UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DEL BIOFUNGICIDA (*Bacillus subtilis)* CEPA QST 713 PARA EL CONTROL DE LA MANCHA FOLIAR (*Ascochyta pisi)* EN ARVEJA CHINA (*Pisum sativum* L), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN ZARAGOZA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

ADELSO BASILIO MONTEJO GUZMÁN

GUATEMALA, JULIO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DEL BIOFUNGICIDA (*Bacillus subtilis)* CEPA QST 713 PARA EL CONTROL DE LA MANCHA FOLIAR (*Ascochyta pisi)* EN ARVEJA CHINA (*Pisum sativum* L), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN ZARAGOZA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

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

POR

ADELSO BASILIO MONTEJO GUZMÁN

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, JULIO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR EN FUNCIONES

M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

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 Aroldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, JULIO DE 2021

Guatemala, julio de 2021

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 LA EFICACIA BIOLÓGICA DEL BIOFUNGICIDA (*Bacillus subtilis)* CEPA QST 713 PARA EL CONTROL DE LA MANCHA FOLIAR (*Ascochyta pisi)* EN ARVEJA CHINA (*Pisum sativum* L), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN ZARAGOZA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A. como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola o Recursos Naturales Renovables, 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"

ADELSO BASILIO MONTEJO GUZMÁN

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Creador todo poderoso, agradezco tu voluntad, agradezco la sabiduría, salud y felicidad que me has dado al dedicar mi vida a la agronomía.

A MI PADRES

A mis amados padres, Leonardo Montejo y Elba Guzmán, que con su esfuerzo me han dado miles de oportunidades; su amor ha sido y seguirá siendo el motivo para seguir adelante, y agradezco con el alma todo lo que me han enseñado; su humildad, perseverancia y sabiduría me han marcado para toda la vida. Son el mayor tesoro que la vida me ha dado, infinitas gracias.

A MIS HERMANAS

Andrea Montejo y Glenda Montejo, su ayuda, sus consejos y todo lo que hemos compartido me han ayudado a nunca darme por vencido, me han dado mucha felicidad; agradezco con el alma todo lo que han hecho por mí.

A MIS SOBRINAS

Mis amadas sobrinas Hannia Montejo y Grettel Montejo, ustedes son una de las razones por la que me esfuerzo, espero que sea un ejemplo para ustedes. Les agradezco toda la ayuda y cariño que me han brindado.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A DIOS

Gracias por tu infinita misericordia, por iluminar mi camino y por permitirme alcanzar logros que jamás me había imaginado en esta vida, todo te lo debo a ti.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Centro de estudios distinguido, gracias por permitirme alcanzar el desarrollo profesional que siempre anhelé.

A LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Unidad Académica que me permitió alcanzar el desarrollo profesional en el campo de la agronomía, agradezco de todo corazón mi desarrollo académico y profesional que me has dado; agradezco los buenos momentos que pase aprendiendo en tus áreas de conocimiento, las cuales serán muy valiosas para seguir adelante en el campo de la agronomía.

A LA ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA -ENCA-

Alma Mater, que en tus aulas y campos forjaste en mi la pasión por la agronomía y la ciencia, agradezco infinitamente las oportunidades que me has dado y agradezco también los valores que adquirí y me han permitido afrontar la vida con coraje y perseverancia.

AGRADECIMIENTOS

A MIS AMIGOS

A mis queridos amigos, Luis Ventura, Juan Pichiya, Julio Sequen, Caleb Chinchilla, David Vargas, José Ramírez, Alejandro Quevedo, Erick González, Julio Borja, Jackeline Montes de Oca, Alejandro Arias, Javier Villatoro, Ángeles Bella Méndez, Víctor Carias, Mario Aroche, Victor Cazali, Christian Hernández y demás amigos, muchas gracias por su ayuda y los buenos momentos que he pasado con ustedes, jamás olvidare todo lo que han hecho por mí.

A BAYER CROP SCIENCE

Infinitas gracias a tan prestigiosa empresa que me abrió las puertas para aprender y apoyarme. Muchas gracias al ingeniero Josué Hidalgo, ingeniero Carlos Solís e ingeniero Carlos Aman, por la ayuda que me dieron durante el Ejercicio Profesional Supervisado.

A MI ASESOR Y SUPERVISOR

Agradezco la ayuda brindada por mi supervisor Ingeniero Ernesto Yac y mi asesor Ingeniero Álvaro Hernández. Muchas gracias por sus consejos y sugerencias para lograr realizar la culminación de mi trabajo de graduación.

A LAS PERSONAS QUE ME HAN APOYADO

Un agradecimiento de todo corazón a todos los profesionales y personal que conforma a la sub área de ciencias biológicas de la Facultad de Agronomía de la USAC, por permitirme aprender y desarrollarme profesionalmente.

También agradezco la ayuda y el apoyo brindado por Dora Osorio, gracias por todos los consejos y por permitirme abrir las puertas de su hogar, que me fue de mucha ayuda.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Página

RESUMEN…… xiii

CAPITULO I Diagnóstico de las principales plagas, enfermedades y los productos fitosanitarios utilizados en el cultivo de Arveja (Pisum sativum L.) por productores de la aldea Joya Grande del municipio de Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala…… 1

1.1. PRESENTACIÓN 3

1.2. MARCO REFERENCIAL 4

1.2.1. Ubicación geográfica de la prueba en campo 4

1.2.2. Clima…….. 5

1.2.3. Zona de vida.....5

1.2.4. Capacidad de uso de la tierra.....5

1.3. OBJETIVOS 5

1.3.1. General…….. 5

1.3.2. Específicos 6

1.4. METODOLOGÍA.....6

1.4.1. Fase de campo.....7

1.4.2. Fase de gabinete.....8

1.5. RESULTADOS 9

1.5.2. Análisis de la información de las entrevistas. 9

1.6. CONCLUSIONES.....27

1.7. BIBLIOGRAFÍA 29

1.8. Anexos 33

Página

CAPÍTULO II EVALUACIÓN DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DEL BIOFUNGICIDA (*Bacillus subtilis*) CEPA QST 713 PARA EL CONTROL DE LA MANCHA FOLIAR (*Ascochyta pisi*) EN ARVEJA CHINA (Pisum sativum L) EN ZARAGOZA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA 35

2.1. PRESENTACIÓN 37

2.2. MARCO TEÓRICO 39

2.2.1. Marco conceptual 39

2.2.2. Marco referencial 51

2.3. OBJETIVOS 53

2.3.1. Objetivo general 53

2.3.2. Objetivos específicos 53

2.4. HIPÓTESIS DE TRABAJO 54

2.5. METODOLOGÍA 54

2.5.1. Materiales utilizados 54

2.5.2. Método de investigación de la prueba en campo 56

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 67

2.5.3. Eficacia del biofungicida Bacillus subtilis cepa QST 713 67

2.5.4. Modelo matemático ajustable al progreso de desarrollo de la enfermedad 72

2.5.5. Fitotoxicidad del producto evaluado 78

2.5.6. Cálculo de la tasa marginal de retorno (TMR) 79

2.6. CONCLUSIONES 81

2.7. RECOMENDACIONES 82

2.8. BIBLIOGRAFÍA 83

2.9. ANEXOS 88

Página

2.9.1. Datos generales obtenidos de la investigación 88

2.9.2. Resumen de datos utilizados en el paquete estadístico R 90

2.9.3. Imágenes generales de la investigación..... 94

CAPÍTULO III SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AGRONÓMICO DE LA EMPRESA BAYER CROPSCIENCE GUATEMALA 97

3.1. Evaluación del insecticida Rquiem Prime ® (Chenopodium ambrosioides) para el control de Trips (Frankliniella occidentalis) en el cultivo de Arveja China (Pisum sativum L.) en la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala. 99

3.1.1. PRESENTACIÓN 99

3.1.2. OBJETIVOS 101

3.1.3. METODOLOGÍA..... 101

3.1.4. RESULTADOS 106

3.1.5. CONCLUSIONES..... 114

3.2. Evaluación del insecticida Requiem prime ® para el control de Trips (Frankliniella occidentalis) y el Pulgon (Myzus persicae) en el cultivo de Arveja China (Pisum sativum L.) en la aldea Xenimajuyu, Tecpan, Chimaltenango, Guatemala. 115

3.2.1. PRESENTACIÓN 115

3.2.2. OBJETIVOS 117

3.2.3. MARCO TEÓRICO..... 118

3.2.4. METODOLOGÍA..... 119

3.2.5. RESULTADOS 125

3.2.6. CONCLUSIONES..... 139

Página

3.3. Evaluación del biofungicida Serenade ® (Bacillus subtilis Cepa QST 713) para el control de mildiu polvoroso (Erysiphe sp.) en el cultivo de Arveja China (Pisum sativum L.) en el municipio de San Juan Sacatepéquez, Guatemala. 140

3.3.1. PRESENTACIÓN 140

3.3.2. OBJETIVOS 142

3.3.3. MARCO TEÓRICO 143

3.3.4. METODOLOGÍA 145

3.3.5. RESULTADOS 153

3.3.6. CONCLUSIONES 163

3.3.7. BIBLIOGRAFÍA 164

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Mapa de la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala. 4

Figura 2. Mapa de la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala. 51

Figura 3. Croquis del experimento realizado. 58

Figura 4. Representación de la unidad experimental. 59

Figura 5. Escala diagramática de la severidad a nivel de planta de **Ascochyta pisi** la cual está conformada por 5 grados de severidad. 62

Figura 6. Escala diagramática de la severidad a nivel de hojas de **Ascochyta pisi** la cual está conformada por 5 grados de severidad. 62

Figura 7. Representación de los puntos de muestreo de **Ascochyta pisi** en las plantas de arveja china en los diferentes estratos. 63

Figura 8. Incidencia de **Ascochyta pisi** en el cultivo de arveja en la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango 2019. 68

Figura 9. Progreso de **Ascochyta pisi** a nivel de hojas medias bajo los tratamientos evaluados. 70

Figura 10. Área bajo la curva del progreso de **Ascochyta pisi** a nivel de hojas medias bajo los tratamientos evaluados. 71

Figura 11. Fitotoxicidad de los tratamientos evaluados de acuerdo a la escala propuesta por Bayer S.A. 78

Figura 12A. Ascochyta presente en el cultivo evaluado. 94

Figura 13A. Cultivo de arveja china a dos semanas de su siembra. 94

Figura 14. Trazo y establecimiento de las unidades experimentales para la evaluación de Serenade®. 95

Figura 15A. Aplicación de los tratamientos en las parcelas de evaluación. 95

Figura 16A. Pesado de la arveja cosechada por unidad experimental. 96

Página

Figura 17. Croquis de la unidad experimental para la evaluación del extracto de Chenopodium ambrosioides en el cultivo de arveja china.....102

Figura 18: Croquis del diseño experimental propuesto para la evaluación de Requiem (R) en el cltivo de arveja china para el control de Trips. 104

Figura 19: Área bajo la curva del progreso de la población insectil por ápice en el cultivo de arveja china, en donde se clasifican los tratamientos evaluados de acuerdo al comparador múltiple de medias Tukey. 107

Figura 20: Área bajo la curva del progreso de la población insectil por flor en el cultivo de arveja china, en donde se clasifican los tratamientos evaluados de acuerdo al comparador múltiple de medias Tukey. 108

Figura 21: Eficacia Abbott del control de Trips por ápice en el cultivo de arveja china de acuerdo a diferentes dosis de los insecticidas evaluados. 109

Figura 22: Eficacia Abbott del control de Trips por flor de acuerdo a diferentes dosis de insecticidas evaluados. 110

Figura 23: Progreso de la población de Trips en ápices en el cultivo de arveja de los tratamientos evaluados. 111

Figura 24: Progreso de la población de Trips en flores en el cultivo de arveja china.....112

Figura 25: Compatibilidad de los productos evaluados para el control de Trips en el cultivo de Arveja. 113

Figura 26: Croquis de la unidad experimental para la evaluación del extracto de Chenopodium ambrosioides en el cultivo de arveja china. 120

Figura 27: Croquis del diseño experimental propuesto para la evaluación de Requiem ® en el cultivo de arveja china para el control de Trips y pulgón 123

Figura 28: Progreso de la población insectil de Trips por ápice en el cultivo de arveja china Xenimajuyu, Tecpan, Chimaltenango 127

Página

Figura 29: Área bajo la curva del progreso de la población de Trips por ápice en el cultivo de arveja china, Xenimajuyu, Tecpan, Chimaltenango. en donde se clasifican los tratamientos evaluados de acuerdo al comparador múltiple de medias Tukey 128

Figura 30: Porcentaje de eficacia de control por ápice en el cultivo de arveja china por la fórmula de Henderson & Tilton de acuerdo a diferentes dosis de los insecticidas evaluados. 129

Figura 31: Progreso de la población de Trips por flor en el cultivo de arveja china en Xenimajuyu, Tecpan, Chimaltenango. 130

Figura 32: Área bajo la curva del progreso de la población de trips por flor en el cultivo de arveja china de los tratamientos evaluados de acuerdo al comparador múltiple de medias Tukey. 131

Figura 33: Porcentaje de eficacia de control de trips en flor en el cultivo de arveja china, determinado por medio de la formula Henderson & Tilton, de acuerdo a diferentes dosis de los insecticidas evaluados. 132

Figura 34; Progreso de la población de Pulgones por planta en el cultivo de arveja china en Xenimajuyu, Tecpan, Chimaltenango. 134

Figura 35: Área bajo la curva del progreso de la población de pulgones por planta en el cultivo de arveja china, en donde se clasifican los tratamientos evaluados de acuerdo al comparador múltiple de medias Tukey. 135

Figura 36: Porcentaje de eficacia de control de pulgones por planta en el cultivo de arveja china, determinado por medio de la formula Henderson & Tilton, de acuerdo a diferentes dosis de los insecticidas evaluados..... 136

Figura 37: Compatibilidad de los productos evaluados para el control de Trips en el cultivo de Arveja. 137

Página

Figura 38: Representación de la unidad experimental del ensayo realizado, en donde la unidad de muestreo corresponde a los dos surcos centrales, y en donde los surcos y las plantas de las orillas se utilizan para evitar el efecto borde. 145

Figura 39: Croquis de los tratamientos aleatorizados en la parcela de evaluación de los productos utilizados en cada tratamiento. 148

Figura 40: Estratos en donde es señalado el lugar de muestreo para determinar la severidad por hoja compuesta en las plantas de arveja china a muestrear. El estrato alto corresponde a las hojas mas jovenes o nueva 150

Figura 41: Escala diagramática de la severidad de mildiu polvoroso propuesta por Fallon 1995, en donde los porcentajes de severidad están indicados dentro de los paréntesis. 150

Figura 42: Escala diagramática para determinar la severidad de mildiu polvoroso a nivel de planta, propuesta por Orbes y Becerra (1995). 151

Figura 43: Curva del progreso de la enfermedad Mildiu polvoriento (**Eresyphe pisi**), expresado en porcentaje de severidad por planta, finca las Cabañas, San Juan Sacatepéquez, para los diferentes tratamientos evaluados. 154

Figura 44: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad Mildiu polvoriento (**Eresyphe pisi**) por planta en el cultivo de arveja china, finca las Cabañas, San Juan Sacatepéquez, en donde se clasifican los tratamientos evaluados de acuerdo al comparador múltiple de medias Tukey. 155

Figura 45: Porcentaje de eficacia de control de Mildiu polvoriento (**Eresyphe pisi**) por planta en el cultivo de arveja china, determinado por medio de la formula Abbott, de acuerdo a diferentes dosis de los fungicidas evaluados. 156

Página

Figura 46: Curva del progreso de la enfermedad Mildiu polvoriento (**Eresyphe pisi**), expresado en porcentaje de severidad por hoja compuesta, finca las Cabañas, San Juan Sacatepéquez, para los diferentes tratamientos evaluados. 158

Figura 47: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad Mildiu polvoriento (**Eresyphe pisi**) por hoja compuesta en el cultivo de arveja china, en donde se clasifican los tratamientos evaluados de acuerdo al comparador múltiple Tukey. 159

Figura 48: Porcentaje de eficacia de control de Mildiu polvoriento (**Eresyphe pisi**) por hoja compuesta en el cultivo de arveja china, determinado por medio de la formula Abbott, de acuerdo a diferentes dosis de los fungicidas 160

Figura 49: Curva del progreso de la enfermedad Mildiu polvoriento (**Eresyphe pisi**), expresado en porcentaje de incidencia, finca las Cabañas, San Juan Sacatepéquez, para los diferentes tratamientos evaluados. 161

Figura 50: Fitocompatibilidad del cultivo de arveja china a los productos evaluados, en la finca las Cabañas, San Juan Sacatepéquez. 162

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1: Productores entrevistados para la recopilación de información primaria para la realización del diagnóstico 7

Cuadro 2: Escala de importancia utilizado en la boleta de entrevista. Valores de 1 a 5 para categorizar problemas dentro de una actividad. 9

Cuadro 3: Información brindada a través de las entrevistas realizadas a los productores de arveja china en la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango. 11

Cuadro 4: Plagas y enfermedades que afectan a las parcelas de Arveja de los productores entrevistados, en la aldea Joya Grande, Zaragoza Chimaltenango. 16

Cuadro 5: Productos utilizados por las personas entrevistadas para el control de las plagas y enfermedades mencionadas en el cuadro 3. 17

Cuadro 6: Cuadro de priorización de las plagas que afectan al cultivo de arveja china en la Aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango 26

Cuadro 7: Cuadro de priorización de las enfermedades que afectan al cultivo de arveja china en la Aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango 27

Cuadro 8. Clasificación taxonómica de *Ascochyta pisi*. 41

Cuadro 9. Tratamientos utilizados en la evaluación..... 56

Cuadro 10. Escala propuesta por Bayer S.A. CropScience para la fitotoxicidad en plantas por productos químicos de uso agrícola. Chimaltenango 2019. 65

Cuadro 11. Resultados del área bajo la curva del progreso de la enfermedad y la prueba de LSD Fisher, de los tratamientos evaluados para el control de *Ascochyta pisi* a nivel de hojas medias, Chimaltenango 2019. 69

Cuadro 12. Valores de la capacidad de carga (K) y la tasa intrínseca de crecimiento (r) Chimaltenango 2019. 73

Página

Cuadro 13. Resultados del análisis mediante una regresión no linear a partir de datos del tratamiento Serenade® 4 L/ha. 75

Cuadro 14. Análisis mediante una regresión no linear a partir de datos obtenidos del tratamiento Testigo. 76

Cuadro 15. Beneficio bruto de los tratamientos evaluados de acuerdo al precio por libra y el rendimiento de cada tratamiento en kg/ha, Chimaltenango 2019 79

Cuadro 16. Cálculo de la tasa marginal de retorno de los tratamientos evaluados en el cultivo de Arveja para el control de *Ascochyta pisi*, Chimaltenango 2019. 80

Cuadro 17A. Cuadro de resumen de los porcentajes de severidad a nivel de planta de *Ascochyta pisi*, obtenidos en los tratamientos evaluados en durante 38 días..... 88

Cuadro 18A. Cuadro de resumen de los porcentajes de severidad a nivel de hojas nuevas de Ascochyta pisi, obtenidos en los tratamientos evaluados en durante 38 días..... 88

Cuadro 19A. Costos variables para la producción de una hectárea de arveja china (*Pisum sativum* L)..... 89

Cuadro 20A. Conjunto de órdenes y códigos utilizados en el programa R para determinar la tasa intrínseca de crecimiento (r), capacidad de carga (K) y el grado de ajuste de los modelos monomolecular, logístico y de Gompertz..... 90

Cuadro 21A. Resultados obtenidos del modelo ajustable a los datos de desarrollo de *Ascochyta pisi* en hojas medias del tratamiento testigo mediante el Scrip confecciona en el programa R. A) Evaluación del modelo monomolecular, B) Evaluación del modelo logistico, C) evaluación del modelo de Gompertz. 91

Página

Cuadro 22A. determinación del modelo ajustable a los datos de desarrollo de Ascochyta pisi en hojas medias al tratamiento Serenade ® 4 L/ha mediante el programa R. A) Evaluación del modelo monomolecular, B) Evaluación del modelo logístico, C) evaluación del modelo de Gompertz 92

Cuadro 23. Tratamientos evaluados en la prueba de eficacia en el cultivo de arveja china para el control de Trips 102

Cuadro 24: Fecha y numero de aplicación de los productos evaluados y muestreos realizados..... 105

Cuadro 25: Tratamientos evaluados en la prueba de eficacia en el cultivo de arveja china para el control de Trips 121

Cuadro 26: Fecha y numero de aplicación de los productos evaluados y muestreos realizados para evaluar Requiem Prime ® en Trips y Pulgones. 124

Cuadro 27: Descripción de los tratamientos evaluados para el ensayo de la evaluación de Serenade ® para el control de Mildiu polvoroso. 146

Cuadro 28: Fechas de las actividades realizadas en el ensayo de evaluación de Serenade ® para el control de Mildiu polvoroso en la finca las Cabañas, San Juan Sacatepéquez. Sacatepéquez 151

RESUMEN

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DEL BIOFUNGICIDA (*Bacillus subtilis)* CEPA QST 713 PARA EL CONTROL DE LA MANCHA FOLIAR (*Ascochyta pisi)* EN ARVEJA CHINA (*Pisum sativum* L), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN ZARAGOZA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

El trabajo de graduación que se presenta a continuación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía –EPSA- realizado en el Departamento de Desarrollo Agronómico de Bayer CropScience, en el período de febrero a noviembre del año 2,018, el cual se realizó en los departamentos de Chimaltenango y Sacatepéquez. En el mismo se presentan los informes sobre las actividades que lo conforman: diagnóstico, investigación y servicios.

En el caso del diagnóstico, este se realizó en la aldea Joya Grande del municipio de Zaragoza, Chimaltenango con el objetivo de conocer las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo de arveja china (*Pisum sativum L*), así como también priorizarlos y conocer los principales productos para el control de los mismos. Por medio de la entrevista a los productores considerando su punto de vista, se determinó por orden de importancia que Mildiu (*Erysiphe sp*.), Mancha por Ascochyta (*Ascochita sp*.) y Marchitez por Fusarium oxysporum como las enfermedades de importancia económica; y a trips (*Frankiniella sp*.), el pulgón de la arveja (*Myzus persicae*), larvas de *Spodoptera sp* y de *Agriotis sp.* como las plagas de importancia económica

Por otra parte, a partir del diagnóstico se identificaron siete fungicidas y seis diferentes insecticidas utilizados por los productores entrevistados para el control de las enfermedades y plagas de importancia en las plantaciones de arveja los cuales son: SCORE ® 25 EC, Serenade ® 1,34 SC, BORDOCOP ® 20 WP, Yunta® 24.6 FS, Exalt ® 6 SC, Bravo ® 720 SC, AMISTAR ®, Exalt ® 6 SC, Spinoace ® 12 SC, Spintor ® 12 SC, Decis ® 10 EC, Monarca ® 11,25 SE.

En el caso de la investigación titulada “Evaluación de la eficacia biológica del biofungicida *bacillus subtilis* cepa QST 713 para el control de la mancha foliar (*Ascochyta pisi)* en arveja china (*Pisum sativum* L) en Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala, C.A. Para determinar la eficacia biológica” se realizó una prueba de eficacia para establecer a que dosis del producto a base de la bacteria fue el mejor para el control de la enfermedad y para esto fue necesario un análisis en base al progreso de la enfermedad, el área bajo la curva del progreso de la enfermedad, la realización de un análisis de varianza de acuerdo a la variable severidad de la enfermedad, la prueba LSD como prueba múltiple de medias, evaluación del modelo ajustable al desarrollo de la enfermedad y el análisis de la tasa marginal de retorno.

De la prueba mencionada con anterioridad, como conclusiones se obtuvo que los tratamientos de carácter biológico Serenade® y Subsol ® a razón de una dosis de 4 L/ha, fueron los mejores tratamientos para el control de ***Ascochyta pisi*** ya que según la figura de los datos del progreso de la enfermedad, estos presentaron un valor del área bajo la curva del progreso de la enfermedad de 524.81 y 526.63 unidades y también esto también lo demuestra la prueba de LSD de Fisher y los valores del modelo logístico con una capacidad de carga (K) de 23.78 % y 22.62 %. Se determinó que el modelo que se ajusta a los datos obtenidos de los tratamientos Testigo y Serenade® a razón de una dosis de 4 L/ha fue el modelo logístico, ya que las variables r, y0 y K los tres si presentaron alta significancia estadística. Por otra parte también se concluyó que según la escala porcentual de fitotoxicidad utilizada en la investigación se determinó que ningún tratamiento evaluado presento algún grado de fitotoxicidad en la planta y por ultima conclusión se determinó que los tratamientos biológicos demuestran que los mejores valores de la tasa marginal de retorno lo obtuvieron los tratamientos Serenade® (***Bacillus subtilis*** QST 713) y SubSol ® (***Bacillus subtilis***) a razón de 4 L/ha con un valor de 20.57 % y 19.50 %, lo que quiere decir que de Q. 100.00 invertidos se obtuvo un beneficio neto de Q.20.57 y Q. 19.50 respectivamente.

En el caso de los servicios realizados, se llevaron a cabo tres, el primero fue la evaluación del insecticida Rquiem Prime ® *(Chenopodium ambrosioides)* para el control de Trips *(Frankliniella occidentalis)* en el cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.)* en la aldea Joya

Grande, Zaragoza, Chimaltenango. El segundo fue Evaluación del insecticida Requiem prime ® para el control de Trips *(Frankliniella occidentalis)* y el Pulgon (*Myzus persicae*) en el cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.)* en la aldea Xenimajuyu, Tecpan, Chimaltenango. El tercer servicio realizado la fue evaluación del biofungicida Serenade ® *(Bacillus subtilis Cepa QST 713)* para el control de mildiu polvoroso *(Erysiphe sp.)* en el cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.)* en el municipio de San Juan Sacatepéquez.

El primer servicio se realizó con el objetivo de determinar la mejor dosis de Requiem prime ® (*Chenopodium ambrosioides)* para el control de Trips en el cultivo de Arveja China (***Pisum sativum***), en la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango, mediante un análisis del área bajo la curva del progreso de la plaga y la eficacia Abbott, los cuales determinaron que la mejor dosis para el control de trips es a razón de 5 L/ha. El segundo servicio consistió en determinar la eficacia del insecticida Requiem® (*Chenopodium ambroisoides*) para el control de Trips (Frankliniella occidentalis) y Pulgon (***Myzus persicae***) en el cultivo de Arveja China (*Pisum sativum* L), en la aldea Xenimajuyú, Tecpan, Chimaltenango y se pudo determinar que la dosis de Requiem prime ® con mayor eficacia para el control de Trips por ápice en el cultivo de arveja china corresponde a 5 y 6 L/ha, según el análisis del área bajo la curva y la eficacia H&T promedio.

El Ultimo servicio realizado fue para Evaluar el biofungicida Serenade® (***Bacillus subtilis* Cepa QST 713**) para el control de mildiu polvoroso (***Eresyphe pisi***) en el cultivo de arveja china (***Pisum sativum L***), en la finca las cabañas de San Juan Sacatepéquez, Sacatepéquez y se pudo determinar por medio de del análisis de área bajo la curva, análisis post ANDEVA y del análisis de eficacia Abbott, que la dosis óptima para el control es a razón de 4 L/ha.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LAS PRINCIPALES PLAGAS, ENFERMEDADES Y LOS PRODUCTOS FITOSANITARIOS UTILIZADOS EN EL CULTIVO DE ARVEJA (PISUM SATIVUM L.) POR PRODUCTORES DE LA ALDEA JOYA GRANDE DEL MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA

1.1. PRESENTACIÓN

Los diferentes microclimas y tipos de suelo de Guatemala permiten la producción de números cultivos para el consumo nacional y de exportación, generando fuentes de ingreso económicas muy importantes. Dentro de los cultivos que existen en Guatemala, las hortalizas han representado por muchos años ingresos económicos altos para los agricultores de pequeña y gran escala.

Dentro de las numerosas hortalizas la arveja china como cultivo no tradicional de exportación resulto exitoso al momento de su implementación, ya que actualmente la producción nacional esta conformado en su base productiva por agrupaciones de pequeños productores de la región del altiplano central los cuales han posicionado a Guatemala como uno de los principales exportadores de arveja a nivel mundial con un 13.4 % del total de las exportaciones; le siguen Francia 11.60 %, Rusia 9.40%, China 8.11 % y Holanda 5.28 %. Guatemala exporta principalmente a Estados Unidos (82 %) (siendo este el principal destino), seguido por el Reino Unido (8 %), Holanda (4 %), Canadá (3 %) y México (2 %) (MINECO 2015).

La base de la importancia de la arveja china es su exportación, y ante los requerimientos y exigencias de los principales mercados de exportación de este cultivo, la presentación de las vainas de arveja juega un papel importante, ya que son numerosos los factores que interfieren para cumplir los requerimientos del mercado. De los factores que afectan la calidad de la arveja, las plagas y enfermedades dentro del cultivo han sido de vital importancia por la gran cantidad de producto rechazado por exportadoras y mercados internacionales, ya sea por la presencia de manchas, daños mecánicos o por el uso de productos químicos restringidos para el control de las plagas y enfermedades.

