsa*) in boysenberry with fungicides. N. Z. J. *Crop Experimental Agriculture*, 11, 141-146.

- Telenko, D. E. P., Chilvers, M. i., Byrne, A. M., Check, J.C., Da Silva, C. R., Kleczewski, N. M., Roggenkamp, E. E., Ross, T. J., and Smith, D. L. (2022). Fungicide Efficacy on Tar Spot and Yield of Corn in the Midwestern United States. <https://doi.org/10.1094/PHP-10-21-0125-RS>.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418, 671–677. doi: 10.1038/nature01014.
- Torres, H. (2002). Manual de las enfermedades más importantes de la papa en el Perú. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 59.
- Trivoli, B., Banniza, S. (2007). Comparison of the Epidemiology of *Ascochyta* Blights on Grain Legumes. *European Journal of Plant Pathology*, 119(1), 59-76. DOI 10.1007/s10658-007-9117-9.
- Trněný, O., Brus, J., Hradilová, I. (2018). Molecular evidence for two domestication events in the pea crop. *Genes*, 9(11), 535. doi.org/10.3390/genes9110535.
- United Genetics Seeds Co. (2023). New ideas for better sedes. Disponible en: Home | United Genetics USA. Fecha de consulta: octubre de 2023.
- Walter, M., Harris-Virgin, P., Thomas, W., Tate, G., Waipara, N.W., Langford, G. (2004). Agrochemicals suitable for downy mildew control in New Zealand boysenberry production. *Crop Protection*, 23, 323-333.
- Weather Spark, (2023). El clima y el tiempo promedio en todo el año en Joquicingo de León Guzmán. Disponible en: El clima en Joquicingo de León Guzmán, el tiempo por mes, temperatura promedio (México) - Weather Spark. Fecha de consulta: octubre de 2023.

XI. ANEXO FOTOGRAFICO



Figura 1. Medición del área de estudio.



Figura 2. Siembra.

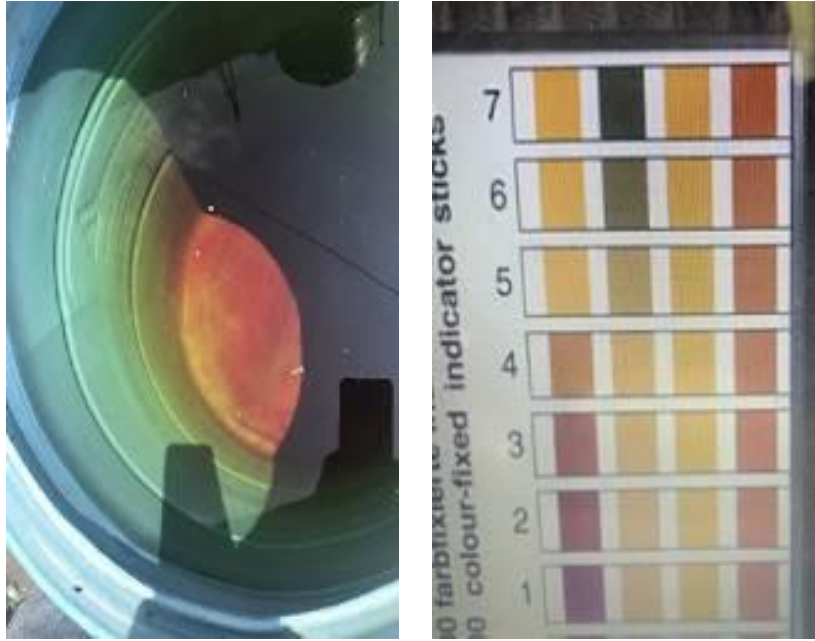


Figura 3. Medición de pH con cintas reactivas.



Figura 4. Preparación de productos fungicidas.



Figura 5. Aplicación de productos fungicidas a tratamientos.



Figura 6. Productos fungicidas para tratamientos.



Figura 7. Fertilización inicial en etapa vegetativa.



Figura 8. Etapa vegetativa y floración.



Figura 9. Evaluación de incidencia y severidad en campo.



Figura 10. Cosecha (evaluación de rendimiento por tratamiento y repetición).



Figura 11. Selección de vainas para indicar la muestra.

