

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS FITOSANITARIOS PARA EL MANEJO DEL  
COMPLEJO ASCOCHYTA EN EL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L. var. *Milagro*).  
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN UNISPICE FINCA ANDARES  
POTRERO CARRILLO, JALAPA, GUATEMALA, C.A.**

**ISAÍ PÉREZ LÓPEZ**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS FITOSANITARIOS PARA EL MANEJO DEL COMPLEJO ASCOCHYTA EN EL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L. var. *Milagro*).  
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN UNISPICE FINCA ANDARES  
POTRERO CARRILLO, JALAPA, GUATEMALA, C.A.

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

**ISAÍ PÉREZ LÓPEZ**

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL V	Br. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019



Guatemala, octubre de 2019

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS FITOSANITARIOS PARA EL MANEJO DEL COMPLEJO ASCOCHYTA EN EL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L. var. *Milagro*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN UNISPICE FINCA ANDARES POTRERO CARRILLO, JALAPA, GUATEMALA, C.A.**, como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistema de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado. Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

ISAÍ PÉREZ LÓPEZ



## **ACTO QUE DEDICO**

### **A DIOS:**

Por su amor y misericordia inagotable hacia mi vida, por bendecirme con la vida y permitirme culminar esta meta.

### **A MI FAMILIA:**

Por ser el motor que impulsa mi vida, y por inculcarme valores para ser una persona de bien.

### **A MI PADRE:**

Cornelio Pérez Caná gracias por todas las lecciones de vida y enseñarme el valor del trabajo duro, por tu amor, tu compromiso apoyo y dedicación hacia mí persona para tener una educación superior de calidad.

### **A MI MADRE:**

Evelyn Eunice López López por su amor, su comprensión, por enseñarme que la valentía radica en hechos y no en palabras, te amo madre mía.

### **A MI HERMANO:**

David Pérez, por ser mi amigo de toda la vida, estoy agradecido con Dios por darme una persona tan especial como vos en mi vida, espero verte pronto en el colegio de profesionales.

### **A MI ABUELA:**

Agripina Caná (Q.E.P.D), Quien no tuve la dicha de conocer, pero sé que fue una mujer valiente y trabajadora, lo cual admiro mucho.



## **TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO**

A:

Dios, por su misericordia, bendiciones y especial cuidado que ha tenido hacía mi vida.

Guatemala, por ser el lugar que me vio crecer, guardando un profundo sentimiento de amor hacia mí patria.

Universidad de San Carlos de Guatemala, por abrirme sus puertas y poder formarme como profesional, orgulloso de pertenecer a esta casa de estudio

Facultad de Agronomía, Alma mater quien me brindo los conocimientos para ser profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por bendecirme con la gran familia que tengo.

A mi familia, por brindarme su apoyo en todo momento durante todo mi proceso estudiantil.

Al Ingeniero Fredy Hernández, por su apoyo y guía en todo el proceso de EPS.

Al Dr. David Monterrosa Salvatierra, por su apoyo, ayuda y consejos para la elaboración de la investigación.

A UNISPICE, empresa que me dio la oportunidad de iniciarme laboralmente.

A mis abuelos Héctor López y Amanda López, tíos y primos.

A mis amigos: Iris Santos y Melvin López por su amistad sincera y apoyo durante toda la carrera, Dulce Barillas, Paola López, Josué Santos, Carlos Roquel, Karen Tzoc, gracias por brindarme su sincera amistad.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
CAPÍTULO 1. DIAGNÓSTICO DEL MANEJO AGRONÓMICO DE LOS CULTIVOS EN FINCA ANDARES, POTRERO CARRILLO, JALAPA.....	1
1. PRESENTACIÓN.....	3
2. MARCO REFRENCIAL.....	4
2.1. Ubicación geográfica.....	4
2.2. Características edafoclimáticas de finca Andares.....	4
2.3. Antecedentes de complejo de ascochyta en finca Andares.....	4
2.4. Antecedentes de complejo de ascochyta en finca Andares.....	6
2.5. Antecedentes de presencia del tizón de ascochyta e investigaciones de control sobre esta enfermedad.....	6
2.6. Identificación de las áreas de trabajo.....	6
2.7. Estructura organizacional del departamento agrícola Unispice.....	8
3. OBJETIVOS.....	9
3.1. Objetivo general.....	9
3.2. Objetivos específicos.....	9
4. METODOLOGÍA.....	10
4.1. (Conocer el estado actual de finca Andares relacionado a la producción agrícola de arveja dulce y china). .....	10
4.1.1. Observaciones y análisis de los distintos procesos productivos agrícolas (conocer los distintos procesos productivos los cuales componen los sistemas productivos de finca Andares). .....	10
4.1.2. Entrevistas personales para identificar las problemáticas.....	10
4.2. Priorización de problemáticas (determinar las principales problemáticas que tienen en la producción del cultivo de arveja china y dulce.....)	11
5. RESULTADOS.....	12
5.1. Análisis de la información del manejo agronómico de los cultivos de arveja china y dulce en finca Andares. ....	12
5.1.1. Principales plagas y enfermedades en arveja china y dulce.....	13
5.1.2. Manejo agronómico para los cultivos de arveja china y dulce.....	14
5.2. Árbol de problemas.....	16
5.2.1. Plaga insectil “tripidos”.....	16
5.2.2. Enfermedad, tizón de ascochyta.....	18

	<b>Página</b>
6. CONCLUSIONES.....	20
7. RECOMENDACIONES .....	20
8. BIBLIOGRAFÍA .....	21
9. ANEXOS .....	22
CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS FITOSANITARIOS PARA EL MANEJO DEL COMPLEJO DE ASCOCHYTA EN EL CULTIVO DE ARVEJA ( <i>Pisum sativum</i> L. var. <i>Milagro</i> ) EN LA FINCA ANDARES, POTRERO CARRILLO, JALAPA, GUATEMALA, C.A. ....	
	25
EVALUATION OF FOUR PHYTOSANITARY PROGRAMS FOR THE MANAGEMENT OF THE ASCOCHYTA COMPLEX IN THE CROP OF PEA ( <i>Pisum sativum</i> L. var. <i>Milagro</i> ) AT THE FINCA ANDARES, POTRERO CARRILLO, JALAPA, GUATEMALA, C.A. ....	
	25
1. PRESENTACIÓN .....	27
2. MARCO TEÓRICO .....	29
2.1. Marco conceptual.....	29
2.1.1. Cultivo de la arveja china ( <i>Pisum sativum</i> ).....	29
2.1.2. Fenología del cultivo.....	29
2.1.3. Características de la planta de arveja china.....	31
2.1.4. Condiciones edafoclimáticas del cultivo .....	33
2.1.5. Manejo agronómico del cultivo .....	35
2.1.6. Manejo de plagas del cultivo de arveja china .....	37
2.1.7. Complejo de ascochyta .....	40
2.1.8. Conceptos epidemiológicos.....	46
2.1.9. Monitoreo de enfermedades.....	47
2.1.10. Modelos para epidemias causadas por patógenos policíclicos .....	49
2.1.11. Fungicidas .....	50
2.1.12. Grupo químico de los principales fungicidas .....	52
2.1.13. Control biológico de enfermedades.....	56
2.1.14. Uso y estrategia de fungicidas .....	59
3. OBJETIVOS.....	63
3.1. Objetivo general.....	63
3.2. Objetivos específicos .....	63
4. HIPÓTESIS.....	63
5. METODOLOGÍA .....	64

	<b>Página</b>
5.1. Material experimental .....	64
5.2. Modelo experimental .....	64
5.3. Unidad experimental .....	64
5.4. Descripción de los tratamientos .....	65
5.5. Croquis de campo .....	68
5.6. Variables de respuesta.....	68
5.6.1. Medición de severidad .....	68
5.6.2. Medición de rendimiento .....	69
5.7. Manejo del experimento .....	70
5.8. Análisis de los datos.....	70
5.8.1. Análisis de varianza .....	70
5.8.2. Análisis epidemiológico.....	71
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	72
6.1. Análisis de la varianza aplicado a la variable severidad del complejo de ascochyta.....	73
6.2. Análisis de varianza aplicado a la variable rendimiento (kg/ha) de vainas cosechadas de arveja china obtenida en los cuatro tratamientos.....	77
6.3. Curvas de comparación del progreso de la enfermedad.....	78
6.4. Tasa teórica de crecimiento de una epidemia.....	83
6.5. Análisis económico.....	83
7. CONCLUSIONES .....	85
8. RECOMENDACIONES.....	85
9. BIBLIOGRAFÍA.....	86
<b>CAPÍTULO 3. SERVICIOS PRESTADOS EN POTRERO CARRILLO, JALAPA. ..</b>	<b>93</b>
1. PRESENTACIÓN.....	95
2. SERVICIO 1. EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS PARA EL MANEJO DE ASCOCHYTA EN EL CULTIVO DE ARVEJA ( <i>Pisum Sativum</i> L. var. <i>Kennedy</i> )..	96
2.1. MARCO CONCEPTUAL .....	96
2.1.1. Marco teórico .....	96
2.2. OBJETIVOS .....	101
2.2.1. Objetivo general.....	101
2.2.2. Objetivos específicos .....	101
2.3. HIPÓTESIS .....	101

	<b>Página</b>
2.4. METODOLOGÍA .....	102
2.4.1. Material Experimental.....	102
2.4.2. Parcelas demostrativas .....	102
2.4.3. Unidad de Muestreo .....	102
2.4.4. Descripción del tratamiento .....	102
2.4.5. Croquis de Campo.....	103
2.4.6. Variables de respuesta.....	104
2.4.7. Lectura de toma de datos para la variable severidad .....	105
2.4.8. Manejo del experimento .....	105
2.5. RESULTADOS.....	106
2.5.1. Incidencia de complejo de ascochyta en la planta de arveja china .....	106
2.5.2. Severidad de ascochyta en la planta de arveja .....	107
2.6. DISCUSIONES .....	108
2.7. CONCLUSIONES .....	109
3. SERVICIO 2: DETERMINAR EL REQUERIMIENTO HÍDRICO DEL CULTIVO DE ARVEJA Y DEFINIR LA LÁMINA DE RIEGO Y FRECUENCIA DE RIEGO.....	110
3.1. OBJETIVOS.....	110
3.1.1. Objetivo general .....	110
3.1.2. Objetivos específicos.....	110
3.2. METODOLOGÍA .....	110
3.2.1. Obtención de datos climatológicos .....	110
3.2.2. Elaboración de plan riego .....	111
3.2.3. Formulas necesarias para la elaboración del plan de riego .....	113
3.3. RESULTADOS.....	116
3.3.1. Valores de ETo para la localidad del cultivo .....	116
3.3.2. Valores de Kc propios del cultivo de arveja .....	116
3.3.3. Cálculo del requerimiento hídrico de la planta.....	117
3.3.4. Cálculo de la lámina de riego y frecuencia de riego .....	118
3.4. EVALUACIÓN.....	119
4. SERVICIO 3. ELABORACIÓN DE METODOLOGÍA PARA EL MUESTREO DE DATOS BIOMÉTRICOS PARA LA PROYECCIÓN DE COSECHAS. ....	119
4.1. OBJETIVOS.....	119

	<b>Página</b>
4.1.1. Objetivo general.....	119
4.1.2. Objetivos específicos.....	119
4.2. METODOLOGÍA .....	120
4.2.1. Selección de las parcelas .....	120
4.2.2. Localización espacial de las muestras.....	120
4.2.3. Variables biométricas a medir.....	122
4.3. RESULTADOS.....	123
4.3.1. Tres métodos espaciales de muestreo .....	123
4.3.2. Metodología establecida para el muestreo de datos biométricos para la proyección de cosechas .....	124
4.3.3. Localización espacial de las muestras.....	125
4.3.4. Peso de vainas mayor a 6 cm de las plantas muestreadas .....	126
4.3.5. Cálculo de para la proyección de cosecha .....	126
4.3.6. Cosechas proyectadas utilizando la metodología establecida .....	127
4.3.7. Curva de producción del cultivo de arveja .....	127
4.4. EVALUACIÓN .....	128
5. BIBLIOGRAFÍA .....	129
6. ANEXOS .....	130

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Mapa de ubicación finca Andares, Potrero Carrillo, Jalapa. ....	5
Figura 2. Mapa de Finca Andares. ....	7
Figura 3. Muestra de estructura organizacional. ....	8
Figura 4. Árbol de problemas de la plaga insectil trips. ....	16
Figura 5. Árbol de problemas para la enfermedad de tizón de ascochyta. ....	18
Figura 6A. Vista área de finca Andares. ....	22
Figura 7A. Vainas de arveja dulce completamente dañada por el tizón de ascochyta. ....	23
Figura 8A. Daños causados por el tizón de ascochyta a la cosecha de arveja china. ....	23
Figura 9A. Trips en arveja china, después de aplicaciones nocturnas. ....	24
Figura 10A. Trips en arveja dulce, muertos después de aplicaciones nocturnas. ....	24
Figura 11. Distribución de los tratamientos en campo. ....	68
Figura 12. Metodología de toma de lecturas de severidad. ....	69
Figura 13. Valor promedio de severidad a lo largo de la epidemia de cada tratamiento. ....	74
Figura 14. Rendimiento de arveja china (kg/ha). ....	78
Figura 15. Curva de comparación de epidemias en el tiempo. ....	79
Figura 16. Curva de comparación de epidemias en el tiempo aplicando la transformación a logitos de datos. ....	80
Figura 17. Línea de regresión y ecuación (T1). ....	81
Figura 18. Línea de regresión y ecuación (T2). ....	81
Figura 19. Línea de regresión y ecuación (T3). ....	82
Figura 20. Línea de regresión y ecuación (T4). ....	82
Figura 21. Croquis de campo de campo y ubicación de las unidades de muestreo. ....	103
Figura 22. Escala de severidad de <i>Ascochyta</i> spp. ....	104
Figura 23. Toma de lectura de valores de severidad. ....	105
Figura 24. Porcentaje de incidencia del complejo de ascochyta. ....	106
Figura 25. Porcentaje de severidad del complejo de ascochyta. ....	107

	<b>Página</b>
Figura 26. Curva de Kc durante el ciclo de cultivo. ....	117
Figura 27. Elaboración de muestreo al azar simple en campo.....	121
Figura 28. Elaboración de muestreo sistematizado en campo.....	122
Figura 29. Cosechas proyectadas vs cosechas reales. ....	124
Figura 30. Elaboración de muestreo sistematizado en campo.....	126
Figura 31. Comportamiento de la cosecha de arveja china. ....	128
Figura 32A.Parcela experimental tratada con mastercop 6.6 SL .....	130
Figura 33A.Aplicación de Mastercop 6.6 SL .....	130
Figura 34A.Parcela sometida a muestreo para proyección de cosechas.....	131
Figura 35A.Etapa de floración, parcela sometida a muestreo para proyección de cosecha. ....	131
Figura 36A.Estrés hídrico provocado por el inadecuado riego.....	132
Figura 37A.Bulbo de mojado utilizando la lámina de riego establecida.....	132

### **ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1. Procesos de producción de arveja.....	12
Cuadro 2. Principales plagas en el cultivo de arveja china. ....	37
Cuadro 3. Riesgo de resistencia relacionada a grupo o familia química .....	61
Cuadro 4. Indicadores de resistencia inherentes al fungicida .....	62
Cuadro 5. Programas fitosanitarios a evaluar para el manejo del complejo de ascochyta. ....	65
Cuadro 6. Aplicación de los programas fitosanitarios.....	66
Cuadro 7. Datos de severidad de daños del complejo de ascochyta sobre la planta de arveja durante el tiempo. ....	72
Cuadro 8. Análisis de varianza aplicado a la variable severidad.....	73
Cuadro 9. Análisis comparativo de medias utilizando la prueba de Tukey para la variable severidad. ....	73
Cuadro 10. Análisis de la varianza aplicado a la variable rendimiento (kg/ha).....	77
Cuadro 11. Análisis comparativo de medias, utilizando la prueba Tukey, para la variable rendimiento. ....	77
Cuadro 12. Tasa teórica de crecimiento de la epidemia de los distintos tratamientos. ....	83

	<b>Página</b>
Cuadro 13. Estimación de costos variables de los tratamientos para el manejo del complejo de ascochyta.....	84
Cuadro 14. Rendimientos ajustados, beneficio bruto, costos que varían y beneficio de tratamientos para el manejo del complejo de ascochyta. ....	84
Cuadro 15. Análisis de dominancia de tratamientos para el manejo del complejo de ascochyta.....	84
Cuadro 16. Calculo de tasa de retorno marginal.....	84
Cuadro 17. Descripción de tratamientos a evaluar. ....	102
Cuadro 18. Intervalo y frecuencia de aplicación de los tratamientos .....	103
Cuadro 19. Datos climáticos de la locación Potrero carrillo, Jalapa.....	111
Cuadro 20. Rangos de capacidad de campo dependiendo la textura del suelo. ....	112
Cuadro 21. Rangos de punto de marchitez permanente dependiendo la textura del suelo. ....	112
Cuadro 22. Valores de profundidad radicular de diversos cultivos. ....	113
Cuadro 23. Valores ETo correspondientes a la locación del cultivo. ....	116
Cuadro 24. Valores de Kc Para cada etapa fenológica del cultivo de arveja.....	117
Cuadro 25. Lámina de riego aprovechable .....	118
Cuadro 26. Tiempo necesario de riego para aplicar la LHA.....	118
Cuadro 27. Resumen de riego.....	118
Cuadro 28. Cosechas proyectadas utilizando tres métodos distintos métodos espaciales de muestreos.....	123
Cuadro29. Porcentaje de certeza utilizando los métodos de muestreo espacial. ....	123
Cuadro 30. Cosechas proyectas utilizando la metodología establecida. ....	127

**EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS FITOSANITARIOS PARA EL MANEJO DEL COMPLEJO ASCOCHYTA EN EL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L. var. *Milagro*). DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN UNISPICE FINCA ANDARES POTRERO CARRILLO, JALAPA, GUATEMALA, C.A.**

**RESUMEN GENERAL**

En el presente documento contiene el informe de las actividades realizadas durante el Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía –EPSA- durante el año 2018, en Potrero Carrillo, Jalapa en la empresa UNISPICE, como requisito para optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola.

El documento contiene tres capítulos, el diagnóstico general de procesos productivos agrícola en finca Andares, donde se describe los procesos agrícolas en los cultivos de arveja china y arveja dulce, la investigación titulada: Evaluación de cuatro programas fitosanitarios para el manejo del complejo de ascochyta en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L. var. *Milagro*) en la finca Andares, Potrero Carrillo, Jalapa, Guatemala y un informe de servicios profesionales prestados a la empresa.

En el primer capítulo se muestra el diagnóstico del manejo agronómico de los cultivos en finca Andares, en el cual se recopila información de los distintos procesos productivos que forman parte del sistema de producción establecido, realizando transeptos para la extracción de información primaria, identificando en cada proceso desde la mecanización agrícola hasta la cosecha las distintas problemáticas, priorizando únicamente dos de estas problemáticas las cuales se encuentran en este documento.

El segundo capítulo contiene la investigación, la cual se originó en el diagnóstico, identificando que el tizón de ascochyta que verdaderamente es un complejo de patógenos los cuales dañan a la planta de arveja lo que produce pérdidas significativas para la finca generando hasta un 45 % de daño foliar reduciendo el rendimiento de plantación. Esto se debe a que existen condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad, ya que en la zona se registran lluvias de 1,300 mm anuales, 85 % de humedad según INSIVUMEH (2012). El principal propósito de la investigación es proporcionar un punto de partida para la

realización de un manejo racional e integrado de la enfermedad que es el complejo de ascochyta (*Ascochyta pisi*, *Micosphaerella pinodes*, *Ascochyta pinodella*), cada uno de estos patógenos posee características distintas, las cuales hacen que el manejo de la enfermedad se convierta en una tarea difícil. La infección empieza con el estado perfecto (*Micosphaerella pinodes*) el cual sobrevive en rastrojos de plantaciones anteriores por su cualidad de saprofito facultativo, posteriormente *A. pisi* ataca directamente el tallo, *A. pinodella* ataca regularmente la parte baja del tallo y la raíz.

Tomando en cuenta lo mencionado, se establecieron cuatro programas fitosanitarios el primero siendo un testigo relativo el cual contiene el esquema tradicional utilizado para el manejo de la enfermedad y los tres programas restantes contiene una estrategia de uso incluyendo componentes biológicos como microorganismos y haciendo uso racional de los fungicidas proponiendo una alternancia de fungicidas protectantes y sistémicos evitando el uso excesivo de Estrobilurinas, con el fin de reducir la generación de resistencia de los patógenos.

De los resultados obtenidos de la evaluación de los cuatro programas fitosanitarios se determinó el programa tres y cuatro estadísticamente iguales de eficaces y eficientes para el manejo del complejo de ascochyta, además de presentar las tasas de infecciones más bajas respecto a los demás tratamientos, aunque existió diferencia en las curvas del progreso de la enfermedad siendo la menos pronunciada respecto a los demás tratamientos la del programa cuatro, además de ser el programa más económico respecto a al programa tres.

En el tercer capítulo, contiene el informe de servicios profesionales brindados a la empresa, lo cual constó de tres servicios; el primero fue la evaluación de dos fungicidas para el control del complejo de ascochyta como alternativa para la introducción de nuevos fungicidas al sistema de producción ya establecido. El segundo servicio fue determinar el requerimiento hídrico de la planta de arveja, la lámina de riego necesaria para suplir el requerimiento hídrico de la planta, de esta forma contribuir al uso de eficiente del agua y realizar riegos que la planta verdaderamente pueda aprovechar. El tercer servicio fue determinar una metodología de muestreo para obtención de datos biométricos y utilizarlos para la proyección de cosecha.

**CAPÍTULO 1. DIAGNÓSTICO DEL MANEJO AGRONÓMICO DE LOS CULTIVOS EN  
FINCA ANDARES, POTRERO CARRILLO, JALAPA.**



## 1. PRESENTACIÓN

El presente diagnóstico el cual constituye la primera actividad del –EPSA- tiene como finalidad conocer el manejo agronómico de los cultivos de arveja china y dulce cultivados en finca Andares. Guatemala, es uno de los productores más grandes de arveja china y dulce, en su mayoría exportados a Estados Unidos y la Unión Europea, por lo tanto, deben cumplir estándares de calidad ya establecidos, como: longitud, grosor y otras características organolépticas que debe cumplir productos de exportación. La producción se centra en los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez, Huehuetenango, Sololá y Quiché, estas zonas pertenecientes al altiplano guatemalteco.

Jalapa no es una de las regiones productoras de arveja, existen cierto número de factores que intervienen en la producción agrícola, no se cuenta con antecedentes de producción de arveja, es necesario realizar un diagnóstico del estado de la finca en cuanto el manejo agronómico sobre el cultivo de arveja, para esta actividad, se utilizó como herramienta principal el transecto haciendo varios recorridos por la finca, en las distintas parcelas de producción, con el fin de poder recopilar información primaria del lugar. Se les realizó una serie de preguntas no mayor a diez, las cuales eran sobre el manejo agronómico y sus problemáticas (mecanización, fertilización, siembra, riego, plagas, enfermedades, suelo, entre otras.)

Posteriormente, se utilizó el esquema llamado árbol de problemas, en el cual se pudo priorizar las problemáticas, los problemas centrales, las fuentes de estas problemáticas y sus posibles soluciones según orden de importancia. Se determinó que la plaga insectil trips y el tizón de ascochyta son ambas de mayor importancia produciendo daños significativos tanto a arveja china como dulce, los trips introduciéndose en la flores haciendo el control sobre esta plaga se convierta en un problema grave, incrementándose las poblaciones y causando manchas blancas y verdes sobre la vainas haciendo que el fruto sea completamente inservible para su comercialización, el tizón de ascochyta causa daños severos en el follaje de la planta y cuando la infección es demasiada severa daña flores tallo y frutos, reduciendo su capacidad productiva, generando bajos rendimientos y baja calidad en el fruto.

## **2. MARCO REFRENCIAL**

### **2.1. Ubicación geográfica**

Finca Andares, está ubicada entre la jurisdicción de la aldea Potrero Carrillo y la aldea La Laguna, jurisdicción del municipio de San Pedro Pínula del departamento de Jalapa, la finca colinda con HFT SEEDSERVICE SA, y hacienda La Laguna. Como se muestra en la figura 1. Se localiza a 1,786 m s.n.m., con coordenadas 14°46'0" N y 89°55'60" O.

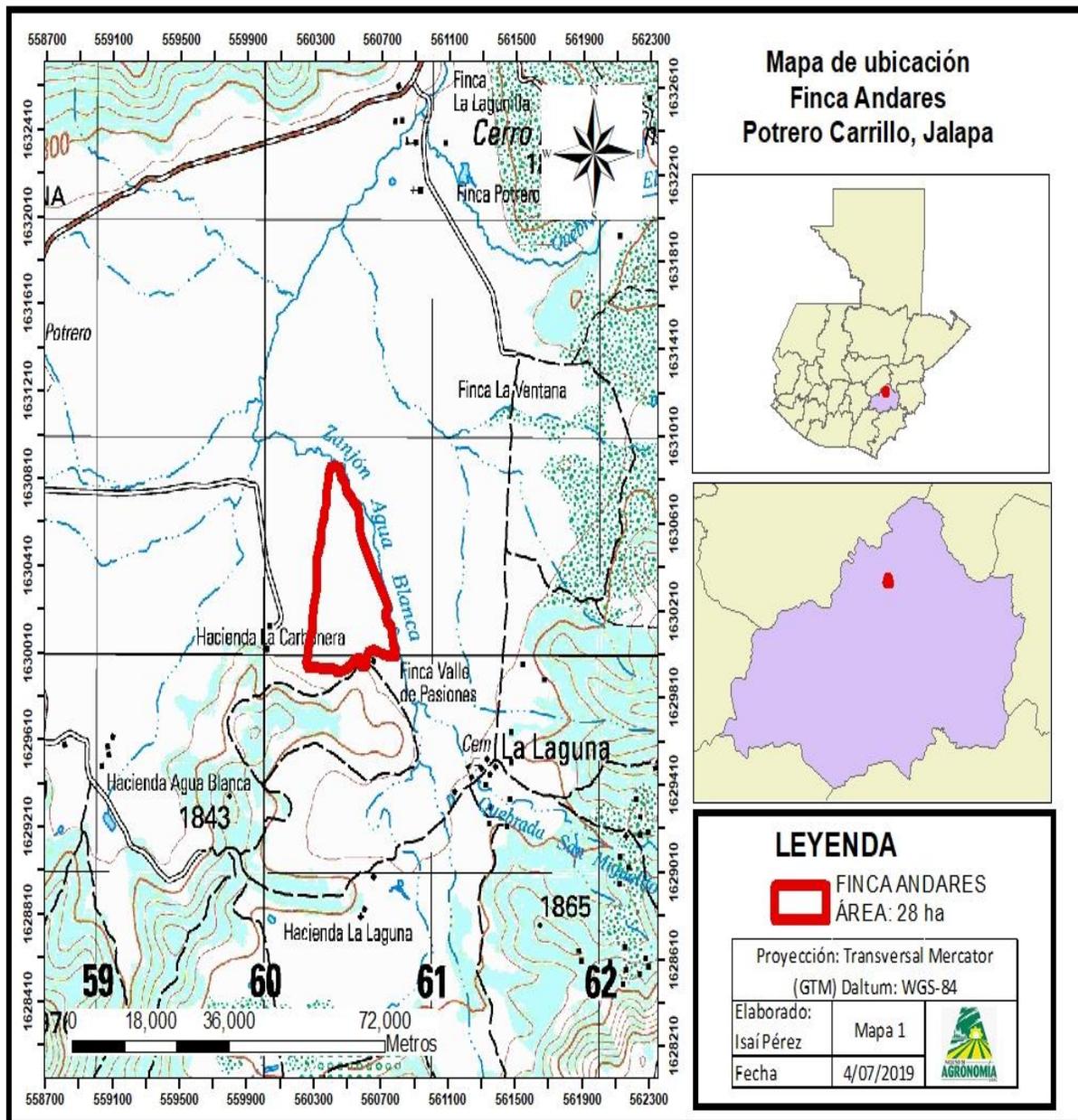
### **2.2. Características edafoclimáticas de finca Andares**

Los suelos de la región pertenecen a la serie San Pedro Pínula, el suelo superficial es de color café oscuro, la textura superficial del suelo es franco limo-gravoso, con un espesor aproximado de 25 cm. La granulometría del suelo en finca Andares es franca arcillosa, con alta capacidad de retención de agua, y con poca capacidad de drenaje, existe exceso de hierro, manganeso y aluminio (Simmons *et al.*, 1959) citado por Vega Orellana (2014).

La temperatura media es 18 °C, presentando heladas en los meses de enero, febrero y marzo, humedad relativa superior al 80 % con una temperatura máxima de 23 °C, temperatura mínima de -1.2 °C con una precipitación anual de 1,300 mm (Insivumeh, 2018).

### **2.3. Antecedentes de complejo de ascochyta en finca Andares**

Según la experiencia del personal técnico de producción de finca Andares, existen varios factores que propician el desarrollo de complejo de ascochyta todos vinculados con las condiciones climáticas particulares de la región estas son lluvias intensas, alta humedad relativa bajas temperaturas, y el rocío de la mañana. Según el personal técnico, el desarrollo de la enfermedad es más agresivo en días con alta humedad relativa por neblinas espesas en la mañana y tarde.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 1. Mapa de ubicación finca Andares, Potrero Carrillo, Jalapa.

#### **2.4. Antecedentes de complejo de ascochyta en finca Andares**

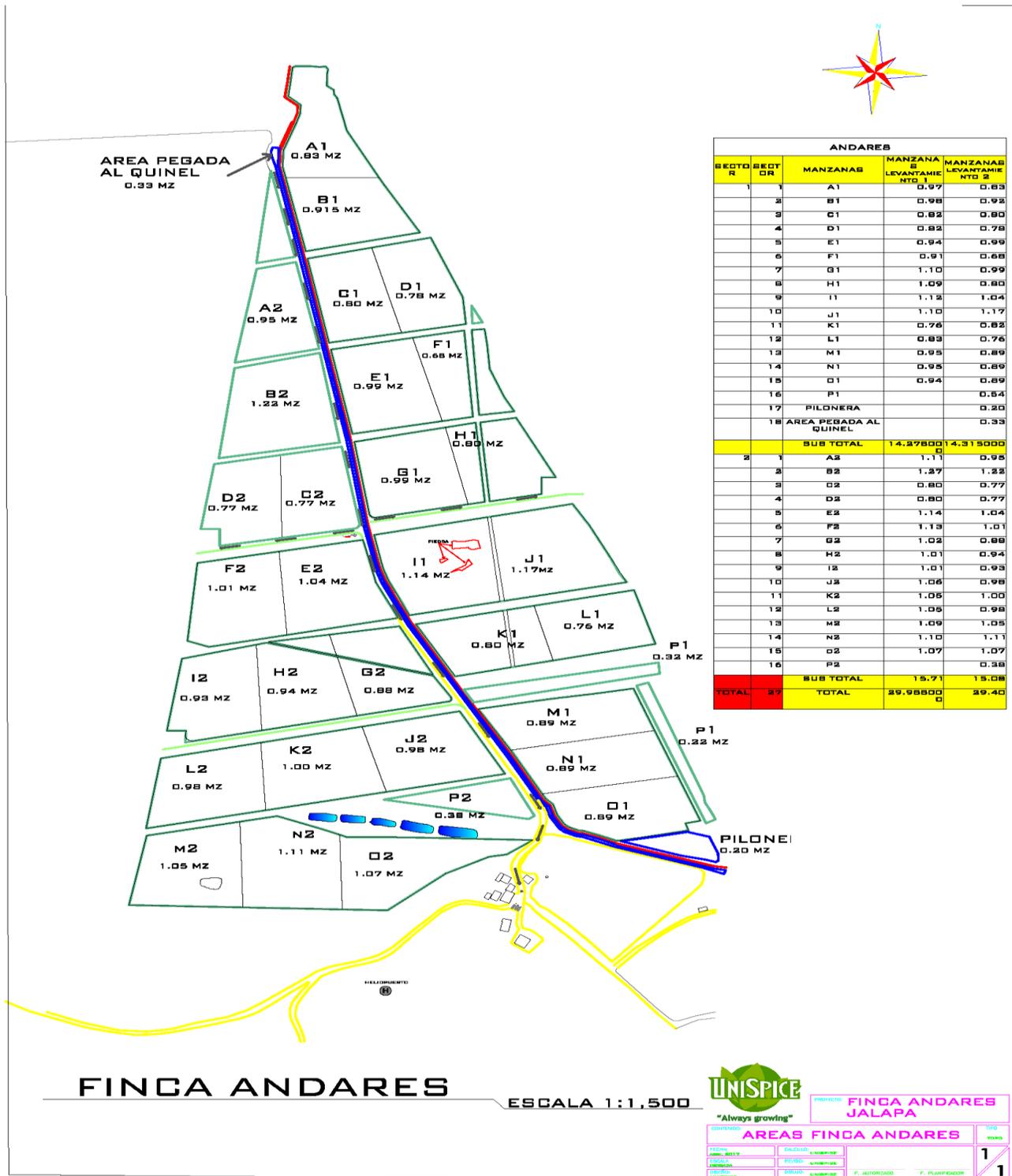
Según la experiencia del personal técnico de producción de finca Andares, existen varios factores que propician el desarrollo de complejo de ascochyta todos vinculados con las condiciones climáticas particulares de la región estas son lluvias intensas, alta humedad relativa bajas temperaturas, y el rocío de la mañana. Según el personal técnico, el desarrollo de la enfermedad es más agresivo en días con alta humedad relativa por neblinas espesas en la mañana y tarde.