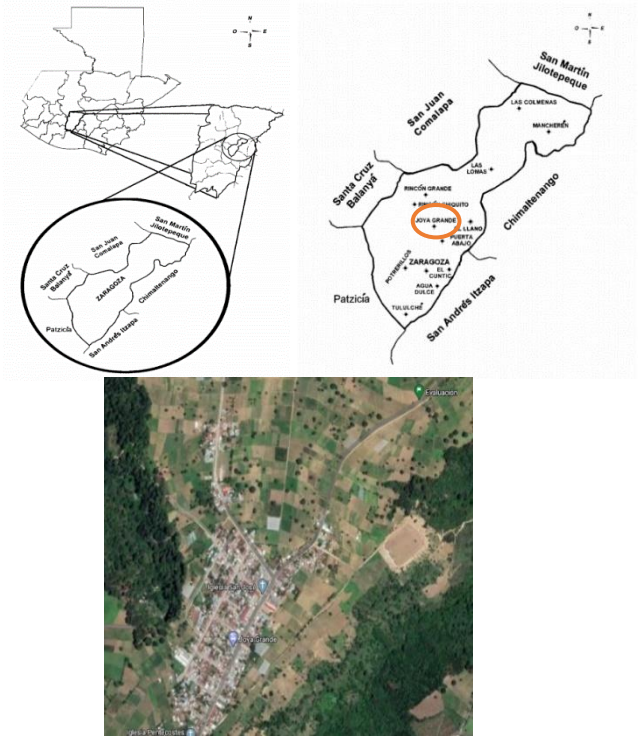
El presente documento es el diagnostico para conocer las principales plagas, enfermedades y los productos fitosanitarios utilizados en el cultivo de Arveja (Pisum sativum L.) por productores de la aldea Joya Grande del municipio de Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala. El objetivo principal del diagnóstico fue Conocer las principales plagas, fitoenfermedades y los productos fitosanitarios utilizados por productores en el cultivo de

Arveja (*Pisum sativum* L.) en la aldea Joya Grande del municipio de Zaragoza Chimaltenango Guatemala.

1.2. MARCO REFERENCIAL

1.2.1. Ubicación geográfica de la prueba en campo

La parcela de producción de arveja de grano donde se realizará la evaluación de los 3 fungicidas, tal y como se muestra en la figura 1, está ubicada en la aldea Joya Grande, Zaragoza, departamento Chimaltenango, Guatemala. La aldea donde se realizó el ensayo se encuentra a una latitud de 14°40'8.66"N y una longitud 90°53'14.79"O a 2,046 m s. n. m. Se encuentra a 17 km del centro del departamento de Chimaltenango y 60 km de la ciudad capital (Barrios, 2011).



Fuente: Barrios 2011.

Figura 1. Mapa de la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala.

1.2.2. Clima

Los datos climáticos para el área de trabajo corresponden a los datos brindados por 10 años de la estación meteorológica del INSIVUMEH ubicada en la Alameda ICTA Chimaltenango. La temperatura promedio mínima es de 9.5 °C y la máxima de 22.6 °C, la precipitación media anual es de 1,560.78 mm, con una humedad relativa de 77 % y una velocidad del viento de 6.20 km/h.

1.2.3. Zona de vida

El municipio de Zaragoza, Chimaltenango está dentro de la zona de vida Bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MB). Esta zona de vida corresponde a 4,307.57 ha. dentro del territorio de Chimaltenango (Santos L. 2011, Xicay R. 2014).

1.2.4. Capacidad de uso de la tierra

Para el municipio de Zaragoza la capacidad de uso de la tierra corresponde a la clasificación agroforestería con cultivos anuales Estas tierras presentan limitaciones en cuanto a la pendiente, se permite en ellas la siembra de cultivos agrícolas asociados con especies arbóreas o bien con obras de conservación de suelos y medidas o prácticas agronómicas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

Conocer las principales plagas, fitoenfermedades y los productos fitosanitarios utilizados por productores en el cultivo de Arveja (*Pisum sativum* L.) en la aldea Joya Grande del municipio de Zaragoza Chimaltenango Guatemala

1.3.2. Específicos

1. Conocer las principales enfermedades que afectan al cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) de productores ubicados en la aldea Joya Grande del municipio de Zaragoza Chimaltenango Guatemala.

2. Conocer las principales plagas que afectan al cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) de productores ubicados en la aldea Joya Grande del municipio de Zaragoza Chimaltenango Guatemala.

3. Categorizar por orden de importancia las plagas y enfermedades que afectan al cultivo de arveja china (*Pisum sativum* L.) de productores ubicados la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango

4. Conocer los productos fitosanitarios utilizados por productores para el control de las principales plagas y enfermedades de arveja china (*Pisum sativum* L.) en la aldea Joya Grande del municipio de Zaragoza Chimaltenango Guatemala.

1.4. METODOLOGÍA

El presente informe de diagnóstico se elaboró para las fechas del 26 de febrero al 2 de marzo de 2018 en las parcelas productivas de arveja china de seis productores, ubicados en la aldea Joya Grande, del municipio de Zaragoza Chimaltenango, con la directriz del departamento de investigación de la empresa Bayer CropScience Guatemala. La cantidad de productores entrevistados para la realización del diagnóstico del cultivo de arveja en la aldea Joya Grande, fue seleccionada de esta manera ya que la cantidad de productores colaboradores con la empresa para la realización de pruebas de eficacia biológica de productos dentro de las parcelas son seis.

La realización de las entrevistas a los productores para la toma de datos, esta entrevista también se realizó al investigador de Bayer CropScience, se realizó el reconocimiento del

área de trabajo y la toma de muestras de enfermedades presentes en el lugar. Y la tercera fase, la cual fue la de Gabinete, fue en la realización 1) del análisis de las entrevistas y la información brindada por los productores e investigador, 2) la realización de una matriz de priorización para la selección adecuada del tema de investigación y la consulta de información secundaria 3) y el establecimiento de conclusiones.

1.4.1. Fase de campo

A. Entrevistas realizadas.

Las entrevistas se realizaron a seis productores, utilizando las boletas que se muestran la figura 1 del anexo del presente documento. Esta etapa se realizó con un tiempo de tres días iniciando el 26 de febrero de 2018 y terminando el 3 de marzo de 2018. Los entrevistados fueron las siguientes personas:

Cuadro 1: Productores entrevistados para la recopilación de información primaria para la realización del diagnóstico, utilizando la boleta vista en la figura 1 del anexo.

Nombre	Cargo	Ubicación
Productor 1	Productor arveja china,	Aldea Joya Grande, Zaragoza Chimaltenango.
Productor 2	Productor arveja china, Representante del Centro de Acopio Joya Grande	Aldea Joya Grande, Zaragoza Chimaltenango.
Productor 3	Productor arveja china, Representante del Centro de acopio Joya Grande	Aldea Joya Grande, Zaragoza Chimaltenango.
Productor 4	Productor arveja china	Aldea Joya Grande, Zaragoza Chimaltenango.

Productor 5	Productor arveja china	Aldea Joya Grande, Zaragoza Chimaltenango.
Productor 6	Productor arveja china	Aldea Joya Grande, Zaragoza Chimaltenango.

1.4.2. Fase de gabinete

Esta etapa se realizó en un lapso de 12 días, en el que se consultó información secundaria, se realizó el análisis de la información brindada por las personas entrevistadas y se realizó la matriz de priorización.

A. Información secundaria

Las fuentes bibliográficas utilizadas para obtener la información secundaria corresponden a documentos de investigaciones realizadas en el cultivo de arveja china, tanto en el área de Zaragoza como de lugares aledaños al lugar de trabajo. En este diagnóstico la información se comparó con lo recabado en campo para poder concluir de manera acertada la línea de investigación a realizar. Es importante mencionar también que a través de información secundaria se realizó la caracterización de las enfermedades, plagas insectiles y productos fitosanitarios descritos por las personas entrevistadas.

B. Análisis de la información de las entrevistas realizadas

La serie de preguntas realizadas en la entrevista a las personas encuestadas, está destinado a la identificación y priorización de las plagas y enfermedades, así como la identificación de los productos fitosanitarios utilizados en el cultivo de Arveja en la aldea Joya Grande, Zaragoza Chimaltenango. Con los datos recabados en las encuestas se realizó la matriz de priorización para seleccionar de forma adecuada y participativa la línea de investigación.

La matriz de priorización se confeccionó a partir de la escala de importancia incluida en la boleta de entrevista. La escala de importancia posee valores de uno a cinco como se muestra en el cuadro 2. La matriz de priorización está constituida por una columna que incluye el problema causado por la plaga o enfermedad y en las columnas posteriores están los valores numéricos de la escala de importancia, mencionados por los productores e investigador de Bayer CropScience de acuerdo a cada enfermedad o plaga. La sumatoria de los valores numéricos fueron sumados para conformar la columna que representa el valor numérico total (5 a 30), y este valor total fue utilizado para determinar la prioridad en cuanto a la importancia económica de la enfermedad o plaga, utilizando una categorización a partir de letras mayúsculas (de A a D)

Cuadro 2: Escala de importancia utilizado en la boleta de entrevista. Valores de 1 a 5 para categorizar problemas dentro de una actividad.

Pregunta	**Escala de importancia**				
	Poco importante	**Medianamente importante**	**Importancia dudosa**	**En cierto modo**	**Alta importancia**
¿Cuál es la importancia económica del Mildiu polvoroso en el cultivo?	1	2	3	4	5

1.5. RESULTADOS

1.5.1. Análisis de la información de las entrevistas.

Las entrevistas a los productores de arveja china de la aldea Joya Grande, Zaragoza Chimaltenango, e investigador de Bayer CropScience fueron realizadas en dos días, paras las fechas del 26 al 28 de febrero de 2018. Dichas entrevistas se sustentaron a las preguntas de la boleta de entrevistas del anexo 1 del presente documento.

A. Datos generales de producción del cultivo de arveja china en la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango.

El cuadro 3 contiene la información general de la producción de arveja china de los 5 productores entrevistados; es importante mencionar que el cultivo de arveja en la aldea no posee riego y que todos los productores trabajan por cuenta propia sin contratar a demás personal de campo. Las variedades comerciales de arveja utilizadas por los productores entrevistados son Oregon Sugar Pod II y Milagro los cuales poseen un rendimiento por año (considerando que se la arveja cultivada en la aldea posee dos ciclos) que no supera los 5000 Kg de arveja en un área que oscila entre los 2000 a 8888 metros cuadrados. La arveja producida por las personas entrevistadas es pesada en un centro de acopio ubicado en la aldea, y respectivamente vendida a la empresa CIESA.

Las variedades comerciales utilizadas en la aldea Joya Grande por los productores entrevistados presentan las siguientes características:

Oregon Sugar Pod II: Es una de las variedades de arveja más popular en Guatemala, la cual posee una demanda para el consumo en fresco o congelado. Esta variedad tiene un porte bajo, su cosecha se inicia a los 60 a 70 días después de la siembra, y puede tener un rendimiento que oscila de 5,000 a 12,000 Kg/ha Oregon posee resistencia y tolerancia al Virus del Mosaico de la Arveja (VMA), al mildiu polvoriento (***Eresyphe sp***.) y sobre todo a la pudrición por ***Fusarium oxysporum*** (Calderon et al. 2000).

Milagro: Es una variedad antigua, que se ha utilizado por muchos años, es distintiva por que en cada nudo presenta dos vainas y posee un porte alto, su rendimiento es de 4,000 a 1,000 Kg/ha.

Cuadro 3: Información brindada a través de las entrevistas realizadas a los productores de arveja china en la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango.

Pregunta	**Entrevistados**					
	Productor 1	**Productor 2**	**Productor 3**	**Productor 4**	**Productor 5**	**Productor 6**
¿Cuánta área de arveja posee?:	5000 Metros cuadrados	10000 Metros cuadrados	5000 Metros cuadrados	4000 Metros cuadrados	3000 Metros cuadrados	5000 Metros cuadrados
¿Cuál es la producción por año del cultivo que posee?	4000 Kg	5000 Kg	2500 Kg	3500 Kg	1200 Kg	3200 Kg
¿Qué variedad de arveja china utiliza?	Oregon	Oregon	Oregon	Milagro	Milagro	Oregon
¿Cómo comercializa la arveja china producida?	Centro de Acopio y Venta a la Exportadora CIESA	Centro de Acopio y Venta a la Exportadora CIESA	Centro de Acopio y Venta a la Exportadora CIESA	Centro de Acopio y Venta a la Exportadora CIESA	Centro de Acopio y Venta a la Exportadora CIESA	Centro de Acopio y Venta a la Exportadora CIESA
¿Su(s) parcela(s) poseen riego?	NO	NO	NO	NO	NO	NO
¿La mano de obra para trabajar el cultivo, es por parte suya o contrata a alguien?	Mano de obra utilizada por parte del productor	Mano de obra utilizada por parte del productor	Mano de obra utilizada por parte del productor	Mano de obra utilizada por parte del productor	Mano de obra utilizada por parte del productor	Mano de obra utilizada por parte del productor

B. Plagas y enfermedades identificadas.

Las personas entrevistadas, tanto productores como al investigador de Bayer CropScience, mencionan la presencia de 4 plagas insectiles y 3 enfermedades de importancia económica, las cuales afectan el rendimiento y calidad de la arveja.

a. Mildiu polvoriento

Es una enfermedad ocasionada por el patógeno ***Erysiphe pisi***, el cual infecta a las plantas de la familia Papilonaceae principalmente en épocas secas o donde se presenta una baja precipitación pluvial. En especial cuando el hongo se disemina en las plantas arveja, según Munjel et al. Consultado por Kapoor (1967), cuando existe un 100% de infección se estiman pérdidas del 21 % al 31 % en el número de las vainas y del 26 % al 47 % en peso de las vainas, sin embargo, el hongo puede ocasionar la muerte de la planta en dado caso este no sea controlado. Los síntomas de la enfermedad inician con pequeñas manchas amarillas que se encuentran en el haz de las hojas de la arveja, a medida que los síntomas avanzan, se va presentando como signo de la enfermedad un micelio blanquecino persistente, delgado derramado y aracnoideo por encima de las manchas (Calderon et al. 2000; Kapoor 1967). En el caso particular del área de estudio se determinó que el mildiu puede alcanzar en promedio un 30% de severidad en las plantas de arveja china, que a la percepción del productor si este no controla de manera adecuada la enfermedad ocasiona reducción en el rendimiento del 15%, y a la vez reduce la calidad de las vainas.

b. Mancha por Ascochyta

Enfermedad ocasionada por el patógeno Ascochyta pisi, es considerado un patógeno que reduce la calidad para exportación de la arveja china por la sintomatología que presenta, especialmente durante la época lluviosa. Los síntomas de esta enfermedad es la presencia de manchas circulares de color café a marrón en las hojas con un halo claro, sin embargo, el patógeno también se desarrolla en las vainas presentándose daños o abortos de las semillas, en tallos se presentan manchas cafés más hundidas, pero en menor proporción que los daños foliares. Los signos de la enfermedad se presentan como puntos negros, los

cuales son cuerpos fructíferos llamados picnidios, los cuales son globosos marrones y están inmersos en el tejido vegetal (Calderon et al. 2000; Punithaligan & Holliday 1972). La pérdida en la calidad de la vaina ocasionado por el patógeno Ascochyta pisi puede representar el 70 % del total de rechazo dentro de una exportadora de arveja china, especialmente en época lluviosa, considerándolo como de las manchas foliares de mayor importancia (Santos 2011). La enfermedad por Ascochyta, a percepción de los productores entrevistados, se llegó a determinar que el porcentaje de severidad regularmente llega a un 40%, pero aclaran que, al no realizar manejo preventivo de la enfermedad, esta puede llegar a una severidad de hasta el 80%, ocasionando pérdidas en el rendimiento hasta el 50% y generando muchas pérdidas por mala calidad de las vainas para su exportación.

c. Marchitez por Fusarium

La marchitez por *Fusarium oxyspurum* es una enfermedad vascular, que, si no se toman las medidas preventivas para el mismo, se puede presentar la muerte de una gran cantidad de plantas de arveja china dentro de las plantaciones. *Fusarium oxyporum* está presente en el suelo e infecta a raíces jóvenes para poder movilizarse en el sistema vascular de la planta, y posterior a esto presentarse la sintomatología característica, la cual es la clorosis ascendente y a la presencia de una coloración rojiza a lo largo del tallo (Calderon et al. 2000). En el caso de esta enfermedad, dado a que los productores realizan aplicación de productos preventivos al suelo, la incidencia y severidad no son elevados, dado que en promedio se alcanza un 15% de severidad según la percepción de los productores, sin embargo, si no se realiza el adecuado tratamiento del suelo, esta enfermedad resulta devastadora ya que puede eliminar hasta el 100% de una plantación.

d. Trips

Es considerada como una de las plagas insectiles más importantes en el cultivo de arveja en Guatemala la cual genera rechazo en la arveja por el daño que ocasiona en las vainas. Los daños se clasifican de dos tipos, el primero es por la ovoposición de estos insectos en la vaina la cual genera manchas verdes y blancas con protuberancias que reducen la calidad del producto, y el segundo por la alimentación de los insectos ocasionando lesiones rectangulares de color negro. Las especies que afectan al cultivo de arveja china en Guatemala corresponden a dos *Frankliniella occidentalis y Thrips tabaci*, las cuales fueron identificadas por Álvarez en 1993. Considerada por los productores como la plaga insectil de mayor importancia, y a criterio de los entrevistados, los trips pueden llegar a un nivel de infestación de hasta el 90%, y al no realizar el control y manejo de la plaga, esta reduce la calidad de la vaina de manera significativa.

e. Mosca Minadora

Estudios a nivel de país por Dubon et al. 1995 y por McBean 1997 confirman que la especie de mosca minadora que afecta al cultivo de arveja es *LIiriomyza huidobrensis*, esta especie es considerada como plaga de importancia secundaria en el cultivo de arveja, y los daños que ocasionan se presentan a nivel de hojas, tallos y vainas (Calderon et al. 2000). Los daños son identificados por las galerías que presentan las hojas por la alimentación de las larvas de *Liriomyza huidobrensis,* generando reducción en el rendimiento en cuanto al número de vainas y su peso.

En el caso del daño ocasionado a las vainas, la identificación de las galerías es difícil en los primeros días en que las larvas de la mosca minadora se alimentan, sin embargo, pocos días después (entre 3 a 5) las galerías se vuelven bastante visibles generando rechazo del producto en las principales exportadoras. En el caso de la mosca minadora, todos los entrevistados afirmaron que es una plaga de poca incidencia, llegando a un porcentaje de infestación del 10%, el rendimiento, afirman no es afectado drásticamente.

f. Gusanos cortadores

En el cultivo de arveja básicamente se encuentran dos géneros de Lepidoteros que generan daños a las plantas. ***Agriotis sp***, es una palomilla que en estado larval posee una coloración café con manchas en el dorso y que se alimenta de hojas que están cerca del suelo, ya que este se alimenta durante la noche y durante el día se protege dentro del suelo. En el caso de ***Spodoptera sp***, este insecto se le encuentra en el follaje dañando especialmente los cogollos, en sus primeras estepas la larva es de coloración verde y conforme se desarrolla puede tornarse de coloración café o negro-grisáceo (Calderón et al. 2000). Las larvas mencionadas anteriormente, son consideradas por los productores como plagas que mediana incidencia en el cultivo, sin embargo, las plagas comúnmente han generado grandes daños en hojas de las plantas, generando una reducción en el rendimiento de hasta el 15% (percepción de los entrevistados).

g. Pulgón de la arveja

Es una plaga secundaria de la arveja en Guatemala, la cual al presentarse de forma abundante genera perdida de vigor, clorosis y marchitez en las plantas de arveja. Es importante mencionar que la única especie que se presenta en las plantaciones de arveja es Myzus persicae (Sánchez y Sandoval 1995). Seguido de los trips en arveja china, los productores consideran al pulgón, como una plaga de importancia, dado que la alta infestación puede generar perdida de vigor en las plantas, y esto conlleva a la reducción de la calidad de las vainas de arveja, a percepción de los agricultores entrevistados, la infestación en promedio llega a un 25%.

Cuadro 4: Plagas y enfermedades que afectan a las parcelas de Arveja de los productores entrevistados, en la aldea Joya Grande, Zaragoza Chimaltenango.

Persona Entrevistada	Plagas	Nivel de infestación	Enfermedades	Severidad
Productor 1	Trips (*Frankiniella sp*.)	75%	Mildiu (*Erysiphe sp.*)	35%
	Pulgon de la arveja (*Myzus persicae*)	25%	Mancha por Ascochyta (*Ascochyta sp.*)	50%
	Mosca minadora (Liriomyza sp.)	15%	Marchitez por *Fusarium Sp.*	25%
	Larvas de *Spodoptera sp. y Agriotis sp.*	15%		
Productor 2	Trips (*Frankiniella sp*.)	100%	Mildiu (*Erysiphe sp*.)	50%
	Pulgon de la arveja (*Myzus persicae*)	50%	Mancha por Ascochyta (*Ascochyta sp*.)	50%
	Larvas de *Spodoptera sp. y Agriotis sp.*	10%	Marchitez por Fusarium Sp.	15%
Productor 3	Trips (*Frankiniella sp.)*	100%	Mildiu (*Erysiphe sp*.)	15%
	Mosca minadora (*Liriomyza sp.)*	10%	Mancha por Ascochyta (*Ascochyta sp*.)	30%
	Larvas de *Spodoptera sp. y Agriotis sp.*	10%	Marchitez por *Fusarium Sp*	5%
Productor 4	Trips (*Frankiniella sp*.)	80%	Mildiu (*Erysiphe sp*.)	25%
	Larvas de *Spodoptera sp. y Agriotis sp.*	10%	Mancha por Ascochyta (*Ascochyta sp.*)	35%
			Marchitez por Fusarium Sp	5%
Productor 5	Trips (*Frankiniella sp*.)	100%	Mildiu (*Erysiphe sp*.)	15%
	Pulgon de la arveja (*Myzus persicae*)	10%	Mancha por Ascochyta (*Ascochyta sp.*)	30%

	Mosca minadora (*Lliriomyza huidobrensis*)	10%	Marchitez por *Fusarium Sp*	5%
	Larvas de Spodoptera sp.	10%		
Productor 6	Trips (Frankiniella sp.)	80%	Mildiu (*Erysiphe sp*.)	35%
	Pulgon de la arveja (Myzus persicae)	35%	Mancha por Ascochyta (*Ascochyta sp*.)	45%
	Larvas de *Spodoptera sp y Agriotis sp*.	10%	Marchitez por *Fusarium Sp*	35%

C. Productos fitosanitarios para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de arveja china

En el cuadro 5 se mencionan los diferentes productos fitosanitarios utilizados por los productores de arveja china entrevistados tanto para las plagas insectiles como las enfermedades de importancia mencionada por los mismos. Son 7 fungicidas y 6 diferentes insecticidas utilizados por los productores entrevistados.

Cuadro 5: Productos utilizados por las personas entrevistadas para el control de las plagas y enfermedades mencionadas en el cuadro 3.

Entrevistado	**Plaga-Enfermedad**	**Producto utilizado**	**Porcentaje (%) de uso**
Productor 1	Mildiu (*Erysiphe sp*.)	SCORE ® 25 EC	10%
		Serenade ® 1,34 SC	15%
		Azufre	50%
		BORDOCOP 20 WP	25%

	Mancha por Ascochyta (*Ascochita sp.*)	Serenade ® 1,34 SC	100%
	Fusarium oxysporum	Yunta® 24.6 FS	100%
	Trips (Frankiniella sp.)	Exalt ® 6 SC	50%
		Spinoace ® 12 SC	50%
	Larvas de *Spodoptera sp y Agriotis sp*.	Monarca 11,25 SE	50%
		Decis ® 10 EC	50%
	Pulgon de la arveja (*Myzus persicae*)	Monarca 11,25 SE	50%
		Decis ® 10 EC	50%
Productor 2	Mildiu (*Erysiphe sp*.)	Azufre	50%
		SCORE ® 25 EC	50%
	Mancha por Ascochyta (*Ascochita sp.*)	Bravo ® 720 SC	100%
	Fusarium oxysporum	Yunta® 24.6 FS	100%

	Trips *(Frankiniella sp.*)	Exalt ® 6 SC	100%
	Larvas de *Spodoptera sp y Agriotis sp*.	Monarca 11,25 SE	100%
Productor 3	Mildiu (*Erysiphe sp*.)	BORDOCOP 20 WP	100%
	Mancha por Ascochyta (*Ascochita sp.*)	Bravo ® 720 SC	100%
	Trips (Frankiniella sp.)	Exalt ® 6 SC	100%
Productor 4	Mildiu (*Erysiphe sp*.)	Azufre	100%
	Mancha por Ascochyta (*Ascochita sp.*)	Azufre	25%
		AMISTAR ®	50%
		Bravo ® 720 SC	25%
	Fusarium oxysporum	Yunta® 24.6 FS	100%
	Trips (Frankiniella sp.)	Exalt ® 6 SC	100%

	Larvas de *Spodoptera sp y Agriotis sp*.	Monarca 11,25 SE	100%
	Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*)	EVISECT® 50 SP	100%
Productor 5	Mildiu (*Erysiphe sp*.)	Azufre	100%
	Mancha por Ascochyta (*Ascochita sp.*)	BORDOCOP 20 WP	25%
		Bravo ® 720 SC	75%
	Fusarium oxysporum	Yunta® 24.6 FS	100%
	Trips (Frankiniella sp.)	Exalt ® 6 SC	100%
	Larvas de *Spodoptera sp y Agriotis sp*.	Spintor ® 12 SC	100%
	Pulgon de la arveja (Myzus persicae)	Exalt ® 6 SC	100%
Productor 6	Mildiu (*Erysiphe sp*.)	Azufre	100%
	Mancha por Ascochyta (*Ascochita sp.*)	Bravo ® 720 SC	75%

		BORDOCOP 20 WP	25%
	Fusarium oxysporum	Yunta® 24.6 FS	100%
	Trips (Frankiniella sp.)	Exalt ® 6 SC	100%
	Larvas de *Spodoptera sp y Agriotis sp*.	Spintor ® 12 SC	100%
	Pulgon de la arveja (Myzus persicae)	Exalt ® 6 SC	100%

Los productos fitosanitarios utilizados por los productores en el cultivo de la arveja china para el control de las enfermedades y plagas insectiles que fueron mencionados anteriormente se describen a continuación:

a. Difenoconazol

Fungicida de acción preventiva y curativa este ingrediente activo pertenece al grupo de los triazoles, y su mecanismo de acción corresponde a la inhibición de la biosíntesis del esterol, actuando como un producto de amplio espectro (APS 2017). Para el control de Mildiu polvoriento en arveja la dosis por hectárea es de 0.3 L/ha a 0.5 L/ha. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Syngenta es el de SCORE ® 25 EC. Este producto se utiliza, para el periodo analizado, en un promedio del 33% en relación a todas las personas entrevistadas.

b. Bacillus subtilis Cepa QST 730

Es un biofungicida que es utilizado para el control de enfermedades foliares y del suelo en hortalizas, el cual está basado en esporas de la cepa QST 730 de la bacteria Bacillus subtilis. El modo de acción de Serenade ® consiste en la roptura física de la membrana celular de

las células de hongos a través de compuestos secundarios llamados Lipopeptidos. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Bayer S.A es el de SERENADE ®. El producto biológico es utilizado un 33% por los productores, considerándolo como el séptimo producto utilizado en el área.

c. Cobre

Es un fungicida inorgánico l es a base de cobre, es un fungicida de contacto con acción protectora y de amplio espectro. Su modo de acción corresponde a la perturbación de la función enzimática y energética de los sistemas de transporte de la membrana celular del hongo. Este producto es aplicado a dosis que van de 0.4 kg/100 L a 0.6 kg/100 L de agua. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa ADAMA ESSENTIALS es el de BORDOCOP ® 20 WP. Este producto es utilizado por el 67% de los entrevistados, catalogándolo como el quinto producto de importancia área estudiada.

d. Imidaclopir y Tebuconazol

Este producto es para el tratamiento de semillas antes de la siembra, y en la arveja china es utilizado para la prevención de *Fusarium oxysporum.* Tebuconazol como fungicida posee un modo de acción que inhibe la biosíntesis del esterol en las membranas celulares del hongo. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Bayer S.A es el de Yunta® 24.6 FS. Yunta ® es un producto sistémico que posee una proporción del 24.6 % en base al volumen total y tiene una formulación como suspensión concentrada. Según las entrevistas realizadas a los productores del área, esta es un producto de alta importancia, utilizándolo todos los productores, dado su importancia para la prevención de Fusarium. Yunta ® es el tercer producto más utilizado en el área de estudio, dada su característica para la prevención de Fusarium.

e. Azoxistrobina

Es ideal para el control de *Ascochyta sp.* en el cultivo de arveja. Su modo de acción actúa inhibiendo el proceso respiratorio de los hongos, resultando especialmente eficaz para impedir la germinación de esporas y el desarrollo inicial del patógeno. Además, la azoxistrobina posee actividad translaminar, otorgando una mejor eficacia en cultivos densos. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Syngenta es el de AMISTAR ® con una concentración del 25 % de ingrediente activo. El producto en el área estudiada, con el número de entrevistados, solo lo utiliza una persona, correspondiendo al 17% de uso.

f. Spinetoram

Ingrediente activo perteneciente al grupo de los Spinosines, con una composición del 5.87 % sobre el total del producto y con una formulación de solución concentrada (SC). El Spinetoram es un compuesto de origen biológico extraido de la bacteria llamada *Saccharopolyspora spinosa,* con un modo de acción no sistémico y que presenta una actividad por ingestión de contacto y translaminar. El mecanismo de acción del ingrediente activo afecta el sistema nervioso y muscular a través. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Dow AgroSciences es el de Exalt ® 6 SC con una concentración del 6 % de ingrediente activo. Es utilizado por todos (100%) los productores entrevistados, y al igual que el azufre, es el producto más utilizado en el área.

g. Spinosad

El Spinosad es un compuesto de origen biológico extraído de la bacteria llamada *Saccharopolyspora spinosa,* con un modo de acción no sistémico y que presenta una actividad por ingestión y contacto. El mecanismo de acción del ingrediente activo afecta el sistema nervioso y muscular a través. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Dow AgroSciences es el de **Spinoace ® 12 SC** con una

concentración del 6 % de ingrediente activo. con una composición del 12 % sobre el total del producto y con una formulación de solución concentrada (SC). Este producto es utilizado un 17%, según la cantidad de entrevistados, considerándolo como el producto de menor uso.

h. Hidrogenooxalato de tioxiclam

El ingrediente activo es de origen natural extraído de un anélido marino con un modo de acción de contacto y estomacal con leve actividad sistémica y un mecanismo de acción que se trasloca acrópetamente. Análogo o pre-plaguicida de la toxina natural nereistoxina, bloquea la acetilcolina nicotínica en el sistema nervioso central. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Arysta es el de SC EVISECT® 50 SP una concentración de 50%, y con una formulación de polvo soluble (SP). Al igual que Spinoace® es un producto de menor uso, con un 17% de uso en el área.

i. Spinosad (Spinosyn A y Spinosyn D)

El Spinosad es un compuesto de origen biológico extraido de la bacteria llamada *Saccharopolyspora spinosa,* con un modo de acción no sistémico y que presenta una actividad por ingestión y contacto. El mecanismo de acción del ingrediente activo afecta el sistema nervioso y muscular a través. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Dow AgroSciences es el de Spintor ® 12 SC con una composición del 12 % sobre el total del producto y con una formulación de solución concentrada (SC). Spintor® en el área es utilizado por un 33% de los productores.

j. Deltametrina

En el área estudiada es utilizado por un 33% de los productores, y es un insecticida que posee un modo de acción de ingestión y contacto y con un mecanismo de acción que afecta

el sistema nervioso del insecto a través de los moduladores del canal de sodio. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Bayer S.A. es el de Decis ® 10 EC a razón del 10 % como emulsión concentrada (EC).

k. Thiacloprid

Insecticida ideal para el control de larvas de Spodoptera sp. y Agriotis sp. el cual pertenece al grupo Neonicotinoide y Beta-Ciflutrina del grupo de los piretroides. Este producto posee un modo de acción de contacto y sistémico y un mecanismo de acción que afecta a los moduladores del canal de sodio, afectando el sistema nervioso del insecto. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Bayer S.A. es el de Monarca ® 11,25 SE a razón del 10 % como emulsión concentrada (EC). Este producto es una supoemulsión que posee el 11.25 % de ingrediente activo respecto al total del volumen del producto. Es un producto de importancia en el área, dado que su porcentaje de uso es del 67%, considerándolo como el tercer producto más utilizado.

l. Clortalonil

Fungicida de amplio espectro no sistémico, y es utilizado para la prevención de enfermedades. Su modo de acción consiste en la inhibición del proceso de respiración de las células del hongo mediante un enlace rápido de las moléculas de clorotalonil con grupos sulfidrilos. Es utilizado en el cultivo de arveja para la prevención de mildiu polvoriento (*Eresyphe sp*.) y la mancha por Ascochyta sp. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Syngenta es el de Bravo ® 720 SC. Para el control de las dos enfermedades antes mencionadas, es utilizado casi por todos los productores, con 87% de uso, el cual lo posiciona como el segundo producto más utilizado en el área.