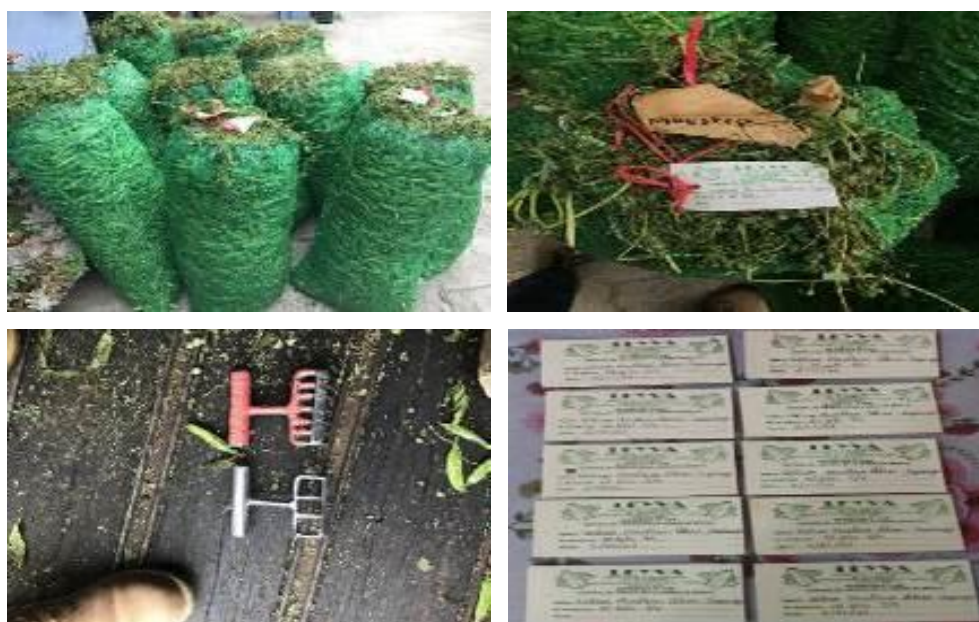


Figura 12. Empaque, etiquetado y herramienta para cargar los bultos.

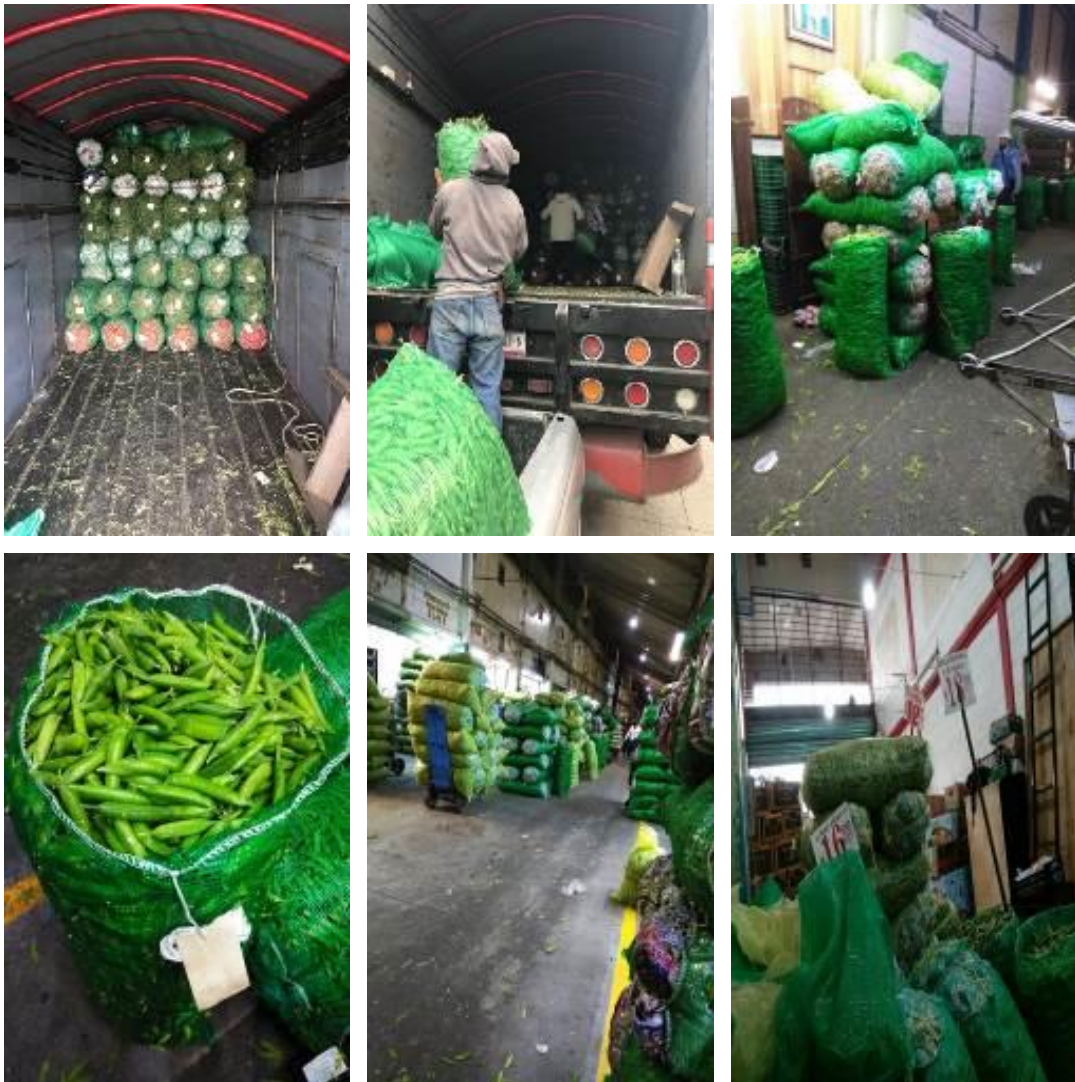


Figura 13. Transporte y comercialización en central de abastos Iztapalapa, Ciudad de México, México.