#### **2.5. Antecedentes de presencia del tizón de ascochyta e investigaciones de control sobre esta enfermedad**

Existen varias investigaciones sobre esta enfermedad en el país, cabe resaltar la investigación hecha por el Ministerio de Agricultura y Ganadería realizada en conjunto con el CATIE, en los años de 1991 y 1992. Dicha investigación tiene como nombre: manejo integrado de plagas en arveja china, y destaca como la enfermedad de mayor importancia en el cultivo de arveja el complejo de ascochyta ya que a los productores se les dificulta el control, también realizaron estudios para la detección de microorganismos patógenos en el cultivo de arveja china, el análisis de laboratorio de muestras de cultivos que presentaban síntomas del complejo de ascochyta, resultante del análisis se identificaron *Ascochyta pisi*, *A. pinodella* y *M. pinodes* (García Chiu, Calderón, & Álvarez, 1993).

#### **2.6. Identificación de las áreas de trabajo**

La figura 2 muestra el área de trabajo la cual se utiliza para la producción agrícola, esta cuenta con una extensión de 30 manzanas las cuales están divididas en parcelas aproximadamente de 1 manzana, teniendo 30 parcelas utilizadas para la producción agrícola, cada parcela está identificada con una letra del abecedario, y número que indica el sector al cual pertenece, cabe mencionar que existe dos sectores (1) derecha y (2) izquierda. Finca Andares cuenta con un quinel principal el cual tiene 1.5 km de longitud y 1.80 m de profundidad.



Fuente: Unispice, 2017.

Figura 2. Mapa de Finca Andares.

## 2.7. Estructura organizacional del departamento agrícola Unispice.

En la figura 3, se observa la estructura organizacional del departamento agrícola en fincas.



Fuente: Unispice, 2018.

Figura 3. Muestra de estructura organizacional.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

Conocer el estado actual de finca Andares relacionado a la producción agrícola de arveja dulce y china.

#### **3.2. Objetivos específicos**

1. Conocer los distintos procesos productivos los cuales componen los sistemas productivos de finca Andares.
2. Determinar las principales problemáticas que tienen en la producción del cultivo de arveja china y dulce.

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1. (Conocer el estado actual de finca Andares relacionado a la producción agrícola de arveja dulce y china).**

Se hizo varios recorridos por la finca, transepto en las distintas parcelas de producción, con el fin de poder recopilar información primaria del lugar. Se les realizó una serie de preguntas no mayor a cinco las cuales eran sobre el manejo del cultivo agronómico (plagas, enfermedades, suelo entre otras.) se les cuestiono de cuáles eran las problemáticas más importantes las cuales ellos visualizaban en el lugar.

#### **4.1.1. Observaciones y análisis de los distintos procesos productivos agrícolas (Conocer los distintos procesos productivos los cuales componen los sistemas productivos de finca Andares).**

Se establecieron diálogos directos con el personal de labores diarias, encargado de supervisar actividades, técnicos de producción y administrador de finca. Se realizaron observación y anotaciones importantes sobre la mayoría de parcelas activas en la finca.

Se solicitó al ingeniero encargado de administrar la finca un mapa de la finca en la cual estuviera detallado cada parcela dentro de la finca.

#### **4.1.2. Entrevistas personales para identificar las problemáticas**

Para la realización de este tipo de actividades se enfocaron principalmente las consultas con el personal técnico producción de la finca, el administrador y personal de labores diarias, de manera que se contara con toda la información que manejan tanto el administrador de finca, como el personal de campo basándose en sus conocimientos técnicos y la experiencia adquirida.

#### **4.2. priorización de problemáticas (Determinar las principales problemáticas que tienen en la producción del cultivo de arveja china y dulce.**

Es una técnica participativa que ayuda a desarrollar ideas creativas para identificar el problema y organizar la información recolectada, generando un modelo de relaciones causales que lo explican.

Esta técnica facilita la identificación y organización de las causas y consecuencias de un problema. Por tanto, es complementaria y no sustituye, a la información de base. El tronco del árbol es el problema central, las raíces son las causas y la copa los efectos. La lógica es que cada problema es consecuencia de los que aparecen debajo de él y, a su vez, es causante de los que están encima, reflejando la interrelación entre causas y efectos.

#### **Questionario para personal de campo**

1. ¿Considera usted que las variedades cultivadas de arveja china y dulce presentan cierto grado de tolerancia hacia alguna plaga o enfermedad?
2. ¿Considera que el sistema de siembra es la correcta para los cultivos de arveja china y dulce?
3. ¿Considera que las aplicaciones con bombas motorizadas son realmente eficientes para el control de plagas y enfermedades?
4. ¿Para usted cuales son las plagas que más daño causan a los cultivos?
5. ¿Para usted cuales son las enfermedades más importantes, que dañan a los cultivos de esta finca?
6. ¿Usted cree que el riego que se le aplica a los cultivos es suficiente o se le aplica en exceso a la planta?
7. ¿Usted cree que la fertilización que le proporciona a los cultivos es buena?

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Análisis de la información del manejo agronómico de los cultivos de arveja china y dulce en finca Andares.

En el cuadro 1, se presentan los distintos procesos productivos para la producción de arveja china y dulce.

Cuadro 1. Procesos de producción de arveja.

Actividad	Descripción
Mecanización de suelo	Se utiliza rastra, esta es introducida al suelo a una profundidad 20 cm. Esta actividad se realiza dos veces regularmente. Posteriormente se realizan los surco utilizando una surqueadora, cada surco con dimensiones de 35 cm de ancho y espacio entre surco 1.10 m de distancia.
Fertilización base	Se realiza una fertilización en franjas, utilizando 18-46-00 DAP, utilizando 11 qq/ha, 15 qq de 15-15-15 y 18 qq de fertilizante orgánica Humita 15
Cinta de goteo.	Esta cinta es colocada en línea recta procurando establecerla lo más recta posible, antes de sembrar se realiza pruebas de riego para observar si todos los emisores realmente emiten agua o algunos están tapados. Ya que esta manguera se utiliza hasta por tres ciclos de cultivo.
Variedades de arveja utilizadas.	Se siembran dos cultivares arveja china y dulce, para china se siembra Kennedy y milagro y para dulce SL y Zafiro.
Siembra	La siembra se realiza colocando 2 semillas por postura, cada 10 cm entre cada postura, esta se realiza en forma lineal y no en tres bolillos, la semilla es introducida en el suelo a una profundidad de 8 cm. Para la siembra se utilizan aproximadamente 35 lb de semilla por manzana.
Riego	Esta actividad es realizada, utilizando como indicadores de la cantidad de agua que existen el suelo dispositivos denominados tensiómetros los cuales, determinan capacidad de campo y punto de marchitez permanente. Para el tiempo de riego este lo hacen utilizando criterio propio.
Manejo Agronómico	El manejo agronómico dado a las plantaciones está a cargo de los técnicos de producción y el administrador de la finca. Esto incluye fertilización secundaria vía foliar, manejo de plagas y enfermedades.
Prácticas culturales	Se realizan actividades como la colocación de estacas cada 3 m a 4 m de distancia ya que esta servirá como soporte para el tutor que sostendrá a la planta cuando esté creciendo, a lo largo del ciclo se colocan tres, tutores a distintas alturas de la planta.
Cosecha	La cosecha se realiza aproximadamente a los 90 días después de siembra DDS, tomando vainas cosechables aquellas que ya tiene por lo menos 6 cm de longitud, a la plantación se realizan entre 8 a 12 corte y puede durar hasta un mes la cosecha de una parcela.

### **5.1.1. Principales plagas y enfermedades en arveja china y dulce**

#### **A. Plagas**

Entre las plagas de importancia económica y de la cual es necesaria realizar control, estas los tripidos, del orden Thysanoptera, estos insectos atacan a la planta desde los primeros días después de haber emergido la plantuala, el mayor daño lo realizan a la vaina, ovipositando en ellas, causando manchas blancas y manchas verdes, en forma de protuberancias causadas por la raspadura utilizando su aparato bucal, esta plaga es más agresiva en arveja dulce, que en china y se ha observado un cierto grado de tolerancia en arveja china variedad Kennedy.

La otra plaga conocida como pulgón, también considerada de importancia económica, esta plaga daña el área foliar de la planta en etapas iniciales del cultivo, esta plaga resulta relativamente fácil de controlar para el equipo técnico.

#### **B. Enfermedades**

En las plantaciones de finca Andares existen dos enfermedades principales, Fusarium y Ascochyta, Fusarium afecta a la planta en etapas iniciales de la plantación desde los 8 días después de siembra hasta los 25 días después de siembra, después de este periodo la planta muere por la infección de fusarium provocando pudrición de tallo y muerte de la planta, esta enfermedad es controlada eficientemente por el equipo técnico.

El tizón de ascochyta, enfermedad que ataca a la planta aproximadamente a 20 días después de siembra hasta su cosecha, esta enfermedad ataca las hojas más viejas y la zona baja de la planta ascendiendo hasta hojas más jóvenes en la parte superior de la planta, esta enfermedad generalmente no mata a la planta pero merma su capacidad fotosintética reduciendo la síntesis de azúcares que más tarde ser transportado a los frutos, de esta manera reduciendo los rendimientos, esta enfermedad es difícil de controlar para el equipo técnico y es igual de agresiva para arveja china como dulce y no se ha observado ningún tipo de tolerancia por ningún tipo de variedad cultivada.

## 5.1.2. Manejo agronómico para los cultivos de arveja china y dulce

### A. Manejo de enfermedades

Para el manejo de *Fusarium* spp., es utilizado Iprodione, este es aplicado al suelo utilizando el sistema de riego, la dosis utilizada es de 700 cm<sup>3</sup>/ ha, este se aplica 4 días después de siembra (DDS) cuando la plántula aún no ha emergido, si esta aplicación no es lo suficientemente eficiente, es utilizado Bellis (pyroclostrobin + boscalid) utilizando dosis de 200 g/200 L.

Para el tizón de ascochyta se utiliza una serie de fungicidas, primero es Ernesto flux (penflufen + imidacloprid), utilizando para desinfectar semilla, la dosis utilizada es de 5 cm<sup>3</sup>/lb de semilla a desinfectar, se utilizan otros fungicidas como Amistar (azoxystrobin) 120 g/200 L, Amistar opti (azoxystrobin + clorotalonil) 200 cm<sup>3</sup>/200 L y Bellis (pyroclostrobin + azoxystrobin), cabe destacar que se realizan hasta 18 aplicaciones que incluyen los productos antes mencionados contra esta enfermedad por ciclo de cultivo. Es realmente importante mencionar las restricciones de uso de algunos fungicidas, ya que si estos fungicidas son utilizados se corre el riesgo que la finca pierda sus certificaciones, algunos de estos fungicidas prohibidos son los pertenecientes a la familia de los Triazoles, Azoles y sus derivados.

### B. Manejo de plagas

Para el manejo del pulgón (*Acyrtosiphon pisum*) se utiliza Karate zeon 1.5 CS (lambda cihalotrin) utilizando 250 cm<sup>3</sup>/200 L, regularmente esta aplicación se hace como estrategia preventiva y erradicante la cual resulta suficiente para realizar un control eficiente de la plaga, esta plaga se manifiesta en etapas tempranas del cultivo y básicamente el manejo de esta plaga resulta relativamente sencillo para el equipo técnico.

Para el manejo de trips se utiliza una serie de insecticidas, dependiendo de la población de plaga y la fenología del cultivo, si desde etapas tempranas se presenta la plaga en la planta se utiliza Karate zeon 1.5 CS (lambda cihalotrin), utilizando 250 cm<sup>3</sup>/200 L, posteriormente se utiliza Dimetoato 40 EC (dimetoato), utilizando 200 cm<sup>3</sup>/200 L, este es uno de los insecticidas utilizados solo en la etapa vegetativa y nunca en floración o fructificación por el límite máxima de residuos permitidos. En etapa de floración se utiliza Spinoace 12 SC

(spinosad) utilizando dosis de 150 cm<sup>3</sup>a 25 cm<sup>3</sup> por tonel de 200 L de agua, en esta etapa también se utiliza Karate Zeon, Espinoteram 5.87 SC (spinoteram), Mustang max 12 EC (zeta-cipermertrina) utilizando una dosis de 500 cm<sup>3</sup>/200 L. Estos son los insecticidas más utilizados para el control de esta plaga.

### **C. Riego**

El riego en finca Andares, se realiza uniformemente para arveja china y dulce, el sistema de riego es por goteo, y generalmente la frecuencia de riego es de un 1 día y el tiempo de riego es de 1 hora realizando dos riegos en el día, esto se determina con la ayuda de dispositivos llamados tensiómetros estos dispositivos se introducen el suelo, usualmente existe un tensiómetro por manzana y son cambiados durante el ciclo de cultivo ya que poseen una espiga de diferente longitud para ser cambiados durante el crecimiento del sistema radicular de la planta. Estos dispositivos son monitoreados una vez al día alrededor de las 4 de la tarde se monitorea todos los tensiómetros en todas las parcelas para determinar si es necesario regar en alguna parcela o todas las parcelas. El parámetro de decisión es la lectura que se realiza la cual indica de manera relativa la disponibilidad de agua por parte de las raíces de nuestro cultivo esta es medida por el tensiómetro en presión (centibares), si la presión se encuentra en el rango de 0 cb – 10 cb, quiere decir que el suelo está saturado y no es necesario regar esa parcela, si se encuentra en el rango de 10 cb – 25 cb, el suelo se encuentra en capacidad de campo, pero si la lectura se encuentra en el rango de 25 cb – 40 cb, es necesario regar la parcela. Esta actividad no se realiza tomando cuenta la necesidad hídrica de la planta intrínseca de su fisiología, ni de las condiciones climáticas propias de la región ni la capacidad de retención de agua del suelo correspondiente a su granulometría.

### **D. Nutrición**

Se realiza una fertilización en franjas, utilizando 18-46-00 DAP, utilizando 11 qq/ha, 15 qq de 15-15-15 y 18 qq de fertilizante orgánica Humita 15 por hectárea. Esta se realiza 2 días antes de la siembra, durante el ciclo de cultivo se aplican macro y micro elementos vía foliar.

## 5.2. Árbol de problemas

### 5.2.1. Plaga insectil “tripidos”

En la figura 4, se muestra el problema central, las causas que originan la problemática y sus efectos hacia el sistema de producción.

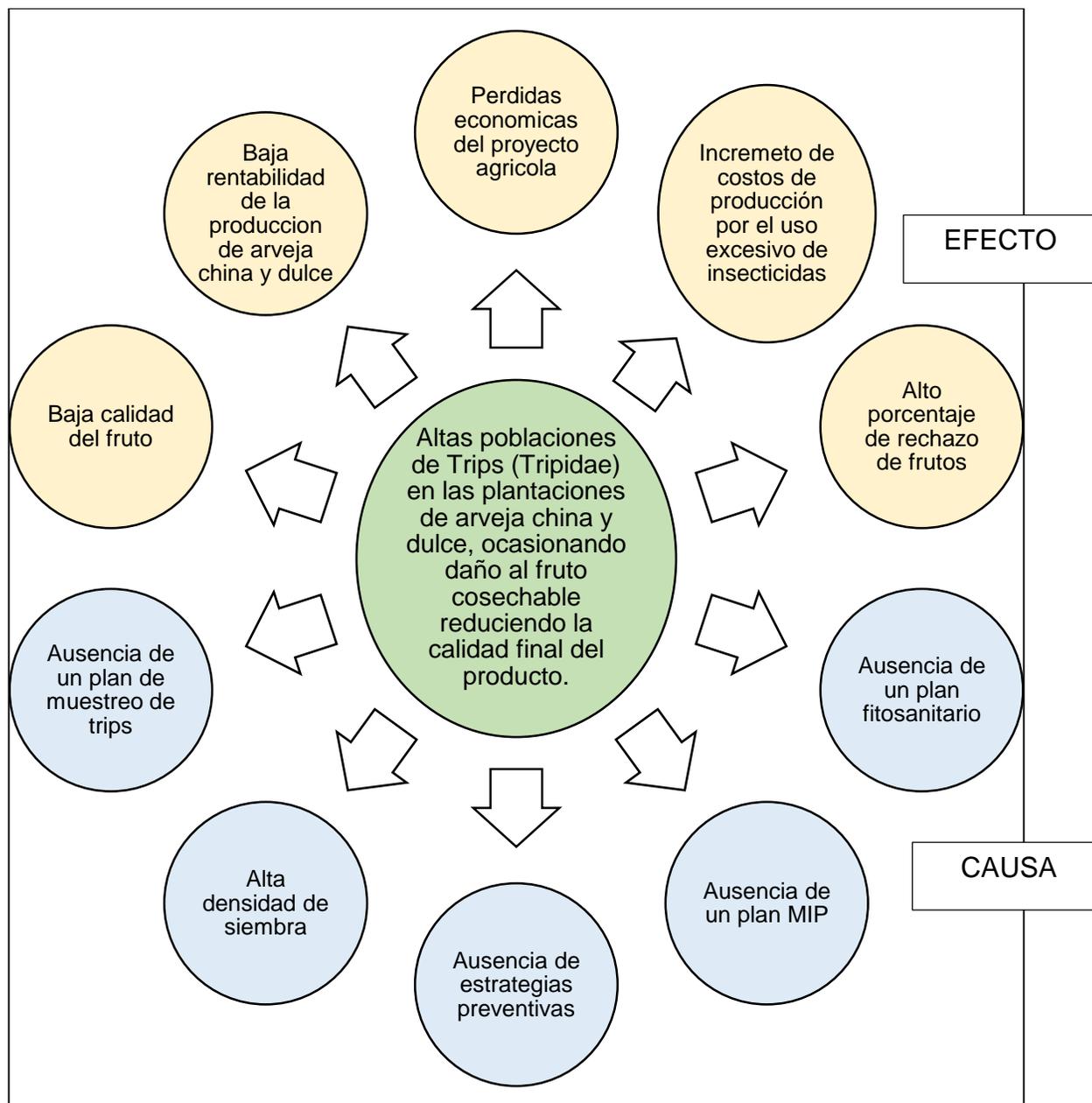


Figura 4. Árbol de problemas de la plaga insectil trips.

En la figura 4, se muestra el árbol problemas para la plaga insectil trips, el cual es problema central este consiste en altas poblaciones de trips en las plantaciones de arveja china y dulce, el insecto se encuentra introducido dentro de la flor teniendo hasta 12 trips por flor.

La alta densidad poblacional de este insecto se debe a la falta de personal dedicado única y exclusivamente para el monitoreo de plagas insectiles como los trips, estos monitores se deben realizar por lo menos cada 2 días para tener un control de la población de trips, también existe una alta densidad de siembra, esto hace que la dinámica población de la plaga se acelere y por ende aumente el número de insectos por planta y flor

No existe un plan piloto para el manejo integrado de la plaga, ausencia de estrategias preventivas, careciendo de la integración de componentes biológicos, químicos, culturales, varietales (estrategia de control y plaguicidas) y componentes biológicos y ecológicos (plaga) ni programa fitosanitario exclusivo para dicha plaga lo cual es necesario por la gravedad de daño que esta plaga ocasiona a los frutos cosechables (vainas).

Estos factores hacen el control de esta plaga sumamente difícil provocando altas densidades poblaciones de trips para reducir las poblaciones se realizan aplicaciones excesivas hasta 5 a 6 por semana utilizando insecticidas repetitivos en cuanto ingrediente activo y modo de acción siendo ineficientes para el control de la plaga, aumentando los costos de producción en insumo y mano de obra.

Esto ocasiona baja calidad de fruto, esto se debe a que el insecto provoca protuberancias de color verde oscuro ocasionadas por raspaduras de su aparato bucal, también provocan manchas blancas debido a que estos insectos ovipositan dentro del tejido vegetal de los frutos, estas dos manchas reducen drásticamente la calidad del fruto volviéndose completamente inservible para el mercado internacional y local. Para realizar un control más eficiente de trips es necesario establecer una estrategia de muestreo incluyendo método espacial de muestreo unidad de muestreo y frecuencia de muestreo, plan piloto de manejo integrado de plagas incluyendo los componentes antes mencionados.

### 5.2.2. Enfermedad, tizón de ascochyta

En la figura 5, se observa el problema central el cual es el tizón de ascochyta, las causas que originan la problemática y sus efectos sobre la producción agrícola de los cultivos.

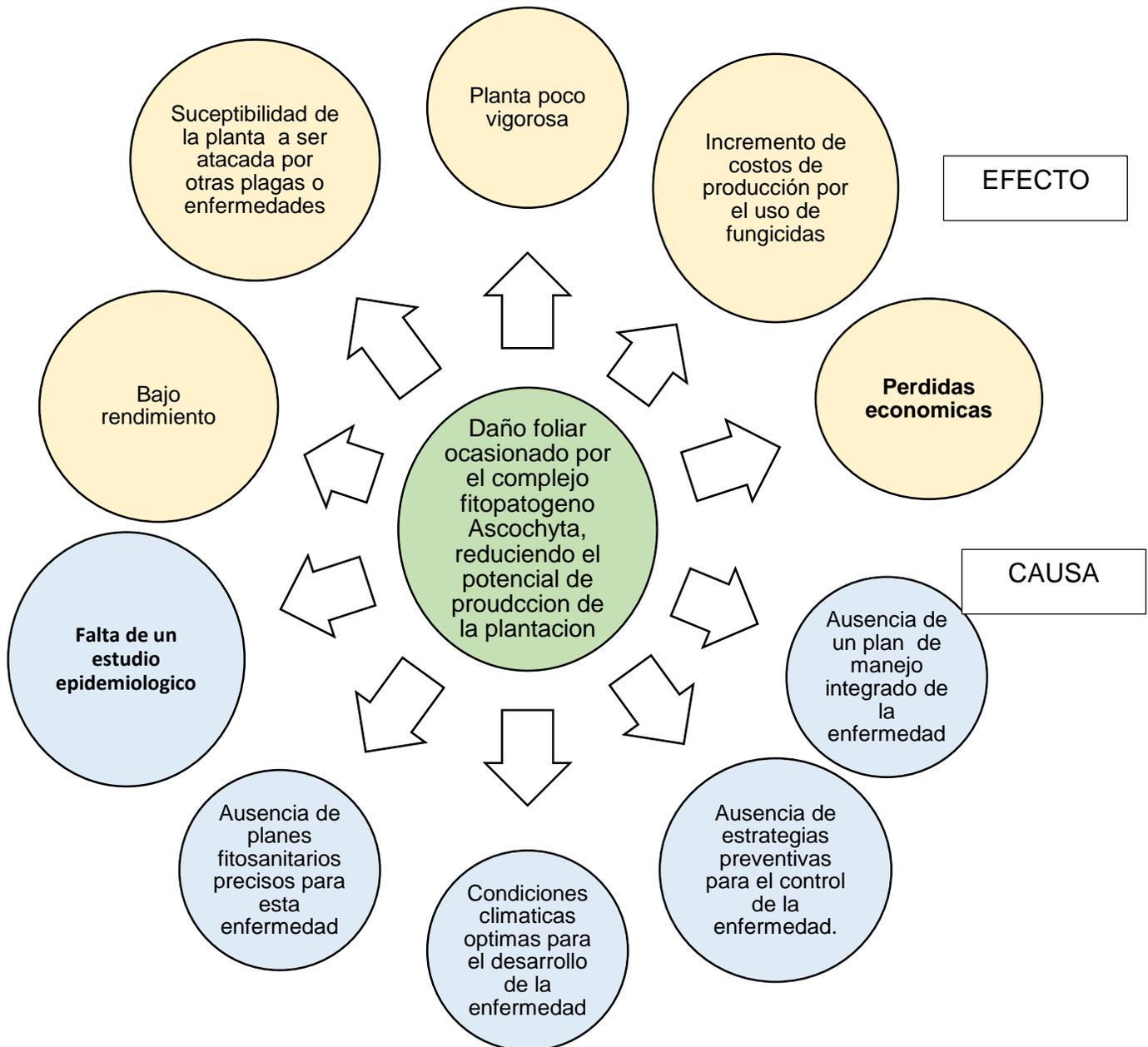


Figura 5. Árbol de problemas para la enfermedad de tizón de ascochyta.

En la figura 5, se muestra el árbol problemas para la enfermedad tizón de ascochyta, el cual es el problema central este consiste en el daño foliar ocasionado por el complejo de ascochyta, existiendo una alta incidencia en la población de plantas hasta 100% de la población y hasta un 60 % de daño foliar (severidad) ocasionado por el patógeno.

Los altos porcentajes de daño foliar (severidad) causados por el complejo de ascochyta, es debido a una serie de factores que juntos hacen susceptibles al sistema de producción agrícola de arveja china y dulce. Las condiciones climáticas favorables es uno de los factores más importantes para el desarrollo de esta enfermedad, en Potrero Carrillo se registran lluvias de 1,300 mm anuales, 85 % de humedad relativa según INSIVUMEH (2012), estas condiciones climáticas generan un microclima idóneo para el desarrollo y reproducción del patógeno acelerando su dispersión dentro de la población de plantas de los cultivos.

Los programas de pulverización y estrategias de control específicos para el manejo de una enfermedad con un agente causal en específico puede ser de suma utilidad para un control eficiente, tomando en cuenta la biología del patógeno y la selectividad de fungicidas específicamente diseñados para patógenos de cierto tipo de biología y ecología, para esta enfermedad en finca Andares no existe ningún programa de pulverización y estrategias de control que hayan sido diseñadas específicamente para el control del agente causal de esta enfermedad, utilizando fungicidas de forma desmedida, sin ningún tipo de estrategia preventiva o curativa, si tomar en cuenta la selectividad el fungicida ni la biología y ecología del patógeno, haciendo que las aplicaciones de estos plaguicidas sean muy ineficiente y en algunos casos hasta nula por el hecho de ser fungicidas que no contralan a los patógenos que constituyen el complejo de ascochyta.

La cuantificación y monitoreo de la enfermedad en campo es una actividad ausente dentro las actividades fitosanitarias del equipo técnico de producción, lo cual no permite llevar un registro histórico del comportamiento epidemiológico de la enfermedad. Estos factores estimulan el desarrollo de la enfermedad causando plantas poco vigorosas, reduciendo su potencial productivo, elevando el uso de fungicidas y mano de obra aumentando los costos de producción.

## 6. CONCLUSIONES

1. Todos los procesos de producción de arveja china y dulce están estandarizados, organizados y poseen la característica de poseer alta trazabilidad por lo tanto el uso responsable y racional de plaguicidas agrícolas y la implementación de buenas prácticas agrícolas están completamente garantizadas.
2. Las producciones de arveja china y dulce de finca andares son severamente dañadas por la plaga insectil denominada trips, ya que no existen ningún plan manejo integrado.
3. Para el manejo de la enfermedad tizón de ascochyta es necesario crear un plan de pulverización que permita realizar un manejo eficiente e integrado de la enfermedad.

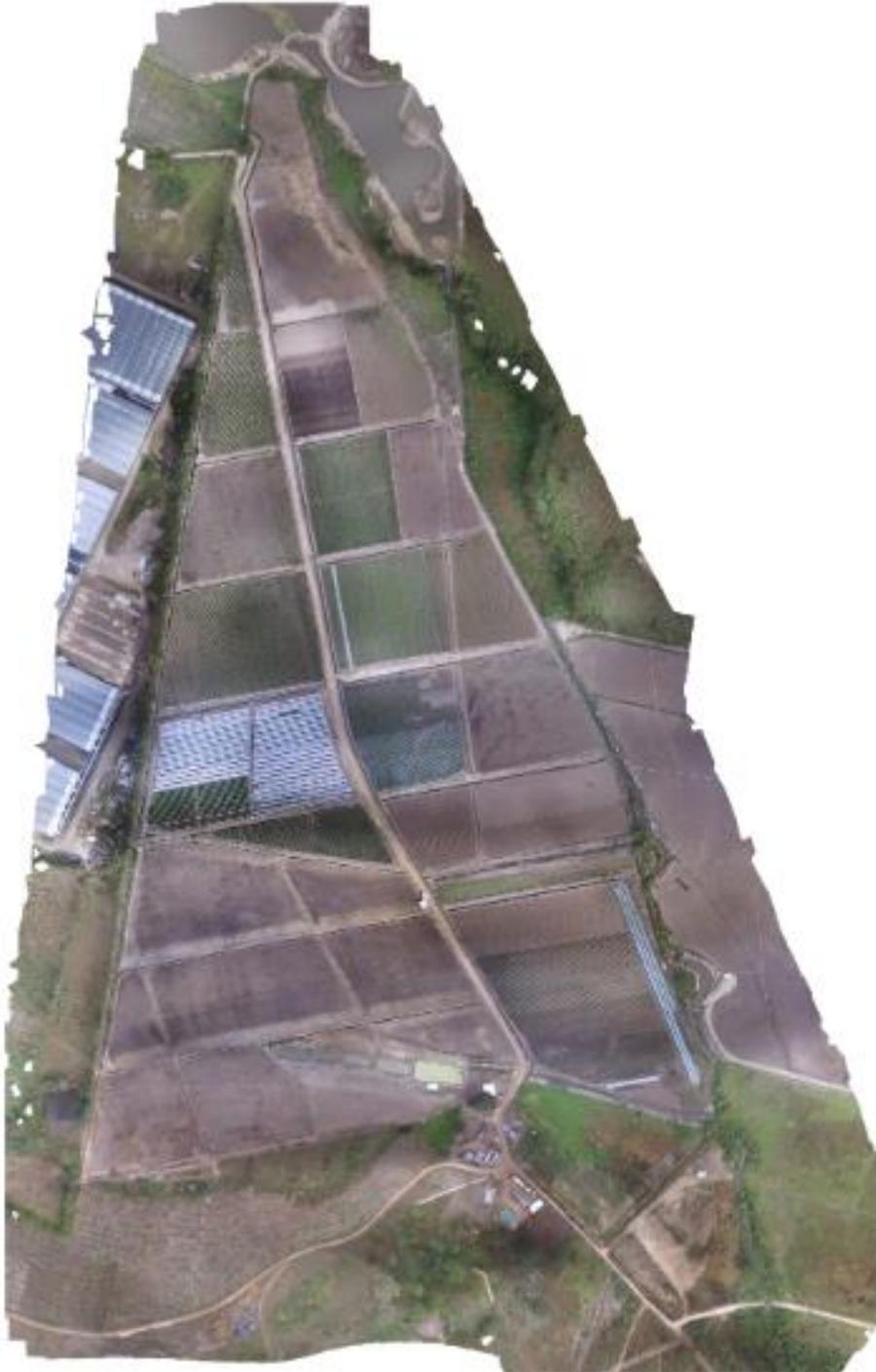
## 7. RECOMENDACIONES

1. Realizar evaluaciones de fungicidas específicos para el manejo del tizón de ascochyta utilizando como criterios de selección la biología y ecología de los agentes patógenos causales de la enfermedad.
2. Elaborar planes de pulverización para el manejo del tizón de ascochyta, en el cual pueden ser incluidos componentes biológicos, así ser estos un punto de partida para empezar a realizar un manejo integrado de la enfermedad.
3. Realizar un estudio de la demanda hídrica de la planta, así como un análisis de suelo con fines de riego, para determinar la cantidad de agua que la planta necesita para llevar a cabo todas sus necesidades metabólicas y no exista ningún tipo de desperdicio del recurso hídrico.
4. Organizar al equipo técnico de la finca para la elaboración de un plan de monitoreo de campo de plagas, especialmente de trips, de esta forma tener un control preciso de las poblaciones de plagas en las plantaciones.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- García Chiu, E., Calderón, E., & Álvarez, G. (1993). *Manejo integrado de plagas en arveja china*. (R. Fisher, D. Dardón, & V. Salguero Navas, Eds.). Guatemala: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza / Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Recuperado de [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2975/Manejo\\_integrado\\_de\\_plagas\\_en\\_arveja\\_china.pdf;jsessionid=D6168975F19C148711987EE73BEF9F68?sequence=1](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2975/Manejo_integrado_de_plagas_en_arveja_china.pdf;jsessionid=D6168975F19C148711987EE73BEF9F68?sequence=1)
- Martínez, R., & Fernández, A. (2016). *Metodologías e instrumentos para la formulación, evaluación y monitoreo de programas sociales, árbol de problema y área de intervención*. Recuperado de [http://recursos.salonesvirtuales.com/assets/bloques/martinez\\_rodrigo.pdf](http://recursos.salonesvirtuales.com/assets/bloques/martinez_rodrigo.pdf)
- Vega Orellana, M. R. (2014). *Proceso de extracción y beneficiado de semilla híbrida de chile pimienta (Capsicum annuum L.) para exportación en la empresa HFT SEEDSERVICES S.A., Potrero Carrillo, Jalapa. (Tesis Ing. Agr.)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.

## 9. ANEXOS



Fuente: Unispice, 2018.

Figura 6A. Vista área de finca Andares.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 7A. Vainas de arveja dulce completamente dañada por el tizón de ascochyta.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 8A. Daños causados por el tizón de ascochyta a la cosecha de arveja china.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 9A. Trips en arveja china, después de aplicaciones nocturnas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 10A. Trips en arveja dulce, muertos después de aplicaciones nocturnas.

**CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS FITOSANITARIOS PARA EL MANEJO DEL COMPLEJO DE ASCOCHYTA EN EL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L. var. *Milagro*) EN LA FINCA ANDARES, POTRERO CARRILLO, JALAPA, GUATEMALA, C.A.**

**EVALUATION OF FOUR PHYTOSANITARY PROGRAMS FOR THE MANAGEMENT OF THE ASCOCHYTA COMPLEX IN THE CROP OF PEA (*Pisum sativum* L. var. *Milagro*) AT THE FINCA ANDARES, POTRERO CARRILLO, JALAPA, GUATEMALA, C.A.**



## 1. PRESENTACIÓN

El cultivo de arveja china es de gran importancia en Guatemala, se estiman más de 4,500 mz destinadas a la producción de esta leguminosa (MAGA, 2013). El producto debe cumplir estándares de calidad y sobre todo de seguridad para el consumidor final; tomando en cuenta: residuos de pesticidas, asegurándose no solo la ausencia de productos prohibidos.

Existe una serie de factores que influyen en la calidad del producto y rendimiento, de suma importancia son las enfermedades fungosas, específicamente para las plantaciones de arveja china de finca Andares, estas son afectadas por el complejo de ascochyta, que daña el tejido foliar de la planta empezando de hojas viejas y sucesivamente a hojas más jóvenes.

La infección empieza con el estado perfecto (*Micosphaerella pinodes*) el cual sobrevive en rastrojos de plantaciones anteriores por su cualidad de saprofito facultativo; luego se forman picnidios del estado asexual o imperfecto (*Ascochyta* sp.) maduran y liberan esporas que infectan el nuevo cultivo, producen tubos germinativos que penetran el tejido vegetal a través de la cutícula; posteriormente, ocurre la infección de (*Ascochyta pinodella* y *Ascochyta pisi*), el inóculo es transmitido por salpicadura de agua y por el viento, esta daña principalmente la raíz. En *A. pisi*, el inóculo primario es transmitido por el viento y salpicadura de agua, esta no daña la base la planta sino a hojas jóvenes causando antracnosis, sin causar ningún tipo de pudrición.

El ataque sistémico de este complejo de patógenos, causan la muerte del tejido vegetal en tallos, hojas y raíces generando una disminución de la actividad fotosintética de la planta y por consiguiente una disminución de la producción generando hasta un 45 % de daño foliar al cultivo reduciendo el rendimiento del mismo.

Esto se debe a que existen condiciones climáticas favorables para el desarrollo de la enfermedad, en Potrero Carrillo se registra lluvias de 1,300 mm anuales, 85 % de humedad relativa según INSIVUMEH (2012). Además de no poseer ninguna estrategia solida de uso de fungicidas para el manejo de esta enfermedad.

Por lo tanto para reducir el daño foliar y realizar un manejo eficiente de la enfermedad, se realizó la evaluación de cuatro programas fitosanitarios los cuales por lo menos alguno de

ellos permita reducir el daño foliar al cultivo y reducir la disminución de los rendimientos en el cultivo, en dicha evaluación se determinaron dos tratamientos T3 y T4 estadísticamente iguales de eficaces y eficientes para el manejo del complejo de ascochyta, además de presentar las tasas de infecciones más bajas respecto a los demás tratamientos, contienen componentes biológicos como (*Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum*), químicos y una estrategia en el uso de fungicida alternando grupo químico, modo de acción e ingrediente activo.

Evitando así el uso excesivo de fungicidas como las Estrobilurinas reduciendo el riesgo de generar resistencia, realizando un manejo integrado, y aunque los dos tratamientos son estadísticamente iguales de eficaces y eficientes para el manejo de la enfermedad, el tratamiento 4 (*Bacillus subtilis*, clorotalonil, azoxystrobin, terpenos, boscalid, fosfito de calcio, sulfato de cobre pentahidratado), provoca la menor tasa de incremento de la enfermedad, expresa así mayor eficiencia; a pesar de producir menos que el tres, resulta ser el más económico.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Marco Conceptual

#### 2.1.1. Cultivo de la arveja china (*Pisum sativum*)

La arveja china, es una leguminosa originaria del mediterráneo y África occidental, el consumo de esta legumbre es preferida en vaina, esta posee 5 etapas fenológicas que dan inicio con la germinación, desarrollo vegetativo, etapa reproductiva con la brotación de yemas florales, posteriormente con la fecundación de la flor que da origen a la vaina como fruto (Calderón Bran, Dardón Avila, Márquez Hernández, & Del Cid Mazariegos, 2000).

#### A. Clasificación botánica

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Pisum*

Especie: *sativum*

Fuente: (Calderón Bran *et al.*, 2000)

#### 2.1.2. Fenología del cultivo

Para consumo en vaina de arveja china, la planta debe pasar por cinco etapas fenológicas, que inician con la germinación, emergencia, para luego pasar por el desarrollo vegetativo, al terminar la etapa vegetativa da inicio la etapa de floración y posteriormente fructificación y cosecha de la vaina (Sánchez & Sandóval, 2005).

## **A. Germinación y emergencia**

Después de la siembra de la semilla, esta empieza a absorber agua a través de la testa y el micrópilo, aumentando gradualmente el tamaño. Esta etapa puede ser dividida en dos fases:

- a) Rápida captación de agua que se completa aproximadamente en 2 días y en que la semilla aumenta significativamente de volumen.
  
- b) Baja tasa de captación de agua e incremento en la actividad metabólica de la semilla.

Utilizando vías enzimáticas, parte del material de reserva de los cotiledones va quedando progresivamente disponible para el crecimiento del eje embrionario, dicho crecimiento determina la aparición de la radícula y 1 o 2 días después, la aparición inicial de la plúmula; ésta, al asomar por entre los cotiledones, lo hace en forma curva, protegiendo de esta manera el ápice del brote contra un posible daño, luego, hacia el final de su crecimiento, la plúmula va enderezándose gradualmente hasta lograr la emergencia (Borja, Burbano, Caamaño, & Canavides, 2001).

La germinación empieza al cuarto día de la siembra; aparecen el hipocótilo y la radícula que empiezan a crecer el primero hacia la superficie del suelo y el otro en sentido contrario según Puga (1992) citado por Vaca Patiño (2007). La germinación es hipogea con la particularidad de que sus cotiledones no salen a la superficie debido a que el hipocótilo no se alarga según Parra (2004) citado por Vaca Patiño (2007).

Como dato promedio la emergencia de una plántula se da los 5 días después de la siembra (Calderón Bran *et al.*, 2000).

## **B. Desarrollo vegetativo**

En esta etapa, se produce el tallo, ramificaciones, las hojas con sus respectivos zarcillos y estípulas. Además es importante donde ocurre la nodulación a nivel radical, para asegurar un crecimiento óptimo para soportar el peso de las vainas (Borja *et al.*, 2001).

Cabe destacar que el tiempo en el cual lleven a cabo el desarrollo vegetativo, depende del hábito de crecimiento, enana o gigante, en variedades de arveja enana dura alrededor de 50 a 55 días después de siembra y en variedades gigantes, 60 días (Calderón Bran *et al.*, 2000).

### **C. Inicio de la floración y cosecha**

En las variedades enanas la floración se inicia a los 55 días con una duración de 30 días y en las gigantes a los 60 días y dura 50 días. Las vainas se cosechan constantemente y paralela a ésta, la planta sigue en floreciendo. Desde el momento de la floración hasta que la vaina esta lista para cosecharla, transcurren de 9 a 11 días (Calderón Bran *et al.*, 2000).

## **2.1.3. Características de la planta de arveja china**

### **A. Tallo principal**

Es hueco y muy delgado en la base, va engrosándose progresivamente hacia la parte alta; dependiendo de la precocidad del cultivar, puede emitir desde 6 hasta más de 20 nudos vegetativos por planta. El tallo principal puede alcanzar en definitiva una longitud de 0.5 m a 0.75 m en los cultivares precoces y de 0.8 m a 1.2 m en los cultivares semitardíos (Borja *et al.*, 2001).

### **B. Ramas**

La ramificación es semicompacta, compacta o muy compacta dependiendo del cultivar la cual tienen una tendencia a ramificar basalmente a partir de los primeros dos nudos, que son aquellos en que se desarrollan las brácteas trifidas también de la fertilidad del suelo, del abastecimiento hídrico y de la densidad de población (Borja *et al.*, 2001).

### **C. Hojas**

Cada hoja se compone de un pecíolo, de un raquis, de uno, dos o tres pares de folíolos, y de uno a cinco zarcillos. Los zarcillos ayudan a que las plantas se sujeten entre sí, lo que les permite mantener una posición más erecta. Las hojas de los primeros tres a cuatro nudos

aéreos tienen un par de folíolos y pueden o no presentar un zarcillo terminal (Borja *et al.*, 2001).

En el cuarto o quinto nudo, las hojas continúan teniendo un solo par de folíolos, pero aumenta a tres en promedio el número de zarcillos, presentándose dos de ellos insertos lateralmente en el raquis y el tercero en posición terminal (Borja *et al.*, 2001).

#### **D. Flor**

Los botones florales, al formarse, crecen encerrados por las hojas superiores, presentando cinco sépalos totalmente unidos que encierran el resto de la flor, es pequeña de 1 cm a 2 cm, generalmente es blanca, de gineceo unicarpelar. Es una especie autógama y la polinización dura de dos a tres días. La flor de arveja es típica papilionatda, ya que se asemeja a una mariposa cuando los pétalos se desenvuelven, presentando una simetría bilateral (Borja *et al.*, 2001).

Las estructuras presentes en una flor de arveja se describen a continuación:

- a) Pedicelo: une la parte basal de la flor con el pedúnculo; en su base se presenta una bráctea foliácea.
- b) Cáliz: es campanulado, peritagamosépalo, glabro y con dos pequeñas bractéolas en su base.
- c) Corola: está formada por cinco pétalos de color blanco o blanco violáceo; uno de gran tamaño denominado estandarte, encierra a los demás. Otros dos pétalos laterales, que corresponden a las alas, se extienden oblicuamente hacia afuera y se adhieren por el medio a la quilla; ésta, generalmente de color verdoso, se conforma por un par de pétalos: más pequeños fusionados entre sí, los cuales encierran al androceo y al gineceo.
- d) Androceo: es diadelfo, es decir los estambres forman dos grupos. El número de estambres es 10 y los filamentos, nueve de ellos forman un tubo que está abierto en

el lado superior; el décimo estambre, llamado vexilar, y que está libre en una posición más cercana al estandarte, es el primero en liberar polen.

- e) Gineceo: es unicarpelar, curvado, de ovario súpero, unilocular y contiene dos hileras de óvulos que se originan sobre placentas parietales paralelas y adyacentes. El estilo es filiforme y está orientado en ángulo aproximadamente recto con el ovario.

### **E. Inflorescencia**

Corresponde a un racimo axilar largamente pedunculado; en la axila de la hoja de cada nudo reproductivo, y en forma alterna, se desarrolla un racimo floral, el número promedio de flores por racimo o por nudo es una característica genética bastante estable, dos a tres flores por racimo aunque existen cultivares comerciales cuya producción promedio puede alcanzar a cuatro flores (Borja *et al.*, 2001).

### **F. Vaina**

Es una legumbre de 4 cm a 15 cm de longitud y 2 cm de ancho; dependiendo del cultivar y de su posición en la planta, las vainas pueden contener entre 3 y 10 semillas. La vaina es decir el fruto está compuesto por dos valvas que conforman el pericarpio que presentan un ápice agudo o truncado y un pedicelo corto que puede ser recto o curvo (Borja *et al.*, 2001).

### **G. Semilla**

La semilla es exalbuminada, puede ser lisa con gran contenido de hidratos de carbono o rugosa con cotiledones con mayor contenido de glucosa (Borja *et al.*, 2001).

## **2.1.4. Condiciones edafoclimáticas del cultivo**

### **A. Suelo**

La arveja es una especie que requiere suelos de buena estructura, profundos, bien drenados, ricos en nutrientes asimilables y de reacción levemente ácida a neutra según Prado (2008) citado por Carapaz Ayala & Román Pilacuán (2011).

Se adapta a una diversa variedad de suelos como: francos, franco-arcillosos, con excepción de los muy arcillosos, con pendientes que oscilan entre 0 % y 20 %, siendo ésta la máxima. La planta se desarrolla de mejor manera en suelos fértiles, bien encalados, con suficiente contenido de materia orgánica al inicio del cultivo. Es una planta muy sensible a pequeñas variaciones de acidez, por lo que el pH, debe estar entre 5.9 a 6.8. Por lo tanto debe de corregirse la acidez del suelo con aplicaciones de cal agrícola en dosis recomendadas de acuerdo al resultado del análisis de suelo (Borja *et al.*, 2001).

## **B. Clima**

Es un cultivo de clima templado y templado - frío adaptándose a períodos de bajas temperaturas en germinación y primeros estados de crecimiento. La planta detiene su crecimiento cuando las temperaturas empiezan a ser menores a 7 °C según Prado (2008) citado por Carapaz Ayala & Román Pilacuán (2011).

El desarrollo vegetativo tiene su óptimo de crecimiento con temperaturas comprendidas entre los 10 °C y 24 °C, estando el mínimo entre 6 °C y 10 °C y el máximo en más de 35 °C. Si la temperatura es muy elevada el crecimiento vegetativo es excesivo (Borja *et al.* 2001). El cultivo es moderadamente demandante de agua Se desarrolla muy bien en zonas donde el promedio de la precipitación media anual es de 800 mm a 1,200 mm. Es necesario que en el lugar donde se desarrollará el cultivo exista una fuente permanente de agua para riego durante las temporadas de escasez de agua (Borja *et al.*, 2001).

El cultivo se desarrolla con humedades relativas de 0 % - 70 %, humedades relativas demasiado elevadas favorecerá a la aparición de enfermedades, por tanto es necesario mantener el campo lo suficientemente ventilado. Luminosidad lo mínimo requerido es de 1,500 horas-luz año hasta 2,000 horas-luz año, no afectando el desarrollo vegetativo de la planta (Borja *et al.*, 2001).

Al ser una planta de clima fresco, templado y frío estos climas se encuentran en altitudes desde los 1,000 m a 2,400 m s.n.m., por fuera de estos rangos el desarrollo de la planta se ve afectado y por consiguiente el tiempo de cosecha y la producción final (Borja *et al.*, 2001).

## **2.1.5. Manejo agronómico del cultivo**

### **A. Preparación de suelo**

Se debe realizar dos pasos de arado, la profundidad a la cual se debe de arar es de por lo menos 30 cm. Posteriormente a esto se debe realizar el paso de la rastra hasta cuatro veces. La formación o preparación de surcos, se hace uso de la surcadora, haciéndolos a una distancia de 1 m – 1.20 m para variedades enanas, hasta 1 m – 1.25 m para variedades altas (Borja *et al.*, 2001).

### **B. Siembra**

Se recomienda utilizar semilla certificada y tratada con fungicidas e insecticida antes de su siembra, las variedades altas deben sembrarse a distanciamiento entre hileras de 1 m a 1.25 m, depositando en cada postura de 3 a 5 semillas a un distanciamientos de 40 cm a 50 cm, entre postura según INIAP (1997) citado por Carapaz Ayala & Román Pilacuán (2011). En caso de variedades enanas se siembra una semilla cada 2 cm a 6 cm, con distanciamiento entre surco de 1.20 m, aproximadamente la cantidad de semilla para sembrar 1 mz es de 100 lb (Borja *et al.*, 2001).

### **C. Fertilización**

Para realizar una fertilización adecuada, es necesario tomar en cuenta los niveles de salinidad o acidez del suelo, cantidad de nutrientes disponibles en el suelo (análisis químico de suelos) y determinar los tipos de fertilizantes y las dosis que deben ser aplicadas al suelo (Borja *et al.*, 2001). Se recomienda aplicar 4 qq/ha de 18-46-0 al momento de la siembra según Vaca (2011) citado por Carapaz Ayala & Román Pilacuán (2011). Según Borja *et al.*, (2001), recomienda utilizar estiércol de 3 T/ha a 5 T/ha y fertilizante granulado completo (15-15-15), utilizando de 4.5 qq/mz a 6 qq/mz.

### **D. Riego**

El riego es una práctica indispensable para alcanzar altos rendimientos y mejorar la calidad de la vaina y grano, la arveja es un cultivo sensible tanto déficit hídrico o como excesos de

agua, los riegos deben ser ligeros y frecuentes utilizando surcos, nunca se debe regar al de la planta para evitar la compactación de la zona de la raíz (Borja *et al.*, 2001).

### **E. Tutorado**

En variedades de enrame es recomendable preparar una estructura capaz de soportar los tallos trepadores, ayudando a su crecimiento y aumentar rendimientos, para este fin se puede utilizar cañas, maderas, estas estacas pueden ser utilizadas por varios ciclos de cultivo, estos tutores deben ser de 2.8 m - 3 m de altura y de 8 cm - 12 cm de diámetro, colocados cada 4 m - 5 m. Se coloca la pita de tutoreo, la primera hilera a 10 cm de la superficie del suelo, y las siguientes hileras separadas cada 10 cm una de otra a partir de la quinta hilera se colocara a una distancia de 15 cm hasta completar 14 hileras, esto dependiendo de la altura de la planta (Borja *et al.*, 2001).

### **F. Control de malezas**

El daño que causan las malezas en el cultivo es significativo porque compiten por luz, nutrientes, agua y además ocasionan otros problemas como hospederos de plagas y enfermedades. Es importante que el cultivo esté libre de malezas los primero 30 días, debido a que en este tiempo está creciendo y demanda menos competencia por nutrientes y espacio físico. Las principales malezas que se encuentran en el cultivo son: ortiga (*Urtica urens*), nabo (*Brassica campestris*), enredadora anual (*Polygonum aviculare*) entre otras.

Para el control de estas malezas se recomienda actividades culturales como utilizar densidad de siembra adecuada, distancia entre surcos, deshierba manual esta consiste en dos limpiezas con azadón, la primera a los 20 días después de siembra y la siguiente a intervalos de 25 días. Existe otra opción para el manejo de estas malezas y es el control químico, haciendo uso de herbicidas como Gramoxone utilizando 100 cm<sup>3</sup> por bomba de 18 L, también es recomendable utilizar Fusilade como estrategia post-emergente a razón de 10 cm<sup>3</sup> - 75 cm<sup>3</sup> por bomba de 18 L (Borja *et al.*, 2001).

## 2.1.6. Manejo de plagas del cultivo de arveja china

### A. Plagas causadas por insectos

Para realizar un adecuado manejo de las plagas que atacan al cultivo de arveja, es necesario realizar un constante monitoreo, el número de sitios de muestreo depende del área total de cultivo y de la etapa fenológica (Sánchez & Sandóval, 2005).

Los muestreos deben realizarse una vez por semana, anotando en la bitácora o libro de campo los resultados; en base a los datos obtenidos y los umbrales económicos se decidirán que método de control debe de ejecutarse (Sánchez & Sandóval, 2005). En el cuadro 2, se presenta las principales plagas en el cultivo de arveja, cada una con sus respectivos números de muestreos respecto al área cultivada y sus umbrales de acción.

Cuadro 2. Principales plagas en el cultivo de arveja china.

Plaga	Unidad de medida	Número de sitios de muestreo según área de siembra (ha)			Umbral de acción DDS		
		< 0.5	0.5 – 1	>1	0 - 25	25 - 50	50 - 100
Mosca minadora	Adultos/m	5	10	15	5	10	10
Trips	Adultos/ 10 flores	5	10	15	Presencia o ausencia		
Pulgones	Colonias/m	5	10	15	2	5	5
Larva de lepidóptera 0 a 20 DDS	Larva en el suelo/m	5	10	15	Presencia o ausencia		
20 a 50 DDS	Larva en follaje/m	5	10	15	Presencia o ausencia		
Ascochyta	Porcentaje de hojas con daño/m	5	10	15	Control preventivo		
Oídium	Porcentaje de hojas con daño/m	5	10	15	Control preventivo		

Fuente: Sánchez *et al.* 2000.

### a) Mosca minadora

Las plagas insectiles que se presentan con mayor frecuencia en cultivo de arveja china son la Mosca Minadora (*Liriomyza huidobrensis* B.) dicha plaga se presenta desde el momento de emergencia y en etapas tempranas del cultivo, causando daños severos a la plantación, el mayor daño lo realiza cuando oviposita en las vainas, para el control de esta plaga se recomienda utilizar trampas de color amarillo, estas pueden ser tipo bandera con dimensiones de 20 cm x 40 cm estas se deben distribuir en el área del cultivo, el número de estas trampas deben oscilar entre 120 trampas/ha y 150 trampas/ha, las trampas tipo tubo deben colocarse en los tutores (estacas) y deben ser colocadas de 1,300 trampas/mz a 1,500 trampas/mz.

Otra alternativa de control es la utilización *Metarrizium*, este se aplica al surco, el producto comercial es Met 92 la dosis recomendada es de 5 kg/ha. Como alternativa más común para el control de dicha plaga son los insecticidas, como Diazionon y Dimetoato utilizando dosis de 1.5 L/ha y 1.5 L/ha respectivamente (Sánchez & Sandóval, 2005).

### b) Trips

Esta plaga está presente durante todo el ciclo de cultivo, pero esta plaga realmente representa un problema al inicio de la floración, este causa daño al ovipositar sobre el cáliz, lo que provoca el síntoma de conocido como cáliz seco, esta plaga se alimenta constantemente de las vainas causando daños a las vainas, el daño se observa en abultamientos sobre toda la vaina, el control de esta plaga se hace utilizando trampas amarillas y blancas, descritas anteriormente, también se hace uso de insecticidas tales como Endosulfan, Carbaryl y Diazionon utilizando dosis de 1.5 L/ha, 1 kg/ha y 1.5 L/ha respectivamente (Sánchez & Sandóval, 2005).

### c) Larvas de lepidópteros (*Agrotis* sp. *Spodopetera* sp. *Helicoverpa* sp., y *Capitarsia* sp.)

*Agrotis* sp., y *Spodoptera* sp.

Estas larvas afectan a la arveja al cortar los pequeños tallos, provocando la muerte, este daño lo ocasionan durante la noche, al cortar los tallos de las plantas jóvenes, para su

control se debe colocar cebos al pie de la planta, preparados con 25 lb de afrecho, 10 lb de azúcar y 200 g *Bacillus thuringiensis*, por cada 1,000 m<sup>2</sup> de cultivo *Helicoverpa* sp., y *Capitarsia* sp. (Mitidieri & Francescangeli, 2013; Sánchez & Sandóval, 2005)

Esta plaga causa mayor daño en los “cogollos” ápices de las plantas al inicio de la floración y en las vainas, para el control de estas plagas se recomienda utilizar *Bacillus thuringiensis* utilizando una dosis de 1 kg/ha - 1.5 kg/ha y la aplicación del virus de la polihedrosis nuclear (VPN) utilizando una dosis de 1 L/ha (Sánchez & Sandóval, 2005).

## **B. Plagas causadas por patógenos**

Las enfermedades de en el cultivo de arveja son causadas por hongos, virus y bacterias, en este mismo orden de importancia. La incidencia de estas, depende de las condiciones climáticas y de la predisposición genética de la variedad. Las precipitaciones intensas y frecuentes y el rocío en el estado de plántula y durante el periodo de floración y formación de vainas, favorecen la inoculación e infección. Existe un grupo de enfermedades las cuales son importantes para el cultivo en estas se incluyen la Septoriosis (*Septoria pisi*), el complejo de ascochyta (*Ascochyta pisi*, *Mycosphaella pinodes* y *Ascochyta pinodella*) y antracnosis (*Colletotrichum pisi*) (Guerrero & Mera, 1989).

La presencia del complejo es favorecida cuando existe alta humedad en el ambiente, la presencia de lluvias continuas, riego por aspersión inadecuado y una fuente de inóculo cercana a la plantación, las aplicaciones de fungicidas para el control de esta enfermedad, se hacen con mucha frecuencia, desde intervalos de 15 días hasta tres aplicaciones por semana.

Los productos recomendados para el control de esta enfermedad son: Tiram, Ziram e Iprodione, se recomienda utilizar dosis de 4 kg/ha y 4.3 kg/ha (Sánchez & Sandóval, 2005).

Guerrero & Mera (1989), señalan que existen otras enfermedades de origen fungoso que se detectan en el cultivo de arveja, pero hasta el momento, de importancia relativamente secundaria, corresponden a mildiu (*Peronospora pisi*), oidio (*Erysiphe polygoni*) y botritis (*Botrytis cinérea*). Enfermedades asociadas a podredumbre de tallos y raíces en arveja como son esclerotiniosis (*Sclerotinia sclerotiorum*) y fusariosis (*Fusarium* spp.), la

enfermedad de origen bacteriana más común es causada por *Pseudomonas syringae* pv. *Syringae*.

Una característica de gran importancia es el hecho que la gran mayoría de los patógenos de la arveja son transmitidos por la semilla, y persisten en el suelo por largos periodos de tiempo. Por lo tanto las medidas de control para estas enfermedades están dirigidas a una eficaz protección química de la semilla, complementada con el uso de semilla sana y rotación de cultivos (Guerrero & Mera, 1989).

### **2.1.7. Complejo de ascochyta**

El complejo de ascochyta está constituido por tres organismos fúngicos separados. Son: *Ascochyta pisi* Lib., *Mycospharella pinodes* (Berk. & A. Bloxam) Vestergr. (Anamórfico. *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] según Skoglund *et al.*, (2011) y Allard *et al.*, (1993) citados por Mejía España (2012).

El complejo de ascochyta acelera la madurez de los cultivos de arveja afectados, las plantas pierden agua en los tallos y las hojas, también acelera la desecación de las semillas, reduce el peso de las semillas, altera el metabolismo de los nutrientes y reduce el potencial fotosintético de las plantas según Garry *et al.*, (1998) citado por Česnulevičiene, Gaurilčikiene & Ramanauskiene (2014) .

Si las plantas se infectan con el tizón de ascochyta antes de la floración, el conjunto de semillas se declina, mientras que, si la infección se produce al comienzo de la etapa de formación de la semilla, se produce una reducción en el peso de la semilla. Cuanto más severamente se afecte la planta, mayor será la reducción del peso de la semilla por planta según Garry *et.*, (1998) citado por Česnulevičiene *et al.*, (2014).

## A. Identificación de los hongos causales de la enfermedad

*Ascochyta pisi* se identifica por formar picnidiosporos globosos septados mediante detección pro microscopio (INRA, 2011, citado por Mejía España, 2012). Sus esporas son hialinas, rectas o levemente curvadas monoseptadas, ligeramente constreñidas en el septum, con bordes redondeados y un tamaño de (10  $\mu\text{m}$  - 16  $\mu\text{m}$ ) x (3  $\mu\text{m}$  - 4.5  $\mu\text{m}$ ) (Skoglund *et al.*, 2011) citado por Mejía España (2012).

*Mycosphaerella pinodes* se caracteriza por la presencia de picnidiosporos bicelulares con una pequeña constricción en el septum (INRA, 2011). Sus conidios son hialinos, ligeramente constreñidas en el septum, elipsoidales, y miden entre (8  $\mu\text{m}$  - 16  $\mu\text{m}$ ) x (3  $\mu\text{m}$  - 4.5  $\mu\text{m}$ ). Los picnidios son pequeños puntos negros y miden entre 100  $\mu\text{m}$  a 200  $\mu\text{m}$  en el caso de *A. pisi* y *M. pinodes* y de 200  $\mu\text{m}$  a 300  $\mu\text{m}$  para *P. pinodella* según Skoglund *et al.*, (2011) citado por Mejía España (2012).

En cultivos puros en medio artificial, es fácil distinguir el micelio de *A. pisi* por su color claro y abundantes esporas de color rosa anaranjado, mientras que para *M. pinodes* el micelio es de color oscuro y aparece un exudado opaco de sus esporas (Skoglund *et al.*, 2011) citado por Mejía España (2012).

## B. Síntomas

La infección por ascosporas de *M. pinodes* produce abundantes manchas de color púrpura y tamaño reducido en las hojas, en un ambiente seco, las lesiones se mantienen pequeñas y sin márgenes claras, mientras que, bajo condiciones húmedas éstas se agrandan, volviéndose de color marrón oscuro, con bordes definidos. Su crecimiento se da en forma secuencial, por lo cual adquieren una forma característica de anillos concéntricos según Bretag *et al.*, (2006) & Lawyer (1984) citados por Álvarez Erazo (2013).

Lesiones en el tallo son similares a las de las hojas en cuanto el color y tamaño, y a menudo se extienden hacia arriba y abajo del punto de inserción de una hoja enferma. Conforme aumenta su tamaño, las lesiones se unen afectando por completo el tallo y dando a la parte baja de la planta un color azul oscuro. Cuando son afectadas las flores, el hongo frecuentemente ataca los sépalos y produce la caída de la flor o de las vainas en

crecimiento. Es usual que la producción de granos se vea limitada (Bretag *et al.*, 2006; Lawyer, 1984, citados por Álvarez Erazo, 2013).

*Ascochyta pinodella* ocasiona síntomas muy similares a aquellos por *M. pinodes* aunque el daño ocasionado a hojas, tallos y vainas es menor, este afecta la raíz. Las lesiones ocasionadas por *A. pisi* son ligeramente hundidas, de color café claro con bordes definidos de color marrón oscuro. Su forma es circular en hojas y vainas, y alargadas en el tallo.

A menudo existe la presencia de picnidios negros. Rara vez ataca la base de la planta y no ocasiona pudrición según Bretag *et al.*, (2006) citado por Álvarez Erazo (2013).

### **C. Ciclo de la enfermedad**

En área agrícolas donde se ha cultivado arveja por ciclos sucesivos, *M. pinodes* se considera endémico y se lo encuentra colonizando residuos de cosecha de arveja, tanto los que están sobre la superficie como los enterrados. Compite bien como saprofito contra otros organismos del suelo, sobrevive en forma de esclerocios, clamidiosporas y picnidios. Ante condiciones favorables, los picnidios maduran, se forman nuevos picnidios y pseudotecios y sus esporas se liberan para infectar al nuevo cultivo según Lawyer (1984) citado por Álvarez Erazo (2013).

Las picnidiosporas sobreviven períodos secos hasta 21 días después de la diseminación y al momento de presentarse condiciones favorables como periodos húmedos se restaura la capacidad de infección de las picnidiosporas, elevando los niveles de enfermedad después de esto forman apresorios, pero las hifas no penetraron si un período húmedo de 6 h a 12 h (Roger, Tivoli, & Huber, 1999)

Las ascosporas pueden ser transportadas por el viento a distancias superiores a una milla. Las conidias, al contrario, tienen un patrón infectivo más localizado. La mayoría cae sobre las hojas inferiores del dosel del cultivo. Incuban y producen tubos germinativos que penetran el tejido de la planta a través de la cutícula y dentro de las paredes celulares. Los síntomas se presentan en 2 a 4 días para *M. pinodes* y *A. pinodella*, y en 6 a 8 días para *A. pisi*. En las nuevas lesiones se desarrollan picnidios y más conidias, que bajo condiciones

húmedas, diseminan la enfermedad rápidamente según Lawyer (1984) citado por Álvarez Erazo (2013).

*Ascochyta pinodella* tiene una presencia persistente en los campos debido a que produce clamidias y picnidios. Antes de que la desinfección de semillas sea una práctica común, este organismo era a menudo responsable de la muerte de plántulas poco después de la emergencia. La mayor parte del inoculo de *A. pisi* es transportado en pequeñas partículas de residuos de cosecha y polvo. Los hospederos alternantes no son una fuente significativa de inóculo según Lawyer (1984) citado por Álvarez Erazo (2013).

#### **a) *Ascochyta pisi***

Produce manchas foliares características que son el síntoma principal de la enfermedad Tivoli *et al.*, (2006) citado por Mejía España (2012). Varían en tamaño, necróticas y color café claro, hendidas, esféricas, rodeadas por un una franja de color marrón con manchas oscuras (picnidios) formando patrones anillados en el centro de la hoja, las lesiones son circulares y alargadas en hojas y vainas estas son alargadas en los tallos y afectan fundamentalmente la parte aérea de la planta según Galdames (2000) & INRA (2011) citado por Mejía España (2012).

Las lesiones pueden alargarse en presencia de agua libre, las manchas que aparecen por encima del primer nodo son ovales. Las semillas son atacadas sin síntomas visibles en las vainas. Aunque es más frecuente, la antracnosis causada por *Ascochyta pisi* causa menos daño que la provocada por *Mycosphaerella pinodes* según INRA (2011) citado por Mejía España (2012).

#### **b) *Mycosphaerella pinodes***

Según Adhikari, Khan, Stefanova, & Pritchard (2014), *Mycosphaerella pinodes* causa una de las enfermedades más importantes en la arveja, causando una reducción significativa en el rendimiento y la calidad de la semilla reportadas en el sur de Australia y otras partes del mundo.

Según Bretag *et al.*, (1995) citado por Adhikari *et al.*, (2014), *M. pinodes* genera pérdidas de rendimiento del 20 % al 30 %. Pero en casos en la cual la enfermedad es más agresiva se

han registrado pérdidas de hasta el 70 % en Australia, Francia y Canadá según McDonald & Peck (2009) citado por Adhikari *et al.*, (2014).