D. Matriz de priorización de las plagas y enfermedades que afectan al cultivo de arveja china

La matriz de priorización realizado a través de la escala de importancia incluida en la boleta de entrevista, representa el punto de vista de 6 personas, en el cual se incluye al

investigador de Bayer CropScience de la región de occidente, y de los 5 productores de arveja china colaboradores de la aldea Joya Grande. El cuadro de priorización dio como resultado que las enfermedades conocidas como Mildiu polvoriento y mancha por Ascochyta así como la plaga insectil conocida como Trips (Frankiniella sp.) presentan la máxima prioridad, con un puntaje de 30/30 de acuerdo a la escala de importancia (A), en cuanto al grado de daño a las cosechas de arveja y a la reducción del rendimiento en la arveja china. El segundo puesto, con una prioridad B, la posee la marchitez por Fusarium sp. con un puntaje de 25/30. Las plagas, Spodoptera sp. y Pulgon (Myzus persicae) según el cuadro de priorización, ocupan el tercer lugar con un puntaje de 22/30, y la Mosca minadora (Liriomyza sp.) la cual no fue catalogada como muy importante dentro de las plantaciones de las personas entrevistadas se queda con la mínima prioridad con un puntaje de 19/30. En base a lo anteriormente mencionado se establece que las enfermedades foliares mildiu polvoroso (*Erysiphe sp*.) y la mancha por Ascochyta (*Ascochyta sp*.), asi como la plaga insectil denominada Trips (*Frankiniella sp*.) son las más importantes desde el punto de vista de los productores, y en base a esto es necesario la realización de un proyecto de investigación que permita determinar un producto y la dosis adecuada para el eficiente control de las enfermedades Mildiu polvoroso (*Erysiphe sp*.) y Mancha por Ascochyta (*Ascochyta sp.*) así como la plaga insectil *Frankiniella sp.*

Cuadro 6: Cuadro de priorización de las plagas que afectan al cultivo de arveja china en la Aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango

Plaga	Productor 1	Productor 2	Productor 3	Productor 4	Productor 5	Productor 6	Sumatoria	Prioridad
Trips	5	5	5	5	5	5	30	A
Gusanos cortadores	5	4	3	3	3	4	22	C
Pulgones	5	4	4	3	3	3	22	C
Minadores	4	3	3	3	3	3	19	D

Cuadro 7: Cuadro de priorización de las enfermedades que afectan al cultivo de arveja china en la Aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango

Enfermedad	Productor 1	Productor 2	Productor 3	Productor 4	Productor 5	Productor 6	Sumatoria	Prioridad
Mildiu	5	5	5	5	5	5	30	A
Ascochyta	5	5	5	5	5	5	30	A
Fusarium	4	4	4	4	4	5	25	B

Orden de prioridad de las plagas y enfermedades

A: Mildiu, Ascochyta y Trips

B: Fusarium

C: ***Spodoptera sp, Agriotis sp***. y Pulgones

D: Minadores

1.6. CONCLUSIONES

1.6.1. Se identificaron a Mildiu (*Erysiphe sp*.), Mancha por Ascochyta (*Ascochita sp*.) y Marchitez por Fusarium oxysporum como las enfermedades de importancia económica en la arveja china que se ubica en la aldea Joya Grande del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

1.6.2. Se identificaron a trips (*Frankiniella sp*.), pulgon de la arveja (*Myzus persicae*), larvas de *Spodoptera sp.,* larvas de *Agriotis sp.* y la mosca minadora (*Liriomyza sp.)* como las plagas de importancia económica en la arveja china que se ubica en la aldea Joya Grande del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

1.6.3. Se determinó que las enfermedades y la plaga insectil con mayor importancia se encuentran, el mildiu polvoroso (*Erysiphe sp*.), la mancha por Ascochyta (*Ascochita sp*.) y los Trips (*Frankiniella sp*.). Como segundo plano de importancia se determinó que lo ocupa Fusarium oxysporum, como tercer plano de importancia Spodoptera sp, Agriotis sp. y los pulgones de la arveja (*Myzus persicae*) y como plaga catalogada

como menor importancia están los minadores de la arveja (*Liriomyza huidobrensis*). En base a lo anteriormente mencionado es necesario la realización de un proyecto de investigación que permita determinar un producto y la dosis adecuada para el eficiente control de las enfermedades Mildiu polvoroso (*Erysiphe sp*.) y Mancha por Ascochyta (*Ascochita sp.*) así como la plaga insectil *Frankiniella sp.*

1.6.4. Se identificaron siete fungicidas y seis diferentes insecticidas utilizados por los productores entrevistados para el control de las enfermedades y plagas de importancia en las plantaciones de arveja que se ubican en la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango, los cuales son: SCORE ® 25 EC (33% de uso), Serenade ® 1,34 SC (33% de uso), BORDOCOP ® 20 WP (67% de uso), Yunta® 24.6 FS (83%), Exalt ® 6 SC (100% de uso), Bravo ® 720 SC (83% de uso), AMISTAR ® (17% de uso), Exalt ® 6 SC (100% de uso), Spinoace ® 12 SC (17% de uso), Spintor ® 12 SC (33% de uso), Decis ® 10 EC (33% de uso), Monarca ® 11,25 SE (67% de uso).

1.7. BIBLIOGRAFÍA

1. Agro Bayer Centroamérica. 2018a. Fungicida SERENADE® 1,34 SC. https://agro.bayer-ca.com/productos/serenade-134-sccr

2. _____. 2018b Insecticida DECIS® 10 EC. https://agro.bayer-ca.com/productos/decis-10-ec-cr

3. _____. 2018c. Insecticida MONARCA® 11,25 SE. https://agro.bayer-ca.com/productos/monarca-1125-secr

4. Arysta LifeScience, Chile. 2016. Evisect® 50 SP: Hoja de datos de seguridad. https://cl.uplonline.com/download_links/6W4yBdP7ii2zFOOEzWQDRgbknm2old66g4th6yRU.pdf

5. Brayford, D. 2016. *Fusarium oxysporum* f.sp. pisi (CJJ Hall). Utrecht, Países Bajos,International Mycological Association (IMA). http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?TableKey=14682616000000063&Rec= 18377&Fields=All

6. Calderón Bran, LF; Dardón Ávila, DE; Márquez Hernández, JM; Del Cid Mazariegos,MA. 2000. Manejo integrado del cultivo de arveja china. Guatemala, Instituto deCiencia y Tecnología Agrícolas. http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Arveja/Manejo%20integrado%20del%20cultiv o%20de%20Arveja%20china%202000.pdf

7. Corteva AgriScience. México. s.f. Spinoace™ 12 SC https://www.corteva.gt/productos-y-soluciones/proteccion-de-cultivos/spinoace-12-sc.html

8. _____. s.f. Spintor® 480 SC. https://www.corteva.es/productos-y-soluciones/proteccion-de-cultivos/spintor-480-sc.html

a. Dekalpar. Paraguay. 2018. Yunta. https://www.dekalpar.com.py/product/yunta/

9. IMA (International Mycological Association, Holanda). 2016. *Ascochyta pinoides.* Utrecht, Países Bajos. http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?TableKey=14682616000000063&Rec= 30943&Fields=All

10. IRAC (Comité de Acción Contra la Resistencia a Insecticidas, Colombia). 2015. Clasificación del modo de acción. Medellín, Colombia. http://www.irac-online.org/documents/moa-structures-poster-spanish/?ext=pdf

11. Kapoor, JN. 2016. *Erysiphe pisi* DC., Fl. P. 5, 1815. Utrecht, Países Bajos,

InternationalMycological Association (IMA). http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?TableKey=14682616000000063&Rec = 13980&Fields=All

12. MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2002. Mapa dezonas de vida de Holdridge república de Guatemala. Guatemala.http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/maps/nac/250/ambientales/vegetacion/zonas-de-vida.pdf

13. _____. 2014. El agro en cifras: Hortalizas; Arveja china. Guatemala. 36 p. http://web.maga.gob.gt/download/1agro-cifras2014.pdf

14. _____. 2016. El agro en cifras: Hortalizas; Arveja china. Guatemala. 36 p. http://web.maga.gob.gt/download/El%20agro16.pdf

15. Martínez, DE; Alfaro, G. 2012. Nuevos registros y biodiversidad amenazada en dosbosques comunales de manejo indígena. Guatemala, Universidad del Valle deGuatemala, Instituto de Investigaciones. http://www.uvg.edu.gt/publicaciones/revista/volumenes/numero-24/5.NUEVOS_REGISTROS_59-71.pdf

16. Medina Castañeda, VM. 2013. Evaluación de ingredientes activos para el control de plagas y enfermedades, en cultivos hortícolas, rosa y café, diagnóstico y servicios realizados en los departamentos de Sacatepéquez, Chimaltenango y Santa Rosa, Guatemala, C.A. informe de diagnóstico en la finca el Valle, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa. Ciudad de Guatemala. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de SanCarlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 7. http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03149.pdf

17. Mendoza de León, RA. 2012. Sistematización de las experiencias en el uso de tres ingredientes activos con acción fungicida (Dimetilditiocarbamato de Zinc, Oxiclorurode cobre y Polisulfuro de calcio) para el control de *Ascochyta* sp. en el cultivo de arveja china (*Pisum sativum* L.) en el municipio de San Andrés Itzapa Chimaltenango. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 11-40. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2786.pdf

18. MINECO (Ministerio de Economía, Guatemala). 2015. Ficha 31: Arveja. Guatemala.http://www.resultados1.com/caja-ue/images/stories/fichas/guatemala/gt-arveja- china.pdf

19. _____. 2015. Información socio económica de Guatemala. Departamento de Chimaltenango.

Guatemala. http://dae.mineco.gob.gt/mapainteractivo/index.php?controller=crm&action=detalles&id=3

20. Puniyhaligan, E; Holliday, P. 2016. *Ascochyta pisi.* Lib. Pl. Cripta. Ard. fasc. 1, no 591830. Utrecht, Países Bajos, International Mycological Association (IMA). http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?TableKey=14682616000000063&Rec= 14305&Fields=All

21. Sánchez, GE; Sandoval, L. 1995. Manual de pre-inspección para la producción de arvejachina y dulce en Guatemala. Guatemala. http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Arveja/Manual%20de%20pre-inspeccion%20Arveja%20china%20y%20dulce.pdf

22. Santos Pérez, LJ. 2011. Trabajo de graduación realizado en Grupo Hortícola de Exportación S.A. (GHORTEX S.A.) Sumpango, Sacatepéquez, manejo de cultivo dearveja china (*Pisum sativum* L). Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 7 p. http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-02912.pdf

23. Syngenta, US. 2018a. Bravo 720 SC; Ficha de datos de seguridad, de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006. Estados Unidos. https://www.syngenta.es/sites/g/files/zhg516/f/ficha-seguridad-bravo-720-sc.pdf

24. _____. 2018b. Score 25 EC; Ficha de datos de seguridad, de acuerdo al Reglamento(CE) No. 1907/2006. Estados Unidos. https://www.syngenta.es/sites/g/files/zhg516/f/ficha-seguridad-score-25-ec.pdf?tken=20201230

25. _____. 2019. Amistar; Ficha de datos de seguridad, de acuerdo al Reglamento (CE)No. 1907/2006Estados Unidos.https://www.syngenta.es/sites/g/files/zhg516/f/ficha-seguridad-amistar.pdf?tkn=20190925

26. Xicay Sacbaja, RE. 2014. Evaluación de insecticidas en diferentes aplicaciones al follajey aplicaciones al suelo para el control de paratrioza (*Bactericera cockerelli*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), diagnóstico y servicios realizados en Bayer S.A., Departamento de Desarrollo Agronómico, Guatemala, C. A. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 17 p. http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03214.pdf

1.8. Anexos

Anexo 1

Boleta de entrevista para productores

Para el diagnóstico de enfermedades en arveja china en parcelas de 5 productores de la aldea Joya Grande, Zaragoza Chimaltenango

1. **Entrevistador:** _____ **2. Hora:** _____ **3. Fecha:** _____

4. Persona entrevistada, cargo y ocupación: _____

_____

_____ 5. Lugar de entrevista: _____

6. ¿Cuánta área de arveja posee?: _____

7. ¿Cuál es la producción por año del cultivo?: _____

8. ¿Dónde se encuentra la plantación?: _____

9. ¿Qué variedad de arveja china utiliza?: _____

10. ¿Cómo comercializa la arveja china producida?: _____

11. ¿Su(s) parcela(s) poseen riego?:_____

12. ¿La mano de obra para trabajar el cultivo, es por parte suya o contrata a alguien?: _____

13. ¿Cuáles son las plagas y enfermedades que afectan al cultivo? _____

_____

_____

_____

_____

_____

14. Realice la respectiva ponderación de las enfermedades y plagas que afectan al cultivo de arveja dentro de su parcela auxiliándose de la siguiente tabla de valoración.

Pregunta	Escala de importancia				
	Muy importante	No muy Importante	NS/NC	En cierto modo	Muy importante
¿Cuál es la importancia del Mildiu polvoroso?	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5

15. ¿Cuáles son los productos que usted utiliza para controlar las plagas y enfermedades que afectan a su cultivo durante la época seca?

Nombre de la plaga o enfermedad Nombre del producto fitosanitario utilizado

CAPITULO II

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DEL BIOFUNGICIDA *BACILLUS SUBTILIS* CEPA QST 713 PARA EL CONTROL DE LA MANCHA FOLIAR (*Ascochyta pisi)* EN ARVEJA CHINA (*Pisum sativum* L) EN ZARAGOZA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

EVALUATION OF THE BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF THE BIOFUNGICIDE BACILLUS SUBTILIS CEPA QST 713 FOR THE CONTROL OF FOLIAR STAIN (Ascochyta pisi) IN CHEESY PEAR (*Pisum sativum L*) IN ZARAGOZA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

2.1. PRESENTACIÓN

La arveja china como cultivo no tradicional de exportación resulto exitoso al momento de su implementación, ya que actualmente la producción nacional esta conformado en su base productiva por agrupaciones de pequeños productores de la región del altiplano central los cuales han posicionado a Guatemala como uno de los principales exportadores de arveja china a nivel mundial. Guatemala exporta un 13.40 % del total de las exportaciones; le siguen Francia (11.60 %), Rusia (9.40 %), China (8.11 %) y Holanda (5.28 %). Guatemala exporta principalmente a Estados Unidos (82 %) (siendo este el principal destino), seguido por el Reino Unido (8 %), Holanda (4 %), Canadá (3 %) y México (2 %) (MINECO 2015).

La base de la importancia de la arveja es su exportación, y ante los requerimientos y exigencias de los principales mercados de exportación de este cultivo, la presentación de las vainas de arveja juega un papel importante, ya que son numerosos los factores que interfieren para cumplir los requerimientos del mercado. De los factores que afectan la calidad de la arveja, las plagas y enfermedades dentro del cultivo han sido de importancia por la gran cantidad de producto rechazado, llegando hasta un 70 % de rechazo del total de producto no aceptado por exportadoras y mercados internacionales, dado por la presencia de manchas, daños mecánicos o por el uso de productos químicos restringidos por las normas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para el control de las plagas y enfermedades.

Al considerar el área en donde se realizó la evaluación, y a partir de datos obtenidos de entrevistas realizadas a productores del área, se determinó que las enfermedades con mayor importancia fueron el mildiu polvoroso (*Erysiphe sp*.), la mancha por Ascochyta (***Ascochita pisi***.).

La enfermedad ocasionada por ***Ascochyta pisi*** reduce la calidad para exportación de la arveja china por la sintomatología que presenta, especialmente durante la época lluviosa. El difícil control del patógeno, y la restricción de los productos químicos por parte de las normas de la EPA para la exportación del cultivo, hacen el uso y desarrollo de productos

químicos y biológicos alternativos de menor residualidad y daño al ambiente para el control a tan importante patógeno.

Con el objetivo de presentar un producto de origen biológico para el control de la mancha foliar ocasionada por ***Ascochyta pisi***. en época lluviosa, se evaluó en arveja china de la variedad Oregón, la eficacia del biofungicida basado en esporas de la cepa QST 730, de la bacteria ***Bacillus subtilis***, en el cual se realizó una prueba de eficacia para establecer a que dosis del producto a base de la bacteria fue el mejor para el control de la enfermedad, y para esto fue necesario un análisis en base al progreso de la enfermedad, el área bajo la curva del progreso de la enfermedad, la realización de un análisis de varianza, evaluación del modelo ajustable al desarrollo de la enfermedad y el análisis de la tasa marginal de retorno.

De los pruebas mencionadas con anterioridad, determinaron que el mejor tratamiento de los productos evaluados para el control de ***Ascochyta pisi*** fue el producto Serenade® (***Bacillus subtilis*** cepa QST 730) y SubSol® a razón de 4 L/ha ya que el análisis de varianza catalogo a estos tratamientos como los mejores, presentando también áreas bajo la curva con un valor de 524.80 unidades y 526.63 unidades, y de acuerdo con el modelo Logístico el dato de la capacidad de carga (K) fue de 23.8 % y 22.62 %; en el caso de la tasa marginal de retorno este obtuvieron valores de 20.57 % y 19.50 % lo que quiere decir que de Q. 100.00 invertidos se recuperan Q.100.00 y se ganan Q 20.57. y Q 19.50.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Marco conceptual

A. Clasificación taxonómica de la arveja china

La arveja china pertenece a la subclase Rosidae, al orden Fabales, a la familia Fabaceae, al género Pisum, y a la especie ***Pisum sativum L*** **Var. Saccharatum** (Calderón et al. 2000).

B. Generalidades de la arveja china

La arveja china es una planta anual, con tallo herbáceo que puede alcanzar hasta 1.75 m. de altura, dependiendo de la temporada de año en que esta sea sembrada o que sea de hábito trepador. Posee hojas alternas acorazonadas y achatadas en la punta, con una longitud de 6 cm y ancho de 3.50 cm. Las flores son axilares de color blanco. Las vainas son levemente curvas de color verde claro, gruesas y jugosas (Calderón et al. 2000).

C. Condiciones agroecológicas donde se adapta la arveja china

El cultivo de arveja se adapta a altitudes de 1,500 m a 2,400 m s.n.m., desarrollándose a temperaturas entre 10 ^{o}C a 24 ^{o}C. El cultivo de arveja puede adaptarse a diferentes tipos de suelo, sin embargo, se ha recomendado suelos con una textura arenosa suelta y bien drenada con pH de 6 a 7.

D. Fenología del cultivo

Los datos que se presentaran a continuación corresponden a la información brindada por Calderón et al. 2000:

m.Germinación de las semillas

Las semillas de arveja china germinan entre 8 días y 10 días después de la siembra.

n. Desarrollo vegetativo

El desarrollo vegetativo de la arveja dura 55 días después de la siembra para las arvejas catalogadas como enanas y a 60 días después de la siembra para las arvejas catalogadas como gigantes.

o. Floración

La floración de la arveja para el caso de las variedades enanas inicia a los 55 y en las variedades gigantes 60 días después de la germinación de la planta, y esta fase fenológica tiene una duración de 30 a 50 días.

p. Cosecha

La cosecha de la arveja se realiza de 70 días a 100 días después de la germinación de las semillas, es importante mencionar que la floración es constante y perdura hasta por 50 días. El tiempo entre la floración y la formación de la vaina es de 9 a 11 días (Calderón et al. 2000)

E. Variedad de arveja china Oregon sugar pod II

Es una de las variedades de arveja más popular en Guatemala, la cual posee una demanda para el consumo en fresco o congelado. Esta variedad tiene un porte bajo, su cosecha se inicia de los 60 días a 70 días después de la siembra, y puede tener un rendimiento que oscila de 5,000 kg/ha a 12,000 kg/ha. La variedad Oregon posee resistencia y tolerancia al virus del mosaico de la arveja (VMA), al mildiu polvoriento (***Erysiphe sp.***) y sobre todo a la pudrición por ***Fusarium oxysporum*** (Calderón et al. 2000).

F. Mancha foliar por Ascochyta

Enfermedad ocasionada por el patógeno ***Ascochyta pisi***, es considerado un patógeno que reduce la calidad para exportación de la arveja por la sintomatología que presenta, especialmente durante la época lluviosa. Los síntomas de esta enfermedad es la presencia

de manchas circulares de color café a marrón en las hojas con un halo claro. Sin embargo, el patógeno también se desarrolla en las vainas presentándose daños o abortos de las semillas, en tallos se presentan manchas cafés más hundidas, pero en menor proporción que los daños foliares. Los signos de la enfermedad se presentan como puntos negros, los cuales son cuerpos fructíferos llamados picnidios, los cuales son globosos marrones y están inmersos en el tejido vegetal (Calderón et al. 2000; Punithaligan & Holliday 1972).

La pérdida en la calidad de la vaina ocasionado por el patógeno ***Ascochyta pisi*** llega a representar el 70 % del total de rechazo dentro de una exportadora de Arveja China, especialmente en época lluviosa, considerándolo como de las enfermedades de mayor importancia en el cultivo (Santos 2011).

q. Clasificación taxonómica

Según la asociación internacional de micología (IMA) en el 2017 clasifico taxonómicamente a ***Ascochyta pisi***, tal y como se observa en el cuadro 8.

Cuadro 8. Clasificación taxonómica de ***Ascochyta pisi***.

Reino	**Fungí**
División	Ascomycota
Sub-división	Pezizomycotina
Clase	Dothideomicetes
Sub-clase	Pleosporomycetidae
Orden	Pleosporales
Genero	Ascochyta
Especie	***Ascochyta pisi***

Fuente: International Mycological Association (IMA), 2017.

r. Ecología de la enfermedad

La infección de las plantas se produce de 7.2 ºC a 26.7 ºC de temperatura y con una humedad del 90 % y el desarrollo óptimo de la enfermedad se da cuando existen precipitaciones abundantes y temperaturas de 20 ºC a 25 ºC. El período de incubación varia de 2 a 4 días. En alternancia de tiempo húmedo y seco el desarrollo de la enfermedad reduce la velocidad, y se detiene por completo a temperatura superior a 35 ºC. La incidencia de la enfermedad ***A. pisi*** depende más de la cantidad de las precipitaciones, y la humedad óptima para la infección y desarrollo del hongo es de 78 % a 86 % (Punithalingam, E. y Holliday, P. 1972, Tipaz C. 2014).

E. Ciclo de vida

Álvarez (2013) indica que Leer (1984) hace referencia que aquellos terrenos donde el cultivo arveja se ha explotado por numerosos ciclos sucesivos, Asocochyta, se considera endémico y se le puede encontrar colonizando residuos de cosecha de arveja, como por ejemplo restos de tallos y hojas, tanto los que están sobre el suelo como los que están enterrados y el hongo compite bien como hongo saprófito contra otros organismos del suelo y también es importante mencionar que sobrevive como esclerocios, clamidosporas y picnidios, y cuando las condiciones son favorables, los picnidios maduran, se forman nuevos picnidios y pseudotecios y sus esporas se liberan para infectar al nuevo cultivo.

La mayor parte del inóculo de Ascochyta es transportado en pequeñas partículas de residuos de cosecha y de polvo y la mayoría de inóculo cae sobre las hojas inferiores (hojas bajeras) de las plantas de arveja. Los hospederos alternantes no son una fuente significativa de inóculo (Álvarez 2013)

F. Control químico de la enfermedad

La enfermedad es controlada con fungicidas permitidos por la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos (EPA) las cuales son:

- **Azoxistrobina**

Es un fungicida sistémico de reducido espectro perteneciente a la clase de metoxiacrilatos, que se derivan de las estrobirulinas naturales. Ejerce su actividad fungicida mediante inhibir la respiración mitocondrial en hongos. Es un fungicida sistémico y de contacto, con acción preventiva, curativa y antiesporulante (Mastovska 2008).

Este fungicida está disponible en las siguientes formulaciones, 1) Fórmula de gránulos dispersables en agua (WG) que contiene 500 g/kg, 800 g/kg de azoxistrobin normalmente comercializado bajo el nombre comercial Amistar. 2) La formulación como suspensión concentrada (SC) contiene 250 g/L o 1 kg/L y este es comercializado bajo cualquiera de los siguientes nombres comerciales: ortiva, abound, quadris, priori y amistar.

- **Clorotalonil**

Fungicida de contacto y preventivo de amplio espectro no sistémico. Su modo de acción consiste en la inhibición del proceso de respiración de las células del hongo mediante un enlace rápido de las moléculas de clorotalonil con grupos sulfidrilos. Clorotalonil está disponible en numerosas formulaciones comerciales en numerosos países. Está disponible con las formulaciones: DP, KL, SC, SE y WP. También es importante mencionar que es formulado y mezclado con otros pesticidas tales como azoxystrobin, fludioxonil, mandipropamid y propiconazole (Sieke 2011).

- **Difenoconazol**

Es un fungicida sistémico con acción curativa, interrumpe la función de la membrana realizando la inhibición de la desmetilación durante la síntesis de ergosterol. El difenoconazol está disponible como formulaciones comerciales EC, SC, WG y WP. Algunos productos son mezclas con otros fungicidas (Hamilton 2007).

- **Mancozeb**

Fungicida de contacto y preventivo que pertenece al grupo químico de los Etilenbisditiocarbamatos, que presenta un modo de acción multisitio en el hongo. Los Ditiocarbamatos se vuelven tóxicos cuando son metabolizados por la célula del hongo en el radical isotiocianato, el cual inactiva al grupo sulfidril en aminoácidos y enzimas de la célula fungosa, de esta manera interrumpe la actividad enzimática, además afecta la disrupción del metabolismo de lípidos afectando la permeabilidad de la membrana, o la disrupción de la respiración y la producción de ATP en la célula del hongo. Mancozeb tiene registros contra más de 100 especies de hongos en alrededor de 60 cultivos y principalmente se encuentra con las formulaciones de WP y FW (DowAgroSciences 2017).

G. Control biológico de la enfermedad

Los usos de fungicidas químicos ocupan el primer lugar en el control de enfermedades, sin embargo, con la rotación de los productos químicos, los productos biológicos han dado buenos resultados en el control de enfermedades en diferentes cultivos (Tejara et al. 2011). El control biológico según Duarte et al 1996, es la reducción del inóculo de las actividades del patógeno en estado activo o dormancia por uno o más organismos, que ocurren de forma natural o a través del manejo del ambiente, del hospedante o de un antagonista (Pulido y Sandoval 2008). El potencial del control biológico de las enfermedades en los cultivos se basa en las siguientes estrategias, las cuales son:

- Reducción del inóculo del patógeno y su actividad.
- Protección de las superficies de la planta a la infección por el patógeno: raíces, hojas, frutos, semillas.
- Estímulo de resistencia de la planta.

Dentro de la amplia gama de agentes biológicos de control, una gran diversidad de especies del género Bacillus han demostrado tener actividad antagónica contra diversos microorganismos fitopatógenos de cultivos agrícolas, tales como maíz, arroz, frutales, entre otros, y esto es posible gracias a la producción de lipopéptidos, enzimas líticas, sideróforos y la respuesta sistémica inducida (Villareal et al. 2017).

H. Pruebas de eficacia biológica para productos de uso agrícola

Las pruebas de eficacia biológica se realizan para determinar la eficacia y fitotoxicidad de productos químicos o de origen biológico para el control de plagas y enfermedades, para esto deben implementan metodologías validadas, las cuales se adaptan dependiendo de las condiciones de cultivo y la dinámica de plagas, malezas y enfermedades (ICA S.F.). Para realizar una prueba de eficacia biológica es importante mencionar que es trascendental incluir en la prueba un análisis temporal y un análisis estadístico, con el fin de determinar qué ingrediente activo y qué dosis de la misma es la mejor para controlar una determinada enfermedad o plaga.

I. Cuantificación de las enfermedades

Para poder estimar la cantidad de las enfermedades en los cultivos según Bergamin & Amorin, 1996 (Leal 2011), se pueden utilizar métodos directos en el cual la estimación de la cantidad de la enfermedad es hecha directamente a través de los síntomas; o métodos indirectos en donde la cuantificación de la enfermedad es estimada por la población del patógeno. Generalmente la cuantificación de las enfermedades se puede realizar bajo dos importantes parámetros las cuales son Incidencia y Severidad (Leal 2011).

- **Incidencia (%)**

Concepto referido como el porcentaje de plantas u órganos enfermos en una muestra o población de plantas, independientemente del grado de severidad que posean dichas

plantas, y la utilización de este parámetro para la cuantificación de las enfermedades es la de mayor exactitud, precisión y reproducción (menor error de medición), fácil y rápido de realizar y económico, sin embargo, no es adecuado para estimación de pérdidas y análisis de tipo correlativo, y no es adecuada para enfermedades no sistémicas como oídios y manchas foliares (Leal 2011).

- **Severidad (escala porcentual)**

Es definido como el porcentaje de área de tejidos cubierto con síntomas, pero a diferencia a la medición de la incidencia existe un mayor error de medición ya que hay menor exactitud, precisión y reproducibilidad, más lento y difícil para realizar la cuantificación de la enfermedad y puede ser más cara su ejecución. Para reducir la desventaja de la exactitud, precisión y reproductividad que presenta el uso de la severidad para la cuantificación de las enfermedades pueden utilizarse escalas descriptivas y escalas diagramáticas. Para realizar un análisis de la enfermedad, la severidad es apropiada para la medición de las enfermedades foliares (Leal 2011)

- **Escalas descriptivas y escalas diagramáticas**

Mora 2008 menciona que las escalas descriptivas es una serie de clases, que contienen rangos hasta un máximo de severidad posible para una determinada enfermedad; y las escalas diagramáticas son representaciones ilustradas o pictóricas (descripciones conceptuales) de una serie de plantas, hojas o partes de plantas con síntomas en diferentes niveles de severidad.

J. Análisis temporal de la enfermedad

Campbell & Madden, (1990), indican que la cantidad de la enfermedad presente en una población de plantas puede ser registrada o valorada varias veces en un tiempo determinado, y los resultados pueden ser presentados colectivamente como una curva de

progreso de enfermedad. Mora (1998) indica que las variables empleadas para este análisis son: producción, severidad, incidencia, número de unidades enfermas o con daño (Leal 2011).

K. Modelos matemáticos del progreso de la enfermedad en el tiempo

Los comportamientos de las enfermedades estudiadas a través del tiempo se pueden apreciar a través de las curvas de progreso de la enfermedad, pero resultan ser una descripción cualitativa. Para complementar el análisis temporal y describir de forma puntual el comportamiento y dinámica de crecimiento de la enfermedad se requiere el uso de modelos matemáticos que mejor se ajusten a la enfermedad estudiada, para esto los datos de intensidad de la enfermedad son analizados estadísticamente para determinar a qué tipo de modelo mejor se ajustan. Los modelos evaluados para ver su ajuste a los datos recabados son monomolecular, Gompertz, y logístico, entre otros.

- **Modelo monomolecular**

El modelo monomolecular, es llamado también como el modelo exponencial negativo y ha sido utilizado para describir muchos fenómenos incluyendo las reacciones de cultivos para nutrientes (fertilizantes), y el crecimiento general de plantas y animales (Campbell & Madden, 1990). Según Instituto de investigación de estadísticas agrícolas de la India (ICAR por sus siglas en ingles) el modelo monomolecular está conformado de la siguiente manera:

$$\mathrm{Y(t)} = \mathrm{K} - (\mathrm{K} - Y_0)^{-\mathrm{rt}}$$

Donde:

A. Y(t)= Severidad de la enfermedad en porcentaje.
B. K= Capacidad de carga del desarrollo de la enfermedad en porcentaje.
C. r= Tasa intrínseca de crecimiento de la enfermedad en porcentaje al día.
D. Y_0= Severidad de la enfermedad al inicio de la evaluación.

- **Modelo logístico**

El modelo logístico ha sido el más importante para el análisis temporal de enfermedades, debido a su aplicación generalizada y su adecuada forma de describir muchas epidemias (Campbell & Madden, 1990). Según Campbell & Madden, (1990) fue propuesto originalmente por Verhulst (1838), para describir el crecimiento de la población humana y fue obtenido por separado por M'Kendrick & Pai (1911) y Pearl & Reed (1920) posteriormente para el uso en estudios de crecimiento de poblaciones. Según Instituto de investigación de estadísticas agrícolas de la India (ICAR por sus siglas en ingles) el modelo logístico está conformado de la siguiente manera:

$$Y(t) = \frac{K}{1 + \left(\frac{K}{Y_0 - 1}\right)^{-(rt)}}$$

Donde:

A. t= tiempo.
B. Y(t)= Severidad de la enfermedad en porcentaje.
C. K= Capacidad de carga del desarrollo de la enfermedad en porcentaje.
D. r= Tasa intrínseca de crecimiento de la enfermedad en porcentaje al día.
E. Y_0= Severidad de la enfermedad al inicio de la evaluación.

- **Modelo de Gompertz**

Según Campbell & Madden (1990), Benjamín Gompertz propuso un modelo de crecimiento de población para animales más de una década antes de que Verhulst (1838) propusiera el modelo logístico. En análisis fitopatológico, comparó el modelo de Gompertz con un rango de modelos de crecimiento para describir curvas de progreso de enfermedades y Berger (1981) reiteró el acierto del modelo de Gompertz sobre el modelo logístico para describir 113 epidemias de enfermedad de planta en nueve patosistemas, lo que quiere decir que estos son muy similares. Según Instituto de investigación de estadísticas agrícolas de la India (ICAR) el modelo logístico está conformado de la siguiente manera:

$$Y(t) = K^{(\ln(\frac{Y_0}{K}))^{-rt}}$$

Donde:

A. t= tiempo.
B. Y(t)= Severidad de la enfermedad en porcentaje.
C. K= Capacidad de carga del desarrollo de la enfermedad en porcentaje.
D. r= Tasa intrínseca de crecimiento de la enfermedad en porcentaje al día.
E. Y_0= Severidad de la enfermedad al inicio de la evaluación.
F. Ln= Logaritmo natural.

Como se puede observar en los diferentes modelos, se mencionan las variables K, que es la capacidad de carga del desarrollo de la enfermedad en porcentaje (%), y r que hace referencia a la tasa intrínseca de crecimiento. La tasa intrínseca de crecimiento hace referencia al máximo crecimiento de una población realizado por un tiempo determinado, en el caso de la capacidad de carga es básicamente el tamaño poblacional máximo que puede mantenerse en un ambiente dado (Smith&Smith 2007).

L. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad

Según Waggoner 1986 y Pedroza 1995, el análisis del área bajo la curva del progreso de la enfermedad es la técnica más recomendada cuando se requiere identificar las relaciones

del progreso de la enfermedad y el periodo de área foliar, ya que con esta técnica se reduce la varianza, disminuye el coeficiente de variación, el cual es por lo regular alto en las evaluaciones de enfermedades aumentando la confiabilidad de las conclusiones (Bautista et al. 2009).

El área bajo la curva se calcula integrando los rectángulos formados por el punto medio de la intensidad de la enfermedad (incidencia o severidad) alcanzada en los diferentes tiempos en los que se monitoreó.

M. Calculo de la tasa marginal de retorno (TMR)

El propósito de este análisis es el de revelar la manera en que los beneficios netos de una inversión aumentan conforme la cantidad invertida crece. El análisis marginal está basado en la "tasa marginal de retorno", la cual se define caro el incremento en beneficios netos dividido por el incremento en los costos que varían conforme uno se mueve de un tratamiento al siguiente tratamiento más costoso. La tasa marginal de retomo se expresa usualmente como un porcentaje (Harrington 1982).

La tasa marginal de retorno puede ser interpretada como el porcentaje de retomo al capital invertido después que el capital ha sido recuperado. Por ejemplo, si un agricultor recibe una tasa marginal de retorno (TMR) del 50 % sobre una inversión de Q 100.00, entonces, la inversión de Q. 100.00 no sólo ha sido recuperada, sino que se ha obtenido una cantidad adicional de Q. 50.00 (Harrington 1982).

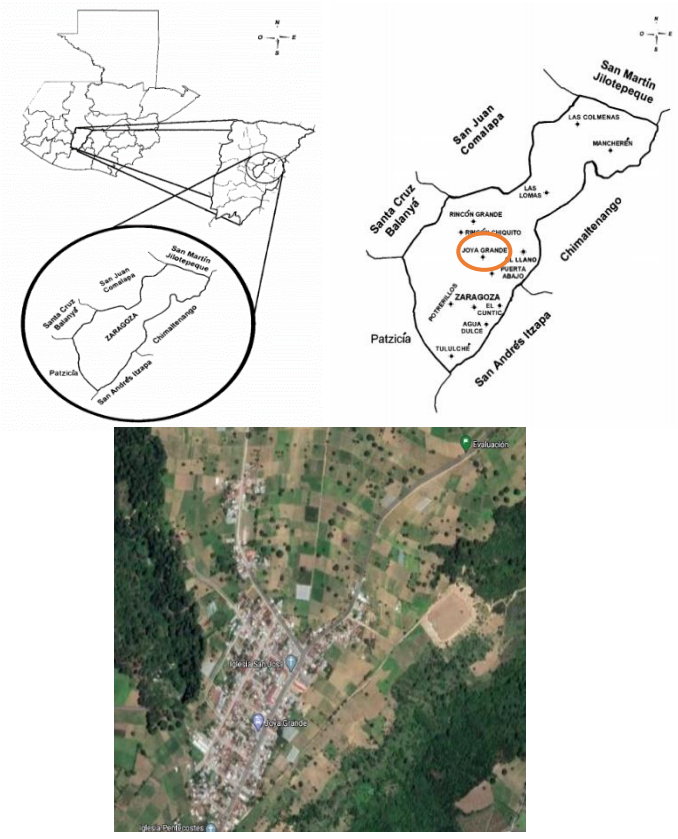
- **Beneficios netos**

Es el resultado de la resta de los beneficios totales brutos, en el que este último se refiere al rendimiento neto multiplicado por el precio de campo de todos los productos del cultivo de campo menos el **total de los costos variables**, que es la suma de los costos de campo de todos los insumos que son afectados por la selección entre tratamientos.

2.2.2. Marco referencial

A. Ubicación geográfica de la prueba en campo

La parcela de producción de arveja de grano donde se realizará la evaluación de los 3 fungicidas, tal y como se muestra en la figura 2, está ubicada en la aldea Joya Grande, Zaragoza, departamento Chimaltenango, Guatemala. La aldea donde se realizó el ensayo se encuentra a una latitud de 14°40'8.66"N y una longitud 90°53'14.79"O a 2,046 m s. n. m. Se encuentra a 17 km del centro del departamento de Chimaltenango y 60 km de la ciudad capital (Barrios, 2011).



Fuente: Barrios 2011.

Figura 2. Mapa de la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala.

B. Clima

Los datos climáticos para el área de trabajo corresponden a los datos brindados por 10 años de la estación meteorológica del INSIVUMEH ubicada en la Alameda ICTA Chimaltenango. La temperatura promedio mínima es de 9.5 °C y la máxima de 22.6 °C, la precipitación media anual es de 1,560.78 mm, con una humedad relativa de 77 % y una velocidad del viento de 6.20 km/h.

C. Zona de vida

El municipio de Zaragoza, Chimaltenango está dentro de la zona de vida Bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MB). Esta zona de vida correponde a 4,307.57 ha. dentro del territorio de Chimaltenango (Santos L. 2011, Xicay R. 2014).

D. Capacidad de uso de la tierra

Para el municipio de Zaragoza la capacidad de uso de la tierra corresponde a la clasificación agroforestería con cultivos anuales Estas tierras presentan limitaciones en cuanto a la pendiente, se permite en ellas la siembra de cultivos agrícolas asociados con especies arbóreas o bien con obras de conservación de suelos y medidas o prácticas agronómicas.

E. Estudios del control de *Ascochyta pisi* mediante *Bacillus subtilis*

- **Estudios sobre el control del tizón de Ascochyta en guisantes de campo (*Pisum sativum* L.) causados por *Ascochyta pinodes* en la provincia de Zhejiang, China.**

Este estudio demuestra la capacidad de ***Bacillus subtilis*** para el control de Ascochyta en diferentes variedades de arveja china. El estudio se basó en tres partes, 1. Pruebas de laboratorio, realizando pruebas de antagonismo. 2. Evaluación de soluciones de ***Bacillus***

subtilis comparado con otros fungicidas de carácter químico para el control de Ascochyta bajo condiciones de invernadero. Y 3. Evaluación de soluciones de ***Bacillus subtilis*** comparado con otros fungicidas de carácter químico para el control de Ascochyta bajo condiciones de campo.

En el caso de la evaluación bajo condiciones de invernadero, demostró que ***Bacillus subtilis*** mostró más del 65 %, y hasta el 80 % de eficacia de control biológico para Ascochyta, sin embargo, la eficacia de ***Bacillus subtilis*** fue menor en el campo, en comparación a la observada en condiciones de invernadero. Estos resultados indicaron que ***Bacillus subtilis*** podría usarse de manera efectiva para tratar y controlar Ascochyta, y reduciendo significativamente la gravedad de la enfermedad y podrían aplicarse como un enfoque alternativo para el control de la enfermedad en esta área (Liu 2016).

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo general

Evaluar la eficacia del biofungicida ***Bacillus subtilis*** Cepa QST 713 para el control de la mancha foliar (***Ascochyta pisi*.**) en el cultivo de arveja china (***Pisum sativum L***.) en la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala.

2.3.2. Objetivos específicos

1. Evaluar la eficacia del biofungicida ***Bacillus subtilis*** Cepa QST 713 para el control de la mancha foliar (***Ascochyta pisi*.**) cultivo de arveja (***Pisum sativum L).***

2. Determinar un modelo que describa el desarrollo de la mancha foliar (***Ascochyta pisi*.**) para establecer el mejor tratamiento a base del biofungicida ***Bacillus subtilis*** Cepa QST 713, mediante la capacidad de carga (K) y la tasa intrínseca de desarrollo (r).

3. Determinar la fitotoxicidad del biofungicida ***Bacillus subtilis*** Cepa QST 713 para el control de la mancha foliar (***Ascochyta pisi***.) en el cultivo de arveja china (***Pisum sativum L.)***.

4. Realizar un análisis económico mediante la tasa marginal de retorno (TMR) del biofungicida **Bacillus *subtilis*** Cepa QST 713 para el control de mancha foliar (***Ascochyta pisi***.) en el cultivo de arveja china (***Pisum sativum L.***).

2.4. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Por lo menos uno de los tratamientos evaluados de ***Bacillus subtilis*** Cepa QST 713 presentará control para la mancha foliar causada por ***Ascochyta pisi*** en el cultivo de arveja (***Pisum sativum L.)***

2.5. METODOLOGÍA

2.5.1. Materiales utilizados

A. Descripción de los tratamientos

- **Azoxistrobina**

Fungicida sistémico que es ideal para el control de ***Ascochyta pisi****.* en el cultivo de arveja. Su modo de acción actúa inhibiendo el proceso respiratorio de los hongos, resultando especialmente eficaz para impedir la germinación de esporas y el desarrollo inicial del patógeno. Además, la azoxistrobina posee actividad translaminar, otorgando una mejor eficacia en cultivos densos. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Syngenta es el de Amistar® con una concentración del 25 % de ingrediente activo y una formulación como gránulos dispersables en agua (WP).

- **Clorotalonil**

Fungicida de amplio espectro de contacto preventivo que es utilizado para la prevención de enfermedades. Su modo de acción consiste en la inhibición del proceso de respiración de las células del hongo mediante un enlace rápido de las moléculas de clorotalonil con grupos sulfidrilos. Es utilizado en el cultivo de arveja para la prevención de mildiu polvoriento ***Erysiphe sp***. y la mancha por ***Ascochyta pisi*****.** El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Syngenta es el de Bravo® 720 SC.

- **Bacillus subtilis cepa QST 713**

Es un biofungicida y bactericida de contacto y preventivo el cual es utilizado para el control de enfermedades foliares y del suelo en hortalizas, está basado en esporas de la cepa QST 713 de la bacteria ***Bacillus subtilis***. El modo de acción del producto consiste en la ruptura física de la membrana celular de las células de hongos a través de compuestos secundarios llamados Lipopéptidos. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Bayer S.A. es el de Serenade® con una concentración de 1.34 %, lo que equivale a unidades formadoras de colonias, se comercializa bajo una formulación SC.

- **Bacillus subtilis cepa Agrícola Del Sol**

Es un biofungicida y bactericida el cual es utilizado para el control de enfermedades foliares y del suelo en hortalizas, está basado en esporas de la cepa de la empresa Agrícola del Sol Guatemala, de la bacteria ***Bacillus subtilis***. El modo de acción del producto consiste en la ruptura física de la membrana celular de las células de hongos a través de compuestos secundarios llamados Lipopéptidos. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Agrícola del Sol es el de SubSol® con una concentración de 0.08 % que se comercializa bajo una formulación SC.

B. Variedad de arveja china a utilizar

- **Variedad Oregon Sugar Pod II**

Es una de las variedades de arveja más popular en Guatemala, la cual posee una demanda para el consumo en fresco o congelado. Esta variedad tiene un porte bajo, su cosecha se inicia a los 60 a 70 días después de la siembra, y puede tener un rendimiento que oscila de 5,000 kg/ha a 12,000 kg/ha. Oregón posee resistencia y tolerancia al virus del mosaico de la arveja (VMA), al mildiu polvoriento (***Erysiphe sp.***) y sobre todo a la pudrición por ***Fusarium oxysporum*** (Calderón et al. 2000).

2.5.2. Método de investigación de la prueba en campo

A. Tratamientos evaluados

Los tratamientos evaluados en la investigación realizada corresponden a productos de control de hongos de carácter químico y biológico, tal y como se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9. Tratamientos utilizados en la evaluación.

Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis	Modo de acción	Nombre comercial	Empresa comercial formuladora
1	**Testigo**	--	--	--	--
2	**Azoxistrobina**	0.2 kg/ha	Sistémico y de contacto	AMISTAR 50 WG®	Syngenta
3	**Clorotalonil**	2 L/ha	Contacto	Bravo ® 720 SC	Syngenta
4	***Bacillus subtilis*** Cepa Agricola del Sol	4 L/ha	Contacto	SubSol ® 0.08 SC	Agrícola El Sol

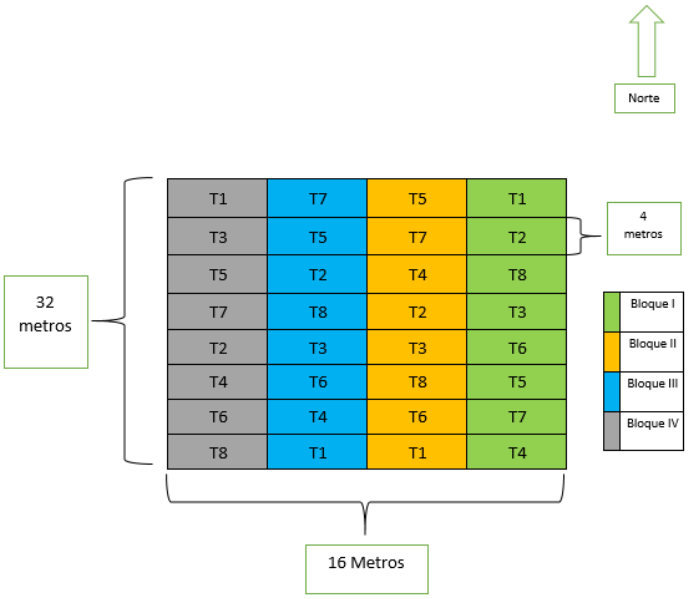
Continuación cuadro 9.

5	***Bacillus subtilis*** Cepa QST 713	2 L/ha	Contacto	Serenade ® 1.34 SC	Bayer S.A.
6	***Bacillus subtilis*** Cepa QST 713	3 L/ha	Contacto	Serenade ® 1.34 SC	Bayer S.A.
7	***Bacillus subtilis*** Cepa QST 713	4 L/ha	Contacto	Serenade ® 1.34 SC	Bayer S.A.
8	***Bacillus subtilis*** cepa QST 713 mezcla con Clorotalonil	2 L/ha + 2 L/ha	Contacto	Serenade ® 1.34 SC + Bravo ® 720 SC	Bayer S.A + Syngenta

Fuente: elaboración propia, 2018.

B. Diseño experimental

La evaluación de los productos para el control de la mancha por ***Asocochyta pisi***. Se realizó mediante un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), tal y como se muestra en la figura 3, en donde fueron evaluados 8 tratamientos y cada uno tuvo 4 repeticiones lo que conformaron 32 unidades experimentales a evaluar.

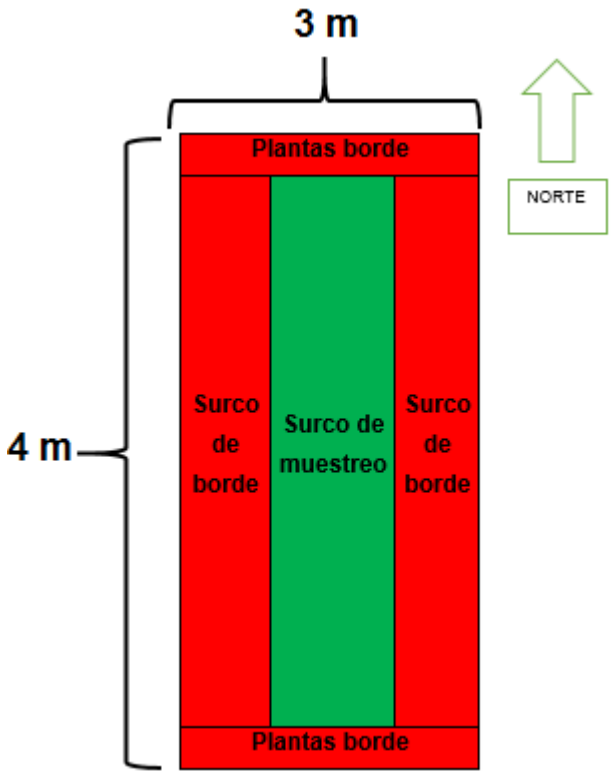


Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 3.Croquis del experimento realizado.

C. Unidad experimental

Se siguió las recomendaciones del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), cada unidad experimental estuvo compuesta por 3 surcos, en donde el surco central es la unidad de muestreo. La unidad experimental estuvo compuesta por un distanciamiento entre surcos de 1.10 m, y una longitud de los surcos de 4 m, lo que conformó un área por unidad experimental de 16.50 m^2. El distanciamiento entre plantas fue de 0.20 m, lo que equivalió a 25 posturas por unidad experimental, y se dejó una postura para evitar en las orillas el efecto borde. El área total para la evaluación de los productos contra la mancha por ***Ascochyta pisi***. fue de 422 m^2 tal y como se muestra en la figura 4.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 4. Representación de la unidad experimental.

D. Modelo estadístico

Para el análisis de la información se utilizó el modelo estadístico para el diseño bloques completamente al azar descrito a continuación:

$$\boldsymbol{Yij = \mu + Ti + \beta j + \varepsilon ij}$$

Donde

- Yij= valor del carácter estudiado de la i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque.
- μ = media general del carácter evaluado.
- Ti = efecto del i-ésimo tratamiento.

- βj = efecto del j-ésimo bloque con respecto a la heterogeneidad de terreno.
- εij = error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

E. Tipo, momento y frecuencia de la aplicación de los tratamientos a evaluar

Las aplicaciones de los productos evaluados se realizaron con una bomba de mochila manual la cual poseía una boquilla tipo abanico. El momento de la aplicación de los fungicidas evaluados se realizó cuando se presentaron los primeros síntomas lo que corresponde del 1 % a 5 % de severidad en la plantación. La frecuencia de la aplicación fue cada 7 días. La cantidad aplicaciones de los productos evaluados fueron 5.

F. **Cuantificación de las enfermedades**

Como se mencionó anteriormente, de los 3 surcos por unidad experimental, el surco central correspondió a la unidad de muestreo u observacional. Se realizó la observación y cuantificación de las enfermedades en 12 plantas en el surco de muestreo, es importante mencionar que las plantas observadas fueron seleccionadas al azar para cada muestreo (ICA s.f.).

G. Variables respuesta

- **Incidencia (%)**

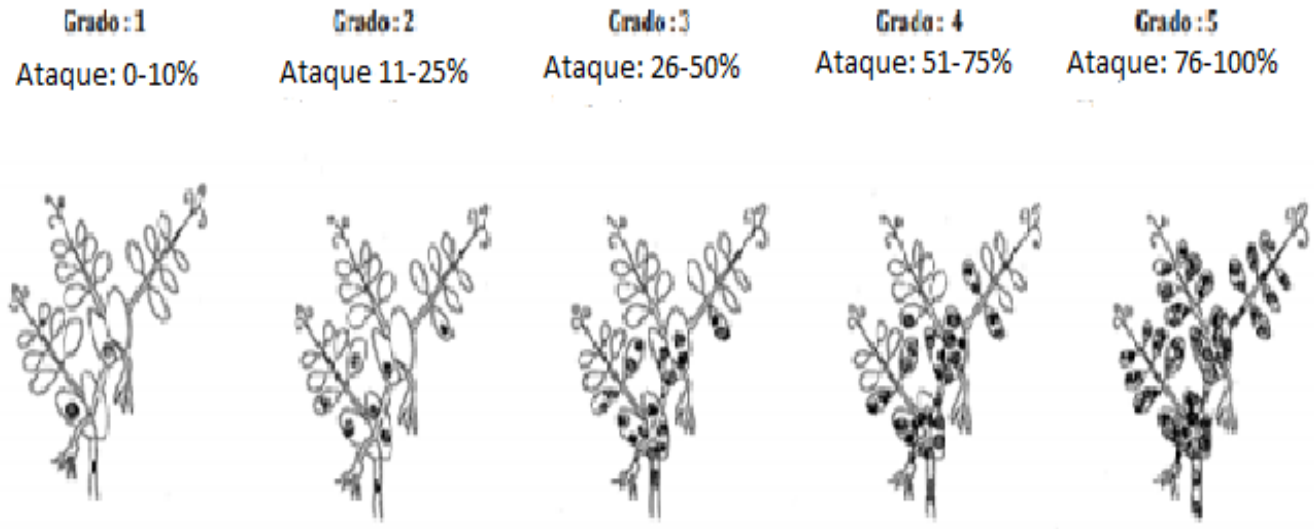
Se tomó el registro de presencia o ausencia de la enfermedad para 12 plantas marcadas que conformaron la unidad observacional, y la información obtenida fue utilizada para poder realizar un análisis temporal de la enfermedad (Leal 2011)

- **Severidad (escala porcentual)**

Para la cuantificación del grado de afección de la enfermedad en las plantas o severidad en las plantas, que conformaron la unidad de muestreo u observacional se utilizaron escalas

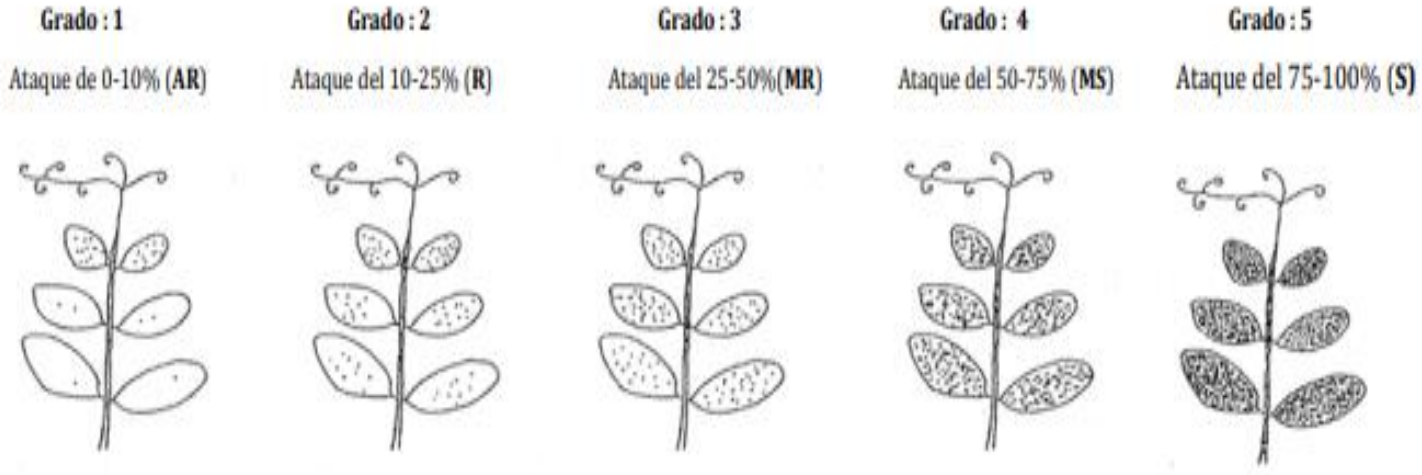
diagramáticas para la mancha por ***Ascochyta pisi*** a nivel de planta y a nivel de hojas compuestas, y con los datos a obtenidos se realizó un análisis temporal y estadístico de la enfermedad y así se medió la eficacia de los tratamientos.