Se desarrolla primero en el tallo 15 cm por encima del cuello, en los nodos, los síntomas foliares se observan lesiones de color marrón rayado de 5 mm de diámetro, rodeada por un anillo clorótico amarillo que se vuelve de color marrón oscuro y que carecen de márgenes distinguibles en las hojas y se tornan en machas rojizas en las vainas INRA (2000) citado por Mejía España (2012). Formando necrosis en órganos aéreos causando deshidratación prematura (Garry, Jeuffroy, Ney, & Tivoli, 1998).

Esta especie es la más agresiva y frecuente, llegando a causar hasta la defoliación temprana de la copa según INRA (2000) citado por Mejía España (2012).

El hongo se trasmite a través de la semilla infectada, y se disemina por el salpicado de las aguas lluvias y por el viento, en forma de ascosporas. Sobrevive en semilla contaminada, en residuos de plantas infectadas, y en el suelo, donde puede permanecer viable por períodos prolongados (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2000; Mera, Aguilera, & Espinoza, 2007).

### **c) *Ascochyta pinodella***

Los síntomas de la enfermedad causados por *A. pinodella* son similares a los observados con *M. pinodes*. Sin embargo, la infección por *A. pinodella* puede ocasionar síntomas más severos de podredumbre del pie que pueden extenderse por debajo del suelo, llegando a producir destrucción de raíces, afectando el crecimiento mientras que causa menos daño a las hojas, tallos y vainas. (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2000; Liu *et al.*, 2016).

## **D. Transmisión de la enfermedad**

*A. pisi* se trasmite por las semillas infectadas a las primeras hojas cuando germinan del suelo. Posteriormente el hongo se extiende a través de las picnidiosporas. *M. pinodes* persiste en los residuos de cosecha en el suelo y sobre las semillas. Los brotes contaminados pueden morir en el suelo antes de la emergencia (damping off). Durante la etapa vegetativa el hongo produce varios cuerpos infecciosos en los tejidos externos del

hospedero: picnidiosporas, ascosporas, clamidiosporas y micro esclerocios. Las ascosporas son la causa principal de la infección secundaria, ya que inducen lesiones rayadas y pueden causar pérdidas severas especialmente cuando se esparcen durante la emergencia y la post floración, lo cual afecta el rendimiento de la producción según INRA (2011) & Tamayo (2000) citados por Mejía España (2012).

Se observa que la a dispersión de distintas generaciones de picnidiosporas en campo ocurría solo durante la temporada de lluvias debido a las salpicaduras y era limitada, mientras que las ascosporas transportadas por el viento tienen un mayor potencial de transmisión y dispersión secundaria de la enfermedad según Allard *et al.*, (1993) citado por Mejía España (2012).

### **E. Control de la enfermedad**

La semilla debe ser desinfectada preferentemente con fungicidas sistémicos como benomilo y tiabendazol, los rastrojos deben ser enterrados y destruidos antes del establecimiento del nuevo cultivo para evitar que el hongo se disperse por medio del viento o la lluvia (Lawyer, 1984 y Bretag *et al.*, 2006) citados por Álvarez Erazo (2013).

Las aplicaciones foliares de fungicidas resultan efectivas para controlar esta enfermedad. Se recomienda utilizar fungicidas del grupo químico de los benzimidazoles, como benomilo, carbendazim y tiabendazol dada sus características preventivas, curativas y su buena actividad residual. La aplicación de estos productos debe ser realizada antes de que la planta presente sintomatología de la enfermedad porque las aplicaciones preventivas resultan más efectivas que las curativas. Múltiples aplicaciones son necesarias para un efectivo control de Ascoquitosis según Bretag *et al.*, (2016) citado por Álvarez Erazo (2013).

Según Davidson, Wilmshurst, Scott, & Salam (2013), *M. pinodes* se controla mediante la manipulación de las fechas de siembra para evitar las ascosporas de *M. pinodes*, y mediante la selección de campos y fungicidas foliares ya que existe una relación lineal entre el número de ascosporas de *M. pinodes* en la siembra y la intensidad máxima de la enfermedad en la madurez del cultivo.

Ha pesar que se han hecho evaluaciones en forma global de numerosos genotipos de arveja para resistencia a *M. pinodes*, este carácter no ha sido hallado según Bretag *et al.*, (2006) y Lawyer (1984) Citado por Álvarez Erazo (2013). Una de las evaluaciones más recientes para determinar líneas resistentes a enfermedad utilizando el método de descenso de semilla única y las plantas individuales se estableció al menos 15 líneas que presentaron resistencia parcial (Adhikari *et al.*, 2014).

Las plantas de arveja ven incrementada su susceptibilidad a la enfermedad conforme maduran. En cuanto *A. pisi*, las razas de este patógeno aparentemente varían en forma geográfica y se deben escoger cultivares que se desempeñen mejor en forma local según Lawyer (1984) citado por Álvarez Erazo (2013).

Para realizar un manejo integrado de la a enfermedad se realizan varias actividades como remover el material y eliminar los residuos de cosecha de los lotes, para evitar la diseminación de clamidiosporas de *M. pinodes* en el suelo; el utilizar semilla desinfectada para prevenir los síntomas causados por *A. pisi*; evitar las cosechas en épocas de lluvias pues las ascosporas se liberan fácilmente en estas temporadas y finalmente la aplicación oportuna de fungicidas foliares como parte de un programa de manejo integral del cultivo según Davidson & Kimber (2007) citado por Mejía España (2012).

El desarrollo del complejo de ascochyta necesita condiciones ambientales específicas y su incidencia y severidad varían dependiendo las condiciones ambientales en las cuales el cultivo se está desarrollando según Allard *et al.*, (1994) citado por Mejía España (2012). Y la susceptibilidad varietal Cousin (1997) citado por Mejía España (2012).

Se han realizado estudios que revelan que la virulencia de las distintas especies de los agentes causales varía ampliamente (Xue *et al.*, 1996, Zhang *et al.*, 2003, Taylor & Ford 2007 y Setti *et al.*, 2011, citados por Álvarez Erazo 2013).

### **2.1.8. Conceptos epidemiológicos**

Según Mora Aguilera, March, Marinelli, & Michereff (2008), La epidemiología es un medio no un fin en sí mismo. Su finalidad es entender las enfermedades a nivel de una población de plantas con el propósito de tomar decisiones racionales de manejo. Esta herramienta

sirve a la fitopatología en la búsqueda por resolver problema, utilizando como base el principio de la infección (Mora Aguilera, 2008).

Las enfermedades infecciosas son las que se producen por la infección que ocasiona un patógeno en una planta. Estas se diferencian por la capacidad que tiene el patógeno de crecer y reproducirse con gran rapidez en las plantas y por su habilidad para difundirse de éstas a otras plantas sanas y, por consiguiente, causar nuevas enfermedades (Agrios, 2005).

### **2.1.9. Monitoreo de enfermedades**

Para realizar un análisis epidemiológico es necesario contar con una base de datos esta se genera de la evaluación cuantitativa de la intensidad de la enfermedad (incidencia y severidad), estas se entienden como el grado de daño producido por uno o más patógenos en un determinado patosistema agrícola (Pedroza Sandoval, 2009).

La evaluación de la enfermedad puede hacerse con fines de investigación o control, en el primer caso, la información procede de parcelas experimentales para propósitos de estudios de fitopatología comparada a nivel de tratamientos según los factores de variación introducidos; en el segundo, el propósito es estimar el grado de avance de la enfermedad, en el tiempo y espacio, para hacer decisiones con fines de control fitosanitarios (Pedroza Sandoval, 2009).

Una vez identificadas las variables, se diseña el tamaño de la muestra y el sistema de muestreo, el objetivo de esta actividad es caracterizar a la población; en este caso, estimar la incidencia o severidad de la enfermedad de una población de plantas, debe definirse la unidad de muestreo y la frecuencia del mismo (Pedroza Sandoval, 2009).

En el primer caso se refiere a la parte de la planta a monitorear, que puede ser la planta completa o algún órgano de la misma, esto depende del tipo de daño producido por la plaga o el patógeno. Si el daño producido por el patógeno es sistémico, seguramente los síntomas son generalizados, por lo que la unidad de muestreo será la planta, la subunidad de muestreo será el órgano afectado como el fruto, la hoja, la rama o la raíz (Pedroza Sandoval, 2009).

Severidad es una medida que estima la cantidad relativa de área con un determinado síntoma en una unidad de observación. Por ejemplo, si únicamente una tercera parte de una hoja muestra este síntoma de enfermedad entonces se tiene aproximadamente un 33 % de severidad. Esta variable es usada comúnmente en enfermedades no sistémicas como con las royas, cenicillas u oídios (Mora Aguilera *et al.*, 2008).

La frecuencia de muestreo, depende del tipo de patógeno y hospedante, existen patógenos que son muy agresivos y en un corto tiempo, horas o días, se desarrollan altos niveles de la enfermedad, por lo que sería prudente usar períodos cortos entre una evaluación y otra. Todo lo contrario cuando se presenten patógenos menos agresivos, el desarrollo de la enfermedad es lento, de manera que los períodos entre un muestreo y otro pueden ser de 8 o 15 días (Pedroza Sandoval, 2009).

El tamaño de la muestra y el diseño del muestreo son dos partes muy importantes en la evaluación de la enfermedad, por lo tanto es recomendable identificar un óptimo tamaño de la muestra, para poder determinar el tamaño óptimo de la muestra existen varias técnicas desde las más precisas, como las basadas en el teorema del límite central y otros menos precisos pero más prácticos, como es el basado en la confiabilidad dada por la media o desviación estándar acumuladas, respecto a un muestreo preliminar. En cuanto al diseño del muestreo puede ser simple aleatorio, muestreo sistemático y muestreo estratificado (Pedroza Sandoval, 2009).

Para realizar la medición de severidad existen varios métodos de medición como los son: medición directa de la severidad y medición indirecta de la severidad, existe una escala de medición indirecta llamada escala de Horsfall y Barrat, la cual establece que la agudeza visual es proporcional al logaritmo del estímulo; así, a medida que el estímulo se incrementa, la discriminación decrece. Esto significa que en niveles menores de 50 % de severidad, el ojo evalúa tejido sano y cuando ésta es superior a 50 %, la atención visual es sobre el tejido enfermo (Pedroza Sandoval, 2009).

### **2.1.10. Modelos para epidemias causadas por patógenos policíclicos**

Las enfermedades causadas por patógenos policíclicos son influenciados por la habilidad de patógenos para inducir la enfermedades, resistencia del hospedero, las condiciones ambientales incluyendo prácticas culturales tiempo en el que hospedero y patógeno interactúan, y la tasa de reproducción del patógeno según Fry (1982) citado por Hernández & Montoya (1987).

El inóculo está relacionado directamente con la capacidad del patógeno a inducir la enfermedad, no puede existir enfermedad si no existe la presencia del agente causal, esto puede ser cualquier estructura potencialmente capaz de producir trastornos en el funcionamiento normal de su hospedante, por ejemplo: esporas, conidias, esclerocios, micelio o porción de micelio de hongos, células bacterianas, huevos, quistes o larvas de nematodos y partículas de virus (Monterroso Salvatierra, 1998).

Por otra parte, existe el potencial de dicho inóculo, que tiene la capacidad de crecimiento del patógeno, al entrar en contacto con la superficie del organismo hospedante, dicha característica tiene dos factores (Diamon & Horsfall, 1960) citados por Monterroso Salvatierra (1998).

- El primer factor es la capacidad que es la habilidad propia del organismo patógeno, aquí podemos considerar, capacidad como patógeno, capacidad de variación y. capacidad de sobre vivencia.
- El segundo factor será el de densidad, llamado nivel de población del inóculo o dosis del inóculo que experimentalmente se ha comprobado es uno de los factores determinantes en el éxito del establecimiento de una infección (Monterroso Salvatierra, 1998).

El comportamiento del inóculo es distinto para enfermedades de policíclicas y monocíclicas, para policíclicas el inóculo estará cambiando constantemente y vamos a tener con cada nueva infección una nueva fuente de inóculo (Monterroso Salvatierra, 1996).

El inóculo es parte importante en los modelos de epidemias causadas por patógenos policíclicos, ya que están directamente relacionados con el progreso de dichas epidemias,

una simple expresión matemática ayuda a comprender el comportamiento de una epidemia policíclica, en un corto periodo de tiempo ( $dt$ ) durante la estación, la tasa de enfermedad ( $dx/dt$ ) se incrementa en función del tamaño de la población del patógeno, de la eficacia con que esta población induce enfermedad, y con la proporción de tejido de planta disponible para el patógeno.

El tamaño de la población del patógeno está en función de la cantidad de enfermedad ( $x$ ), debido a que el patógeno produce inóculo en el tejido enfermo. La relación entre tejido e inóculo se expresa por un factor ( $r$ ), el cual también describe la eficiencia del inóculo según Fry (1982) citado por Hernández & Montoya (1987).

### **2.1.11. Fungicidas**

Fungicidas es un concepto que no solamente se refiere a un producto que tiene la capacidad de destruir hongos, sino que incluye todos los agentes de control de enfermedades y también todos aquellos compuestos que pueden activar mecanismo de resistencia a la planta huésped o que convierte el medio ambiente en un lugar inadecuado para el desarrollo y crecimiento del organismo infeccioso. Por esta razón los fungicidas pueden actuar tal como se aplican o pueden modificar o ser modificados por los tejidos de la planta para ejercer su efecto (Ghini & Kimati, 2002; Melgarejo García & Abella Portilla, 2011).

#### **A. Modo de acción**

Es la manera 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 Fito patógeno (Melgarejo García & Abella Portilla, 2011)

De acuerdo con Melgarejo García & Abella Portilla (2011), teniendo en cuenta la interacción de la planta tratada con los fungicidas, se pueden agrupar en: protectantes (contacto) y sistémicos (con variantes como: sistémicos localizados, mesostémicos).

Los fungicidas protectantes de efecto preventivo son generalmente de acción múltiple, es decir que puede afectar al mismo tiempo varias de las funciones celulares, mientras que los

fungicidas sistémicos actúan o afectan generalmente a un solo sitio de estructura o fisiología del patógeno. En términos generales actúan sobre la germinación de las esporas y pueden ocasionar su muerte aun después de la germinación, pero después de la germinación, y antes que el tubo germinativo haya penetrado en los espacios intercelulares.

Características fundaménteles de los fungicidas protectantes: forman una barrera sobre la superficie de la planta impidiendo la germinación de esporas y son absorbidos por el patógeno en proporciones toxicas (efecto de contacto sobre estructura fuera de la planta) (Melgarejo García & Abella Portilla, 2011).

La gran mayoría de fungicidas protectantes son de acción múltiple respecto de las funciones celulares, lo cual impide el desarrollo de resistencia estos productos, ya que es muy difícil que el patógeno pueda bloquear todos los sitios de acción del fungicida (Melgarejo García & Abella Portilla, 2011).

Por otro lado, existen los fungicidas sistémicos, estos poseen características como alta efectividad a dosis bajas en comparación con los fungicidas protectantes. Tienen efecto preventivo, curativo y en algunos casos erradicante, dependiendo de la dosis y el tipo de fitopatógeno a controlar. Aunque varios son curativos, se deben aplicar de preferencia no más de tres días después de iniciada la infección primaria, a fin de obtener mejores resultados.

Existe algunos problemas al utilizar productos sistémicos son muy específicos en su sitio de acción, no poseen capacidad multisitio por lo que existe la posibilidad de presionar al patógeno. Estos productos poseen alta selectividad penetran en la planta, se translocan y ejercen su efecto sobre los patógenos sin ocasionar daños a la planta (Melgarejo García & Abella Portilla, 2011).

## **B. Mecanismo de acción**

### **a) Inhibición del metabolismo energético**

Este grupo de fungicidas está asociado a procesos como la respiración celular, es decir, la incorporación de oxígeno y liberación de CO<sub>2</sub> debido a una reducción en la producción de

la energía (ATP) para la realización de los procesos enzimáticos de oxidación de las sustancias nutritivas, es decir que los fungicidas pueden afectar el ciclo de Krebs en una o varias de sus etapas, impidiendo la producción de ATP, afectando el metabolismo de la glucosa, e impidiendo la oxidación de ácidos grasos y aminoácidos (Melgarejo García & Abella Portilla, 2011).

### **b) Interferencia con la biosíntesis**

Se utiliza el término biosíntesis hace referencia a todos los mecanismos que tienen que ver con la producción de nuevos materiales celulares para crecimiento del organismo, tales como: compuestos de bajo peso molecular (aminoácidos, purinas, pirimidinas, vitaminas), síntesis de proteínas, inositol, timidina, tubulina y síntesis de ácidos nucleicos (García *et al.*, 2011).

### **c) Interferencia con la estructura celular**

Las paredes celulares de los hongos son estructuras muy complicadas tanto desde el punto de vista físico como químico, y están constituidas por un gran número de sustancias combinadas entre sí, tales como: celulosa, materias pesticidas, grasas, proteínas y quitinas.

Estas sustancias están unidas según un orden preciso, por lo cual se protegen de la degradación enzimática y permiten el paso en ambos sentidos (dentro hacia afuera y viceversa) de productos de bajo peso molecular. Para la síntesis de la pared celular se requiere la formación de glucósidos a partir de las membranas, así como la fijación de  $\alpha$ -glucosamina a la quitina dentro de las paredes celulares. Este grupo de sustancias rompe la unión de este tipo de moléculas para desestabilizar la estructura celular (Melgarejo García & Abella Portilla, 2011).

## **2.1.12. Grupo químico de los principales fungicidas**

### **A. Ftalamidas**

El grupo (tóxico) de estos fungicidas es un sustituto de  $-\text{NSCCL}_3$ , importantes ftalamidas son el captan, folpet y clorotalonil. Estos son convencionales, fungicidas no sistémicos, que son frecuentemente utilizados para encontrar nuevos criterios ambientales. Ellos son

valiosos en estrategias de retraso del desarrollo de la resistencia para nuevos fungicidas sistémicos (Waard & Andrade, 2001).

Son muy inestables en agua. Esto es de menor importancia ya que en forma de aspersiones, gran parte del fungicida no se disuelve. En células de hongos las ftalamidas matan rápidamente, primero los fungicidas reaccionan con tioles celulares de bajo peso molecular estas reacciones no resultan tóxicas y se consideran como reacciones de desintoxicación (Valerín Rosales, 1993; Waard & Andrade, 2001).

## **B. Compuestos de cobre**

Todos los iones de metales pesados son fúngicos, el orden de toxicidad de mayor a menor es:  $\text{Ag} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Cr} > \text{Ni} > \text{Pb} > \text{Co} > \text{Zn} > \text{Fe}$ . Este orden muestra la habilidad de los iones de formar quelatos estables con grupos ionogénicos como los imidazoles, ácido carboxílico, fosfatos y tioles y sus características electro negativa. Un quelato es un complejo (cíclico) que se forma entre un átomo de metal y un ligamento (ej. un aminoácido). De los iones mencionados anteriormente solo el cobre es de importancia en el control de enfermedades de plantas (Waard & Andrade, 2001).

El cobre inorgánico se considera como producto natural y por ello, se permite su uso en la agricultura ecológica un ejemplo de un compuesto de cobre es el caldo bórdales o pasta bordelesa, un caldo o mezcla de sulfato de cobre e hidróxido de calcio (Waard & Andrade, 2001).

Después de la deposición en las hojas el precipitado de cobre forma un reservorio de donde los iones de cobre se movilizan estos quelatos rápidamente con cationes, como el  $\text{Cu}^{2+}$ . Estos quelatos son solubles en agua, son tomados por el hongo y producen muerte celular (muerte propia). No se conoce que reacciones son responsables de la muerte. Se ha supuesto que los quelatos de cobre se unen con las proteínas dando como resultado una mezcla de quelatos con proteínas, de esta manera las proteínas enzimáticas pueden perder su actividad (aard & Andrade, 2001)

### **C. Azufre**

El azufre es aún, uno de los fungicidas comúnmente más utilizados, siendo un producto natural es utilizado también en agricultura ecológica, el azufre es utilizado principalmente para el control de cenicillas.

Sus ventajas en general son su bajo precio y la falta de desarrollo de resistencia. Una desventaja es el peligro de la fitotoxicidad, especialmente con la luz solar o temperaturas elevadas (Waard & Andrade, 2001).

La incubación de hongos con azufre resulta en la producción de  $H_2S$ . El sitio más importante de reducción de azufre es en el cambio de transporte de cadena de electrones, entre el citocromo b y el c. Esto implica que el S es un competitivo inhibidor de la reducción de citocromo c. Esto genera la inhibición de la síntesis de ATP, y como una consecuencia, la inhibición de substratos ricos en síntesis de energía, esto da como resultado su efecto como fungicida (Waard & Andrade, 2001).

### **D. Estrobilurinas y compuestos afines**

Este grupo químico fue descubierto en *Strobilurus tenacellus*, un basidiomicete común en bosques europeos y descrito en 1978. La producción de Estrobilurinas de este hongo saprofito brinda una ventaja competitiva sobre otros hongos (Waard & Andrade, 2001).

Las razones por las que las Estrobilurinas se utilizaron generalmente en un corto periodo de tiempo son: alto espectro de control de enfermedades causadas por oomicetes, ascomicetes y hongos anamorficos. Los compuestos llenan los más severos criterios medio ambientales dispuestos en el plan multi-anual de protección vegetal (Waard & Andrade, 2001).

Las Estrobilurinas tienen un modo de acción basado en la inhibición de la transferencia de electrones en la mitocondria entre el citocromo b y el c1. La mayoría de las Estrobilurinas son sistémicas en el apoplasto, y tiene por ello no solo acción preventiva si no curativa e inclusive propiedades erradicantes. Las Estrobilurinas son altamente convenientes en el

manejo integrado de plagas, el daño potencial que se le puede encontrar a la aplicación de Estrobilurinas es el desarrollo de resistencia. (Waard & Andrade, 2001).

### **E. Carboxamidas**

Los más representativos son carboxin y oxycarboxin. Ambos fungicidas actúan selectivamente en contra de basidiomicetos y son sistémicos (transporte apoplastico). El carboxin es usado como sistémico en limpieza de semillas en cereales contra carbores.

El modo de acción de las carboxamidas depende de la inhibición de la enzima de ácido succínico deshidrogenasa en el ciclo de ácido cítrico. Este se puede mostrar estudiando el efecto del carboxin en la extracción de oxígeno de la mitocondria de *Ustilago maydis* con diferentes intermediarios de ciclo. El bloqueo de ciclo del ácido cítrico resulta en la inhibición del suplemento de energía (en la producción de FADH y NADH), así como una escasez de intermediarios para el ciclo para procesos biosintéticos (Waard & Andrade, 2001).

El carboxin inhibe en el ácido succínico deshidrogenasa uniéndose al complejo II de la cadena respiratoria. La actividad de la enzima purificadora no se inhibe. La unión complejos reducidos previene la re-oxidación de la proteína hierro presente en el complejo. En esta vía el transporte de electrones a la coenzima Q se bloquea (Waard & Andrade, 2001).

### **F. Fosetyl-AI**

El Fosetyl-AI es un compuesto activo contra oomicetes, se utiliza mayormente para el control de mildiu y de *Phytophthora* spp. Se transporta simplásticamente en las plantas. Debido a su propiedad es posible algunas veces el control de patógenos en el tronco y la raíz de los árboles asperjados, una única segunda propiedad de los compuestos es que no muestra fungitoxicidad *in vitro*. Se ha demostrado que el Fosetyl-AI estimula la enzima fenilalanina amonio lyasa (PAL) en las plantas.

Esta enzima juega un papel clave en el metabolismo secundario, la estimulación de su actividad puede inducir reacciones normales de defensa. También se ha observado un

incremento en la producción de compuestos allegados al fenol y fitoalexinas (Waard & Andrade, 2001).

### **G. Fosfito de calcio**

El fosfito de calcio es uno de varios compuestos que son conocidos por la capacidad de generar resistencia inducida, éstas involucran un gran número de pequeñas moléculas exógenas denominadas inductores o agentes inductores, que cuando son reconocidas por moléculas endógenas, tienen la función de activar o aumentar el nivel de resistencia de los vegetales tanto a nivel local como en puntos distantes al sitio de infección. El fosfito de calcio es conocido por ser una molécula inductora de resistencia ya que induce a la biosíntesis de fitoalexinas (Gómez & Reis, 2011).

Las fitoalexinas son sustancias que la planta produce por medio de biosíntesis de metabolitos secundarios implicados en los procesos de infección, esto es asociado a los mecanismos de defensa produciendo dichas sustancias. La fitoalexinas se sintetiza en las células sanas adyacentes a las células dañadas y se acumulan tanto en tejido necrótico resistentes, como susceptibles, es decir se producen restringidamente en su sitio alrededor del lugar de infección. La resistencia ocurre cuando una o más fitoalexinas alcanzan una concentración suficiente para inhibir el desarrollo del patógeno (García M. R. & Pérez L. R., 2003).

Se ha descrito que antes de una infección, se encuentran en una concentración casi detectable. Después de una infección son sintetizadas rápidamente, casi en horas después del ataque del patógeno y son tóxicas para un amplio espectro de hongos y bacterias patógenas (Gómez & Reis, 2011). Se ha registrado que el fosfito de calcio genera control sobre oomicetes y sobre ascomicetes (García M. R. & Pérez L. R., 2003).

#### **2.1.13. Control biológico de enfermedades**

Control biológico hacemos referencia a la utilización de microorganismos benéficos para reducir los efectos indeseables de los patógenos de plantas, estas prácticas son

fundamentales para la realización de un manejo integrado de las enfermedades esto implica el uso de estrategias amigables con el ambiente que permita una producción integrada y sostenible con el tiempo (Campo Arana, 2016; Mondino, 2006).

Estos microorganismos existen naturalmente, pueden ser seleccionados y reapiados en concentraciones mayores y en momentos oportunos para que ejerzan su acción antagónica (Mondino, 2006). Seleccionando microorganismos por su habilidad para antagonizar o controlar a los patógenos de plantas se ha logrado obtener cepas eficientes con las que se ha logrado desarrollar formulados comerciales. La mayoría de las plagas y organismos fitopatógenos tienen antagonistas biológicos o enemigos naturales que se pueden emplear como estrategia de lucha en un programa de control biológico (Mondino, 2006).

### **A. Mecanismo de los microorganismos**

Colonización e inoculación de una planta por microorganismos solo puede ocurrir por inóculos existentes en su medio ambiente o bien traídos por el viento, el agua, los animales o el hombre. Para que un agente de biocontrol puede ser capaz de proteger a la planta se necesita un valor mínimo de inóculo, potencial de inóculo para que la planta pueda ser colonizada por un microorganismo (Rubio & Fereres, 2005).

Micoparasitismo es un mecanismo utilizado por varios microorganismos cumpliendo el papel de antagonista que puede operar simplemente usando el patógeno como fuente de alimento, si el patógeno es un hongo y el antagonista un micoparásito normalmente es capaz de romper la pared celular del hospedador con quitinasa o glucanasas o bien si el patógeno es un oomiceto *Pythium*, *Phytophthora* etc. necesita celulasas (Rubio & Fereres, 2005).

Los micoparásitos mejor conocidos son los del género *Trichoderma* el cual fue descubierto en 1971 ha sido ampliamente estudiado, es un hongo anaerobio facultativo microscópico, que se encuentra de manera natural en un número importante de suelos agrícolas y otros tipos de medios y ha demostrado ser efectivo en el control de hongos patógenos en el suelo como *Phytophthora* sp. (Cruzat G. & Ionannidis N., 2008; García, Rodríguez, Puente, Valero, & Rodríguez, 2011).

Muchos microorganismos antagonistas utilizan varios mecanismos de acción simultáneamente frente a un patógeno. Por ejemplo, algunos micoparásitos como *Gliocladium virens* o *Trichoderma harzianum* utilizan además del micoparasitismo, competencia y antibiosis (Martínez, Infante, & Reyes, 2013; Rubio & Ferreres, 2005).

## **B. Microorganismo de biocontrol**

### **a) *Bacillus subtilis***

Unos de los agentes de biocontrol más utilizados para realizar control sobre patógenos especialmente sobre bacterias es la bacteria del género *Bacillus*, específicamente *Bacillus subtilis*, obteniendo resultados efectivos en el control de enfermedades como: mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris*), peca bacteriana (*Pseudomonas syringae*), tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis*) esto en el cultivo de tomate aunque también se ha reportado el uso de *Bacillus subtilis* en el control de más enfermedades en otros cultivos (Albornoz & Salinas, 2011).

El género *Bacillus* fue reportado por primera vez por Cohn en 1872, quien lo describió como bacterias productoras de endosporas resistentes al calor, crecimiento aerobio o en ocasiones anaerobio facultativo, gram positivas, morfología bacilar, movilidad flagelar, y tamaño variable, crecen a pH neutro, presentando un amplio intervalo de temperaturas de 30 °C y 45 °C, siendo la mayoría mesófitas, además de poseer características muy especiales por las cuales son muy utilizados en el control biológico de enfermedad (Villarreal-Delgado *et al.*, 2018).

Las principales vías por las cuales estas cepas evitan el establecimiento y desarrollo de organismos fitopatógenos son a través de diferentes mecanismos, que incluyen la excreción de antibióticos, sideróforos, enzimas líticas, toxinas e induciendo la resistencia sistémica de la planta (IRS) (Layton *et al.*, 2011 & Tejera-Hernández *et al.*, 2011, citados por Villarreal Delgado *et al.*, 2018).

Los lipopéptidos sustancias antibióticas que poseen actividad antagónica contra agentes fitopatógenos producidas por *Bacillus subtilis* existen tres familias muy bien estudiadas por

su capacidad de inhibir el crecimiento de patógenos e inducir resistencia sistémica a la planta estas son: surfactina, iturrinas y fengicinas siendo (Sánchez Pila, 2016; Villarreal-Delgado *et al.*, 2018).

#### **b) *Trichoderma harzianum***

Es una de las especies de del genero *Trichoderma* más utilizadas para el biocontrol de agentes fitopatógenos, este posee la capacidad de colonizar la raíces de la plantas y posteriormente causar antagonismo hacia los patógenos utilizando sus hifas penetrando tanto las estructuras de supervivencia como esclerocios o hifas en estado de crecimiento se enrollan alrededor del hospedador y en determinados puntos penetran en él atravesando la pared y membrana celulares, en otros casos el micoparásito se enrolla .

Los aislados de *Trichoderma* producen diferentes quitinasas y glucanasas en cultivo que degradan los componentes mayoritarios de la pared celular de los hongos patógenos alrededor del hospedador y produce su muerte sin haber evidencia de que agujeree la pared celular (Martínez *et al.*, 2013; Rubio & Fereres, 2005).

#### **2.1.14. Uso y estrategia de fungicidas**

El control químico de las enfermedades es una de las medidas de manejo más empleadas en la agricultura moderna, debido a que los fungicidas se han convertido en una parte integral de la producción eficiente de alimentos (Carmona & Sautua, 2017).

En varias ocasiones el uso de fungicidas constituye una medida eficiente, rápida, práctica, y económicamente viable, pero al igual que sucede con malezas e insectos, la población de hongos a controlar pueden generar resistencia, haciendo a los a los fungicidas destinados a la protección vegetal ineficientes según Garrán *et al.*, (2001); Hollomon (2015); Mikaberidze y McDonald (2015); Carmona *et al.*, (2017) citado por (Carmona & Sautua, 2017).

Se puede emplear distintos fungicidas de contacto, distintos fungicidas sistémicos, incluso se pueden alternar productos con diferente ingrediente activo, pero nunca se debe utilizar

el mismo fungicida sistémico más de cuatro veces en la misma estación de cultivo. Por su característica de permanecer sólo sobre el área aplicada, los fungicidas de contacto pueden ser lavados por las lluvias con mayor facilidad que los sistémicos y disminuir su efectividad contra el patógeno, por lo que tiene que realizarse aplicaciones con mayor frecuencia (FAO, 2012).

### **A. Resistencia a fungicidas**

La resistencia a los fungicidas se define como un cambio heredable y estable en un hongo en respuesta a la aplicación de un fungicida, resultando en una reducción de la sensibilidad al producto según European (1988) citado por Ghini & Kimati (2002).

Mondino (2018), señala que la población de hongos sensibles a un fungicida consigue cierto grado de resistencia al mismo a esta resistencia se le denomina resistencia adquirida por parte de la población de hongos a ese fungicida.

Por años se han utilizado fungicidas para el control de enfermedades pero los que presentan una fuerte actividad sistémica como los benzimidazoles, 2-amino-pyrimidinas, carboxanilidas, fosforotiolatos, morfolinás, fenilamidás, los inhibidores de la biosíntesis de ergosterol (IBE) y Estrobilurinas tienden a causar mayor riesgo de generar resistencia (Muiño García *et al.*, 2007).

### **B. Estrategia para evitar riesgo de resistencia al fungicida**

El riesgo potencial de desarrollo a la resistencia depende en gran manera de la clase de fungicida químico a utilizar, del patógeno a controlar, cuando y donde se realice el tratamiento, cada grupo químico se caracteriza por un patrón típico de resistencia (FAO, 2012). Uno de los grupos químicos que poseen alto riesgo de generar resistencia son las Estrobilurinas en el patógeno, mientras que el riesgo en los triazoles es medio según Mueller & Bradley (2008) citado por Fleitas, Gerard, & Simón (2016).

Dado que existe resistencia cruzada entre Estrobilurinas es esencial realizar un manejo adecuado para evitar problemas de resistencia. Por consiguiente, todo plan de aplicación

de fungicidas debe contemplar la alternancia de dos o más fungicidas con diferente mecanismo de acción (Fleitas *et al.*, 2016; Sandoval Barrios, 2004).

En el cuadro 3, se muestra los riesgos de resistencia relacionada al grupo químico que se utiliza, el más alto lo representan Estrobilurinas y otros grupos químicos de carácter sistémico, el riesgo medio y bajo lo representan grupos químicos de características protectante o de contacto.

Cuadro 3. Riesgo de resistencia relacionada a grupo o familia química.

Riesgo de resistencia	Grupo o familia química
Alto	Benzimidazoles, dicarboxamidas, fenilamidas, análogas de estrobilurinas
Medio	2-Amino-pirimidinas, aminas (incluyendo morfolinas), anilino-pirimidinas, hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos, azoles, carboxamidas, amidas del ácido carboxílico.
Bajo	Clorotalonil, cúpricos, ditiocarbamatos, fosetyl-Al, pyroquilon, ftalamidas, sulfuro, triclazoles.

Fuente: FAO, 2012.

### C. Indicadores de posible resistencia inherentes al fungicida

En el cuadro 4, se presentan factores relacionados con los fungicidas y el posible riesgo de resistencia que implican estos factores, como la clase de fungicida a utilizar, sitio de acción específico del fungicida sobre el metabolismo del patógeno, tipo de resistencia que presentan, respuesta al uso repetitivo del fungicida y los riesgos que implica sobre la posible aparición de cepas resistentes.

Cuadro 4. Indicadores de resistencia inherentes al fungicida.

<b>Factor</b>	<b>Causa de posible riesgo de resistencia</b>
Clase de fungicida	Cuando el fungicida es un miembro de una clase, en la cual no existe registro de problemas de resistencia.
Sitio de acción	Si hay un sitio sencillo de acción; o si el sitio no es conocido como capaz de cambiar a una forma que no sea afectada o sea menos afectada por otros fungicidas.
Resistencia cruzada	Si existen cepas del patógeno objeto de control resistentes a los fungicidas existentes y que igualmente resisten a un nuevo fungicida.
Respuesta a los agentes mutagenicos	Si el tratamiento con los agentes mutagenicos causa en el hongo objeto de control la producción de mutantes adaptados y resistentes.
Respuesta a los cruces sexuales experimentales	Si los cruces sexuales causan en el hongo objeto de control la producción de recombinantes adaptadas y resistentes.
Respuesta a la aplicación repetida del fungicida	Si la repetida exposición del hongo objeto de control al fungicida, en parcelas de campo o en el laboratorio, causa la aparición de niveles de cepas resistentes y detectables.

Fuente: FAO, 2012.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo general

Determinar los mejores programas fitosanitarios por su eficacia y eficiencia para el manejo del complejo de ascochyta en el cultivo de arveja, en la finca Andares, Potrero Carrillo, Jalapa, Guatemala

#### 3.2. Objetivos específicos

1. Estimar la variable severidad en función del tiempo en cada programa fitosanitario evaluado.
2. Realizar un análisis de comparación de epidemias entre los 4 programas fitosanitarios evaluados.
3. Determinar si existe relación entre la severidad de la enfermedad y el rendimiento del cultivo.

### 4. HIPÓTESIS

El programa 3 que poseé componentes biológicos (*Trichoderma* y terpenos) químicos (boscalid, clorotalonil, piroclostrobin, azoxystrubin, cobre) y una estrategia de alternancia en su familia química, ingrediente activo y modo de acción, bajará la tasa de incremento de la enfermedad y producirá más alto rendimiento que los otros programas evaluados.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. Material experimental

El material a utilizar será semilla certificada de arveja china variedad Milagro.

### 5.2. Modelo experimental

El diseño a utilizado fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se utilizó este modelo ya que la gradiente de variabilidad será la dirección del viento por la dispersión de conidios y esporas de complejo de ascochyta.

- **Hipótesis del experimento**

Ho: Todos los tratamientos producen el mismo efecto sobre  $Y_{ij}$ .

Ha: Al menos uno de los tratamientos produce efecto distinto sobre  $Y_{ij}$ .

El modelo estadístico matemático para un diseño de bloques al azar es el siguiente:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}.$$

En donde:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta (rendimiento kg/ha y porcentaje de severidad causado por la enfermedad).

$U$  = valor de la media general (media general de rendimiento y porcentaje severidad).

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento (programa fitosanitario).

$B_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$E_{ij}$  = error asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

### 5.3. Unidad experimental

Cada unidad experimental constó de 21.6 m de longitud y 9.5 m de ancho, y un área de 205 m<sup>2</sup>, esta tuvo 7 surcos, la densidad de siembra fue de 10 cm entre planta y 1.10 m entre surco y la población fue de 1,800 plantas por unidad experimental.

#### 5.4. Descripción de los tratamientos

En el cuadro 5, se presentan los programas fitosanitarios a evaluar en el manejo del complejo de ascochyta.

Cuadro 5. Programas fitosanitarios a evaluar para el manejo del complejo de ascochyta.

Programa 1 testigo relativo				
Estado fenológico	Producto comercial	Ingrediente activo	MRLs Europa	MRLs EEUU
vegetativo	Alliete	Fosetyl aluminio	2	...
vegetativo	Bravo	Clorotalonil	5	5
vegetativo, floración	Amistar opti	Azoxystrobin + clorotalonil	5	5
vegetativo, floración, cosecha	Bellis	Pyroclostrobin+ boscalid	5	1.6
vegetativo, floración, cosecha	Amistar	Azoxystrobin	3	3
vegetativo, floración, cosecha	Bordocop	Sulfato cuprocalcico	0	0
Programa 2				
Estado fenológico	Producto comercial	Ingrediente activo	MRLs Europa	MRLs EEUU
vegetativo	Serifel	<i>Bacillus subtilis</i>	0	0
vegetativo	Bravo	Clorotalonil	0.03	0.03
vegetativo, floración	Cumora	Boscalid	5	5
vegetativo, floración, cosecha	Timorex gold	Terpenos	3	3
vegetativo, floración, cosecha	Amistar opti	Azoxystrobin +clorotalonil	5	1.6
vegetativo, floración, cosecha	Maxidor +Timorex gold	Azoxystrobin + terpenos	0	0
vegetativo, floración, cosecha	Mastercop	Sulfato de cobre pentahidratado	0	0
Programa 3				
Estado fenológico	Producto comercial	Ingrediente activo	MRLs Europa	MRLs EEUU
vegetativo	Ricoderma	<i>Thrichoderma harzianum</i>	0	0
vegetativo	Amistar	Azoxystrobin	5	5
vegetativo	Bravo	Clorotalonil	0.1	0.1
vegetativo, floración, cosecha	Bellis	Pyroclostrobin+ boscalid	5	1.6
vegetativo, floración, cosecha	Timorex gold	Terpenos	0	0
vegetativo, floración, cosecha	Cumora	Boscalid	0	0
vegetativo, floración, cosecha	Bordocop	Sulfato cuprocalcico	0	0
Programa 4				
Estado fenológico	Producto comercial	Ingrediente activo	MRLs Europa	MRLs EEUU
vegetativo	Bonasol	<i>Bacillus subtilis</i>	0	0
vegetativo	Bravo	Clorotalonil	5	5
vegetativo, floración	Amistar	Azoxystrobin	1	1
vegetativo, floración, cosecha	Cumora	Boscalid	5	1.6
vegetativo, floración, cosecha	Timorex gold	Terpenos	0	0
vegetativo, floración, cosecha	Mastercop	sulfato de cobre pentahidratado	0	0
vegetativo, floración, cosecha	Fosfi ca	Fosfito de calcio	0	0

\*MRLs = Maximum residue limit.

Fuente: Commision European, 2019 & Regulation Electronic code of federal, 2019.

## A. Aplicación de los tratamientos

En el cuadro 6, se presenta el modo de aplicación de los fungicidas, volumen de agua utilizado respecto al área de aplicación, edad de la plantación y dosis utilizada para los tratamientos correspondientes.

Cuadro 6. Aplicación de los programas fitosanitarios.

DDS	Modo de aplicación	Agua (L); 820 m <sup>2</sup>	Producto comercial	Ingrediente activo	Dosis / 200 L
Tratamiento 1					
12	Follaje	40	Aliette 80 WG	Fosetyl aluminio	1,000 g
19	Follaje	60	Bravo 72 SC	Clorotalonil	500 cm <sup>3</sup>
27	Follaje	60	Amistar opti 66 SC	Azoxystrobin + clorotalonil	300 cm <sup>3</sup>
34	Follaje	60	Bellis 38 WG	Pyroclostrobin + boscalid	200 g
41	Follaje	60	Amisatar 50 WG	Azoxystrobin	120 g
49	Follaje	60	Amisatar 50 WG	Azoxystrobin	120 g
56	Follaje	75	Bordocop 20 WP	Sulfato cuprocalcico	300 cm <sup>3</sup>
63	Follaje	75	Amisatar 50 WG	Azoxystrobin	120 g
71	Follaje	75	Bordocop 20 WP	Sulfato cuprocalcico	300 cm <sup>3</sup>
77	Follaje	75	Amisatar 50 WG	Azoxystrobin	120 g
Tratamiento 2					
12	Suelo	48	Serifel 10 WP	<i>Bacillus subtilis</i>	500 g
19	Follaje	60	Bravo 72 SC	Clorotalonil	500 cm <sup>3</sup>
27	Follaje	60	Cumora 50 SC	Boscalid	200 cm <sup>3</sup>
34	Follaje	60	Timorex gold SC	Terpenos	500 cm <sup>3</sup>
41	Follaje	60	Amistar opti 66 SC	Azoxystrobin + clorotalonil	300 cm <sup>3</sup>
49	Follaje	60	Mastercop SC	Sulfato de cobre pentahidratado	500 cm <sup>3</sup>
56	Follaje	75	Maxidor 500 WG + Timorex gold EC	Azoxystrobin + terpenos	500 cm <sup>3</sup> + 500 cm <sup>3</sup>
63	Follaje	75	Timorex gold EC	Terpenos	500 cm <sup>3</sup>
71	Follaje	75	Mastercop SC	Sulfato de cobre pentahidratado	500 cm <sup>3</sup>
77	Follaje	75	Timorex gold EC	Terpenos	500 cm <sup>3</sup>

Continúa en la página siguiente...

...Viene de la página anterior

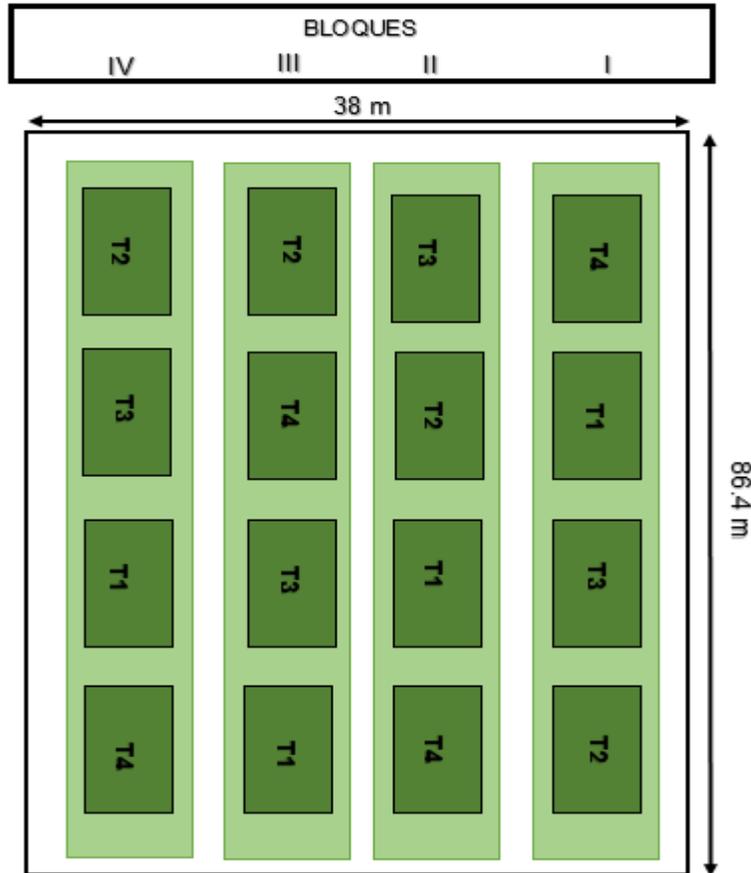
Tratamiento 3					
12	Suelo	48	Rikoderma	<i>Trichoderma harzianum</i>	25 g
19	Follaje	60	Amistar 50 WG	Azoxystrobin	120 g
27	Follaje	60	Bravo 72 SC	Clorotalonil	500 cm <sup>3</sup>
34	Follaje	60	Bellis 38 WG	Pyroclostrobin + boscalid	200 gr
41	Follaje	60	Bravo 72 SC	Clorotalonil	500 gr
49	Follaje	60	Timorex gold EC + Amistar 50 WG	Terpenos + azoxystrobin	500 cm <sup>3</sup> + 120 g
56	Follaje	75	Bordocop 20 WP	Sulfato cuprocalcico	300 cm <sup>3</sup>
63	Follaje	75	Timorex gold EC+ Cumora 50 SC	Terpenos + boscalid	500 cm <sup>3</sup> + 200 cm <sup>3</sup>
71	Follaje	75	Timorex gold EC	Terpenos	500 cm <sup>3</sup>
77	Follaje	75	Timorex gold EC + Cumora 50 SC	Terpenos + boscalid	500 cm <sup>3</sup> + 200 cm <sup>3</sup>
Tratamiento 4					
12	Suelo	48	Bonasol 16 EW	<i>Bacillus subtilis</i>	1,000 cm <sup>3</sup>
19	Follaje	60	Bravo 72 SC	Clorotalonil	500 cm <sup>3</sup>
27	Follaje	60	Amisatar 50 WG	Azoxystrobin	120 g
34	Follaje	60	Bravo 72 SC	Clorotalonil	500 cm <sup>3</sup>
41	Follaje	60	Timorex gold EC+ Cumora 50 SC	Terpenos + boscalid	500 cm <sup>3</sup> + 200 cm <sup>3</sup>
49	Follaje	60	Fosfito de calcio + Amistar 50 WG	Fosfito de calcio + azoxystrobin	500 cm <sup>3</sup> + 120 g
56	Follaje	75	Mastercop SC	Sulfato de cobre pentahidratado	500 cm <sup>3</sup>
63	Follaje	75	Fosfito de calcio + Cumora 50 SC	Fosfito de calcio + boscalid	500 cm <sup>3</sup> + 200 cm <sup>3</sup>
71	Follaje	75	Mastercop	Sulfato de cobre pentahidratado	500 cm <sup>3</sup>
77	Follaje	75	Fosfito de calcio	Fosfito de calcio	500 cm <sup>3</sup>

Fuente: elaboración propia, 2018.

**\*DDS = días después de siembra.**

## 5.5. Croquis de campo

En la figura 15, se muestra la distribución de los tratamientos aleatorizados en cada uno de sus bloques y la distribución de los bloques en campo.



Fuente: elaboración propia, 2018.

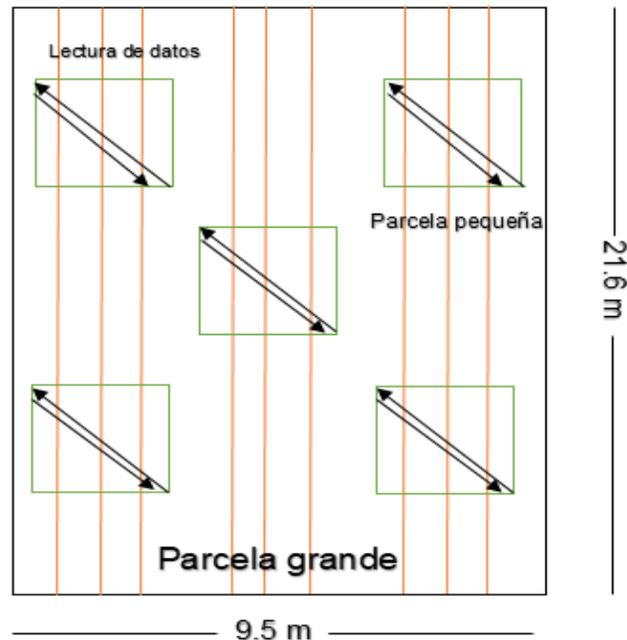
Figura 11. Distribución de los tratamientos en campo.

## 5.6. Variables de respuesta

### 5.6.1. Medición de severidad

Para la medición de la variable severidad se establecieron cinco subparcelas en las cuales se realizaron las lecturas, estas fueron hechas utilizando el criterio propio, tomando en cuenta la lectura logarítmica del ojo humano como herramienta para la lectura de severidad del complejo de ascochyta en la planta.

En cada unidad experimental se establecieron cinco subparcelas o parcelas pequeñas, de 1 m x 2 m, cada parcela conto con un área de 2 m<sup>2</sup> y la distribución fue tal como se muestra en la figura 3. Se realizaron dos lecturas por cada parcela pequeña, las lecturas se hicieron ubicándose en el extremos superior izquierdo realizando en esa posición la primera lectura de una parcela pequeña, la segunda lectura de la misma parcela pequeña se realizó ubicando en el extremo inferior derecho como se muestra en la figura 16, de esta forma realizando cada lectura de esquina a esquina, se realizaron las lecturas de severidad en las cinco parcelas pequeñas de todas las unidades experimentales (Monterroso Salvatierra, 1998).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 12. Metodología de toma de lecturas de severidad.

### 5.6.2. Medición de rendimiento

La toma de rendimiento fue tomando en peso fresco en libras de las vainas de arveja por unidad experimental.

## **5.7. Manejo del experimento**

Los cuatro tratamientos tendrán el mismo manejo agronómico. La fertilización base y nutrición a lo largo del ciclo del cultivo, al igual que el manejo de plagas y prácticas culturales fue completamente igual para los cuatro tratamientos y fue realizado por el personal técnico responsable. En cuanto al manejo de enfermedades para el experimento, se utilizaron los tratamientos evaluados.

## **5.8. Análisis de los datos**

### **5.8.1. Análisis de varianza**

#### **A. Severidad**

El análisis realizado a la variable severidad es un análisis de varianza denominado ANDEVA, dicho análisis se realizó en el software estadístico Infostat, realizando un análisis de ANDEVA con un nivel de confianza de 95 % en bloques completos al azar de parcelas divididas en el tiempo. Según López Bautista & González Ramírez (2015), el arreglo de parcelas divididas en el tiempo permite estudiar el efecto global de los tratamientos a lo largo del periodo definido, y la variación de esos niveles a lo largo del tiempo.

Tomando cuenta que el modelo estadístico cumpliera con los supuestos de distribución normal de datos, independencia de datos y homoscedasticidad se consideró los resultados de este análisis como válidos, ya que los resultados de este análisis fueron significativamente diferentes entre los tratamientos se realizó un análisis de post-andeva, denominado prueba de comparación de medias Tukey al 5 % para ellos se utilizó el programa Infostat lo que permitió estimar la diferencia entre las medias para la variable evaluada.

#### **B. Rendimiento**

El análisis realizado a la variable rendimiento es un análisis de varianza denominado ANDEVA, dicho análisis se realizó en el software estadístico Infostat, realizando un análisis

de ANDEVA en bloques completos al azar ya que los resultados de esta análisis fueron significativamente diferente entre los tratamientos se realizó un análisis de post-andeva, denominado prueba de comparación de medias Tukey al 5 % para ellos se utilizó el programa Infostat lo que permitió estimar la diferencia entre las medias para la variable evaluada.

### 5.8.2. Análisis epidemiológico

Para el análisis de la variable severidad se realizará un análisis de comparación de epidemias, es decir, estudiar el progreso de la enfermedad durante el tiempo, para esto se utilizó los datos de severidad inicial, severidad final, duración de la epidemia, tasa de infección aparente y forma de la curva.

#### A. Calculo de la tasa de crecimiento teórica

Para el cálculo de la tasa de crecimiento teórica, se utilizó la siguiente formula, esta ecuación permite obtener la tasa teórica del crecimiento de una epidemia de ciclo múltiple puesto que el inóculo se encuentra cambiando constantemente y se obtiene con cada nueva infección una nueva fuente de inóculo (Monterroso Salvatierra, 1998).

Ecuación para determina la tasa teórica de infección:

Donde: 
$$r = \frac{2.3}{t_2 - t_1} \left( \log_{10} \frac{x_2}{1 - x_2} - \frac{x_1}{1 - x_1} \right)$$

$t_2$  = tiempo de lectura final t

$t_1$  = tiempo de lectura inicial

$x_1$  = severidad de la infección en el tiempo 1 (en decimales)

$x_2$  = severidad de la infección en el tiempo 2 (en decimales)

Se utilizó el tiempo total el cual duro la epidemia, esta tuvo una duración de 54 días, para todos los programas fitosanitarios. De las 8 lecturas que se hicieron para estudiar la epidemia se utiliza la lectura inicial de la variable severidad y la final, de esta forma determinar la tasa de infección aparente de la enfermedad.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 7, se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de cuatro programas fitosanitarios para el manejo del complejo de ascochyta en el cultivo de arveja china (*Pisum sativum* L.) variedad Milagro.

Cuadro 7. Datos de severidad de daños del complejo de ascochyta sobre la planta de arveja durante el tiempo.

LECTURAS	TRATAMIENTOS	BLOQUES			
		BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3	BLOQUE 4
XO	T1	1.15	1	1.2	1.1
	T2	1.05	1.19	0.94	1.53
	T3	1.2	1.25	1.25	1.28
	T4	1.3	1.25	1.3	1.32
1ra. Lectura	T1	2.23	2.9	1.8	2.1
	T2	2	1.75	1.35	1
	T3	0.6	1.35	1.45	0.85
	T4	1.3	1.55	0.9	1.05
2da. Lectura	T1	2.7	1.7	4.6	1.9
	T2	2.2	1.9	2.2	2.3
	T3	1.2	1.5	2.5	2.3
	T4	1.25	1.7	1.9	2.2
3ra. Lectura	T1	6.5	8.1	11.4	12.7
	T2	6.6	6.7	7.9	9.2
	T3	8.2	6.8	10.4	7
	T4	5.1	7.8	8.7	9.2
4a. Lectura	T1	20.8	21.9	16.3	19.3
	T2	17	15.4	18.1	20.8
	T3	13.5	16.2	22.2	19.3
	T4	15.5	20.3	17.1	18
5a. Lectura	T1	41.4	49.3	38.7	35.9
	T2	34.8	44.9	31.8	37.2
	T3	30.4	37.9	32.2	39.1
	T4	26.5	39.3	30.8	36.1
6a. Lectura	T1	42.2	50	40.3	38.7
	T2	36.9	46.1	33.4	39.7
	T3	32	40.1	35.1	40.8
	T4	31.6	40.9	32.2	37.5
7ma. Lectura	T1	43.3	50.8	42	40.4
	T2	39.6	47.3	35.8	41.2
	T3	34.1	40.9	39	42.1
	T4	33.6	42.3	35.5	38.9

### 6.1. Análisis de la varianza aplicado a la variable severidad del complejo de ascochyta

Para determinar si existe diferencia significativa al menos en alguno de los tratamientos es necesario realizar el análisis de varianza. En el cuadro 8, se presenta el resultado del análisis de varianza aplicado a la variable severidad.

Cuadro 8. Análisis de varianza aplicado a la variable severidad.

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
severidad	128	0.98	0.98	11.64

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	353.04	34	10.38	157.28	<0.0001
Tratamiento	3.23	3	1.08	16.29	<0.0001
Tiempo	348.22	7	49.75	753.49	<0.0001
Bloques	0.52	3	0.17	2.61	0.0558
Tiempo*Tratamiento	1.08	21	0.05	0.78	0.7404
Error	6.14	93	0.07		
Total	359.18	127			

Según análisis de varianza de la variable severidad aplicando la transformación logitos a los datos ( $x/1-x$ ). La f calculada es mayor que la f tabulada, además de que el p-valor es menor al nivel de significancia 0.05 por lo que existe diferencias significativas entre los tratamientos. Por esta razón se aplicó la prueba de comparación de medias utilizando Tukey para su confiabilidad. Los resultados se presentan a continuación en el cuadro 9.

Cuadro 9. Análisis comparativo de medias utilizando la prueba de Tukey para la variable severidad.

Tratamientos	Medias %	Medias Log	Literal
T4	16.95	-2.37	A
T3	17.59	-2.35	A
T2	18.42	-2.23	B
Testigo Relativo T1	20.47	-2.03	B

En la figura 17, se muestra el valor promedio de porcentaje de severidad que se obtuvo a lo largo de la epidemia del complejo de ascochyta para cada tratamiento, este es el resultado promedio de las 8 lecturas hechas en el ciclo del cultivo de arveja china.

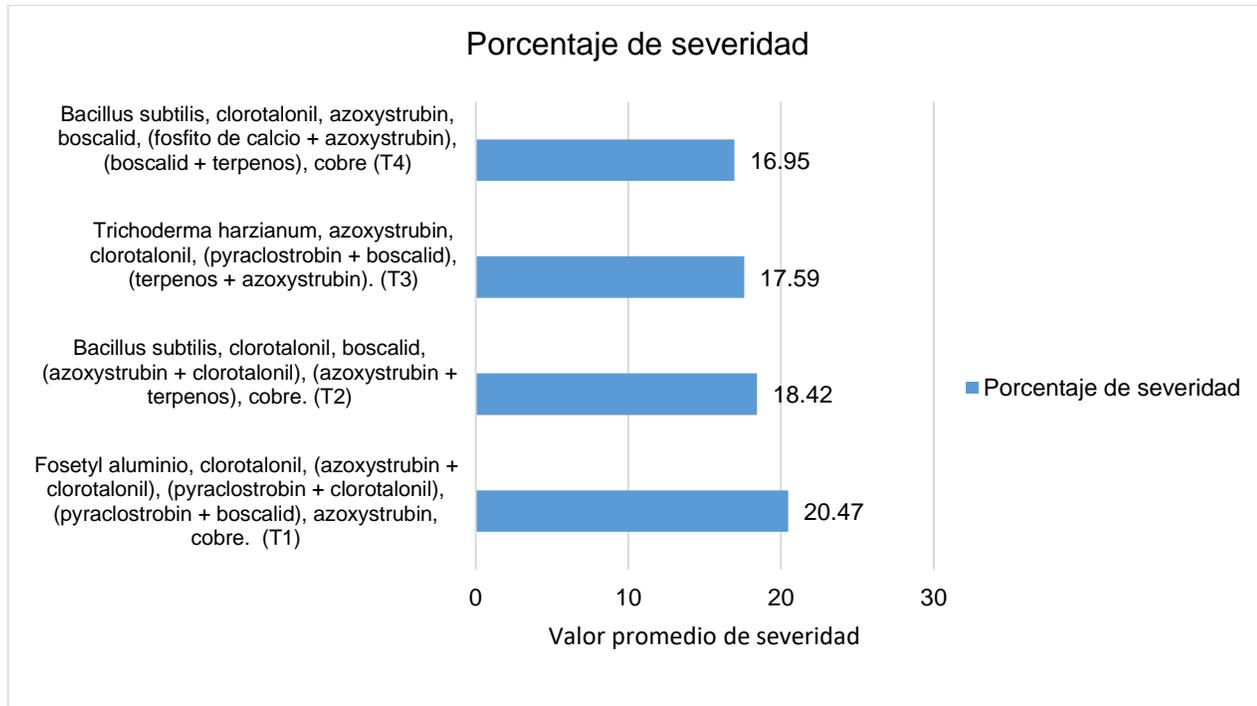


Figura 13. Valor promedio de severidad a lo largo de la epidemia de cada tratamiento.

El programa fitosanitario 1 siendo el testigo relativo, usando el esquema tradicionalmente utilizado para el manejo del complejo de ascochyta en finca Andares, el cual no incluye ningún tipo de estrategia de uso de los fungicidas, alternancia de familia química ingrediente activo ni modo de acción. Haciendo uso de Alliete, fungicida que posee como ingrediente activo fosetyl-al el cual según Waard & Andrade (2001), su espectro de control incluye únicamente el control de oomicetes, grupo protistas filamentosos superficialmente parecidos a hongos (subfilo Pseudofungi) y ninguno de los agentes causales del complejo de ascochyta pertenecen a este grupo. El uso de este ingrediente activo no produce ninguno control sobre la enfermedad.

Por otro lado se realizaron aplicaciones seguidas sin alternancia de modo de acción, familia química e ingrediente activo haciendo uso excesivo de fungicidas sistémicos específicamente las Estrobilurinas (azoxystrubin, pyraclostrobin), este grupo químico según

Fleitas *et al.*, (2016) presenta resistencia cruzada entre los distintos ingredientes activos de esta familia química careciendo de carácter multisitio atacando al patógeno en la inhibición de la transferencia de electrones en la mitocondria entre el citocromo b y el c1, además de ser el grupo químico que presenta el riesgo más alto de resistencia por el patógeno (FAO, 2012; Waard & Andrade, 2001)

según European (1988) citado por Ghini & Kimati (2002), la selección a resistencia a los patógenos a los fungicidas es un cambio heredable y estable en un hongo en respuesta a la aplicación de un fungicida, en este caso el uso excesivo y continuo de Estrobilurinas ha generado que la población de patógenos se vuelva resistentes y, provoque que el efecto del fungicida sobre el patógeno sea cada vez menos efectivo hasta llegar a ser nulo, por esta razón, el programa 1 usado en finca Andares resulta el menos efectivo para el manejo de la enfermedad, permite los valores más altos de daño foliar y los valores más bajos de rendimiento respecto los programas restantes.

El programa 2, se utilizó una estrategia de alternancia de productos sistémicos y de contacto, aunque se utilizó el grupo químico de la Estrobilurinas como componente principal del programa; pero, incluye elementos de carácter biológico (*Bacillus subtilis* y terpenos).

Se utilizó serifel (*Bacillus subtilis*) inoculando la raíz de la planta, esta bacteria según Sánchez Pila (2016), tiene la propiedad de colonizar la rizósfera y la raíz de la planta segregando sustancias denominadas lipopéptidos estas sustancia tienen las características de ser antagónica a patógenos y generar resistencia a la planta hacia la infección de los patógenos evitando de esta manera la infección de *Mycosphaella pinodes* y *Ascochyta pinodella* ya que *M. pinodes* sobrevive en rastrojos por la capacidad de ser un microorganismo saprofito facultativo y *A. pinodella* causando destrucción de raíces y tallo (Liu *et al.*, 2016).

Los terpenos se utilizaron con la finalidad de aumentar la alternancia de fungicidas y técnicas de control de este manera reducir el riesgo a resistencia por parte del patógeno al fungicida en este caso a las Estrobilurinas y fungicidas sistémicos en general, aunque no se realizó una alternancia en los grupos químicos de los fungicidas ni ingrediente activo, por esta razón aunque presenta valores menos elevados de severidad que el tratamiento 1 no existe una diferencia significativa entre el tratamiento 1 y tratamiento 2 estos son

estadísticamente iguales en severidad y rendimiento. De acuerdo a la prueba de medias Tukey, existen dos tratamientos igual de efectivos para el manejo de la enfermedad, el programa 3 y el programa 4. Estos dos tratamientos poseen una estrategia de uso de alternancia de: fungicidas sistémicos, protectantes ingrediente activo y fungicidas de origen biológicos estos con el fin de reducir el riesgo de resistencia del patógeno.

Estos fungicidas biológicos fueron aplicados al suelo como alternativa de manejo al inóculo presente en el suelo de *M. pinodes* y *A. pinodella*, el primero con la facultad de sobrevivir en restos de cosecha siendo saprofito y el segundo dañando el sistema radicular de la planta (Liu *et al.*, 2016). Por esta razón se decidió utilizar fungicidas biológicos que colonizaran la raíz y la rizósfera, *Trichoderma harzianum* utilizado en el programa 3 de acuerdo con Martínez *et al.*, (2013).

Los aislados de *Trichoderma* producen diferentes quitinasas y glucanasas que degradan los componentes mayoritarios de la pared celular de los hongos patógenos y de esta forma micoparásitar *M. pinodes* y *A. pinodella*. En cuanto a *Bacillus subtilis* usado en el tratamiento cuatro, este tiene la característica de segregar sustancias antibióticas que producen un efecto antagónico en los patógenos, de esta manera protegiendo la planta desde el inicio del ciclo fenológico.

Además se utilizó una estrategia de uso de fungicidas alternando fungicidas sistémicos que poseen la cualidad de introducirse al sistema vascular de la planta, de esta forma eliminar el agente causal de la infección y fungicidas protectantes los cuales tiene más de un sitio de acción para la eliminación del patógeno, evitando el riesgo que la población de hongos adquiera resistencia a los fungicidas sistémicos haciendo que las aplicaciones foliares sean más efectivas en el manejo del complejo de ascochyta.

Realizando un manejo más integrado de la enfermedad haciendo uso de una estrategia de alternancia de fungicidas entre modo de acción, familia química e ingrediente activo y de componentes biológicos. Por esta razón el tratamiento tres y cuatro produjeron los valores más bajo de severidad y los valores más altos de rendimiento respecto a los tratamientos anteriores.

## 6.2. Análisis de varianza aplicado a la variable rendimiento (kg/ha) de vainas cosechadas de arveja china obtenida en los cuatro tratamientos

Para determinar si existe diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos es necesario realizar el análisis de varianza. En el cuadro 10, se presenta el resultado del análisis de varianza aplicado a la variable rendimiento.