Se cuantifico la severidad de ***Ascochyta pisi***. en las plantas de arveja, para esto se utilizaron las escalas diagramáticas propuesta por Orbes y Becerra (1982) la cual es referida por Valencia et al. 2012. Para poder cuantificar la severidad de la enfermedad se usaron dos escalas, una es la escala diagramática a nivel de planta, la cual es la figura 5, y la otra a nivel de hojas compuestas que corresponde a la figura 6. Para observar el efecto preventivo de los tratamientos utilizados se realizó el muestreo para tres estratos de la planta, la cual corresponde al estrato bajo (hojas bajeras), medio y al estrato alto (correspondiente a las hojas jóvenes) cuantificando la severidad visualmente para dos hojas por estrato (6 hojas por planta), la cual es representada en la figura 7.



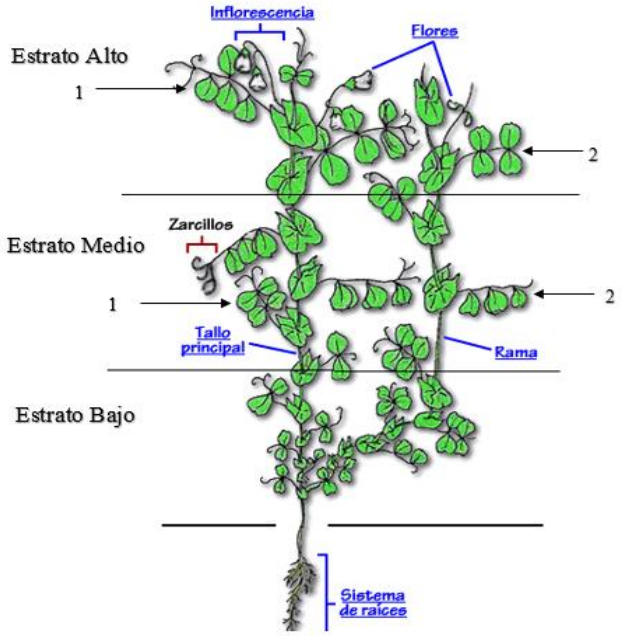
Fuente: Orbes y Becerra,1982.

Figura 5. Escala diagramática de la severidad a nivel de planta de ***Ascochyta pisi*** la cual está conformada por 5 grados de severidad.



Fuente: Orbes y Becerra,1982.

Figura 6. Escala diagramática de la severidad a nivel de hojas de **Ascochyta pisi** la cual está conformada por 5 grados de severidad.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 7. Representación de los puntos de muestreo de ***Ascochyta pisi*** en las plantas de arveja china en los diferentes estratos.

H. Frecuencia de toma de datos

La toma de datos tanto de severidad, de incidencia y de fitotoxicidad para la evaluación del biofungicida se realizaron cada 3 días durante 8 semanas donde se hicieron 11 muestreos, en las fechas 17, 21, 25, 28 de septiembre y 3, 6,10, 13, 17, 20, 25 y 27 de octubre de 2018.

I. Análisis temporal

Para la realización del análisis temporal de los diferentes tratamientos evaluados para el control ***Ascochyta pisi,*** se tomó en consideración lo siguiente para un análisis acertado de los datos obtenidos de la evaluación.

J. Curva del progreso de la enfermedad

Para esto se realizaron gráficos donde se tomaron en cuenta el tiempo y la severidad de la enfermedad. En el eje X se situó el tiempo en días, y en el eje Y la severidad observada de las plantas que conformaron la unidad de muestreo.

K. Modelo ajustable a los datos colectados durante la investigación

Para realizar un análisis temporal del progreso de la enfermedad también se tomó en cuenta el modelo que mejor se ajuste al conjunto de datos obtenidos para cada tratamiento evaluado con el objetivo de describir las curvas del progreso de la enfermedad obtenidos para cada tratamiento en relación al grado de severidad que presentan conforme al tiempo. Fueron evaluados los modelos monomolecular, logístico y Gompertz y se seleccionó el modelo por medio del paquete estadístico R.

L. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad

Para calcular el valor del área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la evaluación realizada en base a los valores de severidad observados en cada unidad de muestreo se utilizó el programa SCOUT de la empresa Bayer S.A. El valor del área bajo la curva del progreso de la enfermedad determinara cuál de los tratamientos evaluados presentara el mayor control de ***Ascochyta pisi***.

M. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizaron los valores de severidad, en donde se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si existe diferencia significativa entre los

tratamientos. Posterior a lo anterior mencionado, se realizó un análisis Post-ANDEVA utilizando la prueba de medias LSD de Fisher. Tanto el ANDEVA como el Post-ANDEVA se realizaron con el paquete estadístico SCOUT.

N. Fitotoxicidad de los tratamientos evaluados

Para poder determinar la fitotoxicidad de los tratamientos de los fungicidas evaluados en el cultivo de arveja para el control de ***Ascochyta pisi*** se estimó el daño utilizando la escala propuesta por la empresa Bayer S.A, como se muestra en el cuadro 10. Donde se midió la intensidad de daño foliar para 10 plantas de la unidad observacional. La observación de los posibles efectos fitotóxicos de los tratamientos evaluados se realizó cada 3 días, en donde se buscaron hojas con clorosis, enrollamientos y especialmente necrosis en los márgenes de las hojas (Giménez 1989. ICA S.f.). Los resultados se resumieron en forma de gráficos de columnas para determinar la fitotoxicidad.

Cuadro 10. Escala propuesta por Bayer S.A. CropScience para la fitotoxicidad en plantas por productos químicos de uso agrícola. Chimaltenango 2019.

Grado	Descripción	Categoría
1	Ausencia de síntomas	Sin daño
2	Síntomas leves, pero claramente apreciables (amarillamiento en los bordes)	Daño muy leve
3	Síntomas muy leves amurallamientos y ligera quemadura en los bordes.	Daño aún aceptable

Continuación cuadro 10.

4	Síntomas más fuertes (clorosis, quemadura), que no repercuten sobre la cosecha	El daño generalmente no es aceptable
5	Fuerte clorosis y/o atrofia, afectando la cosecha	Daño inaceptable
6	Daño creciente hasta la muerte de las hojas.	Daño total del cultivo

Fuente: Bayer S.A., 2018.

O. Análisis económico

Se realizó el análisis económico de los fungicidas evaluados para el control de ***Ascochyta pisi*** y de este se determinó la tasa marginal de retorno. Los fungicidas evaluados para el control de ***Ascochyta pisi*** se le comparó con el tratamiento que presente menor costo, que en este caso fue el testigo, con la finalidad de demostrar cuanto retorna al momento de la aplicación del producto. Para este análisis se necesitaron los siguientes datos:

- **Precio de venta de la arveja por kilogramo**

Este fue obtenido de información brindada por productores de arveja de la aldea Joya Grande.

- **Costo de cosecha de la arveja por hectárea**

Este dato fue obtenido del diagnóstico realizado.

- **Costos de los materiales e insumos por hectárea.**

Los costos fueron obtenidos del diagnóstico realizado.

- **Costo de los jornales por hectárea.**

Los costos fueron obtenidos del diagnóstico realizado.

- **Rendimiento de los tratamientos evaluados por hectárea**

En este caso el dato a tomar en cuenta fue el rendimiento por unidad experimental en libras, posterior a esto se realizó la conversión por hectárea para realizar el cálculo de la tasa marginal de retorno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos obtenidos corresponden a la incidencia, severidad y rendimiento de 11 muestreos realizados a 12 plantas para cada tratamiento. Los resultados se dividen en 5 partes: gráficos, análisis estadístico, cálculo del área bajo la curva, determinación del modelo que se ajuste a los datos obtenidos y el análisis económico de los tratamientos de Serenade®.

2.5.3. Eficacia del biofungicida *Bacillus subtilis* cepa QST 713

A. Incidencia de la enfermedad

Según la metodología propuesta, se realizó el muestreo a nivel de planta, hoja bajera, hoja media, hoja nueva y la incidencia por planta. En el caso de los resultados de incidencia, como se puede observar en la figura 8, este no fue significativo para el análisis de los resultados obtenidos ya que en todas las plantas y para todos los muestreos realizados (desde el inicio del experimento) se presentó la enfermedad.

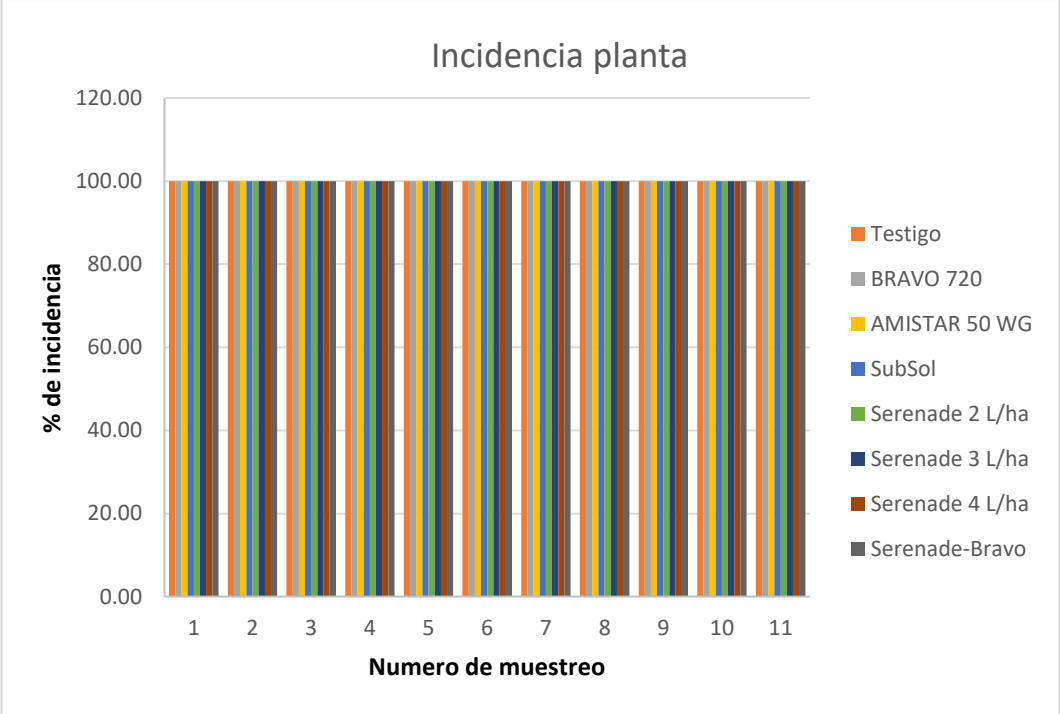


Figura 8. Incidencia de ***Ascochyta pisi*** en el cultivo de arveja en la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango 2019.

La presencia de la enfermedad desde el inicio del experimento se debe principalmente a que el inoculo presente en el área de trabajo es elevado provocando una alta tasa de incidencia en la plantación de arveja, ya como lo menciona Lawyer 1984 (Álvarez 2013), en las áreas de plantación donde la arveja se ha cultivado en numerosos ciclos y sucesivos, Ascochyta se considera endémico y se encuentra colonizando residuos de cosecha de arveja, como en tallos y hojas, tanto los que están sobre la superficie del terreno como los enterrados y el hongo compite bien como saprófito contra otros organismos del suelo. Sobrevive en forma de esclerocios, clamidosporas y picnidios y cuando las condiciones son favorables, los picnidios maduran, se forman nuevos picnidios y pseudotecios y sus esporas se liberan para infectar al nuevo cultivo (Álvarez 2013).

B. Severidad hoja media

Los datos de severidad obtenidos de los muestreos realizados en las hojas medias en el experimento los cuales pueden observarse en el cuadro 11 y figuras 9 y 10, reflejan diferencias estadísticas entre los tratamientos de carácter químico y biológico, así como se reflejan diferencias entre los tratamientos de Serenade®, considerando estos datos adecuados para concluir cual es el mejor tratamiento de Serenade® para el control de ***Ascochyta pisi***.

Cuadro 11. Resultados del área bajo la curva del progreso de la enfermedad y la prueba de LSD Fisher, de los tratamientos evaluados para el control de ***Ascochyta pisi*** a nivel de hojas medias, Chimaltenango 2019.

No.	Tratamiento	Unidad		Área bajo la curva	LSD Fisher
1	Testigo	0	0	614.13	a
2	Bravo 720	2	L/ha	478.69	cd
3	Amistar 50 WG	0.2	kg/ha	443.94	d
4	SubSol	4	L/ha	526.63	c
5	Serenade	2	L/ha	572.56	ab
6	Serenade	3	L/ha	540.69	bc
7	Serenade	4	L/ha	524.81	c
8	Serenade	2	L/ha	495.50	cd
	Bravo 720	1	L/ha		

Al observar la figuras 9 y 10, se observa que el testigo es el tratamiento con un mayor porcentaje de severidad, y en el caso de los fungicidas evaluados, el tratamiento a base de Amistar® obtuvo el mejor control de la enfermedad al presentar un valor de severidad y del área bajo la curva de 478.69 unidades bajo la curva, y según la prueba múltiple de medias LSD el tratamiento es catalogado como el mejor, esto por su carácter químico dado a que son letales y de rápida acción sobre el patógeno en bajas concentraciones, son compatibles

con otros agroquímicos, estables durante su almacenamiento y preparación, de fácil aplicación y con buena adherencia, tenacidad y persistencia (Gil s.f).

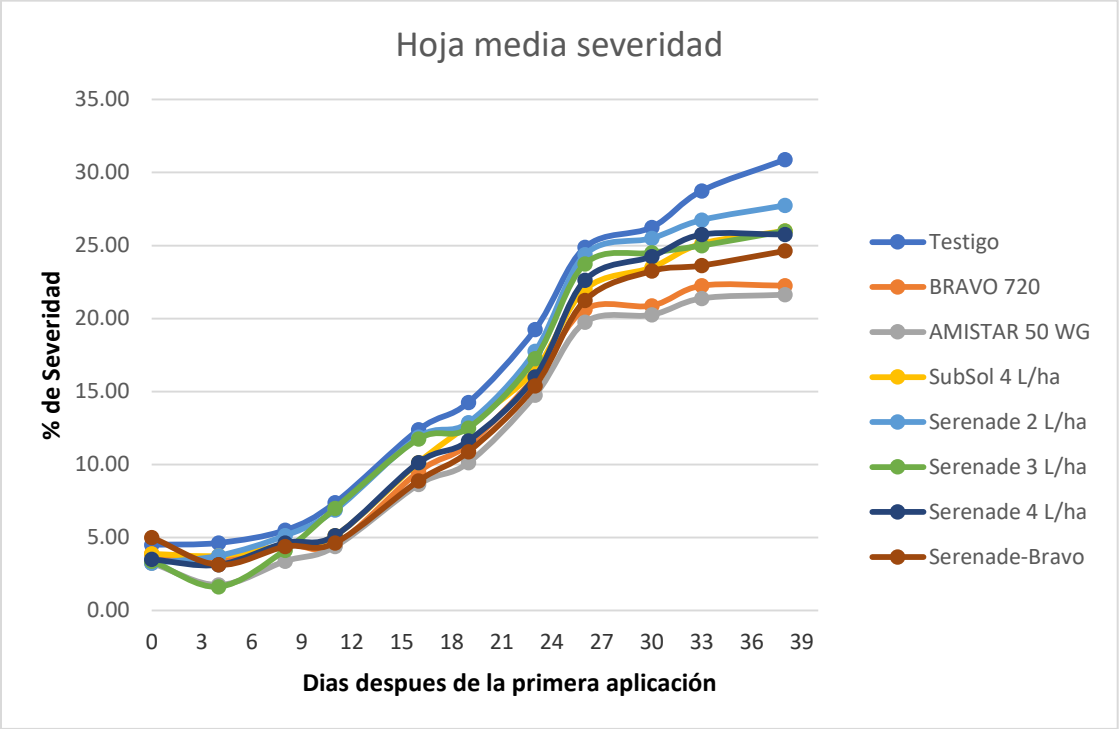


Figura 9. Progreso de **Ascochyta *pisi*** a nivel de hojas medias bajo los tratamientos evaluados.

Tal como se muestra en la figura 9, en el caso del tratamiento a base de Bravo® este es catalogado como el segundo mejor tratamiento según la prueba de LSD ya que presentó un valor del área bajo la curva de 443.94 unidades.

Para los tratamientos de fungicidas biológicos, Serenade a razón de 4 L/ha y SubSol ® a razón de 4 L/ha, estos presentaron valores de 524.81 y 526.63 unidades bajo la curva respectivamente, y según la prueba de LSD estos son los terceros mejores tratamientos para el control de Ascochyta y son catalogados como los mejores tratamientos a base de fungicidas biológicos para el control de la enfermedad.

Al observar los resultados de los tratamientos a base de Serenade® a razón de 2 L/ha y 3 L/ha estos presentaron el menor control de la enfermedad y esto se refleja también con el área bajo la curva, ya que los tratamientos presentaron 572.56 y 540.69 unidades bajo la curva y con la prueba de LSD se corrobora que son los tratamientos menor control de la enfermedad. En el caso de la aplicación alternada de Serenade ® y Bravo® este presentó una mejora en el control de la enfermedad al ser comparado con los tratamientos solo a base de Serenade ®, ya que la prueba de LSD de Fisher como el valor del área bajo la curva (495 unidades), establecen que este tratamiento es catalogado como el segundo mejor tratamiento al igual que el tratamiento solamente a base de Bravo®.

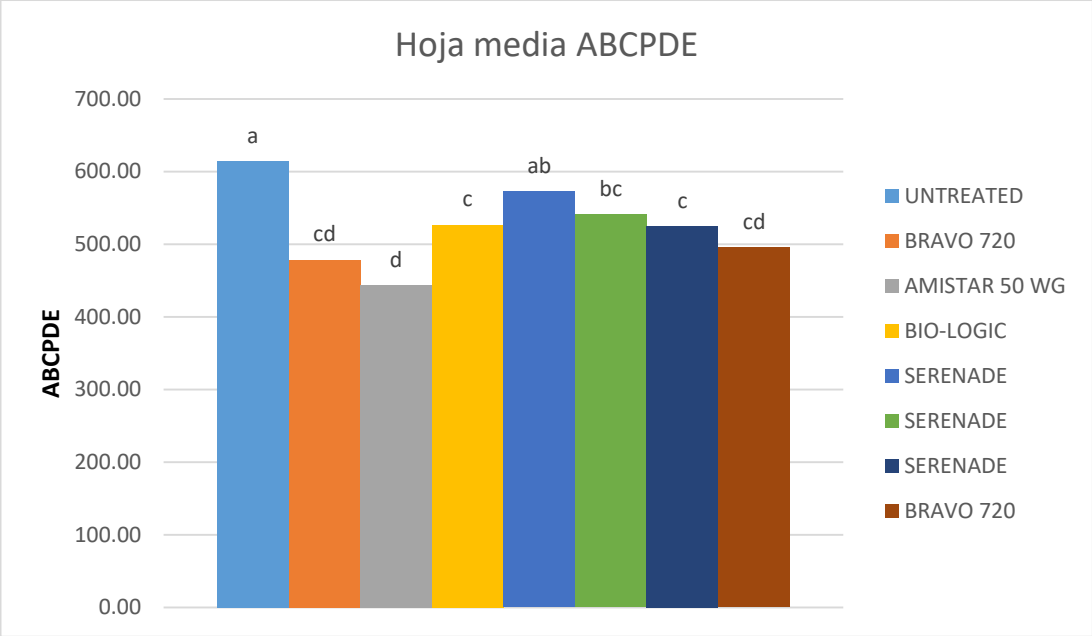


Figura 10. Área bajo la curva del progreso de ***Ascochyta pisi*** a nivel de hojas medias bajo los tratamientos evaluados.

De acuerdo a los resultados de severidad estimados en hojas medias, se determinó a través del área bajo la curva y la prueba de LSD de Fisher que el mejor tratamiento de Serenade® es a razón de 4 L/ha, y el tratamiento que corresponde a la aplicación alternada de Serenade® con Bravo® resultó con valor de control similares que con los tratamientos de carácter químico. De acuerdo a lo mencionado anteriormente se pudo observar el efecto antagónico de ***Bacillus subtilis*** bajo la presentación comercial de Serenade® ya que el

crecimiento de la enfermedad se vio reducida, por lo que se puede concluir que las aplicaciones de Serenade ® se deben hacer a dosis iguales o mayores que 4 L/ha, para que el producto sea efectivo y pueda realizar su efecto antagónico a través de A) la excreción de antibióticos, B) sideróforos, C) enzimas líticas, D) toxinas y E) a inducción de la resistencia sistémica en la planta. Y aunque el grado de control no sea igual a los productos de carácter químico el uso de ***Bacillus subtilis*** cepa QST 713 es una buena alternativa para reducir la resistencia y minimizar la contaminación del entorno (Villareal et al. 2017).

2.5.4. Modelo matemático ajustable al progreso de desarrollo de la enfermedad

Como bien se mencionó anteriormente, de los datos obtenidos de los tres estratos que corresponden a las hojas del estrato alto, del estrato medio y del estrato bajo, solo los datos correspondientes a las hojas del estrato medio presentaron diferencias entre los tratamientos evaluados de Serenade, por esta razón a partir de estos se pudo concluir cual fue el mejor tratamiento de Serenade para el control de Ascochyta, y en este caso, el análisis de varianza y la prueba múltiple de medias de LSD de Fisher, determino que el mejor tratamiento de Serenade para el control de Ascochyta fue Serenade a razón de 4 L/ha.

También es importante mencionar que el tratamiento en donde se aplicó de forma alternada Serenade a razón de 2 L/ha y Bravo® tuvo resultados similares a los tratamientos a base de Amistar y Bravo, considerando la alternancia de los productos una adecuada opción de control de la enfermedad.

Al tomar en consideración lo anterior, se le realizo la determinación del modelo que mejor se ajustara a los datos obtenidos por medio de las plantillas de análisis en R establecidas por el Instituto de Estadística Agrícola de la India (**ICAR** por sus siglas en ingles), y esto para establecer las diferencias entre los tratamientos y poder utilizar la fórmula para predecir el desarrollo de la enfermedad. Para poder determinar si el modelo monomolecular, logístico o de Gompertz, se ajustó a los datos obtenidos en la investigación, se utilizó el programa estadístico R, el cual es un programa que se basa en programación para computación estadística y gráficos.

Es importante mencionar que del programa R, se utilizaron funciones que permitieron determinar cuál modelo se ajustó a los datos, y estas funciones fueron, growthcurver y NLS2 que realizan análisis a partir de la regresión múltiple no linear.

Para poder determinar el modelo que se ajustara a los datos, de primero se determinaron los valores de la tasa intrínseca de crecimiento (r) y de la capacidad de carga (K), estos valores pueden observarse en el cuadro 12, donde se puede observar que al ser comparados los valores de la capacidad de carga estos presentan diferencias, los tratamientos a base de Amistar y Bravo presentaron los valores más bajos, con valores de 19.26 y 20.64 respectivamente.

Cuadro 12. Valores de la capacidad de carga (K) y la tasa intrínseca de crecimiento (r) Chimaltenango 2019.

Tratamiento	**Capacidad de carga (K)**	**Tasa intrínseca de crecimiento (r)**
Testigo	26.83	0.2
Bravo	19.26	0.26
Amistar	20.64	0.22
SubSol	22.62	0.23
Serenade 2l/ha	25.51	0.2
Serenade 3l/ha	25.53	0.19
Serenade 4l/ha	23.78	0.22
Serenade-Bravo	22.23	0.24

En el caso de los tratamientos a base de Serenade, el tratamiento a razón de 4L/ha resulto ser el mejor con una capacidad de carga de 23.78 %, lo que quiere decir que cuando las condiciones son limitadas, la enfermedad solo puede alcanzar un 23.78 % de severidad, el cual al ser comparado con los otros tratamientos con valores de 25.51 % y 25.53 % estos resultan poseer un nivel de control menor.

El tratamiento comercial SubSol® presentó valores similares al compararlo con el tratamiento Serenade 4 L/ha y el tratamiento de Serenade® y Bravo ®. En el caso de la tasa intrínseca de crecimiento, los valores no se ajustan a las diferencias establecidas con la capacidad de carga, por ejemplo, la tasa intrínseca es mayor en el tratamiento Bravo y es menor en los tratamientos de Serenade y SubSol® y esto se debe a que el valor r no es un valor puntual de desarrollo de la enfermedad, sino que es un valor de velocidad de crecimiento, el cual puede cambiar por la forma de distribución del inóculo en el área de trabajo, por lo que a través de estos valores no se puede concluir cuál de los tratamientos el mejor para el control de Ascochyta, así como de los tratamientos de Serenade®.

Al haber obtenido los valores de la tasa intrinsica de crecimiento y de capacidad de carga, se evaluó la significancia de los mismos en los diferentes modelos matematicos propuestos exclusivamente a los tratamientos testigo y Serenade® a razón de 4 L/ha, los cuales pueden observarse en cuadro 13 y 14. Los tratamientos anteriormente mencionados se establecieron para determinar el modelo ajustable a la enfermedad, ya que a través del testigo podremos definir si el modelo se ajusta al grado de crecimiento de la enfermedad bajo condiciones naturales del sitio de investigación, y contrastar los resultados con los datos del mejor tratamiento de serenade que en este caso es Serenade® 4 L/ha.

Cuadro 13. Resultados del análisis mediante una regresión no linear a partir de datos del tratamiento Serenade® 4 L/ha.

Modelo	**Variables del modelo**	**P-valor**	**Significancia de las variables del modelo (*)**
Monomolecular	K	0.225	
	Y_O	0.433	
	r	0.358	
Logístico	K	3.1e-07	***
	Y_O	5e-04	***
	r	9.2e-06	***
Gompertz	K	0.0033	**
	Y_O	0.1384	
	r	0.0224	*

En el cuadro anterior la significancia estadística del modelo se categorizó por medio de asteriscos en donde: Alta significancia es= '***' significancia= '**' Poca significancia '* y nula significancia sin la presencia de asterisco.

Cuadro 14. Análisis mediante una regresión no linear a partir de datos obtenidos del tratamiento Testigo.

Modelo	**Variables del modelo**	**P-valor**	**Significancia de las variables del modelo (*)**
Monomolecular	K	0.0694	
	Y_O	0.5615	
	r	0.2448	
Logístico	K	8.71e-07	***
	Y_O	0.018547	*
	r	0.000118	***
Gompertz	K	0.000659	**
	Y_O	0.206195	
	r	0.028486	*

En el cuadro 14 la significancia estadística del modelo se categorizó por medio de asteriscos en donde: Alta significancia es= '***' significancia= '**' Poca significancia '* y nula significancia= sin la presencia de asterisco.

Al observar los resultados que están el cuadro 13 y 14, el modelo monomolecular no presento significancia estadística (ningún asterisco en los valores de r y K) y el valor

estándar del error fue de 2.4 para el testigo y 3.1 para Serenade® 4 L/ha, lo que da entender que el modelo no se ajustó a los datos obtenidos. Al igual que el modelo monomolecular, el modelo Gompertz no se ajustó a los datos obtenidos ya que no presento significancia estadística, dado que la variable Y_0 presento baja significancia en la variable r, y el valor estándar del error para el testigo fue de 2.8 y para Serenade® fue de 3.43.

Los resultados del modelo logístico para las variables r, Y_0 y K los tres si presentaron alta significancia estadística (tres asteriscos) y un valor estándar del error de 1.13 y 1.5, dando a entender que el modelo si se ajustó a los datos obtenidos, por lo que se propone al modelo Logístico como el ideal para el análisis de los datos del progreso de la enfermedad de ***Ascochyta pisi***.

Según Campbell & Madden (1990), la descripción y el análisis de curvas del desarrollo de las enfermedades han sido revisadas y discutidas extensivamente. Actualmente, el análisis del progreso de las enfermedades, consiste en gran parte usando métodos y modelos adaptados de campo para desarrollar los análisis de curvas de crecimiento y la dinámica de las poblaciones, tal como los modelos monomolecular, logístico y de Gompertz (Leal 2011).

El modelo logístico ha sido el más importante para el análisis temporal de enfermedades, debido a su aplicación generalizada y su adecuada forma de describir muchas epidemias ya que este modelo toma en cuenta que a medida que la población de la enfermedad crece, la resistencia ambiental aumenta porque los recursos disponibles para la enfermedad se vuelven más escasos y los residuos se acumulan, y en consecuencia la tasa intrínseca de crecimiento disminuye y el crecimiento de la población se desacelera, apartándose cada vez más del modelo exponencial que es el ideal (Campbell & Madden 1990, Batista 2011).

Para el caso de la investigación realizada también se vio una adecuada descripción y ajuste del modelo Logístico a los datos obtenidos en campo, ya que los datos del error residual estándar al ser comparados a los modelos monomolecular y Gompertz fueron bajos y se presentó una alta significancia al realizar la prueba de t de Student (figura 10A y 11A).

2.5.5. Fitotoxicidad del producto evaluado

Con respecto a la figura 11, en esta se muestra la fitotoxicidad de los tratamientos evaluados, considerando la escala de fitotoxicidad propuesta por Bayer S.A, la cual se puede ver en el cuadro 10.