Cuadro 10. Análisis de la varianza aplicado a la variable rendimiento (kg/ha).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1822262.43	6	303710.40	16.98	0.0002
Tratamiento	1719509.74	3	573169.91	32.04	<0.0001
Bloque	102752.69	3	34250.90	1.91	0.1978
Error	161011.99	9	17890.22		
Total	1983274.42	15			

Para la variable de respuesta que corresponde el peso en kilogramos de vainas de arveja china producidos en los distintos tratamientos, la “f” calculada es mayor a la f tabulada, además esta es mayor al error por lo que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Por esta razón se aplicó una prueba de comparación de medias, utilizando Tukey por su confiabilidad los resultados se presentan a continuación en el cuadro 11.

Cuadro 11. Análisis comparativo de medias, utilizando la prueba Tukey, para la variable rendimiento.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T3	2738.36	4	66.88	A
T4	2555.43	4	66.88	A
T2	2067.63	4	66.88	B
T1	1951.22	4	66.88	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Existen dos tratamientos iguales de buenos estos son los tratamientos tres y cuatro, estos son estadísticamente iguales. Esto se debe que el tratamiento tres y tratamiento cuatro presentan los valores más bajos de daño foliar causados por la enfermedad, siendo los tratamientos que producen un manejo eficiente sobre el complejo de ascochyta, dándole

la capacidad a la planta que realice todas sus actividades metabólicas incluyendo la fotosíntesis, para la síntesis de azúcares que posteriormente servirán a la formación de vainas, generando rendimientos mayores que los otros dos tratamientos restantes.

En la figura 18, se muestran los valores de rendimiento (kg/ha), correspondientes a los programas fitosanitario y los componentes de cada uno.

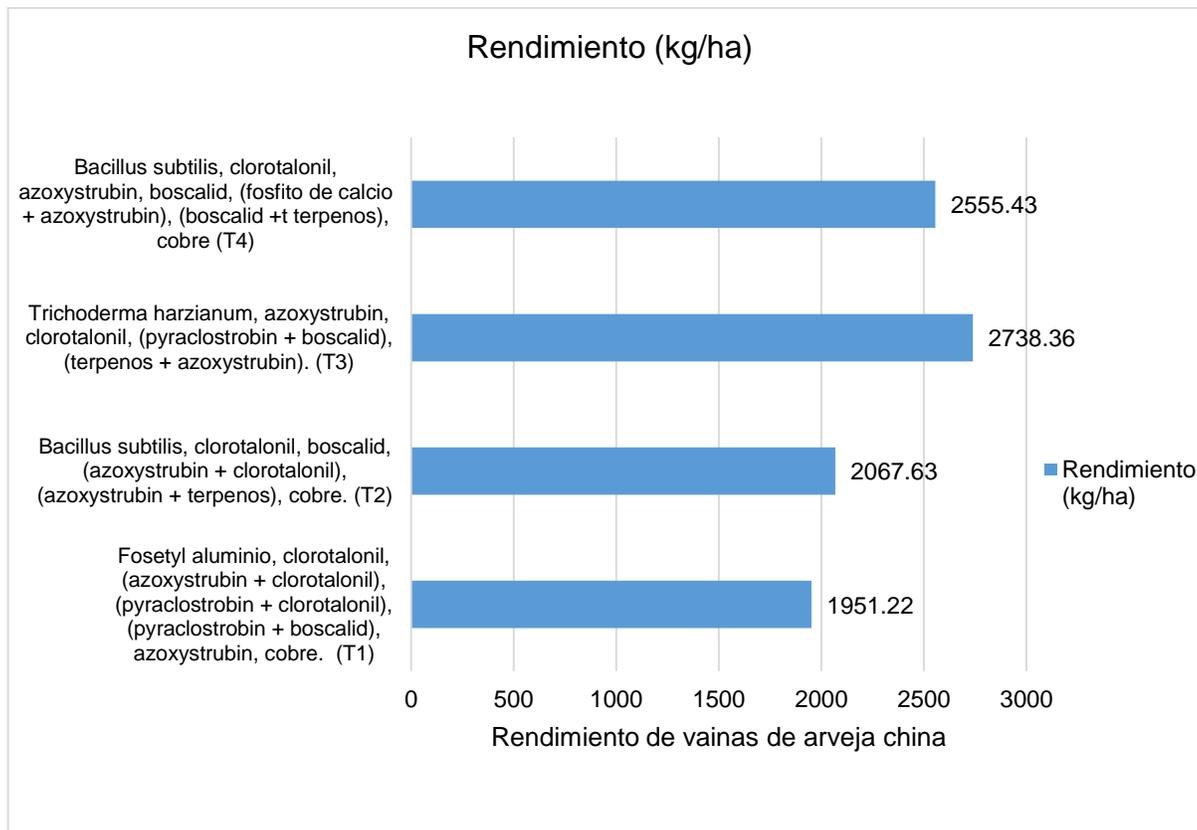


Figura 14. Rendimiento de arveja china (kg/ha).

### 6.3. Curvas de comparación del progreso de la enfermedad.

En las figuras 19 y 20, se observa el progreso de la enfermedad durante el ciclo de cultivo de la arveja china, tomando como variable de respuesta las 8 lecturas de severidad, en la figura 19, se observa el avance de la severidad en porcentaje de cada tratamiento, en cuanto la figura 20, la variable severidad se encuentra modificada utilizando la transformación logarítmica ( $x/1-x$ ).

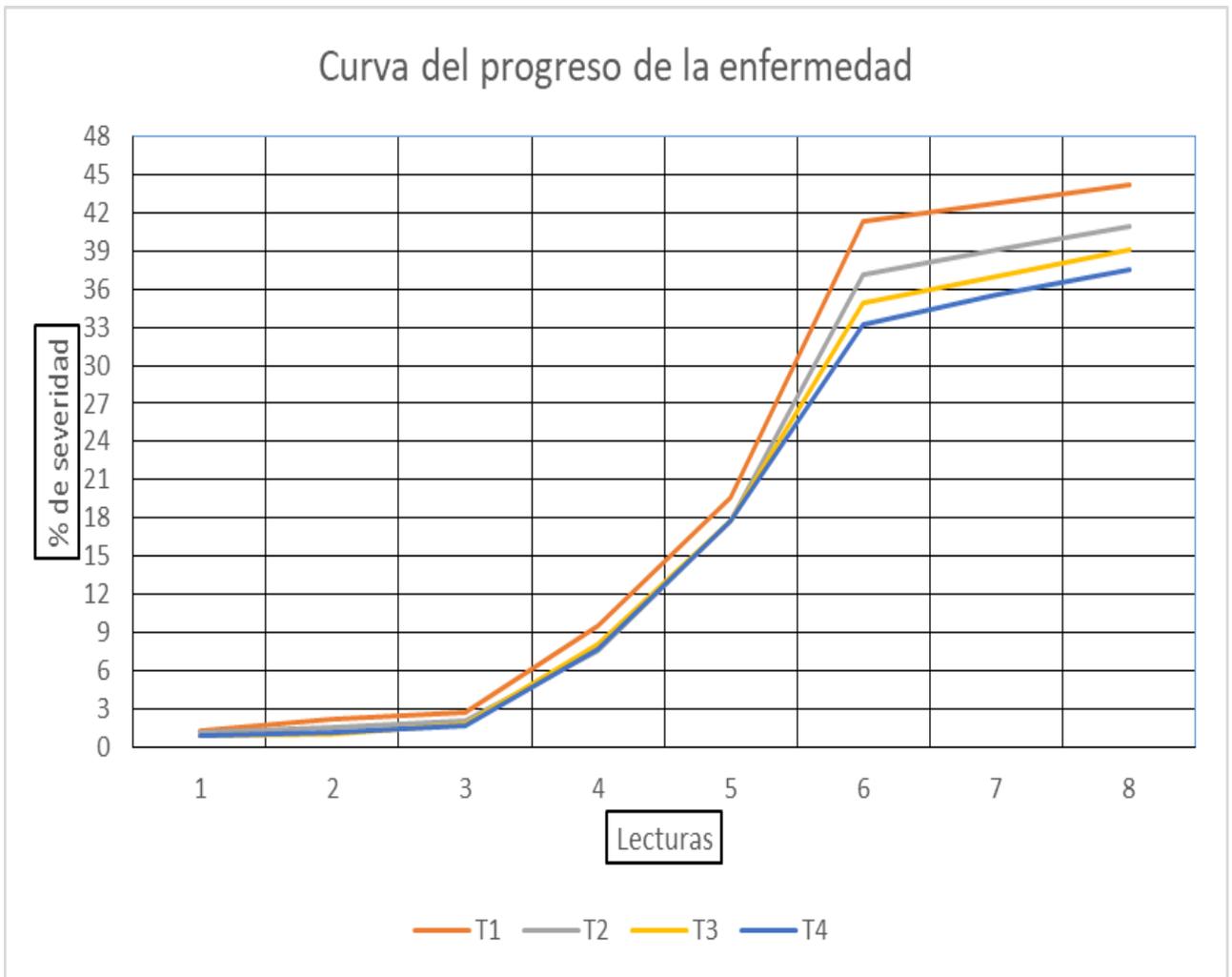


Figura 15. Curva de comparación de epidemias en el tiempo.

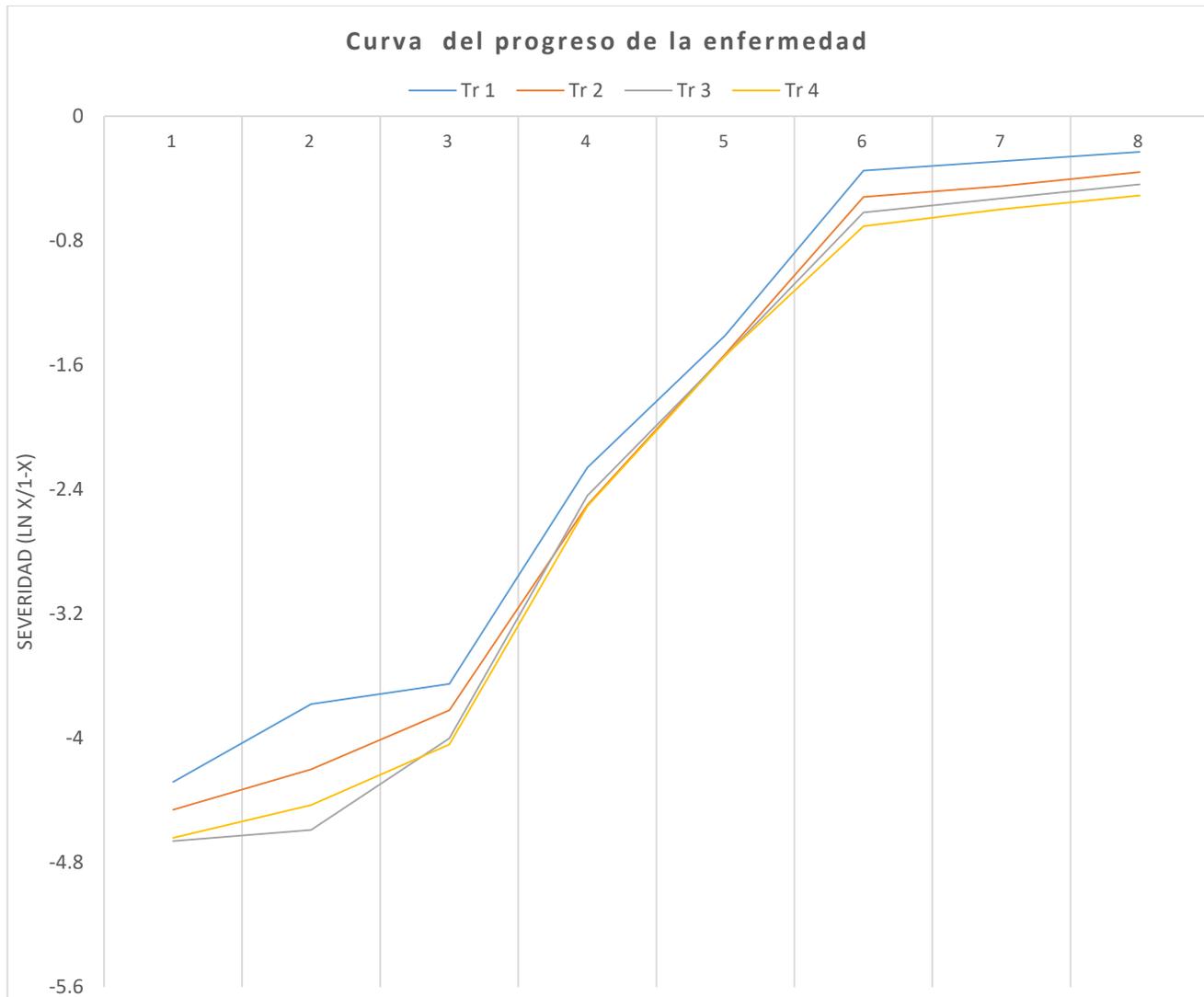


Figura 16. Curva de comparación de epidemias en el tiempo aplicando la transformación a logitos de datos.

Esta gráfica permite observar una tendencia de crecimiento del complejo de patógenos en la plantación de arveja, este crecimiento es logístico en la cual la epidemia se comporta muy parecida en los cuatro tratamientos, sin embargo el tratamiento 4 presenta una curva menos pronunciada que el resto de los tratamientos. La curva que corresponde al tratamiento 1 es la curva mayor, claramente el tratamiento menos eficiente para el manejo de la enfermedad.

En las figuras 21, 22, 23 y 24, se muestran los modelos de regresión lineal y los  $R^2$  correspondientes a cada tratamiento evaluado.

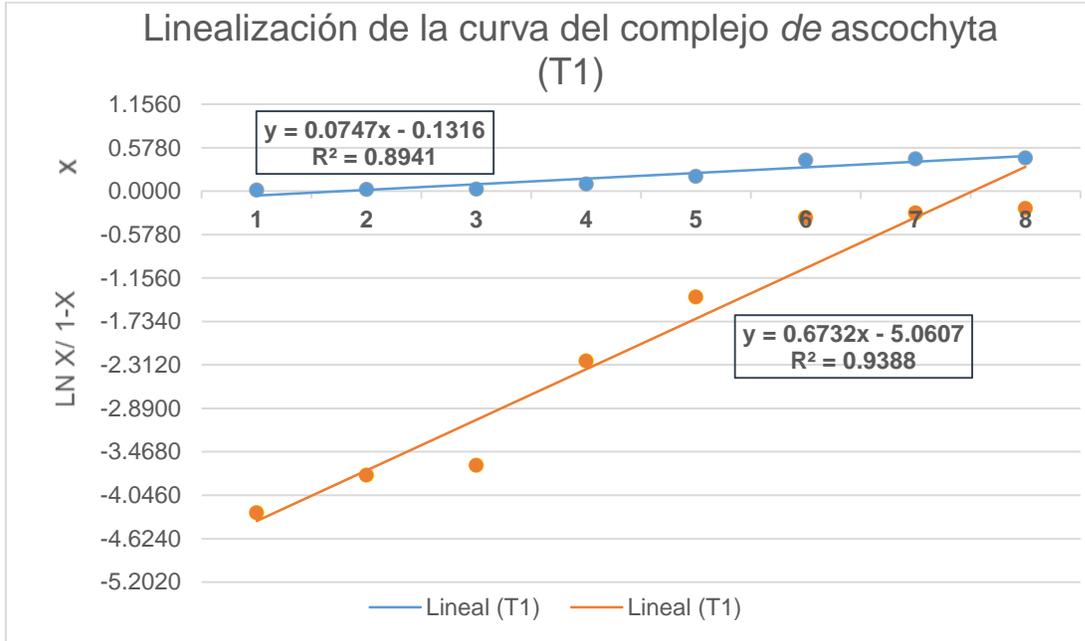


Figura 17. Línea de regresión y ecuación (T1).

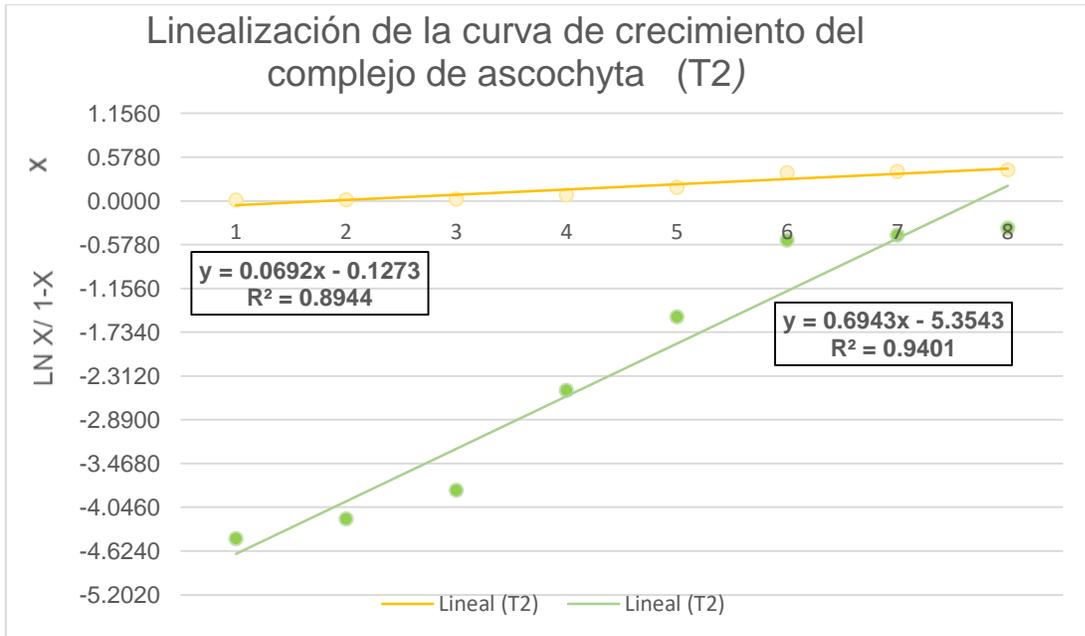


Figura 18. Línea de regresión y ecuación (T2).

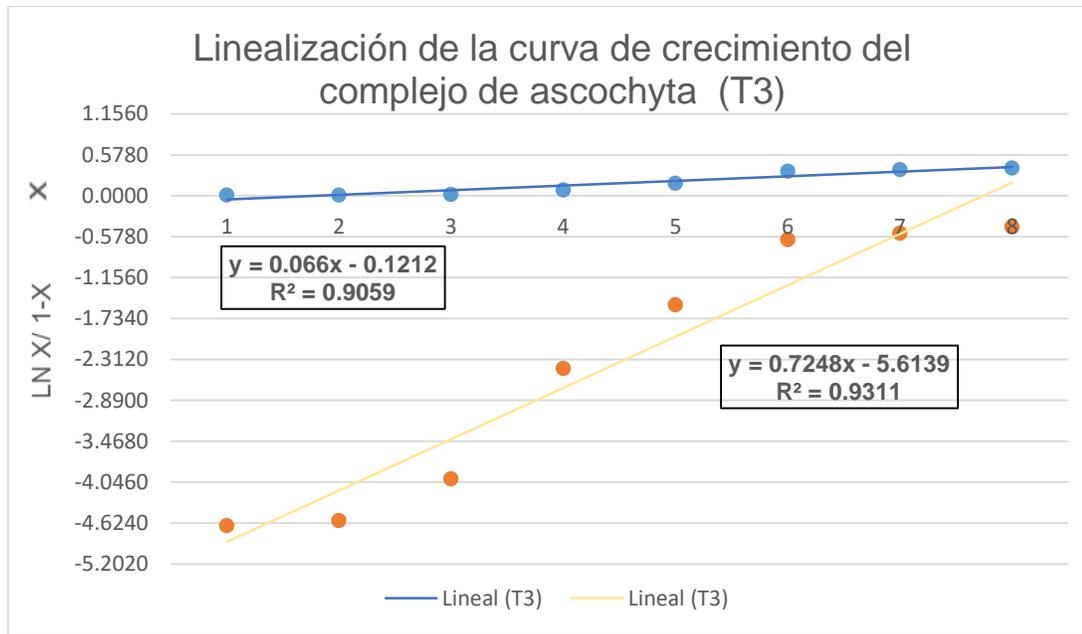


Figura 19. Línea de regresión y ecuación (T3).

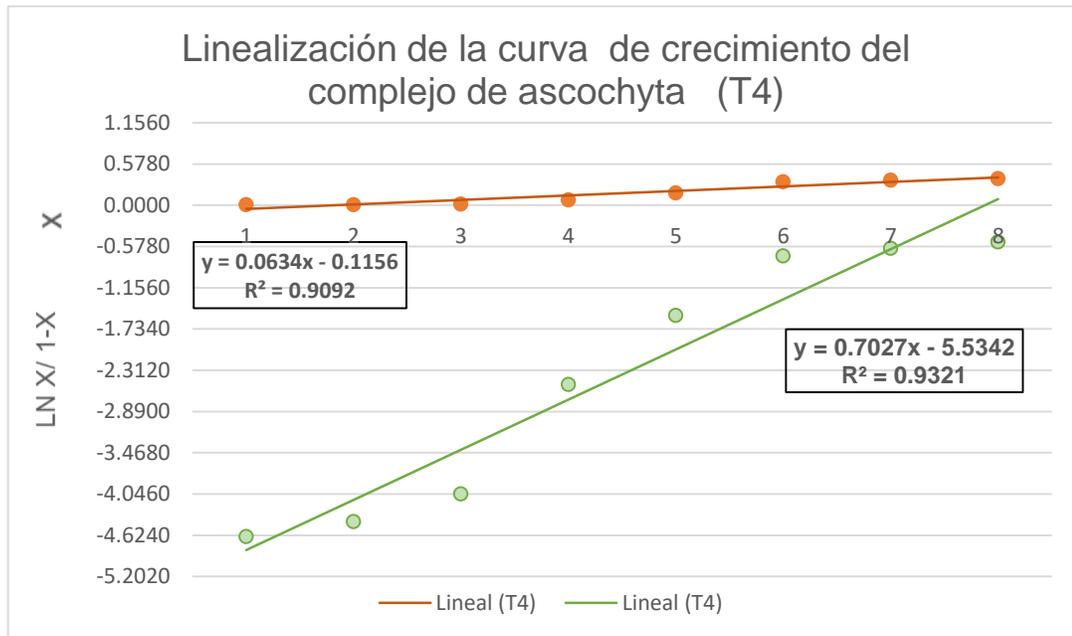


Figura 20. Línea de regresión y ecuación (T4).

#### 6.4. Tasa teórica de crecimiento de una epidemia

En el cuadro 12, se muestra la tasa teórica de crecimiento de la epidemia correspondiente a cada tratamiento.

Cuadro 12. Tasa teórica de crecimiento de la epidemia de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Tasa teórica de crecimiento R (%/día)
1	7.55
2	7.50
3	7.2
4	6.9

Estos datos indican que el tratamiento número 1 la epidemia posee una tasa de crecimiento de 7.55 % / día, quiere decir que, por 100 lesiones presentes en la hoja de arveja, por el complejo de ascochyta, se formarán 7.55 lesiones nuevas por día. Para el tratamiento 2 por 100 lesiones presentes en la hoja de arveja, por el complejo de ascochyta, se generan 7.5 lesiones nuevas por día.

Para el tratamiento 3 por 100 lesiones presentes en la hoja de arveja, por el complejo de ascochyta, se forman 7.2 lesiones nuevas por día y por último, en el tratamiento 4 por 100 lesiones presentes en la hoja de arveja, por el complejo de ascochyta, se producirán 6.9 lesiones nuevas por día. Sin duda el tratamiento 4 es el que genera menos lesiones de la enfermedad por día, y en consecuencia daño menor de la enfermedad.

#### 6.5. Análisis económico

Se utilizó la metodología de presupuestos parciales ya que este considera los costos variables relacionados directamente con los diferentes tratamientos provenientes del ensayo realizado sin tener que llegar de forma directa a la producción.

Para determinar que tratamiento es el más rentable se calculó la tasa marginal de retorno usando el criterio de optimidad, el tratamiento más rentable es el tratamiento 4 por tanto este constituye la recomendación para su uso, además de cumplir la condición que la tasa mínima de retorno (TAMIR) que para el mercado financiero en Guatemala andan más o

menos en 60 % por temporada de cultivo, lo cual al sumarse con el 40 % de retorno mínimo exigido a la agricultura, da una TAMIR de 100 % (Reyes Hernández, 2001).  $TMR \geq TAMIR$ , se observa que ésta se cumple con la condición para ser el más rentable y los detalles del análisis se presentan en los cuadros 13, 14, 15 y 16.

Cuadro 13. Estimación de costos variables de los tratamientos para el manejo del complejo de ascochyta

Tratamientos (Programas fitosanitarios)	Costos/ha		
	Costos de mano de obra	Fungicidas	Total
T1 (testigo relativo)	Q1,321.50	Q1,720.35	Q3,041.85
T2	Q1,321.50	Q2,062.04	Q3,383.54
T3	Q1,321.50	Q2,319.69	Q3,641.19
T4	Q1,321.50	Q2,067.27	Q3,388.77

Cuadro 14. Rendimientos ajustados, beneficio bruto, costos que varían y beneficio de tratamientos para el manejo del complejo de ascochyta.

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	B bruto/ha	CV/ha	B neto/ha
T4	Q2,249.86	Q26,548.31	Q3,388.77	Q23,159.54
T3	Q2,249.86	Q26,548.31	Q3,641.19	Q22,907.12
T2	Q1,708.01	Q20,154.48	Q3,383.54	Q16,770.94
T1	Q1,708.01	Q20,154.48	Q3,041.85	Q17,112.63

Cuadro 15. Análisis de dominancia de tratamientos para el manejo del complejo de ascochyta

Tratamientos	CV/ha	B neto/ha	Observación de cambio de tratamiento	Conclusión de la observación
T1	Q3,041.85	Q17,112.63	--	No dominado
T2	Q3,383.54	Q16,770.94	De T1 a T2	Dominado
T4	Q3,388.77	Q23,159.54	De T1 a T4	No Dominado
T3	Q3,641.19	Q22,907.12	De T4 a T3	Dominado

Cuadro 16. Calculo de tasa de retorno marginal.

Tratamiento	B neto	CV	$\Delta BN$ (Q)	$\Delta CV$ (Q)	TRM (%)
T1	Q17,112.63	Q3,041.85			
T4	Q23,159.54	Q3,388.77	Q6,046.90	Q346.92	1743.02551

## **7. CONCLUSIONES**

1. Los programas tres y cuatro, son estadísticamente iguales de eficaces y eficientes para el manejo del complejo de ascochyta.
2. El programa cuatro, es el mejor tratamiento para el manejo del complejo de ascochyta, aunque igual en eficiencia que el tres, provoca la menor tasa de incremento de la enfermedad, expresa así mayor eficiencia; a pesar de producir menos que el tres, resulta ser el más económico (rentable).
3. Existe una clara relación entre la severidad de la enfermedad sobre el cultivo y su capacidad productiva.

## **8. RECOMENDACIONES**

1. Realizar evaluaciones, de programas fitosanitarios donde cada programa por separado contenga únicamente fungicidas biológicos, sistémicos y protectantes.
2. Evitar el uso excesivo de ingredientes activos pertenecientes al grupo de las Estrobilurinas, esta presenta resistencia cruzada haciendo al patógeno resistente a todos los fungicidas que pertenezca a este grupo químico.
3. Elaborar un plan de rotación del cultivo, ya que parcelas donde se cultiva consecutivamente arveja, esta enfermedad se considera endémica en parcelas anteriormente cultivadas con arveja.
4. Realizar evaluaciones donde realmente exista una estrategia de alternancia entre fungicidas de contacto y sistémicos, evitando usar estrobilurinas e incluir en fungicidas sistémicos otras familias químicas, tomando en cuenta componentes biológicos y actividades culturales para realizar un manejo integrado de la enfermedad.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Adhikari, K. N., Khan, T. N., Stefanova, K., & Pritchard, I. (2014). Recurrent breeding method enhances the level of blackspot (*Didymella pinodes* (Berk. & Blox.) Vestergr.) resistance in field pea (*Pisum sativum* L.) in southern Australia. *Plant Breeding*, 133(4), 508–514. <https://doi.org/10.1111/pbr.12173>
- Agrios, G. N. (2005). *Fitopatología* (2a ed.). México: Limusa. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Albornoz, F., & Salinas, M. (2011). *Resultados y lecciones en controladores biológicos: Bacillus subtilis y B. thuringiensis*. (G. González Enei, Ed.). Chile: Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura. Recuperado de [https://www.opia.cl/static/website/601/articles-75602\\_archivo\\_01.pdf](https://www.opia.cl/static/website/601/articles-75602_archivo_01.pdf)
- Álvarez Erazo, P. A. (2013). *Evaluación fenotípica de dos generaciones de plantas de arveja (Pisum sativum L.) provenientes de semillas irradiadas con rayos gamma para indentificar resistencia a Ascochyta spp. (Tesis Ing. Agr.)*. Universidad de las Fuerzas Armadas, Ciencias de la Vida y de la Agricultura. Recuperado de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/4587>
- Borja, C., Burbano, H., Caamaño, E., & Canavides, J. (2001). *El cultivo de arveja china (Pisum sativum var. macrocarpon)*. Tegucigalpa, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2927/4/01.pdf>
- Calderón Bran, L. F., Dardón Avila, D. E., Márquez Hernández, J. M., & Del Cid Mazariegos, M. A. (2000). *Manejo integrado del cultivo de arveja china*. Guatemala: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Recuperado de [http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Arveja/Manejo integrado del cultivo de Arveja china 2000.pdf](http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Arveja/Manejo%20integrado%20del%20cultivo%20de%20Arveja%20china%202000.pdf)

- Campo Arana, R. O. (2016). Manejo integrado de enfermedades en cultivos tropicales. En *Conferencia magistral presentada en el seminario “ Manejo Integrado de fitoenfermedades mediante prácticas ecoeficientes”* (p. 4). Fasagasugá, Colombia: Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrícolas. Recuperado de <http://www.agro.uba.ar/noticias/node/164>
- Carapaz Ayala, N. M., & Román Pilacuán, N. D. (2011). *Respuesta de tres variedades de arveja (Pisum sativum L.) a cuatro aplicaciones de biofertilizantes, Rhizobium y Micorrizas en Bolívar-Provincia del Carchi. (Tesis Ing. Agr.)*. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-8082.2011.06.013>
- Carmona, M., & Sautua, F. (2017). La problemática de la resistencia de hongos a fungicidas. Causas y efectos en cultivos extensivos. *Revista de la Facultad de Agronomía UBA*, 37(1), 1–19. Recuperado de [http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/agronomiayambiente/2017\\_carmonamarcelo.pdf](http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/agronomiayambiente/2017_carmonamarcelo.pdf)
- Česnulevičiene, R., Gaurilčikiene, I., & Ramanauskiene, J. (2014). Control of ascochyta blight (*Ascochyta* complex) in pea under Lithuanian conditions. *Zemdirbyste*, 101(1), 101–108. <https://doi.org/10.13080/z-a.2014.101.014>
- Comission European. (2016). EU database: Plants. Recuperado de <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=29&sid=c3bb9301-2c29-4bba-aa1b-97ad8e6bc30b%40sessionmgr4009>
- Cruzat G., R., & Ionannidis N., D. (2008). *Resultados y lecciones en biocontrol de enfermedades fungosas con Trichoderma*. (G. E. Gisela, Ed.), *Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario* (Vol. 62). Chile: Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura. Recuperado de [http://itas.cl/wp/wp-content/uploads/2014/04/62\\_Libro\\_Trichoderma.pdf](http://itas.cl/wp/wp-content/uploads/2014/04/62_Libro_Trichoderma.pdf)

- Davidson, J. A., Wilmshurst, C. J., Scott, E. S., & Salam, M. U. (2013). Relationship between ascochyta blight on field pea (*Pisum sativum*) and spore release patterns of *Didymella pinodes* and other causal agents of ascochyta blight. *Plant Pathology*, 62(6), 1258–1270. <https://doi.org/10.1111/ppa.12044>
- Electronic code of federal regulations. (2019). eCFR-Code of federal regulations. Tolerance and exemptions for pesticide chemical residues in food. Recuperado de [https://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=65d2fa112c9bc84ea868ce10e4939796&mc=true&n=pt40.26.180&r=PART&ty=HTML#se40.26.180\\_1275](https://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=65d2fa112c9bc84ea868ce10e4939796&mc=true&n=pt40.26.180&r=PART&ty=HTML#se40.26.180_1275)
- FAO. (2012). *Distribución y utilización de plaguicidas directrices sobre la prevención y manejo de la resistencia a los plaguicidas*. Roma: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-bt561s.pdf>
- Fleitas, M. C., Gerard, G. S., & Simón, M. R. (2016). Eficacia residual de fungicidas sobre la roya de la hoja del trigo y su efecto sobre componentes del rendimiento y porcentaje de proteínas en grano. *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, 14(2), 69–84. <https://doi.org/10.14409/fa.v14i2.5721>
- García, A., Rodríguez, K., Puente, A., Valero, L., & Rodríguez, G. (2011). Evaluación de alternativas para disminuir los niveles de hongos fitopatógenos del suelo en áreas de replantación de cítricos. *Centro Agrícola*, 38(4), 5–7. <https://doi.org/2072-2001>
- García Chiu, E., Calderón, E., & Álvarez, G. (1993). *Manejo integrado de plagas en arveja china*. (R. Fisher, D. Dardón, & V. Salguero Navas, Eds.). Guatemala: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza / Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Recuperado de [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2975/Manejo\\_integrado\\_de\\_plagas\\_en\\_arveja\\_china.pdf;jsessionid=D6168975F19C148711987EE73BEF9F68?sequence=1](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2975/Manejo_integrado_de_plagas_en_arveja_china.pdf;jsessionid=D6168975F19C148711987EE73BEF9F68?sequence=1)
- García M. R., & Pérez L. R. (2003). Fitoalexinas: Mecanismo de defensa de Las plantas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9(1), 5–10. Recuperado de <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Garcia-y-Perez-2003.pdf>