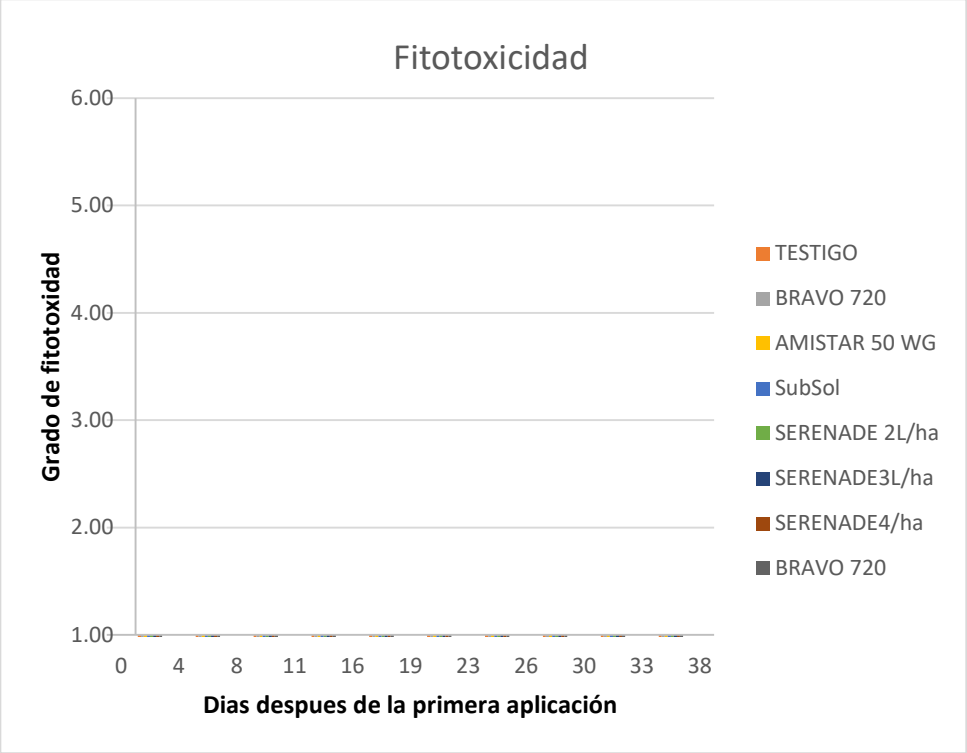


Figura 11. Fitotoxicidad de los tratamientos evaluados de acuerdo a la escala propuesta por Bayer S.A.

Como se muestra en la figura 11 del presente documento, al realizar el muestreo a 12 plantas para detectar algún tipo de afección por parte de los productos utilizados, se determinó que no se presentó ningún tipo de fitotoxicidad y esto porque los tratamientos a base de Serenade® son biológicos, a base de la bacteria ***Bacillus subtilis*** el cual no tiene una reacción antagónica con la planta si no que con hongos del suelo y foliares (Hernández et al. 2011)

2.5.6. Cálculo de la tasa marginal de retorno (TMR)

En el caso del cálculo de TMR es necesario saber cuáles son los beneficios brutos de cada tratamiento y los costos que varían (costos de insumos y materiales que se requieren para la producción de arveja), por esta razón a continuación en el cuadro 15 se presenta los beneficios brutos de cada tratamiento expresado en quetzales.

Cuadro 15. Beneficio bruto de los tratamientos evaluados de acuerdo al precio por libra y el rendimiento de cada tratamiento en kg/ha, Chimaltenango 2019

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Precio/kg (Q.)	Beneficio bruto (Q.)
Testigo	4,916.7	6	29,500
Bravo®	6,016.7	6	36,100
Amistar ®	5,983.3	6	35,900
SubSol®	5,700	6	35,200
Serenade® 2L/ha	5,416.7	6	32,500
Serenade® 3L/ha	5,516.7	6	33,100
Serenade® 4L/ha	5,750.0	6	34,500
Serenade®-Bravo®	5,883.3	6	35,300

El cuadro 14A del anexo de este documento, el cual representa el cálculo de los costos fijos, estos sin tomar en cuenta el valor de los tratamientos evaluados el valor asciende a Q. 28,200 por ha. Y al momento de considerar los costos brutos, los costos de los fungicidas, los costos que varían y el beneficio neto, se pudo calcular la tasa marginal de retorno (TMR), tal y como se muestra en el cuadro 16.

Cuadro 16. Cálculo de la tasa marginal de retorno de los tratamientos evaluados en el cultivo de Arveja para el control de ***Ascochyta pisi***, Chimaltenango 2019.

Tratamiento	Beneficio bruto (Q.)	Costos fijos (Q.)	Costo fungicidas (Q.)	Costos que varían totales (Q.)	Beneficio neto (Q.)	TMR (%)
Testigo	29,500	28,200	0	28,200	1,300	4.61
Bravo®	36,100	28,200	260	28,460	7,640	27.09
Amistar ®	35,900	28,200	280	28,480	7,420	26.31
SubSol®	35,200	28,200	500	28,700	3,600	19.50
Serenade® 2L/ha	32,500	28,200	250	28,450	4,050	14.36
Serenade® 3L/ha	33,100	28,200	375	28,575	4,525	16.05
Serenade® 4L/ha	34,500	28,200	500	28,700	5,800	20.57
Serenade®-Bravo®	35,300	28,200	510	28,710	6,590	23.37

Al observar los resultados de la tasa marginal de retorno a partir de los costos que varían y los beneficios netos, se pudo determinar que los tratamientos a base de Bravo y Amistar fueron los que obtuvieron la mayor TMR a razón de 27.09 % y 26.31 % respectivamente.
En el caso de los tratamientos de carácter biológico, a base de ***Bacillus subtilis,*** la mejor TMR lo obtuvo Serenade® y SubSol® a razón de 4L/ha con un valor de 20.57 % y 19.50 %, y aunque el valor sea menor a los tratamientos de carácter químico, esto se debe considerar, por el hecho que la acción de un fungicida biológico no llega a altos niveles de control y esto puede repercutir en el rendimiento, sin embargo las propiedades del uso de los fungicidas los cuales por su uso se logran obtener ambientes libres de contaminación, reducción de la resistencia de las plagas y el aumento de la resistencia de las plantas, estos productos resultan ser buenos sustitutos o complementos de los productos químicos usados tradicionalmente, y así poder alcanzar los estándares de consumo impuestos por las exportadoras donde los agricultores venden sus cosechas (Navas et al.2012).

2.6. CONCLUSIONES

a. Al considerar los datos de severidad de las hojas medias, los tratamientos de carácter biológico Serenade® y Subsol ® a razón de una dosis de 4 L/ha, fueron los mejores tratamientos para el control de ***Ascochyta pisi*** ya que según la figura de los datos del progreso de la enfermedad, estos presentaron un valor del área bajo la curva del progreso de la enfermedad de 524.81 y 526.63 unidades, y también esto también lo demuestra la prueba de LSD de Fisher y los valores del modelo logístico con una capacidad de carga (K) de 23.78 % y 22.62 %,

b. Se determinó que el modelo que se ajusta a los datos obtenidos de los tratamientos Testigo y Serenade® a razón de una dosis de 4 L/ha fue el modelo logístico, ya que las variables r, y0 y K los tres si presentaron alta significancia estadística y un valor estándar del error de 1.13 y 1.50, dando a entender que el modelo si se ajusta a los datos obtenidos, por lo que se propone al modelo logístico como el ideal para el análisis de los datos del progreso de la enfermedad de ***Ascochyta pisi***.

c. Según la escala porcentual de fitotoxicidad se determinó que ningún tratamiento evaluado presento algún grado de fitotoxicidad en la planta, considerando adecuado a Serenade® (***Bacillus subtilis*** QST 713) para el control del hongo (***Ascochyta pisi***) en el cultivo de arveja china (***Pisum sativum L***).

d. Los tratamientos biológicos demuestran que los mejores valores de la tasa marginal de retorno lo obtuvieron los tratamientos Serenade® (***Bacillus subtilis*** QST 713) y SubSol ® (***Bacillus subtilis***) a razón de 4 L/ha con un valor de 20.57 % y 19.50 %, lo que quiere decir que de Q. 100.00 invertidos se obtuvo un beneficio neto de Q.20.57 y Q. 19.50 respectivamente.

2.7. RECOMENDACIONES

e. Se recomienda la utilización de Serenade® (***Bacillus subtilis QST 713***) o SubSol ® a una dosis a razón de 4 L/ha o más, y es recomendable la utilización del producto alternado con productos químicos, esto último con la finalidad de reducir el efecto residual en el ambiente y la posibilidad de resistencia de la enfermedad.

f. Para la realización de los muestreos para determinar el efecto de fungicidas de acción preventiva en el desarrollo de la enfermedad ***Ascochyta pisi***, es recomendable que se realice la determinación del porcentaje de severidad en las hojas posicionadas en la parte media y alta de la planta, y cuando el porcentaje de severidad se encuentre a un nivel de planta se encuentre en un rango del 5 % a 10 %.

g. Para poder predecir el desarrollo de la enfermedad provocada por ***Ascochyta pisi***, por su amplio grado de ajuste al desarrollo de diferentes enfermedades se recomienda el uso del modelo logístico.

2.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez Erazo, PA. 2013. Evaluación fenotípica de dos generaciones de plantas de arveja (*Pisum sativum* L.) provenientes de semillas irradiadas con rayos gamma para identificar resistencia a *Ascochyta* spp. Tesis Ing. Agropec. Sangolquí, Colombia, Universidad de las Fuerzas Armadas. 94 p. http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/4587/1/Tesis%20Evaluaci%c3%b3n%20fenot%c3%adpica%20de%20dos%20generaciones%20de%20plantas%20de%20arveja%20provenientes%20de%20semillas%20irradiadas%20con%20rayos%20gamma.pdf

2. Barrios García, H. 2011. Diagnostico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión; municipio de Zaragoza departamento de Chimaltenango. Tesis Lic. Admin. Empresas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas. http://www.repositorio.usac.edu.gt/6971/1/LUIS%20ESTUARDO%20CORD%C3%93N%20SIGU%C3%8D.pdf

3. Batista, WB. 20004. Dinámica de las poblaciones. Buenos Aires, Argentina, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Departamento de Métodos Cuantitativos. 22 p. https://www.agro.uba.ar/users/batista/science/pdf/dinpol.pdf

4. Bautista Martínez, N; Soto Rojas, L; Pérez Pacheco, R. 2009. Análisis del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) en patosistemas agrícolas. Oaxaca, México, Instituto Politécnico Nacional (IPN). 235 p. https://www.researchgate.net/publication/266259484_Analisis_del_area_bajo_la_curva_del_progreso_de_las_enfermedades_ABCPE_en_patosistemas_agricolas

5. Bayer, Chile. 2019. Serenade®: Fungicida biológico mejorando la protección de cultivos. Chile. https://www.cropscience.bayer.cl/sites/default/files/LIBRILLO%20Serenade%20ACTUAL%20JUNIO%202019%20en%20baja_5.pdf

6. Calderón Bran, LF; Dardón Avila, DE; Marquez Hernández, JM; Del Cid Mazariegos, MA. 2000. Manejo integrado del cultivo de arveja china. Guatemala. 22 p. http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Arveja/Manejo%20integrado%20del%20cultivo%20de%20Arveja%20china%202000.pdf

7. Campbell, LC; Madden, LV. 1990. Introduction to de plant disease epidemiology. Michigan, USA, Michigan University. 560 p.

8. Cordón Siguí, LE. 2011. Trabajo de graduación desarrollado en el departamento de ventas y mercadeo de agroquímicos de Bayer Crop Science en el departamento de Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 163 p. http://www.repositorio.usac.edu.gt/6971/1/LUIS%20ESTUARDO%20CORD%C3%93N%20SIGU%C3%8D.pdf

9. Corteva AgriScience. México. s.f. Spintor® 480 SC. https://www.corteva.es/productos-y-soluciones/proteccion-de-cultivos/spintor-480-sc.html

10. Cuca Arreaza, JO. 2008. Fortalecimiento de la cadena productiva de arveja china (*Pisum sativum* L.), con énfasis en la sanidad de la semilla, en el altiplano central de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2403.pdf

11. Gil Vallejo, LF. 2018. Control químico de enfermedades. *In* Enfermedades del cafeto en Colombia. Chinchiná, Colombia, CENICAFE. 49 p. http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/993/8/6.%20Control%20qu%C3%ADmico%20enfermedades.pdf

12. Giménez Verdú, I. 1989. Ensayos sobre la fitotoxicidad del benomyl, triforina y thiocur, en plantones de naranjo amargo (*Citrus auriantium* L.). España, Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas%2FBSVP-15-01-057-065.pdf

13. Hamilton, DJ. 2007. Difenoconazole (224). Brisbane, Australia, FAO, Department of Primary Industries and Fisheries. p. 353-554. http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation07/Difenoconazole.pdf

14. Harrington, L. 1982. Ejercicios sobre análisis económicos de datos agronómicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 19-22. https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/824/13145.pdf?sequence=1&isAllowed=y

15. ICA (Instituto Colombiano Agropecuario, Colombia). 2016. Manual para elaboración de protocolos para ensayos de eficacia con PQUA. Bogotá, Colombia, ICA. 110 p. http://proyectos.andi.com.co/es/PC/SobProANDI/Documentos%20Sobre%20Procultivos%20ANDI/Manual_Protocolos_Ensayos_Eficacia_PQUA_REV_08_09_2016.pdf

16. Leal Trujillo, SE. 2011. Evaluación de fungicidas químicos y biológicos para el manejo de ojo de gallo ocasionada por (*Mycena citricolor)* en café (*Coffea arabica*) en finca La Soledad, Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, C.A. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 47 p. http://www.repositorio.usac.edu.gt/6740/1/S%C3%93STENES%20EDUARDO%20LEAL%20TRUJILLO.pdf

17. Liu, N; Xu S, Zhang Y, Hu Q, Feng Z, Gong Y. 2016. Estudios sobre el control del tizón de *Ascochyta* en guisantes de campo (*Pisum sativum* L.) causados por *Ascochyta pinodes* en la provincia de Zhejiang, Chin. Hangzhou, China, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Institute of Vegetables. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4828446/

18. Marroquín Cabrera, EA. 2015. Evaluación de cuatro extractos vegetales para el control de trips con el propósito de disminuir el daño en la vaina de la arveja china (*Pisum sativum* L.), diagnóstico y servicios ejecutados en planta Tierra de Árboles, S.A, Sacatepéquez, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. http://www.repositorio.usac.edu.gt/2539/1/ERICK%20ALEJANDRO%20MARROQU%C3%8DN%20CABRERA.pdf.

19. Mastovska, K. 2008. Azoxystrobin (229). United States, US Department of Agriculture / FAO. 524 p. http://www.fao.org/3/i0450e/i0450e.pdf

20. MIFIC (Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, Nicaragua). 2004. Protocolo patrón para ensayos de eficacia biológica de plaguicidas de uso agrícola.Masaya, Nicaragua, MIFIC. http://www.mific.gob.ni/Portals/0/Documentos%20Integracion/Instrumentos%20Juridicos%20de%20la%20Integracion/Reglamentos%20Centroamericanos/Agroquimicos/Protocolo%20Patron,%20ensayo,%20eficacia%20biologica.pdf

21. MINECO (Ministerio de Economía, Guatemala). 2015. El agro en cifras 2015: Arveja china. Guatemala. 38 p. https://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/Integracion%20y%20comercio%20exterior/el_agro_en_cifras_2015.pdf

22. Pulido, DP; Sandoval Sisa, ER. 2008. Evaluación *in-vitro* de fungicidas para el control de hongos patógenos en esquejes de clavel durante la etapa de enraizamiento. Tesis Microbiol. Ind. Bogotá, Colombia, Pontifica Universidad Javeriana. 24 p. https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis136.pdf

23. Punithalinham, E; Holliday, P. 1972. *Ascochyta fabae.* CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria 461:1-2. http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Link=T&TableKey=14682616000000061&Rec=41232&Fields=All

24. Sánchez, GE; Sandoval, JL. 1995. Manual de pre-inspección para la producción de arveja china y dulce en Guatemala. Guatemala, ICTA. 19 p. http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Arveja/Manual%20de%20pre-inspeccion%20Arveja%20china%20y%20dulce.pdf

25. Santos Pérez, LJ. 2011. Trabajo de graduación realizado en Grupo Hortícola de Exportación, S.A. (GHORTEX, S.A.) Sumpango, Sacatepéquez, manejo de cultivo de arveja china (*Pisum sativum* L) (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 149 p. http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-02912.pdf

26. Sieke, C. 2015. Chlorothalonil (081). Berlin, Alemania, Federal Institute for Risk Assessment / FAO. 524 p. http://www.fao.org/3/i0450e/i0450e.pdf

27. Smith, RL, Smith, T. 2007. Ecología de poblaciones: Crecimiento poblacional. Virginia, Estados Unidos, Pearson Education. 215 p

28. Syngenta, US. 2018. Bravo 720 SC; Ficha de datos de seguridad, de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006. Estados Unidos. https://www.syngenta.es/sites/g/files/zhg516/f/ficha-seguridad-bravo-720-sc.pdf

29. Syngenta, US. 2019. Amistar; Ficha de datos de seguridad, de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006. Estados Unidos. https://www.syngenta.es/sites/g/files/zhg516/f/ficha-seguridad-amistar.pdf?tkn=20190925

30. Tejera Hernández, B; Rojas Badia, MM; Heydrich Pérez, M. 2011. Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos. La Habana, Cuba, Universidad de La Habana. 8 p. https://revista.cnic.edu.cu/revistaCB/sites/default/files/articulos/Articulo%20No%204%20B28-10%20pp.131-138.pdf

31. Tipaz Cuaical, C. 2014. Evaluación de tratamientos químicos más fosfito de calcio para el control de antracnosis (*Ascochyta pisi*) en cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), en el Cantón Huaca. Tesis Ing. Agr. Tulcan, Ecuador, Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales, Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario. http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/241/1/208%20EVALUACI%C3%93N%20DE%20TRATAMIENTOS%20QU%C3%8DMICOS%20M%C3%81S%20FOSFITO%20DE%20CALCIO%20PARA%20EL%20CONTROL%20DE%20ANTRACNOSIS%20%28ASCOCHYTA%20PISI%29%20EN%20CULTIVO%20DE%20ARVEJA%20%28PISUM%20SATIVUM%20L%29.pdf

32. Valencia, A; Timaná, Y; Checa, CO. 2012. Evaluación de 20 líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) y su reacción al complejo de *Ascochyta.* Revista de Ciencias Agrícolas 29(2). http://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/455

33. Villareal Delgado, MF; Villa Rodríguez, E; Cira, LA; Estrada Alvarado, MI. 2018. El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. Sonora, México, Instituto Tecnológico de Sonora. 95 p. https://www.researchgate.net/publication/322259714_El_genero_Bacillus_como_agente_de_control_biologico_y_sus_implicaciones_en_la_bioseguridad_agricola

34. Xicay Sacbaja, RE. 2014. Evaluación de insecticidas en diferentes aplicaciones al follaje y aplicaciones al suelo para el control de paratrioza (*Bactericera cockerelli*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), diagnóstico y servicios realizados en Bayer, S.A., Departamento de Desarrollo Agronómico, Guatemala, C. A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 7. http://www.repositorio.usac.edu.gt/2853/1/R%C3%93MULO%20ESTUARDO%20XICAY%20SACBAJA.pdf

2.9. ANEXOS

2.9.1. Datos generales obtenidos de la investigación

Cuadro 17A. Cuadro de resumen de los porcentajes de severidad a nivel de planta de ***Ascochyta pisi***, obtenidos en los tratamientos evaluados en durante 38 días.

Severidad a nivel de planta en porcentaje (%)								
DDPA	Testigo	BRAVO 720	AMISTAR 50 WG	SUBSOL	SERENADE	SERENADE	SERENADE	SERENADE-Bravo
0	7.75	7.13	7.38	8.88	8.13	7.50	9.25	9.38
4	15.50	13.75	11.50	13.13	14.25	12.00	15.50	14.75
8	19.50	16.25	14.88	15.00	18.13	17.88	17.63	16.63
11	26.00	19.13	20.38	20.13	24.50	23.25	22.00	22.00
16	31.00	24.13	25.38	25.13	29.50	28.25	27.00	26.75
19	33.50	26.38	27.25	26.25	32.13	27.50	29.38	27.63
23	36.00	28.88	30.38	30.13	34.50	32.25	31.63	31.00
26	40.75	33.63	35.38	35.13	39.50	37.25	36.63	36.00
30	42.13	33.75	35.38	36.25	41.50	37.50	37.50	37.00
33	44.00	34.50	36.63	37.00	42.00	38.25	39.25	37.50
38	45.25	34.50	36.63	37.25	42.75	39.00	39.50	37.50

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 18A. Cuadro de resumen de los porcentajes de severidad a nivel de hojas nuevas de Ascochyta pisi, obtenidos en los tratamientos evaluados en durante 38 días.

Hoja nueva en porcentaje (%)								
DDPA	Testigo	BRAVO 720	AMISTAR 50 WG	SUBSOL	SERENADE	SERENADE	SERENADE	SERENADE-Bravo
0	0.00	0.13	0.00	0.25	0.38	0.00	0.00	0.25
4	0.13	0.13	0.13	0.25	0.50	0.13	0.00	0.25
8	1.00	0.25	0.13	0.88	0.38	0.63	0.25	0.25
11	1.25	0.63	1.00	0.75	0.75	0.88	0.75	0.63
16	5.00	1.50	2.00	1.88	2.88	1.75	1.63	1.38
19	6.63	4.25	3.75	4.13	3.63	3.88	3.00	3.75
23	11.00	9.00	8.38	9.13	8.13	8.88	8.00	8.75

Continuación cuadro 18A.

26	16.38	12.38	12.38	13.50	13.50	14.13	13.00	13.25
30	18.88	13.25	13.00	14.75	16.50	16.38	14.75	15.38
33	19.75	15.63	14.13	16.00	19.25	17.75	15.75	16.25
38	20.75	16.88	15.13	16.88	19.25	17.75	15.75	16.25

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 19A. Costos variables para la producción de una hectárea de arveja china (*Pisum sativum* L).

Costos variables para el cultivar una hectárea de arveja china (*Pisum sativum*)				
Concepto	**Unidad de medida**	**Cantidad**	**Costo unitario (Q.)**	**Costo total (Q.)**
Arrendamiento del terreno	Hectárea	1	1,500	2,000
Siembra				
Trazo	Jornales	15	70	1,050
Surqueado	Jornales	15	70	1,050
Fertilizantes				0
Fertilizantes granulados	Quintal	15	180	2,700
Fertilizante foliar	Litros	25	70	1,750
Plaguicidas				0
Yunta	Litros	1	125	125
Spinoaceae®	Litros	1	75	75
Bordocop®	Libras	30	15	450
Azufre	Libras	30	15	450
Semilla		70		0
Tutores	Unidades	400	2.5	1,000
Rafia	Libras	100	0.5	50
Labores culturales				0
Limpias	Jornales	30	70	2,100
Fertilización	Jornales	30	70	2,100
Colocación de tutores	Jornales	30	70	2,100

Continuación cuadro 19A.

Colocación de rafia	Jornales	30	70	2,100
Aplicaciones de productos	Jornales	100	70	7,000
Cosecha	Jornales	30	70	2,100
Total costos que varían				**28,200**

Fuente: elaboración propia, 2019.

2.9.2. Resumen de datos utilizados en el paquete estadístico R

Cuadro 20A. Conjunto de órdenes y códigos utilizados en el programa R para determinar la tasa intrínseca de crecimiento (r), capacidad de carga (K) y el grado de ajuste de los modelos monomolecular, logístico y de Gompertz.

p=read.delim("clipboard")
head(p,11)
attach(p)
rk=SummarizeGrowth(Time,Bravo)
gc=SummarizeGrowthByPlate(p)
Gc
mTestigo=nls2(Time~k-(k-y0)*exp(-r*Testigo),start=list(k=26.83,y0=4.5,r=0.20))
summary(mTestigo)
lTestigo=nls2(Testigo~k/(1+(k/y0-1)*exp(-r*Time)),start=list(k=26.83,y0=4.5,r=0.20))
summary(lTestigo)
gTestigo=nls2(Time~k*exp(log(y0/k)*exp(-r*Testigo)),start=list(k=26.83,y0=4.5,r=0.20))
summary(gTestigo)
mSerenade=nls2(Time~k-(k-y0)*exp(-r*Sere4),start=list(k=23.78,y0=3.50,r=0.22))
summary(mSerenade)
lSerenade=nls2(Sere4~k/(1+(k/y0-1)*exp(-r*Time)),start=list(k=23.78,y0=3.50,r=0.22))
summary(lSerenade)
gSerenade=nls2(Time~k*exp(log(y0/k)*exp(-r*Sere4)),start=list(k=23.78,y0=3.5,r=0.22))
summary(gSerenade)
mSB=nls2(Time~k-(k-y0)*exp(-r*SereBravo),start=list(k=22.23,y0=3,r=0.24))
summary(mSB)
lSB=nls2(SereBravo~k/(1+(k/y0-1)*exp(-r*Time)),start=list(k=22.23,y0=5.0,r=0.24))
summary(lSB)
gSB=nls2(Time~k*exp(log(y0/k)*exp(-r*SereBravo)),start=list(k=22.23,y0=5,r=0.24))
summary(gSB)

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 21A. Resultados obtenidos del modelo ajustable a los datos de desarrollo de ***Ascochyta pisi*** en hojas medias del tratamiento testigo mediante el Scrip confecciona en el programa R. A) Evaluación del modelo monomolecular, B) Evaluación del modelo logistico, C) evaluación del modelo de Gompertz.

A) Formula monomolecular
Formula: Time ~ k - (k - y0) * exp(-r * Testigo)
Parameters:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
k 80.1556 60.92977 1.316 0.225
y0 -2.52251 3.05719 -0.825 0.433
r 0.01968 0.02016 0.976 0.358
Residual standard error: 2.393 on 8 degrees of freedom
Number of iterations to convergence: 8
Achieved convergence tolerance: 8.641e-06
B) Formula logístico
Formula: Testigo ~ k/(1 + (k/y0 - 1) * exp(-r * Time))
Parameters:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
k 35.41522 2.29585 15.426 3.1e-07 ***
y0 2.52369 0.44925 5.618 5e-04 ***
r 0.12161 0.01229 9.892 9.2e-06 ***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 1.125 on 8 degrees of freedom
Number of iterations to convergence: 8
Achieved convergence tolerance: 5.699e-06
C) Modelo Gompertz
Formula: Time ~ k * exp(log(y0/k) * exp(-r * Testigo))
Parameters:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
k 45.18650 10.93946 4.131 0.0033 **
y0 2.22614 1.35267 1.646 0.1384
r 0.07928 0.02809 2.822 0.0224 *
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 2.796 on 8 degrees of freedom
Number of iterations to convergence: 11
Achieved convergence tolerance: 4.532e-06

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 22A. determinación del modelo ajustable a los datos de desarrollo de **Ascochyta pisi** en hojas medias al tratamiento Serenade ® 4 L/ha mediante el programa R. A) Evaluación del modelo monomolecular, B) Evaluación del modelo logístico, C) evaluación del modelo de Gompertz

A) Formula monomolecular
Formula: Time ~ k - (k - y0) * exp(-r * Sere4)
Parameters:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
k 53.51222 25.53310 2.096 0.0694 .
y0 -2.30965 3.81327 -0.606 0.5615
r 0.03886 0.03096 1.255 0.2448
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 3.049 on 8 degrees of freedom
Number of iterations to convergence: 7
Achieved convergence tolerance: 6.426e-06
B) Formula logístico
Formula: Testigo ~ k/(1 + (k/y0 - 1) * exp(-r * Time))
Formula: Sere4 ~ k/(1 + (k/y0 - 1) * exp(-r * Time))
Parameters:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
k 29.13164 2.15847 13.496 8.71e-07 ***
y0 1.37233 0.46588 2.946 0.018547 *
r 0.14780 0.02127 6.949 0.000118 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 1.472 on 8 degrees of freedom
Number of iterations to convergence: 11
Achieved convergence tolerance: 2.381e-06
C) Modelo Gompertz
Formula: Time ~ k * exp(log(y0/k) * exp(-r * Testigo))
Formula: Time ~ k * exp(log(y0/k) * exp(-r * Sere4))
Parameters:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
k 38.64448 7.17798 5.384 0.000659 ***

y0 2.21546 1.61041 1.376 0.206195
r 0.11080 0.04154 2.667 0.028486 *
Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
Residual standard error: 3.343 on 8 degrees of freedom
Number of iterations to convergence: 9
Achieved convergence tolerance: 3.658e-06

Fuente: elaboración propia, 2019

2.9.3. Imágenes generales de la investigación

Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 12A. Ascochyta presente en el cultivo evaluado.

Fuente: elaboración propia, 2018

Figura 13A. Cultivo de arveja china a dos semanas de su siembra.

Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 14. Trazo y establecimiento de las unidades experimentales para la evaluación de Serenade®.

Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 15A. Aplicación de los tratamientos en las parcelas de evaluación.

Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 16A. Pesado de la arveja cosechada por unidad experimental.

CAPITULO III

SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AGRONOMICO DE LA EMPRESA BAYER CROPSCIENCE GUATEMALA.

3.1. Evaluación del insecticida Rquiem Prime ® *(Chenopodium ambrosioides)* para el control de Trips *(Frankliniella occidentalis)* en el cultivo de arveja china (*Pisum sativum L.)* en la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala.

3.1.1. PRESENTACIÓN

Dentro de las numerosas hortalizas la arveja china como cultivo no tradicional de exportación resulto exitoso al momento de su implementación, ya que actualmente la producción nacional esta conformado en su base productiva por agrupaciones de pequeños productores de la región del altiplano central los cuales han posicionado a Guatemala como uno de los principales exportadores de arveja a nivel mundial con un 13.4 % del total de las exportaciones; le siguen Francia 11.60%, Rusia 9.40%, China 8.11% y Holanda 5.28%. Guatemala exporta principalmente a Estados Unidos (82%) (siendo este el principal destino), seguido por el Reino Unido (8%), Holanda (4%), Canadá (3%) y México (2%) (MINECO 2015).