- Garry, G., Jeuffroy, M. H., Ney, B., & Tivoli, B. (1998). Effects of ascochyta blight (*Mycosphaerella pinodes*) on the photosynthesizing leaf area and the photosynthetic efficiency of the green leaf area of dried-pea (*Pisum sativum*). *Plant Pathology*, *47*, 473–479. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1998.00259.x>
- Ghini, R., & Kimati, H. (2002). *Resistência de fungos a fungicidas*. (F. Ferreira de Moraes, Ed.), *Embrapa Meio Ambiente* (2a ed.). Brazil: Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria, Embrapa Medio Ambiente, Ministerio de Agricultura y Abastecimiento -. <https://doi.org/org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Gómez, D., & Reis, E. (2011). Inductores abióticos de resistencia contra fitopatógenos. *Química Viva*, *10*(1), 6–17. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/863/86317320003.pdf>
- Guerrero, J., & Mera, M. (1989). Aspectos fitopatológicos del cultivo de arveja. *V Seminario Nacional de leguminosas de grano*, *3*, 15–17. Recuperado de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/seriesinia/NR07147.pdf>
- Hernández, T., & Montoya, R. (1987). Epidemiología cuantitativa y su aplicación al análisis de algunas enfermedades de cultivos tropicales. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva. Recuperado de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A8349e/A8349e.pdf>
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias, C. (INIA). (2000). Diagnostico y control de enfermedades de arveja y lenteja. En *Manejo y fertilización en leguminosas de grano* (pp. 35–47). Carillanca, Chile: INIA. Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/seriesinia/NR19456.pdf>
- Liu, N., Xu, S., Yao, X., Zhang, G., Mao, W., Hu, Q., ... Gong, Y. (2016). Studies on the control of ascochyta blight in field peas (*Pisum sativum* L.) caused by *Ascochyta pinodes* in Zhejiang Province, China. *Frontiers in Microbiology*, *7*(APR), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00481>

- López Bautista, E. A., & González Ramírez, B. H. (2015). *Diseño y análisis de experimentos, Fundamentos y aplicaciones en Agronomía* (2a ed.). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Martínez, B., Infante, D., & Reyes, Y. (2013). Trichoderma spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Protección Vegetal*, 28(1), 1–11. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n1/rpv01113.pdf>
- Mejía España, D. F. (2012). *Evaluación de la sensibilidad del complejo Ascochyta en arveja (Pisum sativum) al jugo de fique (Furcraea gigantea) pasteurizado. (Tesis MSc.)*. Universidad de Narino, Maestría en Ciencias Agrarias, Producción de Cultivos. Recuperado de <http://sired.udenar.edu.co/3102/1/85417.pdf>
- Melgarejo García, J., & Abella Portilla, F. (2011). Mecanismo de Acción de los Fungicidas. En *Manejo integrado de enfermedades* (pp. 193–202). Bogota, Colombia: Producción de Medios de Comunicación. Recuperado de [http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder\\_id=0&dvs=1507990169660~339](http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder_id=0&dvs=1507990169660~339)
- Mera, M., Aguilera, A., & Espinoza, N. (2007). Aspectos fitosanitarios de arveja Sugar Snap. En *Arvejas de vaina comestible Sugar Snap* (pp. 48–69). Carillanca, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR34417.pdf>
- Mitidieri, M., & Francescangeli, N. (2013). *Sanidad en cultivos intensivos*. (Instituto Nacional de Tecnología y Agropecuaria, Ed.). Carillanca, Chile: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Recuperado de [http://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/2692/INTA\\_CRBsAsNorte\\_EEASanPedro\\_Mitidieri\\_Francescangeli\\_eds\\_Curso\\_Sanidad\\_cvIntens\\_mod3.pdf?sequence=2&isAllowed=y#page=47](http://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/2692/INTA_CRBsAsNorte_EEASanPedro_Mitidieri_Francescangeli_eds_Curso_Sanidad_cvIntens_mod3.pdf?sequence=2&isAllowed=y#page=47)

- Mondino, P. (2006). Control biológico de enfermedades de plantas. En *Bases conceptuales para el manejo ecológico de plagas y enfermedades* (pp. 198–206). Montevideo, Uruguay: Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Recuperado de [http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/publica/Control Biologico enfermedades de plantas libro .pdf](http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/publica/Control%20Biologico%20enfermedades%20de%20plantas%20libro.pdf)
- Mondino, P. (2018). *Resistencia a fungicidas conceptos y manejo*. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Recuperado de [http://www.inia.uy/Documentos/Públicos/INIA Las Brujas/Usos racionales de agroquímicos 3\\_10\\_2018/Pedro Mondino \(FAGRO\).pdf](http://www.inia.uy/Documentos/Públicos/INIA%20Las%20Brujas/Usos%20racionales%20de%20agroquímicos%203_10_2018/Pedro%20Mondino%20(FAGRO).pdf)
- Monterroso Salvatierra, D. (1996). Modelos generales. En *Curso de Manejo Integrado de Enfermedades, Maestría de MIP* (p. 9). León, Nicaragua: Universidad Autónoma de Nicaragua, Recinto León.
- Monterroso Salvatierra, D. (1998). El inóculo. León, Nicaragua: Universidad Autónoma de Nicaragua, Mestría MIP, Recinto León.
- Mora Aguilera, G. (2008). Bases de estudios epidemiológicos para el manejo de patosistemas agrícolas. En *Taller internacional de vigilancia epidemiológica fitosanitaria para el pronóstico de plaga* (p. 35). San Luis Potosí, México: Seedmech. <https://doi.org/10.1007/978-1-60761-842-3>
- Muiño García, B. L., Pérez Vicente, L., Pollanco Aballe, Á., Ponciano, I., Lorenzo Nicao, M. E., Martín Triane, E. L., ... Santana, Y. (2007). El Monitoreo Y Manejo De La Resistencia a Los Fungicidas En Cuba. *Fitosanidad*, 11(3), 91–100. Recuperado de <http://www.fitosanidad.cu/index.php/fitosanidad/article/view/230>
- Pedroza Sandoval, A. (2009). *Tópicos selectos de estadística aplicados a la fitosanidad*. (N. Bautista Martínez, L. Soto Rojas, & R. Pérez Pacheco, Eds.). México: Colegio de Postgraduados. <https://doi.org/10.13140/2.1.5000.0642>
- Roger, C., Tivoli, B., & Huber, L. (1999). Effects of interrupted wet periods and different temperatures on the development of ascochyta blight caused by *Mycosphaerella pinodes* on pea (*Pisum sativum*) seedlings. *Plant Pathology*, 48(1), 10–18. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1999.00311.x>

- Rubio, S. V., & Fereres, C. A. (2005). Control biológico de plagas y enfermedades de los cultivos. En *Ciencias Agrarias* (p. 16). Madrid, España: Centro de Ciencias Medioambientales (CCMA-CSIC). [https://doi.org/10.1061/40713\(2004\)75](https://doi.org/10.1061/40713(2004)75)
- Sánchez, G., & Sandóval, J. (2005). *Manual de pre-inspección para la producción de arveja china y dulce en Guatemala*. (L. Calderón & M. del Cid, Eds.). Ciudad de Guatemala, Guatemala: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. Recuperado de [http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Arveja/Manual de pre-inspeccion Arveja china y dulce.pdf](http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Arveja/Manual%20de%20pre-inspeccion%20Arveja%20china%20y%20dulce.pdf)
- Sánchez Pila, F. E. (2016). Importancia de los lipopéptidos de *Bacillus subtilis* en el control biológico de enfermedades en cultivos de gran valor económico. *Bionatura*, 1(3), 135–138. <https://doi.org/10.21931/rb/2016.01.03.7>
- Sandoval Barrios, C. (2004). *Manual técnico manejo integrado de enfermedades en cultivos hidropónicos*. Talca, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de [dspace.otalca.cl/bitstream/1950/2931/1/Sandoval.pdf](https://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/2931/1/Sandoval.pdf)
- Vaca Patiño, R. E. (2007). *Evaluación de tres bioestimulantes con tres dosis en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en Santa Marta de Cuba. (Tesis Ing. Agr.)*. Universidad Técnica del Norte, Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Recuperado de [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/793/2/03 agp 119 tesis final.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/793/2/03%20agp%20119%20tesis%20final.pdf)
- Valerín Rosales, M. (1993). *Guía de uso de fungicidas, el combate de las enfermedades*. Costa Rica: Ministerio de Agricultura Y Ganadería.
- Villarreal-Delgado, M. F., Villa-Rodríguez, E. D., Cira-Chávez, L. A., Estrada-Alvarado, M. I., Parra-Cota, F. I., & De los Santos-Villalobos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(1), 95–135. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>
- Waard, M., & Andrade, A. (2001). Fungicidas. En *Advanced topics in management of agricultural fungicides. Trad. by Edin Orozco Miranda* (p. 21).

### **CAPÍTULO 3. SERVICIOS PRESTADOS EN POTRERO CARRILLO, JALAPA.**



## 1. PRESENTACIÓN

Dentro del tiempo designando al Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- se realizaron una serie de actividades, las cuales beneficiaron a la empresa, finca o comunidad en la cual se llevó a cabo dicha práctica. A estas actividades se le da el nombre de servicios, los cuales se deben cumplir en el lapso de diez meses tiempo estipulado para el EPS de los estudiantes de la FAUSAC. Dentro de los servicios realizados se encuentran: el primero la evaluación de fungicidas para el manejo del complejo ascochyta estableciendo parcelas experimentales y evaluando productos comerciales de interés de la empresa para poder definir el uso de estos productos se hicieron pruebas de ellos en el cultivo de arveja, evaluando el efecto de fungicidas sobre esta enfermedad y de esta manera tener nuevas alternativas de manejo sobre esta enfermedad.

También se realizó como segundo servicio la definición del requerimiento hídrico del cultivo de arveja en la localidad de Potrero carillo, Jalapa utilizando variable climáticas propias de lugar fue de suma importancia determinar este valor para realizar un riego más efectivo que permitiera a la planta desarrollar todo su potencial productivo y evitar que sufrieran estrés hídrico, esto también llevo al cálculo de la láminas riego, frecuencia de riego y tiempo de riego necesaria para suplir las necesidades hídricas de la planta, de esta forma se les hizo mucho más practica la actividad de riego a los encargados de operar las válvulas de riego ahorrando tiempo de trabajo, reduciendo también el uso de agua en al menos un 10 %.

Para la implementación del tercer servicio se determinó la metodología de muestreo de datos biométricos para la proyección de cosecha, de esta forma realizar proyecciones de cosecha más certeras, ahorrando tiempo a la persona responsable de muestrear.

Los servicios antes mencionados se realizaron durante el periodo de febrero a noviembre del año 2018.

## 2. SERVICIO 1. EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS PARA EL MANEJO DE ASCOCHYTA EN EL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum Sativum* L. var. *Kennedy*)

### 2.1. MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1.1. Marco Teórico

##### A. Aspectos generales del cultivo de arveja china

La arveja china, es una leguminosa originaria del mediterráneo, y África Occidental algunos autores también señalan que es originaria de Europa Occidental. El consumo de esta legumbre es preferida en vaina, esta posee 5 etapas fenológicas, que dan inicio con la germinación, desarrollo vegetativo, etapa reproductiva con la brotación de yemas florales, posteriormente con la fecundación de la flor que da origen a la vaina como fruto (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2000).

##### B. Generalidades del Complejo Ascochyta

El complejo ascochyta está constituido por tres organismos fúngicos separados. Son: *Ascochyta pisi* Lib., y *Ascochyta pinodella*, *Mycospharella pinodes* (Berk y Blox) vesteger (Guerrero & Mera, 1989).

##### a) Síntomas

La infección por Ascosporas de *M. pinodes* produce abundantes manchas de color púrpura y tamaño reducido en las hojas, en un ambiente seco, las lesiones se mantienen pequeñas y sin márgenes claras, mientras bajo condiciones húmedas, éstas se agrandan, volviéndose de color marrón oscuro, con bordes definidos. Su crecimiento se da en forma secuencial, por lo cual adquieren una forma característica de anillos concéntricos (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2000).

Lesiones en el tallo son similares a las de las hojas en cuanto el color y tamaño, y a menudo se extienden hacia arriba y abajo del punto de inserción de una hoja enferma. Conforme aumenta su tamaño, las lesiones se unen afectando por completo el tallo y dando a la parte baja de la planta un color azul oscuro. Cuando son afectadas las flores, el hongo

frecuentemente ataca los sépalos y produce la caída de la flor o de las vainas en crecimiento, es usual que la producción de granos se vea limitada (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2000).

*Ascochyta Pinodella* ocasiona síntomas muy similares a aquellos por *M. pinodes* aunque el daño ocasionado a hojas, tallos y vainas es menor. Las lesiones ocasionadas por *A. pisi* son ligeramente hundidas, de color café claro con bordes definidos de color marrón oscuro. Su forma es circular en hojas y vainas, y alargadas en el tallo. A menudo existe la presencia de picnidios negros. Rara vez ataca la base de la planta y no ocasiona pudrición (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2000).

### **C. Incidencia**

Es la cantidad de plantas o partes de plantas con la condición de enfermedad en la relación al universo poblacional, disponible en un espacio y tiempo determinado. En este caso no importa la agresividad del síntoma. Es suficiente una lesión de la enfermedad para ser contabilizado con la misma importancia que aquella unidad observación que tiene 40 o más lesiones, ejemplo de esta es 30 plantas enfermas de un total de 60 representa una incidencia del 0.5 o 50 %. Incidencia es comúnmente utilizada en enfermedades virales por su carácter sistémico (Mora Aguilera, 2008).

### **D. Modo de acción de los fungicidas utilizados**

Es la manera 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 (Melgarejo García & Abella Portilla, 2011)

De acuerdo con Melgarejo García & Abella Portilla (2011), Teniendo en cuenta la interacción de la planta tratada con los fungicidas, se pueden agrupar en:

Protectantes (contacto) y sistémicos (con variantes como: sistémicos localizados, mesostémicos).

Los fungicidas protectantes de efecto preventivo son generalmente de acción múltiple, es decir que puede afectar al mismo tiempo varias de las funciones de celulares, mientras que los fungicidas sistémicos actúan o afectan generalmente a un solo sitio de estructura o fisiología del patógeno. En términos generales actúan sobre la germinación de las esporas y pueden ocasionar su muerte aun después de la germinación, pero después de la germinación, y antes que el tubo germinativo haya penetrado en los espacios intercelulares. Características fundamentales de los fungicidas protectantes: forman una barrera sobre la superficie de la planta impidiendo la germinación de esporas y son absorbidos por el patógeno en proporciones tóxicas (efecto de contacto sobre estructura fuera de la planta) (Melgarejo García & Abella Portilla, 2011).

La gran mayoría de fungicidas protectantes son de acción múltiple respecto de las funciones celulares, lo cual impide el desarrollo de resistencia a estos productos, ya que es muy difícil que el patógeno pueda bloquear todos los sitios de acción del fungicida (Melgarejo García & Abella Portilla, 2011).

Por otro lado, existen los fungicidas sistémicos, estos poseen características, como alta efectividad a dosis bajas en comparación con los fungicidas protectantes. Tienen efecto preventivo, curativo y en algunos casos erradicante, dependiendo de la dosis y del tipo de Fito patógeno a controlar. Aunque varios son curativos, se deben aplicar de preferencia no más de tres días después de iniciada la infección primaria, a fin de obtener mejores resultados. Existen algunos problemas al utilizar productos sistémicos son muy específicos en su sitio de acción, no poseen capacidad multisitio por lo que existe la posibilidad de generar resistencia (Melgarejo García & Abella Portilla, 2011).

Estos productos poseen alta selectividad. Penetran en la planta, se translocan y ejercen su efecto sobre los patógenos sin ocasionar daños a la planta (Melgarejo García & Abella Portilla, 2011).

## E. Grupo químico de los fungicidas utilizados

### a) Compuestos de Cobre

Todos los iones de metales pesados son fúngicos. El orden de toxicidad de mayor a menor es:  $\text{Ag} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Cr} > \text{Ni} > \text{Pb} > \text{Co} > \text{Zn} > \text{Fe}$ . Este orden muestra la habilidad de los iones de formar quelatos estables con grupos ionogénicos como los imidazoles, ácido carboxílico, fosfatos y tioles y sus características electro negativa. Un quelato es un complejo (cíclico) que se forma entre un átomo de metal y un ligamento (Ej. Un aminoácido). De los iones mencionados anteriormente solo el cobre es de importancia en el control de enfermedades de plantas (Waard & Andrade, 2001).

Los iones de cobre en solución son inicialmente tóxicos para todas las formas de vida. Un compuesto como el sulfato de cobre es utilizado para tratamiento de semillas o para tratamiento de madera con fines de prevención. Aplicaciones en las plantas debido a que contienen cobre de una manera insoluble (cobres fijados). El cobre inorgánico se considera como producto natural y por ello, se permite su uso en la agricultura ecológica. Un ejemplo de un compuesto de cobre es el caldo bórdales o pasta bordelesa, un caldo o mezcla de sulfato de cobre e hidróxido de calcio. Otros compuestos son oxiclورو de cobre ( $\text{CuCl}_2$ ,  $3\text{Cu}(\text{OH})_2$ ) y óxido de cobre ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ). Algunos de estos compuestos tienen un carácter gelatinoso, que reduce el lavado de las hojas e incrementa la acción fúngica. Con otros compuestos se obtienen el mismo efecto incluyendo un adherente a la mezcla (Waard & Andrade, 2001).

Después de la deposición en las hojas el precipitado forma un reservorio de donde los iones de cobre se movilizan. La movilización es activada por exudados producidos por la germinación de esporas como por keto ácido y amino ácidos. quelatos rápidamente con cationes, como el  $\text{Cu}^{2+}$ . Estos quelatos son solubles en agua, son tomados por el hongo y producen muerte celular (muerte propia). No se conoce que reacciones son responsables de la muerte. Se ha supuesto que los quelatos de cobre se unen con las proteínas dando como resultado una mezcla de quelatos con proteínas. De esta manera las proteínas enzimáticas pueden perder su actividad (Waard & Andrade, 2001).

## **b) Estrobilurinas y compuestos afines**

Es una nueva estrategia en la búsqueda de nuevos compuestos biológicos activos es la imitación de la toxicidad química de compuestos que ocurren en la naturaleza. Éxito en este campo es el desarrollo de fungicidas basados en la estructura química de estrobilurinas. Estos antibióticos se producen por *Strobilurus tenacellus*, un Basidiomycete común en bosques europeos y descrito en 1978. La producción de estrobilurinas de este hongo saprofito brinda una ventaja competitiva sobre otros hongos (Waard & Andrade, 2001).

Las razones por las que las estrobilurinas se utilizaron generalmente en un corto periodo de tiempo son: el único espectro de control de enfermedades de Oomycetes, Ascomycetes y Hongos anamorficos. Ningún fungicida actual combina su espectro con altos niveles de actividad intrínseca en proporciones bajas. Los compuestos llenan los más severos criterios medio ambientales dispuestos en el plan multi-Anual de protección vegetal. La toxicidad de las estrobilurinas en animales experimentales es extremadamente baja. (DLM > 5000 mg/kg de peso) (Waard & Andrade, 2001).

En primer momento, un tratamiento con un fungicida de un excelente control a una alta mezcla de poblaciones de patógenos en muchos vegetales de importancia (Ej. mildius y cenicillas en uva y hortalizas, enfermedades del grano en arroz y la mayoría de enfermedades foliares de los cereales) (Waard & Andrade, 2001).

Las estrobilurinas tienen un modo de acción basado en la inhibición de la transferencia de electrones en la mitocondria entre el citocromo b y el c1. Estrobilurinas no presentan resistencia cruzada a otra clase de fungicidas. La mayoría de las estrobilurinas son sistémicas en el apoplasto, y tiene por ello no solo acción preventiva si no curativa e inclusive propiedades erradicantes. Las estrobilurinas son altamente convenientes en el manejo integrado de plagas. El daño potencial que se le puede encontrar a la aplicación de estrobilurinas es el desarrollo de resistencia. Mutaciones de laboratorio de levadura con resistencia a estrobilurinas se han descrito en la literatura pero tienen una capacidad reducida. Si los mutantes de patógenos sufren las mismas consecuencias, el desarrollo de resistencia en el campo no progresa rápidamente. Además, existen compañías promotoras de estrategias preventivas para prevenir o retrasar el desarrollo de resistencia (Waard & Andrade, 2001)

## **2.2. OBJETIVOS**

### **2.2.1. Objetivo general**

Seleccionar cuál de los tratamientos evaluados, es el más efectivo para el manejo ascochyta.

### **2.2.2. Objetivos específicos**

1. Estimar la variable severidad e incidencia en función del tiempo en cada tratamiento evaluado.
2. Determinar si alguno de los tratamientos evaluados genere daño a la plantación en periodos de floración.

## **2.3. HIPÓTESIS**

La aplicación alternada de dos fungicidas de diferente familia química y distinto modo de acción presentaran menor porcentaje de incidencia y severidad.

## 2.4. METODOLOGÍA

### 2.4.1. Material experimental

El material utilizado fue semilla certificada de arveja china variedad Kennedy.

### 2.4.2. Parcelas demostrativas

Se establecieron dos parcelas demostrativas, cada una con dimensiones iguales. Estas eran de 1000 metros cuadrados. En cada parcela se establecieron cinco unidades de muestreo, cada uno de tres metros lineales.

### 2.4.3. Unidad de muestreo

Se establecieron 5 unidades de muestreo cada una con dimensiones de 1 metro de largo por 2.20 metros de ancho.

### 2.4.4. Descripción del tratamiento

Los tratamientos establecidos fueron dos, el primero siendo el testigo relativo que es el fungicida más utilizado en la etapa de floración y el segundo tratamiento es una alternativa del uso alternando de dos fungicidas que pueden ser utilizados en el periodo de floración. Los dos tratamientos se aplicaron en la etapa de floración y cosecha se presentan en el cuadro 17 y 18.

Cuadro 17. Descripción de tratamientos a evaluar.

Tratamiento 1				
Producto comercial	Ingrediente activo	Dosis	MRLs Europa	MRLs EEUU
Amistar 50 WG	Azoxystrobin	120 g/200 L	3	3
Tratamiento 2				
Maxidor 25 SC	Azoxystrobin	200 cm <sup>3</sup> /200 L	3	3
Mastercop 6.6 SL	Sulfato de cobre	500 cm <sup>3</sup> /200 L	0	0

Fuente: elaboración propia, 2018.

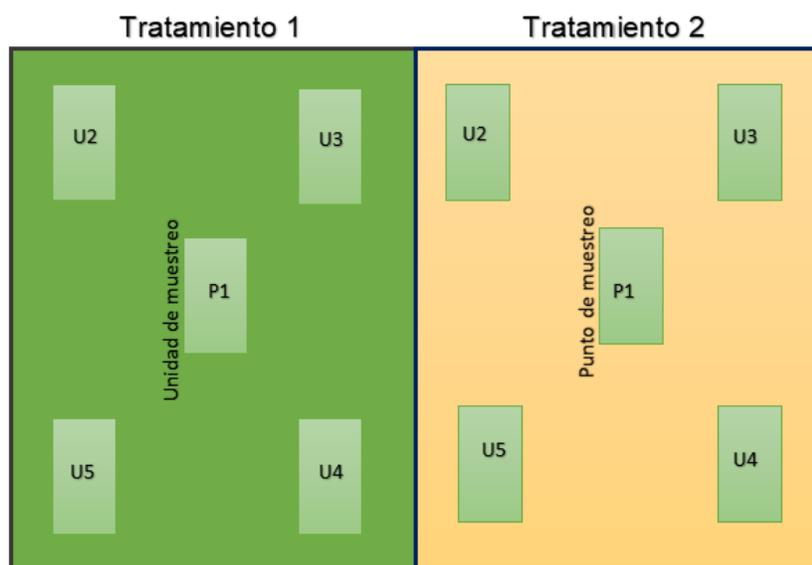
Cuadro 18. Intervalo y frecuencia de aplicación de los tratamientos.

Intervalo de Aplicación	Número de aplicaciones	Tratamiento 1
8 días	1	Amistar 50 WG
8 días	2	Amistar 50 WG
8 días	3	Amistar 50 WG
Intervalo de aplicación	Número de aplicaciones	Tratamiento 2
8 días	1	Maxidor 25 SC
8 días	2	Mastercop 6.6 SL
8 días	3	Maxidor 25 SC

Fuente: elaboración propia, 2018.

### 2.4.5. Croquis de Campo

En la figura 25, se muestra la distribución de los tratamientos en la parcela experimental.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 21. Croquis de campo de campo y ubicación de las unidades de muestreo.

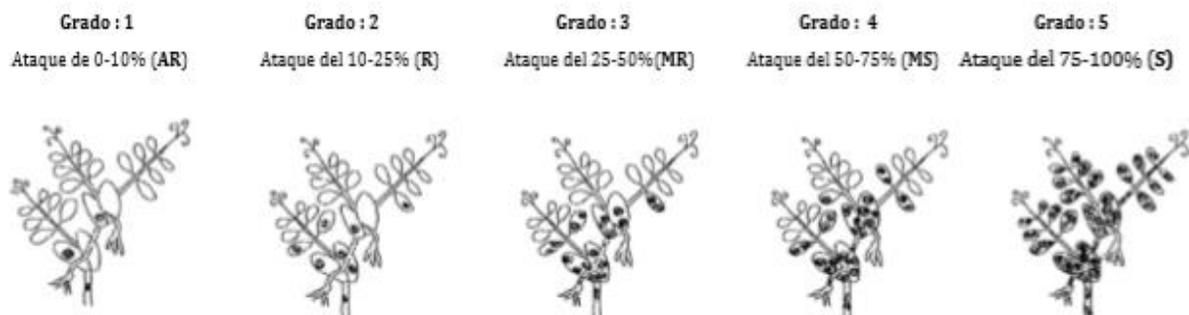
## 2.4.6. Variables de respuesta

### A. Incidencia

Para la medición de incidencia de la enfermedad, se realizaron tres muestreos, uno por semana cada muestreo consistió de cinco unidades de muestreo de 3 m lineales, en dicha unidad se contaron el número de plantas totales, y las plantas enfermas o con sintomatología de la enfermedad.

### B. Severidad

Para la medición de severidad, se muestreo las cinco unidades de muestreo, utilizando el criterio propio como una de las herramientas para la lectura de severidad, también se utilizó una escala de severidad como material de apoyo para poder realizar la lectura con mayor precisión que se muestra en la figura 26.



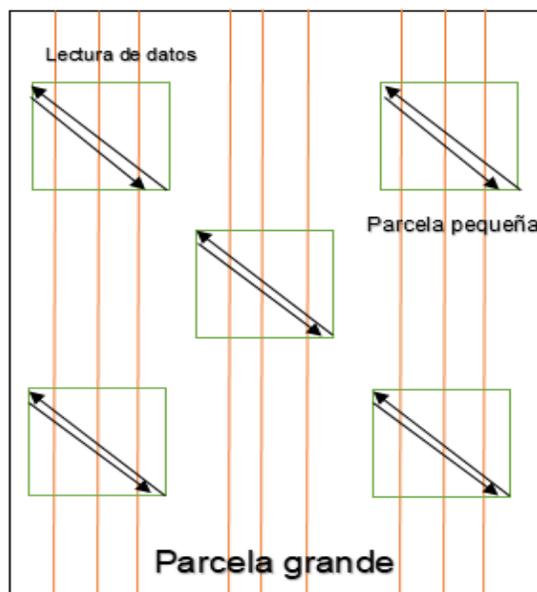
Fuente: Galdámez, 1989.

Figura 22. Escala de severidad de *Ascochyta* spp.

Escala de severidad para evaluación de *Ascochyta* spp. en hojas y tallo. 1=Sin evidencia visible de la enfermedad o presencia de lesiones pequeñas del 1 % al 10 % del tejido afectado; 2= Del 10 % al 25 % de tejido afectado en los diferentes órganos de la planta; 3= Del 25 % al 50 % de tejido afectado; 4= Del 50 % a 75 % de tejido afectado; 5= Del 75 % al 100 % de tejido afectado.

### 2.4.7. Lectura de toma de datos para la variable severidad

En la figura 27, se muestra la forma en cómo se tomaron las lecturas de severidad en las cinco parcelas pequeñas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 23. Toma de lectura de valores de severidad.

### 2.4.8. Manejo del experimento

Los dos tratamientos tendrán el mismo manejo agronómico la fertilización base y nutrición a lo largo del ciclo del cultivo al igual que el manejo de plagas y prácticas culturales será el mismo para los dos tratamientos y será realizado por el personal técnico responsable.

En cuanto al manejo de enfermedades para el experimento el plan de pulverización fue el mismo para los dos tratamientos hasta el momento de floración, en este periodo se realizó la evaluación de los tratamientos descritos anteriormente.

## 2.5. RESULTADOS

### 2.5.1. Incidencia de complejo de ascochyta en la planta de arveja china

Se utilizó esta variable como indicadora del efecto que tuvieron los tratamientos sobre la enfermedad y su manejo en la planta. Como se puede observar en la figura 28, el efecto de Maxidor 25 SC, y Mastercop 6.6 SL presenta 2 % menos incidencia de ascochyta que el tratamiento en el cual se utilizó Amistar 50 WG.

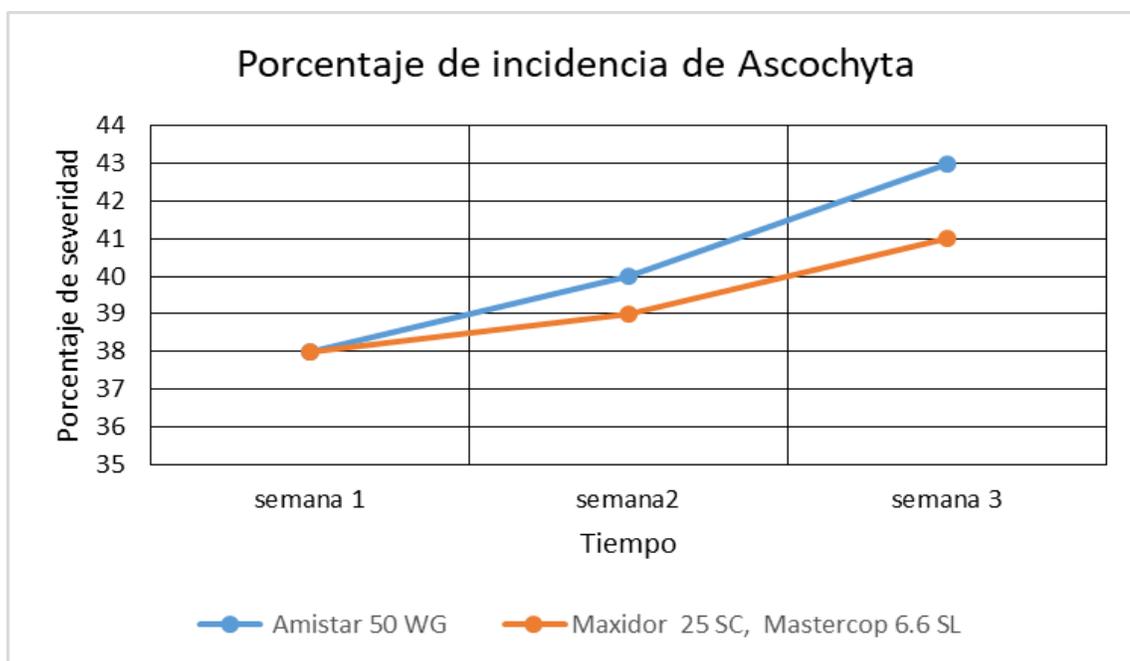


Figura 24. Porcentaje de incidencia del complejo de ascochyta.

### 2.5.2. Severidad de ascochyta en la planta de arveja

Se utilizó esta variable como indicadora del efecto que tuvieron los tratamientos sobre la enfermedad y su manejo en la planta. Como se puede observar en la figura 29, el efecto de Maxidor 25 SC, y Mastercop 6.6 SL presenta 5.6 % menos severidad de ascochyta que el tratamiento en el cual se utilizó Amistar 50 WG.