La base de la importancia de la arveja china es su exportación, y ante los requerimientos y exigencias de los principales mercados de exportación de este cultivo, la presentación de las vainas de arveja juega un papel importante, ya que son numerosos los factores que interfieren para cumplir los requerimientos del mercado. De los factores que afectan la calidad de la arveja, las plagas y enfermedades dentro del cultivo han sido de vital importancia por la gran cantidad de producto rechazado por exportadoras y mercados internacionales, ya sea por la presencia de manchas, daños mecánicos o por el uso de productos químicos restringidos para el control de las plagas y enfermedades.

Dentro de las plagas de importancia económica en el cultivo de la arveja china en Guatemala están: Los Trips (***Frankliniella occidentalis****) y (****Thrips tabaci****)* los pulgones (*Myzus persicae*), larvas cortadoras de lepidópteros (Spodptera sp, Agriotis sp y Trichoplusia sp.) y moscas minadoras (Liriomyza spp.), los cuales

generan pérdidas considerables si no son controladas en el momento adecuado, afectando la productividad y la calidad de la vaina de arveja.
En el caso de la plaga denominada comúnmente como Trips, estos insectos son considerados como una de las plagas insectiles más importantes en el cultivo de arveja en Guatemala la cual genera rechazo en la arveja por el daño que ocasiona en las vainas. Los daños se clasifican de dos tipos, el primero es por la ovoposición de estos insectos en la vaina la cual genera manchas verdes y blancas con protuberancias que reducen la calidad del producto, y el segundo por la alimentación de los insectos ocasionando lesiones rectangulares de color negro. }

Las especies que afectan al cultivo de arveja china en Guatemala corresponden a dos *Frankliniella occidentalis y Thrips tabaci*, las cuales fueron identificadas por Álvarez en 1993. Es importante mencionar que la restricción impuesta en el uso de productos químicos para el control de plagas en la arveja china de exportación también juega un papel trascendental, ya que no cualquier insecticida puede ser utilizado. Con este requerimiento de producción de arveja, el uso de productos biológicos los cuales son de bajo impacto al ambiente resultan una alternativa viable para controlar las poblaciones de Trips en el cultivo de Arveja.

Con lo anterior mencionado, el desarrollo de un producto de origen biológico Requiem Prime ® se ha establecido por parte del departamento de investigación de la empresa Bayer CropScience. Requiem prime ® es el extracto de la planta conocida comúnmente como apazote (*Chenopodium ambrosioides),* funciona como insecticida de contacto y controla insectos chupadores. Con el objetivo de determinar la mejor dosis de Requiem prime ® para el control de Trips se realizó una prueba de eficacia biológica en la aldea Joya Grande, Zaragoza, Guatemala. A continuación, se presenta la metodología y resultados obtenidos de dicho experimento.

3.1.2. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Evaluar el insecticida Requiem® (***Chenopodium ambroisoides***) para el control de Trips (***Frankliniella occidentalis***) en el cultivo de Arveja China (***Pisum sativum L***), en la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala.

B. Objetivos específicos:

1. Determinar la dosis del insecticida Requiem ® (***Chenopodium ambrosiodes***) con mayor control de Trips (***Frankliniella occidentalis***) en ápice y flor, en el cultivo de arveja china (***Pisum sativum***), en la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala.

2. Determinar la compatibilidad del insecticida Requiem® (***Chenopodium ambrosiodes***) para el control de Trips (***Frankliniella occidentalis***) en arveja china (***Pisum sativum***), en la aldea Joya Grande, Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala.

3.1.3. METODOLOGÍA

A. Área experimental

El experimento se realizó en la aldea Joya Grande municipio de Zaragoza, del departamento Chimaltenango, Guatemala. La plantación de arveja china está ubicada en las coordenadas 14.674323,-90.882471 a una altura de 2040 m.s.n-m. El área utilizada en la parcela de arveja china para la evaluación de Requiem ® fue de 252 m^2.

B. Unidad experimental

Cada unidad experimental estuvo compuesta por 4 surcos, en donde los dos surcos centrales conformaron la unidad de muestreo. Los surcos tuvieron un distanciamiento entre surcos de 1 metro, y un largo de los surcos de 3 metros, lo que conformo un área por unidad experimental de 9 m^2.. El distanciamiento entre plantas será de 0.2 metros, lo que equivalió 15 posturas por unidad experimental, y se dejó una postura para evitar el efecto bord

Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 17. Croquis de la unidad experimental para la evaluación del extracto de *Chenopodium ambrosioides* en el cultivo de arveja china.

C. Descripción de los tratamientos

Cuadro 23. Tratamientos evaluados en la prueba de eficacia en el cultivo de arveja china para el control de Trips

No. de tratamiento	Tratamiento	Dosis (L/ha)	Ingrediente activo
T1	Testigo	--	--
T2	ACT botánico	3	Extracto de ***Azadirachta indica***
T3	Spinoace	0.3	Spinosad
T4	Requiem ®	3	Extracto de Chenopodium ambrosioides
T5	Requiem ®	4	Extracto de ***Chenopodium ambrosioides***
T6	Requiem ®	5	Extracto de ***Chenopodium ambrosioides***
T7	Requiem ®	6	Extracto de ***Chenopodium ambrosioides***

a. Spinosad

El Spinosad es un compuesto de origen biológico extraído de la bacteria llamada ***Saccharopolyspora spinosa****,* con un modo de acción no sistémico y que presenta una actividad por ingestión y contacto. El mecanismo de acción del ingrediente activo afecta el sistema nervioso y muscular a través. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Dow AgroSciences es el de **Spinoace ® 12 SC** con una concentración del 6% de ingrediente activo. con una composición del 12 % sobre el total del producto y con una formulación de solución concentrada (SC)

b. Extracto de Chenopodium ambrosioides

El extracto de la planta conocida comúnmente como apazote (*Chenopodium ambrosioides),* funciona como insecticida de contacto y controla insectos chupadores. El extracto de *Chenopodium ambrosioides* es de bajo impacto ambiental y comercialmente se encuentra con el nombre de **Requiem ® 25 CE**, el cual posee 25 % de extracto el cual posee 16.75% de ingredientes activos. El extracto posee tres mecanismos de acción:

1. Debilita la cubierta de los insectos y afecta las articulaciones ocasionándoles heridas, perdida de fluidos y limitación de movimientos.
2. Obstruye las vías respiratorias de los insectos ocasionándoles asfixias.
3. Evita que los insectos localicen fácilmente los cultivos.

c. Extracto de Neem

Suspensión concentrada del extracto de Neem (*Azadirachta indica*), el cual es utilizado como insecticida debido a la Azadiractina el cual posee efectos tóxicos sobre los insectos. El modo de acción del extracto de Neem es múltiple ya que actúa sobre el crecimiento del insecto impidiendo que este se desarrolle; bloquea la acción de succionar y comer de algunos insectos; actúa como repelente evitando que las algunas plagas realicen puestas; actúa también sobre los

procesos de apareamiento y reproducción, reduciendo la fecundidad de los insectos tratados.

D. Diseño experimental

El experimento se estableció bajo el formato de bloques al azar con cuatro repeticiones a campo abierto.

	Bloque I
	Bloque II
	Bloque III
	Bloque IV

Surco 1	Surco 2	Surco 3	Surco 4	Surco 5	Surco 6	Surco 7	Surco 8
Borde	T7	T7	Borde	Borde	T3	T3	Borde
	T2	T2			T7	T7	
	T5	T5			T1	T1	
	T6	T6			T5	T5	
	T4	T4			T2	T2	
	T1	T1			T6	T6	
	T3	T3			T4	T4	
Borde	T1	T1	Borde	Borde	T7	T7	Borde
	T3	T3			T3	T3	
	T2	T2			T1	T1	
	T7	T7			T4	T4	
	T5	T5			T2	T2	
	T6	T6			T5	T5	
	T4	T4			T6	T6	

Fuente: elaboración propia, 2018

Figura 18: Croquis del diseño experimental propuesto para la evaluación de Requiem (R) en el cltivo de arveja china para el control de Trips.

Las variables de respuesta medidos en la evaluación fueron 1) Número de estados móviles de trips por ápice en crecimiento. En cada unidad experimental se seleccionaron 10 ápices en total. 2) Número de estados móviles de trips por flor. En cada unidad experimental se seleccionaron 10 flores en total, se realizó el conteo de trips en cada flor.

E. Modo de aplicación

La aplicación se realizó al follaje a 15 días después de la siembra, previo a la aplicación se realizó la calibración del equipo. Para la aplicación de los diferentes productos de los tratamientos se utilizó una bomba de mochila manual, con boquillas tipo cono abierto.

F. Momento y frecuencia de aplicación y muestreos.

La aplicación de los productos se realizó en la etapa vegetativa y de floración. Para esto se contempló 3 aplicaciones con frecuencia de una semana. La cantidad de muestreos realizados en ápices fueron de 10 y en flor de 3.

La metodología a utilizada para el muestreo consistió en seleccionaron 10 ápices en crecimiento de cada unidad experimental para cuantificar el número de estados móviles de trips. Se abrieron los ápices para cuantificar los trips móviles, en la etapa de floración se realizó lo mismo, observando la cantidad de trips por flor. El umbral que se utilizó fue de 2 trips/ápice y 1 trips/flor.

Cuadro 24: Fecha y numero de aplicación de los productos evaluados y muestreos realizados.

Fecha	Actividad
27/02/2018	Primera aplicación, Primer muestreo
28/02/2018	Segundo muestreo
02/03/2018	Tercer muestreo
05/03/2018	Cuarto muestreo
06/03/2018	Segunda aplicación. Quinto muestreo
09/03/2018	Sexto muestreo
12/03/2018	Tercera aplicación. Séptimo muestreo
16/03/2018	Octavo muestreo
20/03/2018	Noveno muestreo
23/03/2018	Decimo muestreo

Fuente: elaboración propia, 2018.

G. Análisis de información

La información obtenida de los muestreos realizados en los ápices y flores, utilizada para determinar la eficacia de los tratamientos evaluados, se utilizó para el cálculo del área bajo la curva de la población insectil, y de la eficiencia Abbott de los tratamientos evaluados, el cálculo del área bajo la curva y la eficacia Abbott se realizó mediante el programa estadístico Scout. El progreso de la población insectil, tanto en flor como en ápice se representaron en un gráfico de líneas donde los ejes de las ordenadas representan el numero promedio de trips por flor y ápice, y el eje de las abscisas el número de días después de la primera, segunda y tercera aplicación.

La fitocompatibilidad de los productos evaluados en el cultivo de arveja china, se analizó a partir de un gráfico de barras y los valores dados para el grado de fitocompatibilidad a partir de la escala propuesta por Bayer.

3.1.4. RESULTADOS

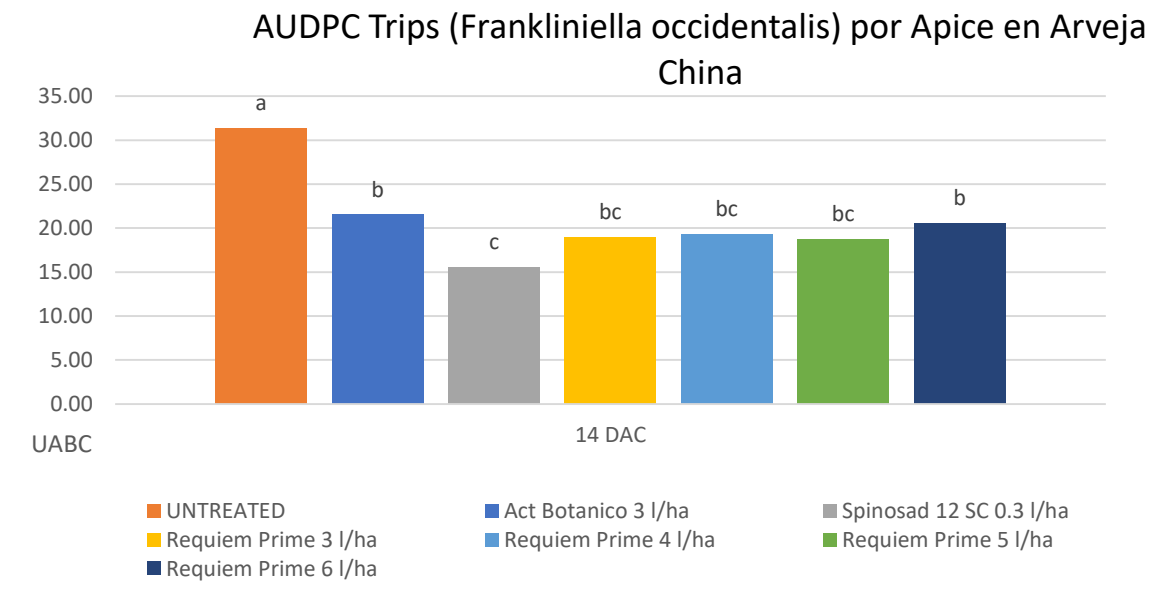
A. Determinación de la dosis del insecticida Requiem ® (*Chenopodium ambrosiodes*) con mayor control de Trips (*Frankliniella occidentalis*).

a. Área bajo la curva de la población Insectil de trips por ápice en el cultivo de arveja china

En la figura número 3 del presente documento, se presenta el área bajo la curva del progreso de la población insectil, en donde se clasifican los tratamientos de acuerdo al comparador múltiple de medias Tukey. El testigo absoluto, el cual correspondió a la nula aplicación de algún insecticida para el control de la plaga, resulto ser el tratamiento con mayores unidades bajo la curva, lo equivalente a 31.29 unidades, lo cual significa que la mayor densidad insectil lo presento dicho tratamiento.

El tratamiento para el control de trips en la evaluación establecida, con la menor densidad insectil lo presento el producto Spinoace 12 SC a razón de 0.3 L/Ha, con un valor de 15.58 unidades bajo la curva, considerándolo según el ensayo establecido, como el mejor tratamiento para el control de trips en el cultivo.

En el caso de los tratamientos a base de Réquiem Prime ®, los resultados obtenidos según el grafico de la figura 19 establecen que no existen diferencias significativas entre los tratamientos a razón de 3 L/ha, 4 L/ha y 5 L/ha considerándolos como la segunda mejor categoría para el control de trips en el cultivo de arveja. Para el tratamiento a razón de 6 litros por hectárea, este es considerado como el tratamiento con menor control de trips después del testigo absoluto, sin embargo, es importante mencionar que el tratamiento a base de ACT Botánico (testigo comercial), según la prueba tukey posee el menor control de trips después de tratamiento absoluto, considerando así, que entre los tratamientos ACT Botánico ® y Requiem prime ® (6 L/Ha) no existen diferencias estadísticas significativas.

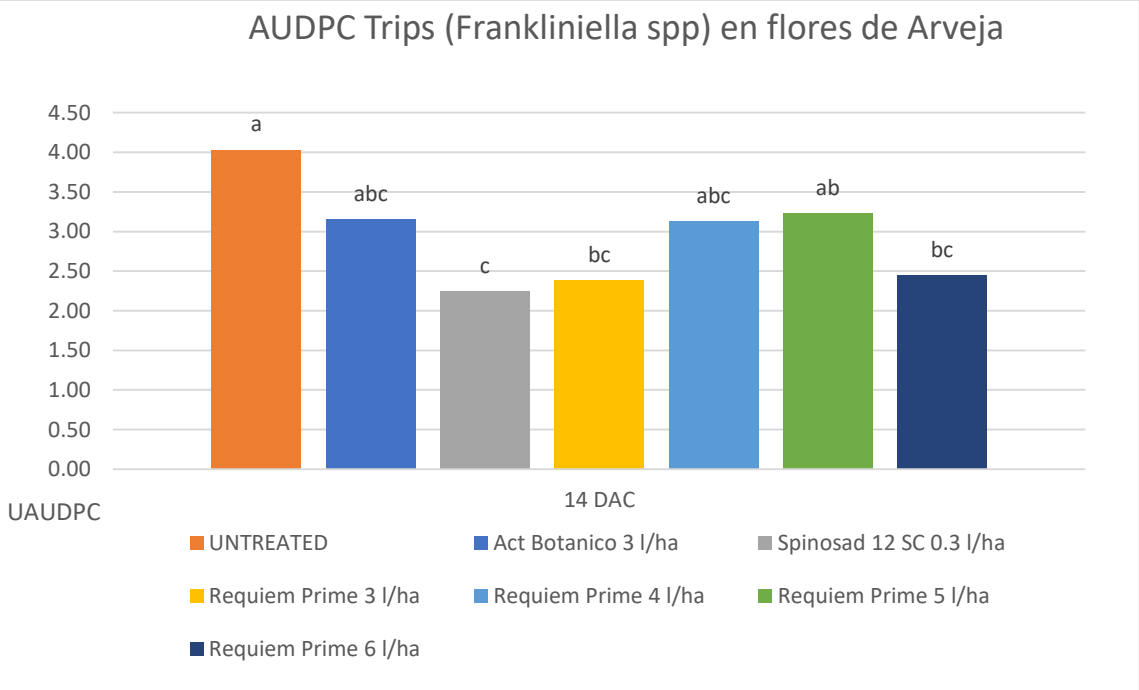


Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 19: Área bajo la curva del progreso de la población insectil por ápice en el cultivo de arveja china, en donde se clasifican los tratamientos evaluados de acuerdo al comparador múltiple de medias Tukey.

En la figura número 20, se presenta el área bajo la curva del progreso de la población de trips por flor, en donde el testigo absoluto presenta la mayor cantidad de trips por flor con 4.03 unidades bajo la curva.

En el caso de los demás tratamientos, el tratamiento a base de Spinosad 12 SC, presento 2.25 unidades bajo la curva considerándolo el mejor tratamiento para el control de trips en arveja bajo las condiciones del experimento establecido. En el caso de los tratamientos a base de Requiem prime ® el tratamiento a razón de 3 L/ha y 6 L/ha son considerados como los tratamientos con mejor control de trips, con valores de 2.38 y 2.45 unidades bajo la curva. En el caso del tratamiento a razón de 5 L/ha es considerado como el tercer mejor tratamiento para el control de trips, y el tratamiento con menor control es a razón de 4 L/ha al igual que el tratamiento a base de ACT Botanico ®.



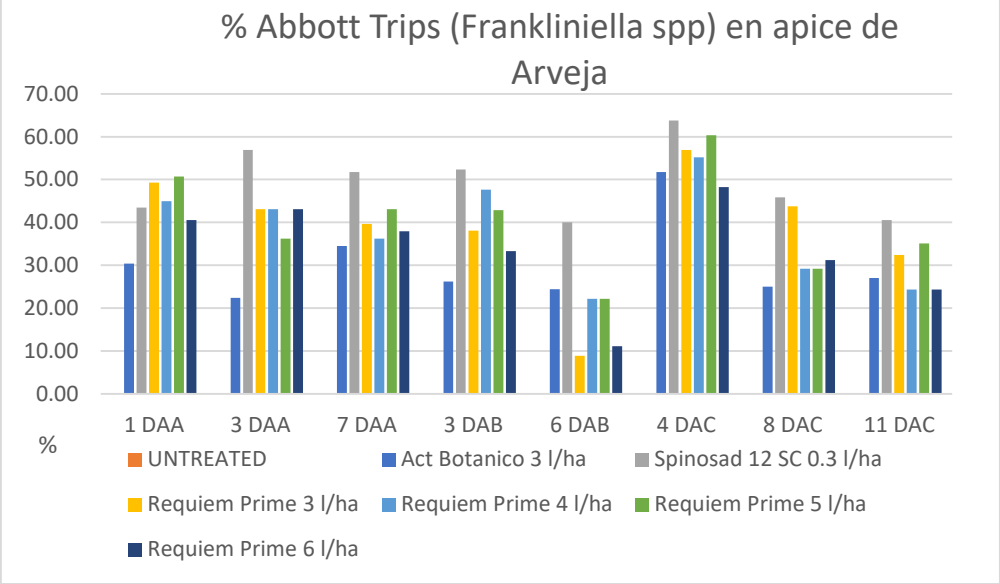
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 20: Área bajo la curva del progreso de la población insectil por flor en el cultivo de arveja china, en donde se clasifican los tratamientos evaluados de acuerdo al comparador múltiple de medias Tukey.

El cálculo de la eficacia de control de trips por ápice en el cultivo de Arveja se realizó mediante la fórmula de Abbott, en el cual se refleja que el mejor

tratamiento para el control de Trips es por parte de Spinoace 12 SC, dicha eficacia de control se vio reflejado en casi todos los muestreos realizados llegando a una eficacia promedio de 49.5 % de control. En el caso del testigo comercial el valor promedio es menor a los tratamientos de Requiem prime ®, con un valor de 30.21 %. Dentro de los tratamientos de Requiem prime ® el tratamiento con mayor eficacia de control lo presento Requiem ® a razón de 5 Litros/Ha con un valor promedio de 40 %.

b. Eficacia Abbott de los tratamientos evaluados para el control de trips en el cultivo de arveja china



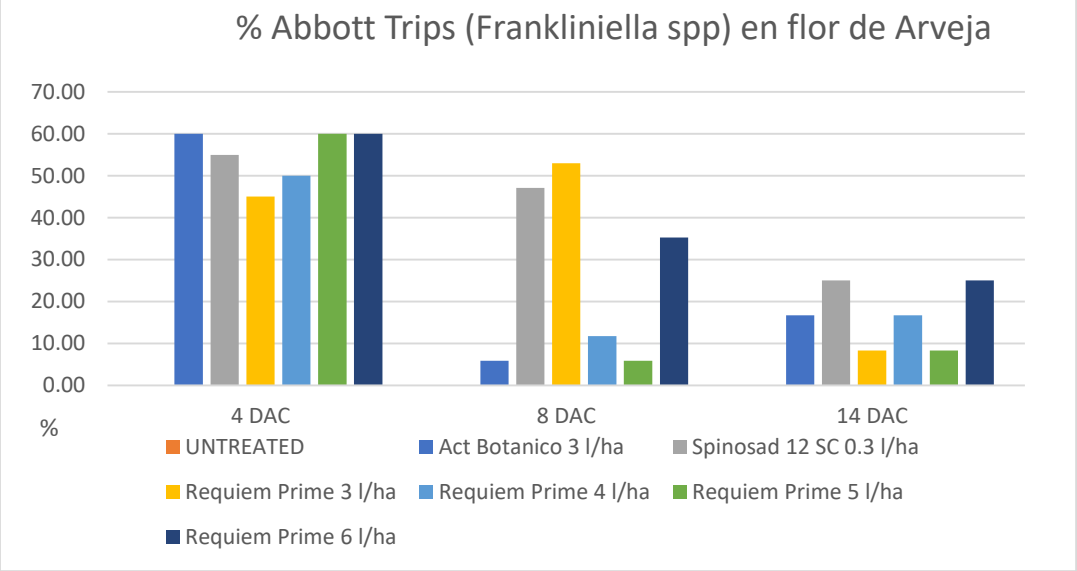
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 21: Eficacia Abbott del control de Trips por ápice en el cultivo de arveja china de acuerdo a diferentes dosis de los insecticidas evaluados.

El cálculo de la eficacia de control de trips por flor en el cultivo de Arveja se realizó mediante la fórmula de Abbott, en el cual se refleja que el mejor tratamiento para el control de Trips es por parte de Spinoace 12 SC, dicha eficacia de control se vio reflejado en casi todos los muestreos realizados llegando a una eficacia promedio de 42.4 % de control. En el caso del testigo comercial el valor promedio es menor a los tratamientos de Requiem prime ® a

razón de 3 L/ha, 4 L/ha y 6 L/ha (a excepción del tratamiento a razón de 5 Litros/Ha) con un valor de 27.5 %.

Dentro de los tratamientos de Requiem prime ® el tratamiento con menor eficacia de control lo presento Requiem ® a razón de 5 L/ha con un valor promedio de 24.73 %, y el tratamiento con Mejor control a nivel de flor fue Requiem prime ® a razón de 6 L/ha, con un valor de eficacia de control promedio de 40.1 %.



Fuente: elaboración propia, 2018.

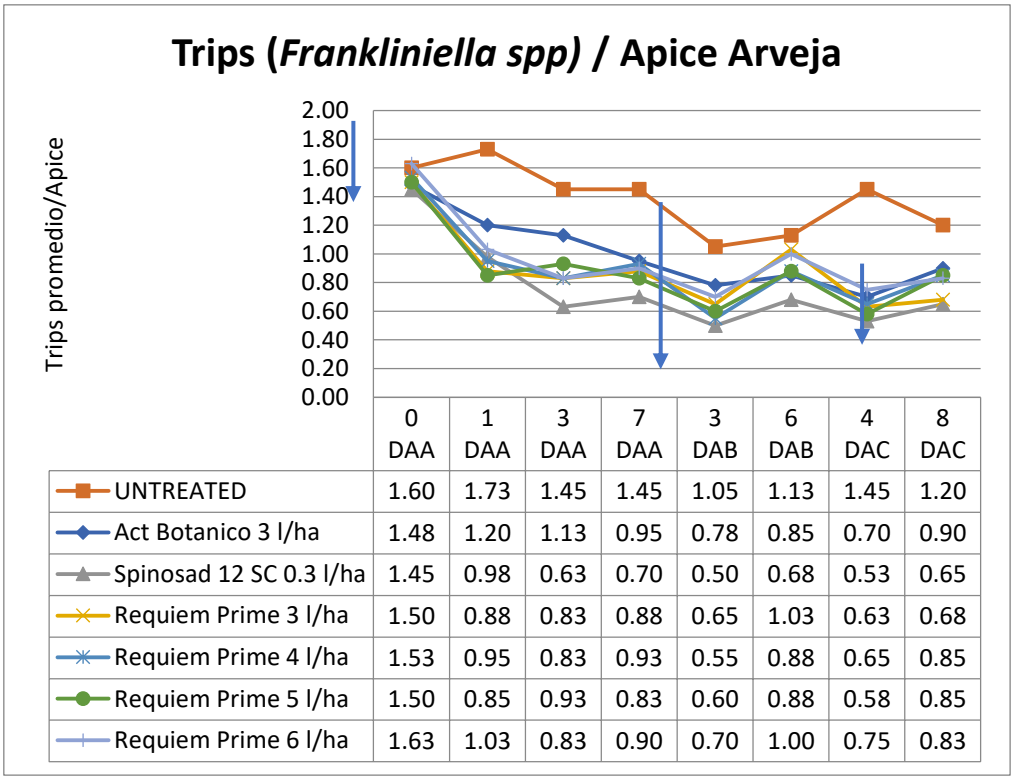
Figura 22: Eficacia Abbott del control de Trips por flor de acuerdo a diferentes dosis de insecticidas evaluados.

c. Progreso de la población de Trips en el cultivo de arveja china.

El grafico número 7, muestra el progreso de la población de trips conforme el tiempo y en este se puede apreciar que el testigo absoluto la población disminuye conforme el tiempo, pero mantiene la mayor densidad en comparación con los demás tratamientos evaluados.

En cada uno de los tratamientos se presentó la disminución de la densidad insectil después de la aplicación de los productos, sin embargo, posterior a la

última aplicación la fluctuación el cual corresponde a los 21 días después (ultimo muestreo presentado en el gráfico) de la primera aplicación la población insectil aumento para todos los tratamientos evaluados (excepto el testigo). Según el comportamiento de la población insectil dentro del ensayo establecido en la aldea Joya Grande Zaragoza, Chimaltenango, el grafico refleja que la cantidad de trips aumenta después de 3 días en promedio, de haber realizado la aplicación en los tratamientos a base de Requiem Prime ®. En el grafico puede observarse que la línea de progreso de la plaga para el tratamiento a base de Spinoace ® posee la menor densidad de trips, considerándolo como el mejor tratamiento para el control de dicha plaga. Es importante mencionar que durante la evaluación no se presentaron lluvias, por lo que no hubo efecto del mismo en la población insectil.