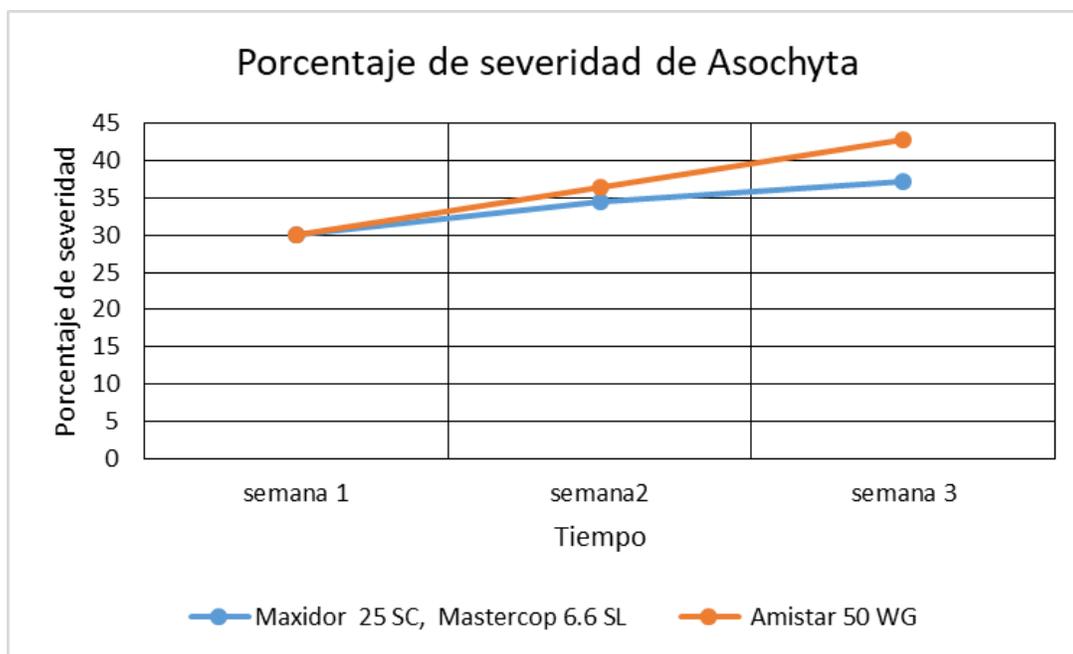


Figura 25. Porcentaje de severidad del complejo de ascochyta.

## 2.6. DISCUSIONES

Utilizando las variables de incidencia y severidad como respuesta a la aplicación de dos tratamientos el cual uno solo consistía en realizar tres aplicaciones del mismo fungicida y como segundo tratamiento se realizaron tres aplicaciones solo que intercalando dos fungicidas con el fin de alternar los productos y de esta forma rota el modo de acción y familia química. El resultado es las dos variables de respuesta incidencia y severidad para el tratamiento de alternancia de fungicidas obtuvieron valores más bajos comparados con el tratamiento en el cual se utilizó solo un fungicida.

Estos valores se deben a que el fungicida Maxidor 25 SC, es un fungicida sistémico con ingrediente activo azoxystrobin el cual penetra el mesofilo de la hoja hasta llegar al sistema vascular de la planta, y tiene la capacidad de eliminar la infección causada por el patógeno, por otro lado Mastercop 6.6 SL es un fungicida protectante y de contacto este no entra al sistema vascular de la planta pero tiene la capacidad de proteger a la planta desde el exterior de la hoja y de esta manera impidiendo nuevas infecciones del patógeno.

Esta estrategia permite realizar un manejo eficiente de la enfermedad y también reduciendo el riesgo de inducir resistencia del fungicida hacia el patógeno, por otro lado la utilización de un solo fungicida de forma consecutiva en este caso Amistar 50 WG es un fungicida sistémico el cual penetra hasta llegar al sistema vascular de la planta y elimina la infección causada por el patógeno, pero es necesario utilizar fungicidas protectantes para poder proteger a la planta de futuras infecciones y de esta forma evitar infecciones más severas causadas por el patógeno.

## 2.7. CONCLUSIONES

1. Para realizar un manejo eficiente de la enfermedad en etapa de floración hasta cosecha en arveja es necesario alternar fungicidas en este caso Maxidor 25 SC Y Mastercop 6.6 SL.
2. La lectura de severidad e incidencia obtuvieron valores menores para el tratamiento en cual se alternó los fungicidas con respecto al tratamiento sin alternancia de fungicida.
3. Ninguno de los tratamientos ocasiono ningún tipo de daño ni provoco fitotoxicidad a la planta, incluyendo el tratamiento en el cual se utilizó un compuesto cúprico como fungicida en periodo de floración.

### **3. SERVICIO 2: DETERMINAR EL REQUERIMIENTO HÍDRICO DEL CULTIVO DE ARVEJA Y DEFINIR LA LÁMINA DE RIEGO Y FRECUENCIA DE RIEGO.**

#### **3.1. OBJETIVOS**

##### **3.1.1. Objetivo general**

Determinar el requerimiento hídrico del cultivo de arveja.

##### **3.1.2. Objetivos específicos**

1. Elaborar una curva del coeficiente fisiológico del cultivo de arveja kc.
2. Elaborar un plan de riego para el cultivo de arveja.

#### **3.2. METODOLOGÍA**

##### **3.2.1. Obtención de datos climatológicos**

Los datos obtenidos por el INSIVUMEH de la estación meteorológica localizada en Potrero carrillo, Jalapa se utilizaron para el cálculo del requerimiento hídrico del cultivo, estos datos se ingresaron al software Cropwat que cálculo el requerimiento de riego. Para ello fue necesario utilizar una serie de datos históricos de 10 años de antigüedad, de los cuales se hizo un promedio de estos datos para que el cálculo sea más preciso. En el cuadro 19, se muestran los datos climáticos como temperatura máxima, temperatura mínima para realizar los cálculos necesarios

Cuadro 19. Datos climáticos de la locación Potrero carrillo, Jalapa.

Mes	T Min	T Max	Humedad	Vientos		Radiación solar	PP
	°C	°C		Km/h	m/s		
Enero	7.3	19.9	79.2	5.7	1.583333333	5.86	15.645
Febrero	6.9	21.4	75.5	6.1	1.683333333	7.18	7.67
Marzo	7.3	23.0	72.9	4.7	1.3	6.79	14.01
Abril	9.4	24.1	73.6	3.6	1.006944444	5.97	39.59
Mayo	11.9	23.5	76.1	2.9	0.806944444	5.46	135.65
Junio	13.0	22.4	79.9	2.9	0.801388889	4.88	244.125
Julio	12.9	21.8	79.7	5.6	1.543055556	5.86	197.635
Agosto	12.8	21.9	80.0	4.0	1.102777778	5.37	192.28
Septiembre	12.7	21.8	81.5	2.8	0.78362573	4.64	270.589474
Octubre	11.9	21.7	82.9	3.1	0.873611111	5.25	137.375
Noviembre	9.6	20.1	83.6	4.6	1.27192982	6.05	85.2684211
Diciembre	8.4	19.9	81.4	4.9	1.348611111	5.49	17.97

Fuente: INSIVUMEH, 2018.

### A. Utilización de software Cropwat

Los datos promedio obtenidos de la serie histórica se ingresaron al software Cropwat, para obtener el requerimiento riego del cultivo.

#### 3.2.2. Elaboración de plan riego

Para elaborar el plan es necesario conocer algunas características físicas del suelo, esta información se obtuvo del análisis físico de suelo.

### A. Información necesaria del suelo y cultivo

En el cuadro 20, 21 y 22, se muestra la información necesaria del suelo como capacidad de campo punto de marchitez permanente correspondientes a la clase textural del suelo y cultivo como profundidad radicular de la planta para poder realizar los cálculos necesarios.

Cuadro 20. Rangos de capacidad de campo dependiendo la textura del suelo.

Textura del suelo	Capacidad de campo (%)
Arenoso	9 (6-12)
Franco-arenoso	14(10-18)
Franco	22 (18-26)
Franco-arcilloso	27 (23-31)
Arcilloso-arenoso	31 (27-35)
Arcilloso	35 (31-39)

Fuente: Sandoval Illesacass JE, 2017.

Cuadro 21. Rangos de punto de marchitez permanente dependiendo la textura del suelo.

Textura del suelo	Punto de marchitez permanente (%)
Arenoso	4 (2-6)
Franco-arenoso	6 (4-8)
Franco	10 (8-12)
Franco-arcilloso	13 (11-15)
Arcilloso-arenoso	15 (13-17)
Arcilloso	17 (15-9)

Fuente: Sandoval Illesacass JE, 2017.

Cuadro 22. Valores de profundidad radicular de diversos cultivos.

Cultivo	Profundidad radicular (cm)
Alfalfa	(1-2)
Algodón	1
Arveja	0.5
Banano	0.5
Cereales (trigo, avena, cebada)	1

Fuente: Sandoval Illesacass JE, 2018.

### 3.2.3. Formulas necesarias para la elaboración del plan de riego

La primera fórmula para elaborar el plan de riego es la siguiente: lamina de humedad aprovechable

$$LHA = (CC - PMP) / (100) *$$

Donde:

LHA = lamina de humedad aprovechable.

CC = capacidad de campo.

PMP = punto de marchitez permanente

Da = densidad aparente

Zr = zona radicular

Posteriormente se utilizaron, varias fórmulas para los cálculos pertinentes que a continuación se presentan.

### Frecuencia de riego

$$Fr = \frac{LHA}{ET_{max}}$$

Donde:

LHA = lamina de humedad aprovechable.

ETmax = evapotranspiración máxima del cultivo (requerimiento hídrico).

### Lámina bruta

$$Lb = \frac{Ln}{\text{eficiencia de riego}}$$

Donde:

Ln = lamina neta (ETmax, requerimiento hídrico)

Eficiencia de riego = eficiencia de riego por goteo

### Lámina bruta por evento de riego

$$Lb * \text{evento de riego} = \frac{(Lb * Fr)}{\% \text{ de mojado}}$$

Donde:

Lb = Lamina bruta

Fr = Frecuencia de riego

% de mojado = porcentaje que el emisor es capaz de mojar (gotero).

### Intensidad de riego

$$Ir = \frac{Qe}{Ae}$$

Donde:

Qe = caudal de emisor (gotero).

Ae = Área del emisor.

**Tiempo de riego por turno**

$$Tr * T = \frac{(Lb * \text{evento de riego})}{Ir}$$

Donde:

Lb \* evento de riego = lamina bruta por evento de riego.

Ir = intensidad de riego.

### 3.3. RESULTADOS

#### 3.3.1. Valores de ETo para la localidad del cultivo

En el cuadro 23, se presentan los valores de ETo varían según el lugar donde se este, por la temperatura humedad relativa entre otras variables climáticas. Este valor será útil para posteriormente para determinar el requerimiento hídrico del cultivo.

Cuadro 23. Valores ETo correspondientes a la locación del cultivo.

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	Días/ horas	MJ/m <sup>2</sup> /día	mm/día
Enero	7.3	19.9	79	6	5.9	15.2	2.3
Febrero	6.9	21.4	76	6	7.2	18.4	2.82
Marzo	7.3	23	73	5	6.8	19.2	3.13
Abril	9.4	24.1	74	4	6	18.7	3.24
Mayo	11.9	23.5	76	3	5.5	17.9	3.22
Junio	13	22.4	80	3	4.9	16.8	3.09
Julio	12.9	21.8	80	6	5.9	18.3	3.28
Agosto	12.8	21.9	80	4	5.4	17.7	3.17
Septiembre	12.7	21.8	82	3	4.6	16.1	2.9
Octubre	11.9	21.7	83	3	5.3	15.9	2.78
Noviembre	9.6	20.1	84	5	6	15.6	2.5
Diciembre	8.4	19.9	81	5	5.5	14.2	2.19

#### 3.3.2. Valores de Kc propios del cultivo de arveja

Los valores Kc se presentan en el cuadro 24 y figura 30, estos son distintos para cada cultivo y cada cultivo tiene varios valores de Kc dependiendo en qué etapa fenológica se encuentre, este valor es propio de la fisiología del cultivo. En la cual se puede visualizar en qué etapa

del ciclo de cultivo, la planta demanda más agua. En este caso en la etapa de floración y maduración.

Cuadro 24. Valores de Kc Para cada etapa fenológica del cultivo de arveja.

ETAPA FENOLOGICA	DIAS	KC
Inicial	15	0.5
Desarrollo	15	-----
Floración	40	1.15
Maduración	15	0.50

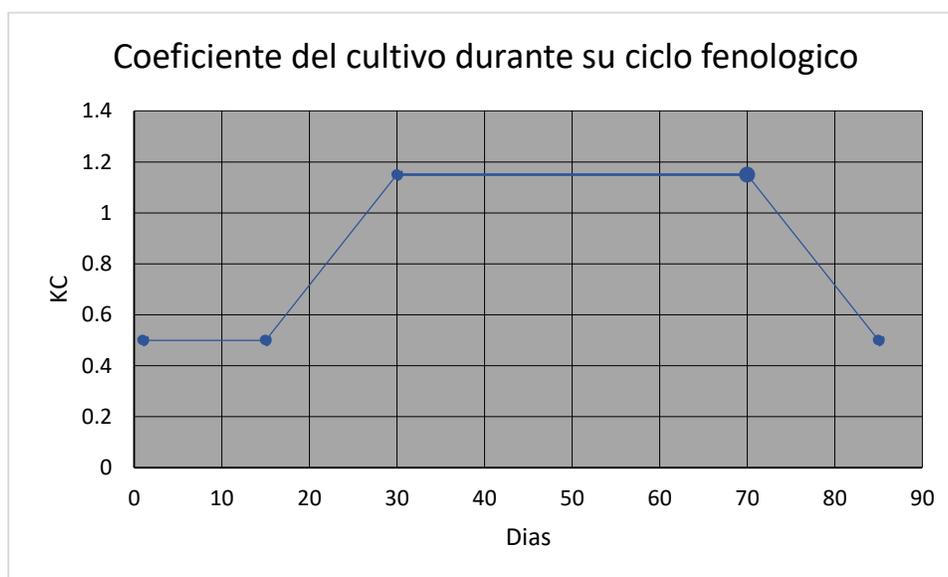


Figura 26. Curva de Kc durante el ciclo de cultivo.

### 3.3.3. Cálculo del requerimiento hídrico de la planta

Utilizando el Coeficiente del cultivo KC el cual se utiliza el valor de Kc más alto el cual pertenece a la etapa de floración y maduración, esto se multiplicará con la Eto calculada anteriormente tendremos lo siguiente.

**Requerimiento hidrico** =  $K_c * E_{to}$

**Requerimiento hidrico** =  $1.15 * 3.28$

**Requerimiento hidrico** = **3.77 mm**

### 3.3.4. Cálculo de la lámina de riego y frecuencia de riego

Lamina de humedad aprovechable, cantidad de humedad que cultivo necesita para poder suplir sus necesidades hídricas. Para poder aplicar esta lamina de riego, utilizando el sistema de riego existente en la finca con los goteros utilizados se necesita regar por una hora y cuarenta minutos, realizando este riego cada dos días los datos se presentan el cuadro 25.

Cuadro 25. Lámina de riego aprovechable

CC (%)	PMP (%)	DA (gr/cm <sup>3</sup> )	ZR(cm)	LHA (cm)	FR (días)
22	10	0.97	50	5.82	1.94

Los datos de capacidad de campo (CC), Punto de Marchite Permanente (PMP), se determinaron tomando como referencia la textura del suelo, esta se determinó por medio de análisis físico de suelo en laboratorio, el cual es arcillo. Para este tipo de suelo los valores de PMP Y CC son lo que se describen en el cuadro anterior, la Densidad aparente (Da) también fue obtenida del análisis de suelo, en el cuadro 26 y 27 se presentan los resultados.

Cuadro 26. Tiempo necesario de riego para aplicar la LHA.

Lb (mm)	Lb * evento de riego (mm)	IR(mm/h)	Tr/t (h)
3.92	12.36	7.2	1.71646091

Cuadro 27. Resumen de riego.

Lamina aplicada (mm)	tiempo de riego (horas)	Intervalo de riego (días)
5.82	1.7	2

### **3.4. EVALUACIÓN**

El establecimiento de la cantidad de agua que la plantación realmente necesita, es de vital importancia para elevar la productividad de la producción de arveja, no solo porque se le estará dando la cantidad justa de agua a la planta, permitiéndole a la planta alcanzar su potencial productivo, evitando estrés hídrico que tenga repercusiones en rendimiento también se estarán evitando pérdidas de agua, encharcamientos. Utilizando la frecuencia de riego y el tiempo de riego por turno, disminuyó el consumo de agua en 15 % ya que el agua utilizada para fines de riego era comprada, esto permite utilizar los recursos de una manera más eficiente y reduciendo los costos de producción.

Posteriormente de haber realizado este servicio, mi persona fue responsable de riegos de las plantaciones de arveja utilizando esta lámina de riego, frecuencia de riego y tiempo de riego por turno, se evitaron bastantes fugas, estrés hídrico y reducción del consumo de agua hasta un 15 %.

## **4. SERVICIO 3. ELABORACIÓN DE METODOLOGÍA PARA EL MUESTREO DE DATOS BIOMÉTRICOS PARA LA PROYECCIÓN DE COSECHAS.**

### **4.1. OBJETIVOS**

#### **4.1.1. Objetivo general**

Elaborar una metodología de muestreo de datos biométricos que permita realizar proyecciones cosechas certeras en el cultivo de arveja china.

#### **4.1.2. Objetivos específicos**

Utilizar la metodología elaborada para seguir realizando las proyecciones de cosecha.

Establecer una curva de producción del cultivo de arveja china.

## 4.2. METODOLOGÍA

### 4.2.1. Selección de las parcelas

Para determinar la metodología de muestreo y toma de datos biométricos se estableció una parcela en la cual se utilizaron tres metodologías distintas de muestreo, para realizar proyecciones de cosecha.

Número de población por manzana, para saber la población total que existe, en este caso plantas se utiliza la formula siguiente.

$$Poblacion = \frac{\text{área total}}{\text{espacio entre surco} * \text{espacio entre planta}}$$

#### A. Número de plantas a muestrear

Para poder determinar el número de muestras a tomar se determinó utilizando la formula siguiente.

$$n = N / (Nd^2 + 1)$$

Donde:

n= número estimado de muestras

N= Población total (total de número de plantas en la parcela)

$d^2$ = Error relativo

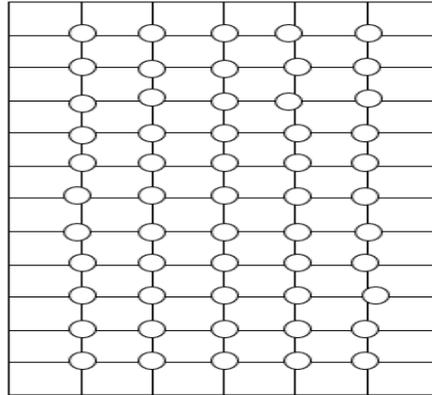
Con esta fórmula se calculó el número de plantas que deben de muestrearse para que esta sea realmente representativa de su población.

### 4.2.2. Localización espacial de las muestras

#### A. Azar simple

Se tomó datos completamente al azar dentro del campo, se divide la parcela en una cuadrícula como se muestran en la figura 31. En este caso se colocaron marcas con listones

esto con el fin de dibujar una cuadrícula, cada listón posee un número, así cada número tendrá la oportunidad de ser seleccionado por medio de una aleatorización.



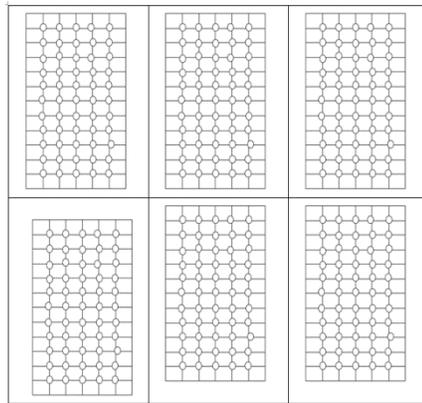
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 27. Elaboración de muestreo al azar simple en campo.

Cada punto es un posible punto de muestreo, que se puede determinar aleatoriamente con un GPS coordenadas “x” y “y”, de esta forma ir seleccionando cada punto con un GPS hasta poder reunir el número requerido de muestras.

### B. Azar estratificado

Para esto la parcela se divide en estratos, dentro de estos estratos el estado de la población debe ser homogénea como se observa en la figura 32. Y dentro de cada estrato se realiza lo mismo que en el muestreo al azar simple. En cada estrato se realiza lo mismo que un muestreo al azar simple.



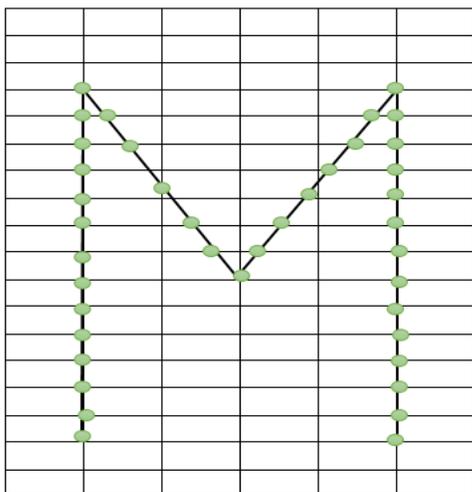
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 8. Muestreo Al azar estratificado en campo.

### C. Muestreo sistemático

En este caso se camina sobre una ruta establecida a través del campo, estas muestras deben ser tomadas a distancias específicas, la idea es establecer los sitios de muestreo a través del campo de la mejor forma posible para que el muestreo se representativo.

Se establece una línea de transecto, es necesario saber la longitud total del transecto para poder dividirla entre el número de muestras y determinar la distancia a cuál debe de tomarse cada muestra como se observa en la figura 32.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 28. Elaboración de muestreo sistematizado en campo.

Se traza una ruta la cual se sigue, esta se segmenta con el número de muestras que se deben de recolectar, todas tomadas a la misma distancia. El trazo de la ruta y el cálculo de su longitud se hicieron con ayuda del software Drondeploy.

#### 4.2.3. Variables biométricas a medir

##### A. Peso de vainas mayor a 6 cm de las plantas muestreadas

Se recolectará vainas de arveja que sobrepasen los 6 centímetros de largo ya que esta tendrá la longitud necesaria para ser cosechada. Estas vainas serán pesadas para luego poder determinar la cosecha total. La toma de datos debe ser uno o dos días antes de la cosecha.

### 4.3. RESULTADOS

#### 4.3.1. Tres métodos espaciales de muestreo

En el cuadro 28, se muestran los tres métodos espaciales de muestreo se utilizaron para la proyección de cosechas, muestreo simple al azar, azar estratificado y muestreo sistemático. Los datos se recolectaron utilizando las tres metodologías, tomando el peso de la vaina, estas se recolectaron planta por planta y si hizo una suma para el total de peso de vaina de las 80 plantas, y de esta forma determinar la cosecha total de parcela.

Cuadro 28. Cosechas proyectadas utilizando tres métodos distintos métodos espaciales de muestreos.

Plantas a muestrear / Manzana	Método espacial de muestreo	Fórmula para proyección de cosecha	Cosecha proyectada (lb)	Cosecha real (lb)
80 plantas	azar simple	$\frac{\text{poblacion de plantas} * \text{peso de vainas de la muestra}}{\text{numero de plantas muestreadas}}$	1758	2180
80 plantas	azar estratificado		1825	2180
80 plantas	Muestreo sistemático		2100	2180

En el cuadro 29 y figura 33, se muestra la metodología que presenta el porcentaje más alto de certeza en relación a la cosecha real, presenta más del 96 por ciento de certeza utilizando el muestreo sistemático, está esa la metodología establecida y a utilizar para la proyección de futuras cosechas del cultivo de arveja china.

Cuadro 29. Porcentaje de certeza utilizando los métodos de muestreo espacial.

Cosecha proyectada (lb)	Cosecha real (lb)	Porcentaje de certeza (%)
1758	2180	80.64
1825	2180	83.71
2100	2180	96.33

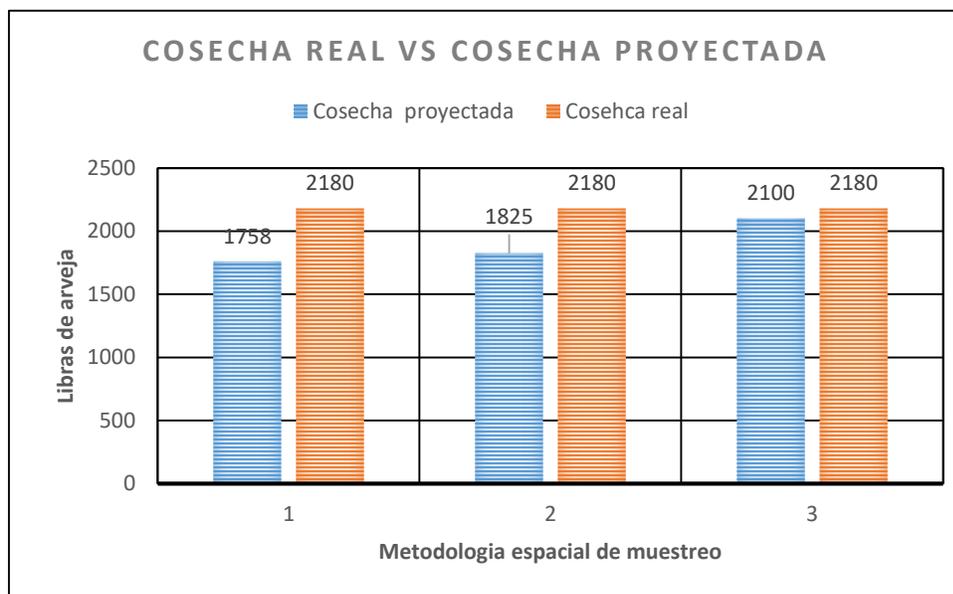


Figura 29. Cosechas proyectadas vs cosechas reales.

#### 4.3.2. Metodología establecida para el muestreo de datos biométricos para la proyección de cosechas

##### A. Selección de la parcela

Esta metodología se puede utilizar en parcelas pequeñas o grandes, ya sea de media manzana, una manzana, dos manzanas etc. siempre y cuando sea viable para la persona encargada del muestreo ya sea por el tiempo u otro recurso que pueda limitar a la persona responsable.

##### B. Número de población por manzana

Para determinar la población total de plantas que existen en el universo, en este caso la parcela, es necesario conocer el número de plantas que existen en esa determinada área. Con fines de cálculo se utiliza la siguiente formula. El área puede variar dependiendo el área real de la parcela a muestrear.

$$Poblacion = \frac{\text{área total}}{\text{espacio entre surco} * \text{espacio entre planta}}$$

### **C. Número de plantas a muestrear**

Para poder determinar el número de muestras a tomar se determinó utilizando la fórmula siguiente.

$$n = N / (Nd^2 + 1)$$

Donde:

n= número estimado de muestras

N= Población total (total de número de plantas en la parcela)

$d^2$ = Error relativo

Con esta fórmula se calculó el número de plantas que deben de muestrearse para que esta sea realmente representativa de su población. Para el  $d^2$  se utilizó un valor de 0.10 que representa el 10 por ciento de error al momento de realizar le muestreo.

### **4.3.3. Localización espacial de las muestras**

#### **A. Muestreo sistemático.**

Se utilizó este método ya que fue el que demostró mayor porcentaje de certeza. Utilizando este método se camina sobre una ruta establecida a través del campo, estas muestras deben ser tomadas a distancias específicas, la idea es establecer los sitios de muestreo a través del campo de la mejor forma posible para que el muestreo se representativo. Se establece una línea de transecto, es necesario saber la longitud total del transecto para poder dividirla entre el número de muestras y determinar la distancia a cuál debe de tomarse cada muestra como se muestra en la figura 34.



#### 4.3.6. Cosechas proyectadas utilizando la metodología establecida

En el cuadro 30 se muestran algunas de las proyecciones realizadas utilizando la metodología establecida, estas proyecciones fueron realizadas por mi persona.

Cuadro 30. Cosechas proyectas utilizando la metodología establecida.

Nombre de las parcelas	Lb Proyectadas	Lb cosechadas	porcentaje de certeza (%)
H2	1,100	1150	96
I2	610	680	90
J2	600	585	97
K2	840	795	94
M2	890	868	97
N2	600	578	96
A2	940	797	83
B2	3975	4000	99
C2	1650	1760	94
D2	1489	1549	96
H1	1985	2019	98
N1	2228	2478	89
H1	733.15	740	99
I2	597	610	80
N1	1789	2011	88
O1	3500	3910	89

#### 4.3.7. Curva de producción del cultivo de arveja

En la figura 35, se muestra el comportamiento de la cosecha de arveja china durante todo estado fenológico de floración y fructificación.

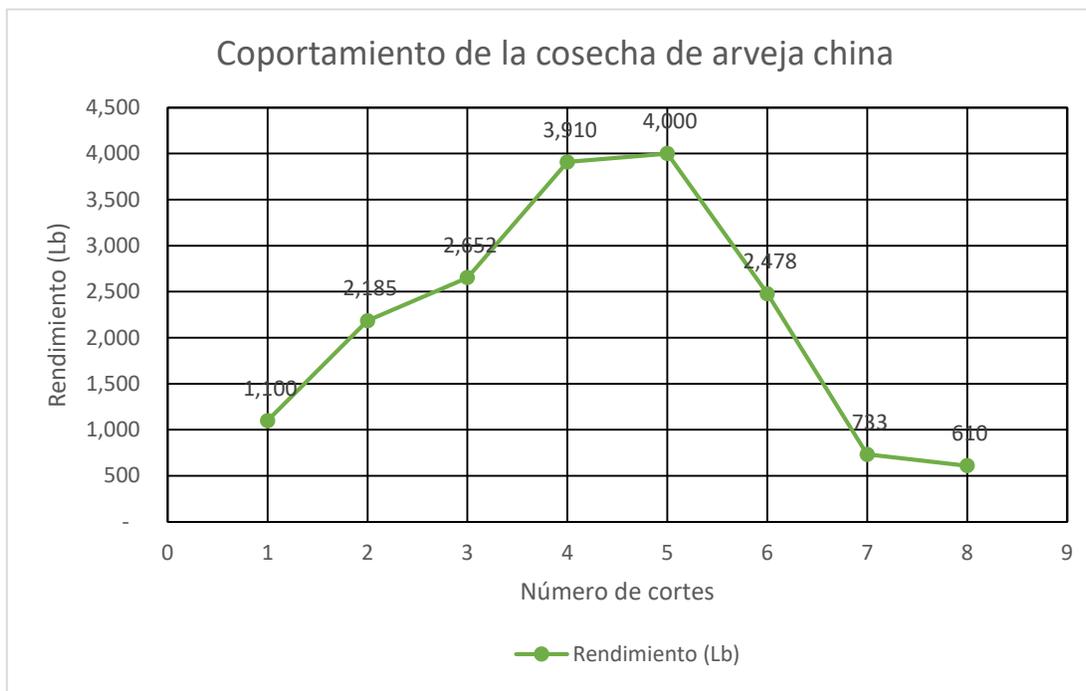


Figura 31. Comportamiento de la cosecha de arveja china.

#### 4.4. EVALUACIÓN

Establecer una metodología que puede servir como metodología piloto para el muestreo en campo y posteriormente realizar el cálculo para la proyección es de suma importancia, de esta forma realizar proyecciones más certeras respecto a cosechas reales.

Utilizando esta metodología se hace un muestreo más práctico, ahorrando tiempo y trabajo por parte de la persona responsable del muestreo y cálculo de proyección de cosecha de arveja china, durante los 10 meses de practica mi persona fue la encargada de realizar los muestreos y proyecciones de cosecha utilizando la metodología establecida.

En el cuadro número catorce, muestra algunas de varias cosechas proyectadas por mi persona utilizando esta metodología siendo proyecciones con un alto porcentaje de certeza en relación a las cosechas, esta metodología es de gran ayuda para la realización de proyección de cosecha en cultivo de arveja.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Guerrero, J., & Mera, M. (1989). Aspectos fitopatológicos del cultivo de arveja. *V Seminario Nacional de leguminosas de grano*, 3, 15–17. Recuperado de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/seriesinia/NR07147.pdf>
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias, C. (INIA). (2000). Diagnostico y control de enfermedades de arveja y lenteja. En *Manejo y fertilización en leguminosas de grano* (pp. 35–47). Carillanca, Chile: INIA. Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/seriesinia/NR19456.pdf>
- Melgarejo García, J., & Abella Portilla, F. (2011). Mecanismo de Acción de los Fungicidas. En *Manejo integrado de enfermedades* (pp. 193–202). Bogota, Colombia: Producción de Medios de Comunicación. Recuperado de [http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder\\_id=0&dvs=1507990169660~339](http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder_id=0&dvs=1507990169660~339)
- Mora Aguilera, G. (2008). Bases de estudios epidemiológicos para el manejo de patosistemas agrícolas. En *Taller internacional de vigilancia epidemiológica fitosanitaria para el pronóstico de plaga* (p. 35). San Luis Potosí, México: Seedmech. <https://doi.org/10.1007/978-1-60761-842-3>
- Sandoval Illescas, J. E. (2002). *Principios de riego y drenaje*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Editorial Universitaria.
- Waard, M., & Andrade, A. (2001). Fungicidas. En *Advanced topics in managment of agricultural fungicides. Trad. by Edin Orozco Miranda* (p. 21).

## 6. ANEXOS



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 32A. Parcela experimental tratada con mastercop 6.6 SL



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 33A. Aplicación de Mastercop 6.6 SL



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 34A. Parcela sometida a muestreo para proyección de cosechas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 35A. Etapa de floración, parcela sometida a muestreo para proyección de cosecha.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 36A. Estrés hídrico provocado por el inadecuado riego.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 37A. Bulbo de mojado utilizando la lámina de riego establecida.