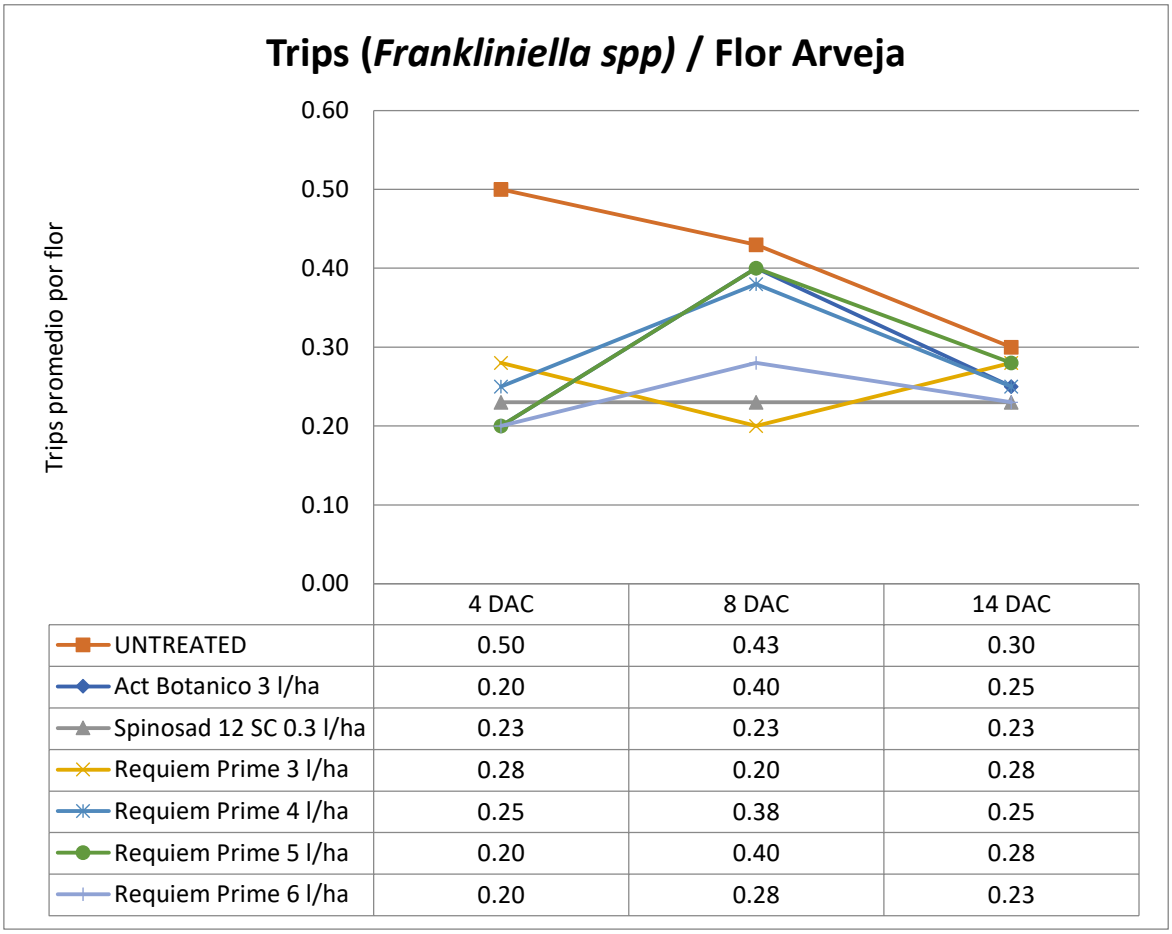
	0 DAA	1 DAA	3 DAA	7 DAA	3 DAB	6 DAB	4 DAC	8 DAC
UNTREATED	1.60	1.73	1.45	1.45	1.05	1.13	1.45	1.20
Act Botanico 3 l/ha	1.48	1.20	1.13	0.95	0.78	0.85	0.70	0.90
Spinosad 12 SC 0.3 l/ha	1.45	0.98	0.63	0.70	0.50	0.68	0.53	0.65
Requiem Prime 3 l/ha	1.50	0.88	0.83	0.88	0.65	1.03	0.63	0.68
Requiem Prime 4 l/ha	1.53	0.95	0.83	0.93	0.55	0.88	0.65	0.85
Requiem Prime 5 l/ha	1.50	0.85	0.93	0.83	0.60	0.88	0.58	0.85
Requiem Prime 6 l/ha	1.63	1.03	0.83	0.90	0.70	1.00	0.75	0.83

Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 23: Progreso de la población de Trips en ápices en el cultivo de arveja de los tratamientos evaluados.

En la figura número 24 del presente documento se presenta la población insectil de trips en flores de arveja china, pero es importante mencionar que las lecturas

correspondientes a los resultados graficados fueron días en donde no se realizaron la aplicación de los productos evaluados. En el grafico para las tres lecturas realizadas, se aprecia que la población insectil en el testigo es mayor a la población insectil de los productos evaluados, en este caso el tratamiento en donde la población insectil es baja, corresponde al tratamiento Spinosad ® a razón de 0.3 L/ha, y después de este el tratamiento a base de Requiem prime ® a razón de 3 L/ha.



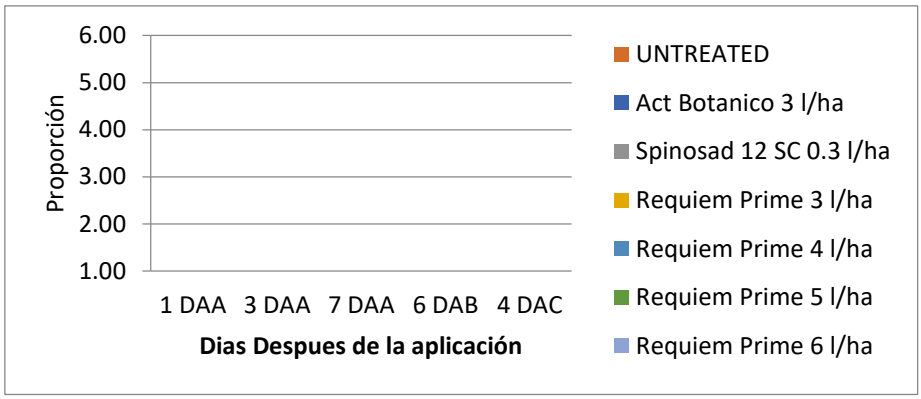
	4 DAC	8 DAC	14 DAC
UNTREATED	0.50	0.43	0.30
Act Botanico 3 l/ha	0.20	0.40	0.25
Spinosad 12 SC 0.3 l/ha	0.23	0.23	0.23
Requiem Prime 3 l/ha	0.28	0.20	0.28
Requiem Prime 4 l/ha	0.25	0.38	0.25
Requiem Prime 5 l/ha	0.20	0.40	0.28
Requiem Prime 6 l/ha	0.20	0.28	0.23

Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 24: Progreso de la población de Trips en flores en el cultivo de arveja china.

B. Determinación de la compatibilidad del insecticida Requiem® (*Chenopodium ambrosiodes*) para el control de Trips (*Frankliniella occidentalis*) en arveja china (*Pisum sativum*)

En el último grafico el cual corresponde a la figura 25, representa la fitotoxicidad evaluada en el cultivo ante los tratamientos evaluados, en la presenta evaluación no existió fitotoxicidad, por lo que todos los tratamientos evaluados, y en especial Requiem prime ® es compatible con el cultivo de arveja china (***Pisum sativum***)



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 25: Compatibilidad de los productos evaluados para el control de Trips en el cultivo de Arveja.

Chenopodium ambrosioides funciona como insecticida de contacto y controla insectos chupadores mediante la degradación del exoesqueleto y las articulaciones de los insectos, interrupción de la respiración y con la perturbación de la capacidad de búsqueda y localización de alimentos, con lo que se detienen los daños a los cultivos (Fuentes 2014), y por el efecto antes descrito se pudo observar que el control asciende hasta un 42.51 %, determinando que Requiem prime® general control contra los trips. El efecto de control también se presentó en campo en la investigación de Fuentes 2014 en el cultivo cebolla, y la investigación de Cloy y Chiasson 2007 en plantas ornamentales bajo condiciones de invernaderos.

C. Evaluación del servicio

La determinación de la eficacia biológica de Requiem prime ® para el control de trips en el cultivo de arveja china bajo las condiciones del área de estudio, son parte de diversas pruebas realizadas para validad el producto mencionado. La evaluación realizada demuestra que el control por parte de Requiem prime ® asciende hasta un 42.51 %, determinando que es efectivo. Los beneficios de la

utilización de un producto biológico efectivo, tal como se demostró en la evaluación realizada, garantizan que el producto a comercializar es de calidad y confiable para los clientes finales, dado que la mayor eficacia para el control de Trips en el cultivo de arveja china corresponde a 5 L/ha y no genera fitotoxicidad en el cultivo.

3.1.5. CONCLUSIONES

A. La dosis de Requiem prime ® con mayor eficacia para el control de Trips en el cultivo de arveja china corresponde a 5 L/ha, con un valor 18.73 unidades según el análisis del área bajo la curva.

B. La dosis de Requiem prime ® con mayor eficacia para el control de Trips en el cultivo de arveja china corresponde a 5 L/ha, el cual según la eficacia Abbott se obtuvo un promedio de control del 42.51 %

C. El producto Requiem Prime ® no genera fitotoxicidad en el cultivo de arveja china, considerándolo fitocompatible al mismo.

D. Mediante la determinación de la nula fitotoxicidad y la dosis con mayor eficacia para el control de Trips en el cultivo de arveja china, Requiem prime ® será validado para su uso adecuado en campo.

3.2. Evaluación del insecticida Requiem prime ® para el control de Trips *(Frankliniella occidentalis)* y el Pulgon (*Myzus persicae*) en el cultivo de arveja china (*Pisum sativum L.)* en la aldea Xenimajuyu, Tecpan, Chimaltenango, Guatemala.

3.2.1. PRESENTACIÓN

Dentro de las numerosas hortalizas la arveja china como cultivo no tradicional de exportación resulto exitoso al momento de su implementación, ya que actualmente la producción nacional esta conformado en su base productiva por agrupaciones de pequeños productores de la región del altiplano central los cuales han posicionado a Guatemala como uno de los principales exportadores de arveja a nivel mundial con un 13.4 % del total de las exportaciones; le siguen Francia 11.60 %, Rusia 9.40 %, China 8.11 % y Holanda 5.28 %. Guatemala exporta principalmente a Estados Unidos (82%) (siendo este el principal destino), seguido por el Reino Unido (8 %), Holanda (4 %), Canadá (3 %) y México (2 %) (MINECO 2015).

La base de la importancia de la arveja china es su exportación, y ante los requerimientos y exigencias de los principales mercados de exportación de este cultivo, la presentación de las vainas de arveja juega un papel importante, ya que son numerosos los factores que interfieren para cumplir los requerimientos del mercado. De los factores que afectan la calidad de la arveja, las plagas y enfermedades dentro del cultivo han sido de vital importancia por la gran cantidad de producto rechazado por exportadoras y mercados internacionales, ya sea por la presencia de manchas, daños mecánicos o por el uso de productos químicos restringidos para el control de las plagas y enfermedades.

Dentro de las plagas de importancia económica en el cultivo de la arveja china en Guatemala están: Los Trips (***Frankliniella occidentalis*** *y* ***Thrips tabaci****)* los pulgones (***Myzus persicae***), larvas cortadoras de lepidópteros (Spodptera sp, Agriotis sp y Trichoplusia sp.) y moscas minadoras (***Liriomyza spp***.), los cuales generan pérdidas considerables si no son controladas en el momento adecuado, afectando la productividad y la calidad de la vaina de arveja. En el caso de la

plaga denominada comúnmente como Trips, estos insectos son considerados como una de las plagas insectiles más importantes en el cultivo de arveja en Guatemala la cual genera rechazo en la arveja por el daño que ocasiona en las vainas (Calderón et al. 2000). Los daños se clasifican de dos tipos, el primero es por la ovoposición de estos insectos en la vaina la cual genera manchas verdes y blancas con protuberancias que reducen la calidad del producto, y el segundo por la alimentación de los insectos ocasionando lesiones rectangulares de color negro. Las especies que afectan al cultivo de arveja china en Guatemala corresponden a dos ***Frankliniella occidentalis y Thrips tabaci***, las cuales fueron identificadas por Álvarez en 1993.

Otra de las plagas que afecta el cultivo de la arveja china en Guatemala es el insecto chupador denominado pulgón. Es una plaga de importancia en el cultivo de la arveja china en Guatemala, ya que esta, al presentarse de forma abundante genera perdida de vigor, clorosis y marchitez en las plantas de arveja. Es importante mencionar que la única especie que se presenta en las plantaciones de arveja es Myzus persicae (Sánchez y Sandoval 1995).

Es importante mencionar que la restricción impuesta en el uso de productos químicos para el control de plagas en la arveja china de exportación también juega un papel trascendental, ya que no cualquier insecticida puede ser utilizado. Con este requerimiento de producción de arveja, el uso de productos biológicos los cuales son de bajo impacto al ambiente resulta una alternativa viable para controlar las poblaciones de Trips en el cultivo de Arveja; por este motivo el desarrollo del producto de origen biológico Requiem Prime ® se ha establecido por parte del departamento de investigación de la empresa Bayer CropScience. Requiem prime ® es el extracto de la planta conocida comúnmente como apazote (*Chenopodium ambrosioides),* funciona como insecticida de contacto y controla insectos chupadores.

3.2.2. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Evaluar el insecticida Requiem® (*Chenopodium ambroisoides*) para el control de Trips (Frankliniella occidentalis) y Pulgon (***Myzus persicae***) en el cultivo de arveja china (Pisum sativum L), en la aldea Xenimajuyú, Tecpan, Chimaltenango, Guatemala.

B. Objetivos específicos

1. Determinar la dosis del insecticida Requiem Prime ® (Chenopodium ambrosiodes) con mayor control de Trips (Frankliniella occidentalis) en apice y flor del cultivo de arveja china (Pisum sativum), en la aldea Xenimajuyú, Tecpan, Chimaltenango, Guatemala.

2. Determinar la dosis del insecticida Requiem Prime ® (Chenopodium ambrosiodes) con mayor control de Pulgon (*Myzus persicae*) en el cultivo de arveja china (Pisum sativum), en la aldea Xenimajuyú, Tecpan, Chimaltenango, Guatemala.

4. Determinar la compatibilidad del insecticida Requiem Prime ® (Chenopodium ambrosiodes) para el control de Trips (Frankliniella occidentalis) y Pulgon (*Myzus persicae*) en arveja china (Pisum sativum), en la aldea Xenimajuyú, Tecpan, Chimaltenango, Guatemala

3.2.3. MARCO TEÓRICO

A. Descripción de las plagas

a. Trips

Es considerada como una de las plagas insectiles más importantes en el cultivo de arveja en Guatemala la cual genera rechazo en la arveja por el daño que ocasiona en las vainas. Los daños se clasifican de dos tipos, el primero es por la ovoposición de estos insectos en la vaina la cual genera manchas verdes y blancas con protuberancias que reducen la calidad del producto, y el segundo por la alimentación de los insectos ocasionando lesiones rectangulares de color negro. Las especies que afectan al cultivo de arveja china en Guatemala corresponden a dos *Frankliniella occidentalis y Thrips tabaci*, las cuales fueron identificadas por Álvarez en 1993.

b. Pulgones

Es una plaga secundaria de la arveja en Guatemala, la cual al presentarse de forma abundante genera perdida de vigor, clorosis y marchitez en las plantas de arveja. Es importante mencionar que la única especie que se presenta en las plantaciones de arveja es Myzus persicae (Sánchez y Sandoval 1995).

B. Pruebas de eficacia biológica para productos de uso agrícola

Las pruebas de eficacia biológica, como la realizada, se hacen con la finalidad de determinar la eficacia y Fitotoxicidad de productos químicos o de origen biológico para el control de plagas y enfermedades, para esto deben implementan metodologías validadas, las cuales se adaptan dependiendo de las condiciones de cultivo y la dinámica de plagas, malezas y enfermedades (ICA s.f.). Para realizar una prueba de eficacia biológica es importante mencionar que es trascendental incluir en la prueba un análisis temporal y un análisis estadístico, con el fin de determinar que ingrediente activo y que dosis de la misma es la mejor para controlar una determinada enfermedad o plaga.

C. Área bajo la curva del progreso de la plaga insectil

El área bajo la curva se calcula integrando los rectángulos formados por el punto medio de la cantidad de insectos alcanzado en los diferentes tiempos en los que se monitoreo.

El análisis del área bajo la curva del es la técnica más recomendada cuando se requiere identificar la eficacia de productos evaluados, de acuerdo a las relaciones del progreso de la plaga, ya que con esta técnica se reduce la varianza, disminuye el coeficiente de variación, el cual es por lo regular alto en las evaluaciones de eficacia biológica aumentando la confiabilidad de las conclusiones (Bautista et al. 2009).

D. Análisis de la eficacia de productos fitosanitarios de acuerdo a la Eficacia Henderson & Tilton (H&T)

En los ensayos realizados con productos para el control de insectos y ácaros, su efectividad en el control de las poblaciones de la plaga se realiza calculando un porcentaje de eficacia de control, que relaciona la población, o densidad, de la plaga entre unidades experimentales empleadas (Tratamientos evaluados) en las que se realizan las aplicaciones, respecto a las unidades experimentales testigos, no tratada, y en el caso del cálculo de la eficacia H&T este es utilizado cuando la población inicial insectil es heterogéneo o de ciclo de vida muy corto (Andujar et al. 1997).

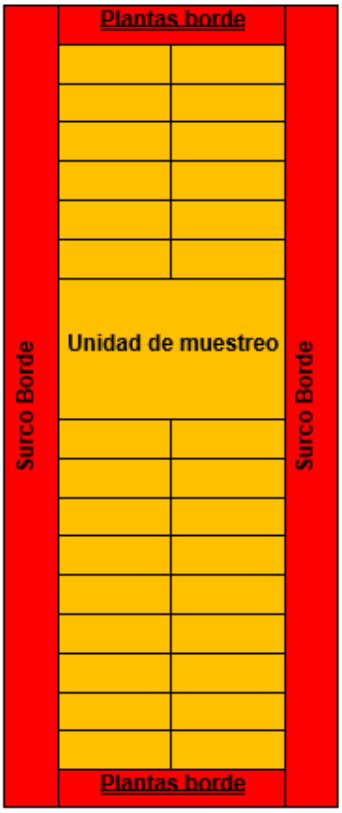
3.2.4. METODOLOGÍA

A. Área experimental

El experimento se realizó en la aldea Joya Grande municipio de Zaragoza, del departamento Chimaltenango, Guatemala. La plantación de arveja china está ubicada en las coordenadas 14.674323,-90.882471 a una altura de 2040 m.s.n.m. El área utilizada en la parcela de arveja china para la evaluación de Requiem ® fue de 252 metros cuadrados.

B. Unidad experimental

Cada unidad experimental estuvo compuesta por 4 surcos, en donde los dos surcos centrales conformaron la unidad de muestreo. Los surcos tuvieron un distanciamiento entre surcos de 1 metro, y un largo de los surcos de 3 metros, lo que conformo un área por unidad experimental de 9 m^2 netos. El distanciamiento entre plantas será de 0.2 metros, lo que equivalió 15 posturas por unidad experimental, y se dejó una postura para evitar el efecto borde.



Fuente: elaboración propia: 2018.

Figura 26: Croquis de la unidad experimental para la evaluación del extracto de *Chenopodium ambrosioides* en el cultivo de arveja china.

C. Descripción de los tratamientos

Cuadro 25: Tratamientos evaluados en la prueba de eficacia en el cultivo de arveja china para el control de Trips

No. de tratamiento	Tratamiento	Dosis (L/ha)	Ingrediente activo
T1	Testigo	--	--
T2	Act botánico ®	3	Extracto de ***Azadirachta indica***
T3	Engeo ®	0.35	Tiametoxam+ Lambdacialotrin
T4	Requiem ®	3	Extracto de ***Chenopodium ambrosioides***
T5	Requiem ®	4	Extracto de ***Chenopodium ambrosioides***
T6	Requiem ®	5	Extracto de ***Chenopodium ambrosioides***
T7	Requiem ®	6	Extracto de ***Chenopodium ambrosioides***
T8	Requiem ® + Engeo ®	0.35 y 4	--

Fuente: elaboración propia, 2018.

a. Tiametoxam y Lambdacialotrin

El tiametoxam, es un neonicotinoide sistémico de alta residualidad, que controla insectos chupadores, posee un modo de acción el cual afecta la transmisión de impulsos entre las células nerviosas, y en el caso de la lambdacialotrina es un piretroide que actúa sobre insectos succionadores y masticadores con un modo de acción que afecta las membranas de las células nerviosas interfiriendo en los impulsos nerviosos de los insectos afectados, otorgando rápida acción en el

control de insectos. Los dos ingredientes activos mencionados anteriormente se comercializan bajao el nombre de **ENGEO ®** de la empresa SYNGENTA, dicho producto se encuentra bajo la presentación de suspensión concentrada y suspensión de encapsulado (ZC) en una relación de 14.1 % y 10.6 % de los ingredientes activos sobre 100 ml de producto.

b. Extracto de Chenopodium ambrosioides

El extracto de la planta conocida comúnmente como apazote (*Chenopodium ambrosioides),* funciona como insecticida de contacto y controla insectos chupadores. El extracto de *Chenopodium ambrosioides* es de bajo impacto ambiental y comercialmente se encuentra con el nombre de **Requiem ® 25 CE**, el cual posee 25 % de extracto el cual posee 16.75 % de ingredientes activos. El extracto posee tres mecanismos de acción:

1. Debilita la cubierta de los insectos y afecta las articulaciones ocasionándoles heridas, perdida de fluidos y limitación de movimientos.
2. Obstruye las vías respiratorias de los insectos ocasionándoles asfixias.
3. Evita que los insectos localicen fácilmente los cultivos.

c. Extracto de Neem

Suspensión concentrada del extracto de Neem (*Azadirachta indica*), el cual es utilizado como insecticida debido a la Azadiractina el cual posee efectos tóxicos sobre los insectos. El modo de acción del extracto de Neem es múltiple ya que actúa sobre el crecimiento del insecto impidiendo que este se desarrolle; bloquea la acción de succionar y comer de algunos insectos; actúa como repelente evitando que las algunas plagas realicen puestas; actúa también sobre los procesos de apareamiento y reproducción, reduciendo la fecundidad de los insectos tratados.

D. Diseño experimental

El experimento se estableció bajo el formato de bloques al azar con cuatro repeticiones a campo abierto.

	Bloque I
	Bloque II
	Bloque III
	Bloque IV

T4	T5	T1	T3	T2	T6	T8	T7
T2	T1	T6	T5	T7	T4	T3	T8
T3	T8	T7	T4	T2	T1	T5	T6
T4	T5	T6	T8	T7	T3	T1	T2

Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 27: Croquis del diseño experimental propuesto para la evaluación de Requiem ® en el cultivo de arveja china para el control de Trips y pulgón

Las variables de respuesta medidos en la evaluación fueron 1) Número de estados móviles de trips por ápice en crecimiento. En cada unidad experimental se seleccionaron 10 ápices en total. 2) Número de estados móviles de trips por flor. En cada unidad experimental se seleccionaron 10 flores en total, se realizó el conteo de trips en cada flor. 3) Numero de pulgones por planta, en este caso se seleccionaron 10 plantas y se realizó el conteo de los pulgones presentes.

E. Modo de aplicación

La aplicación se realizó al follaje a 15 días después de la siembra, previo a la aplicación se realizó la calibración del equipo. Para la aplicación de los diferentes productos de los tratamientos se utilizó una bomba de mochila manual, con boquillas tipo cono abierto.

F. Momento y frecuencia de aplicación y muestreos

La aplicación de los productos se realizó en la etapa vegetativa y de floración. Para esto se contempló 3 aplicaciones con frecuencia de una semana. La cantidad de muestreos para trips realizados en ápices fueron de 9 y en flor de 5, y en el caso de los pulgones se realizaron 9 muestreos.

La metodología a utilizada para el muestreo consistió en seleccionaron 10 ápices en crecimiento de cada unidad experimental para cuantificar el número de estados móviles de trips en ápices y flores, así como el conteo de pulgones por planta. En el muestreo de trips, se abrieron los ápices para cuantificar los trips móviles, y en la etapa de floración se realizó lo mismo, observando la cantidad de trips por flor. El umbral que se utilizó fue de 2 trips/ápice y 1 trips/flor.

Cuadro 26: Fecha y numero de aplicación de los productos evaluados y muestreos realizados para evaluar Requiem Prime ® en Trips y Pulgones.

Fecha	Actividad
26/04/2018	Primera aplicación, Primer muestreo
28/04/2018	Segundo muestreo
03/05/2018	Tercer muestreo
07/05/2018	Cuarto muestreo
10/05/2018	Segunda aplicación. Quinto muestreo
14/05/2018	Sexto muestreo
17/05/2018	Tercera aplicación. Séptimo muestreo
22/03/2018	Octavo muestreo
24/03/2018	Noveno muestreo

G. Análisis de información

La información obtenida de los muestreos realizados de trips y pulgones utilizada para determinar la eficacia de los tratamientos evaluados se utilizó para el cálculo del área bajo la curva de la población insectil, y la eficacia Henderson & Tilton de los tratamientos evaluados, el cálculo del área bajo la curva y la eficacia Abbott se realizó mediante el programa estadístico Scout ®. El progreso de la población insectil, tanto en de trips como pulgones se representaron en un gráfico de líneas donde los ejes de las ordenadas representan el numero promedio de trips por flor y ápice, y el eje de las abscisas el número de días después de la primera, segunda y tercera aplicación.

La fitocompatibilidad de los productos evaluados en el cultivo de arveja china, se analizó a partir de un gráfico de barras y los valores dados para el grado de fitocompatibilidad a partir de la escala propuesta por Bayer CropScience S.A.

3.2.5. RESULTADOS

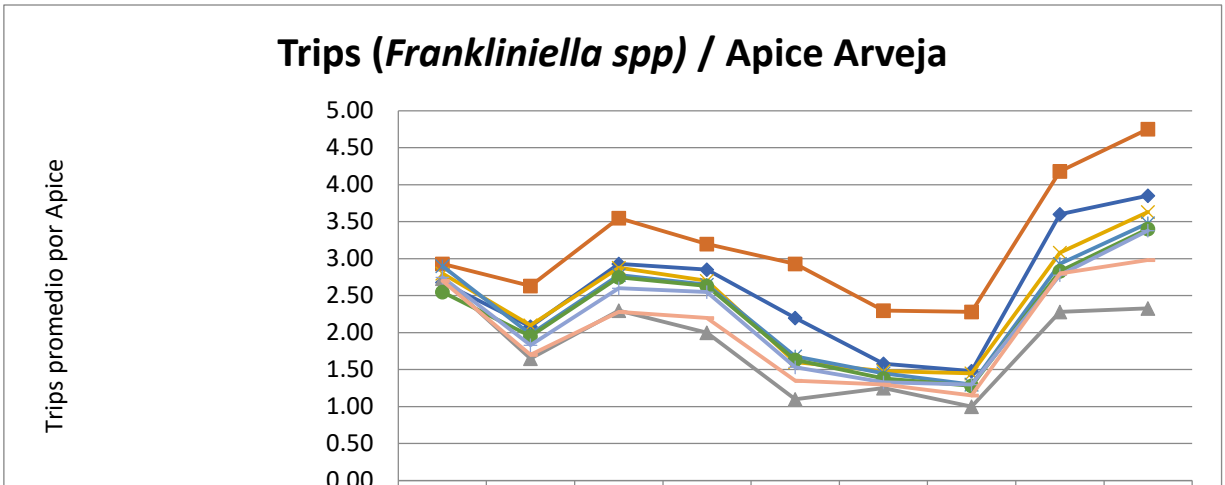
A. Determinación de la dosis del insecticida Requiem Prime ® (Chenopodium ambrosiodes) con mayor control de Pulgon (*Myzus persicae*) y de Trips (Frankliniella occidentalis)

Es importante mencionar que dentro de los tratamientos evaluados en el ensayo establecido en la parcela ubicada en la aldea Xenimajuyu, Tecpan, Chimaltenango, el tratamiento a base de ENGEO ® es de carácter químico, por lo que su efecto en la población de trips por ápice es rápido, disminuyendo notablemente la población de trips, tal como se refleja en el gráfico de la figura 28, en contraparte en el ensayo también se observó que la población de trips en el testigo absoluto, el cual corresponde al tratamiento sin ninguna aplicación de productos para el control de la plaga de trips, reflejo la mayor cantidad de trips por ápice.

Es importante mencionar qué en el ensayo realizado, se aplicó de forma alternada ENGEO ® a razón de 0.35 L/ha con Requiem prime ® a razón de 4 L/ha, el cual produjo un considerable control en la población de trips, similar al tratamiento a base de ENGEO ®, lo que refleja un adecuado control de trips. En

el caso de los tratamientos realizados a base Requiem prime ® los tratamientos con mayor control de la población de trips fue a razón de 5 L/ha y 6 L/ha. En el caso del tratamiento a base de ActBotanico ® este resulto ser el tratamiento con menor control para la población de trips, como puede observarse en el gráfico de la figura 28, el tratamiento pose la mayor cantidad de trips por ápice solo después del testigo absoluto (sin aplicación de ningún producto de control).
Durante el desarrollo del ensayo, las lluvias afectaron las poblaciones de trips para todos los tratamientos evaluados, tal como se puede observar en el grafico 12, ya que a partir del día 11 después de la primera aplicación (4 DAB, como se muestra en el gráfico) día del inicio de lluvias con una cantidad promedio de 25 mm de lámina, el descenso de la cantidad de trips por ápice fue disminuyendo considerablemente al compararlo con la población inicial, y es hasta el día 21 después de la primera aplicación (7 DAC) que la población aumento de nuevo justo cuando las lluvias terminaron.

En este caso el grafico refleja la disminución del número de trips por ápice luego de las aplicaciones de los tratamientos, posterior a las aplicaciones realizadas el aumento del número de trips por ápice se da luego de 7 días después de aplicados los productos, sin embargo, es importante mencionar que esto se refleja únicamente en la segunda lectura (2 DAA) ya que no hubo efecto de las lluvias en el experimento.



	0 DAA	2 DAA	7 DAA	4 DAB	7 DAB	4 DAC	7 DAC	12 DAC	15 DAC
UNTREATED	2.93	2.63	3.55	3.20	2.93	2.30	2.28	4.18	4.75
AZADIRACHTIN 3 l/ha	2.68	2.08	2.93	2.85	2.20	1.58	1.48	3.60	3.85
ENGEO 0.35 l/ha	2.73	1.65	2.30	2.00	1.10	1.25	1.00	2.28	2.33
REQUIEM PRIME 3 l/ha	2.80	2.10	2.88	2.70	1.60	1.48	1.45	3.08	3.63
REQUIEM PRIME 4 l/ha	2.90	1.98	2.78	2.65	1.68	1.45	1.30	2.93	3.48
REQUIEM PRIME 5 l/ha	2.55	1.95	2.75	2.63	1.63	1.38	1.28	2.83	3.40
REQUIEM PRIME 6 l/ha	2.75	1.83	2.60	2.55	1.53	1.33	1.30	2.78	3.38
ENGEO-REQUIEM-ENGEO 0,35-4 l/ha	2.70	1.70	2.28	2.20	1.35	1.30	1.15	2.80	2.98

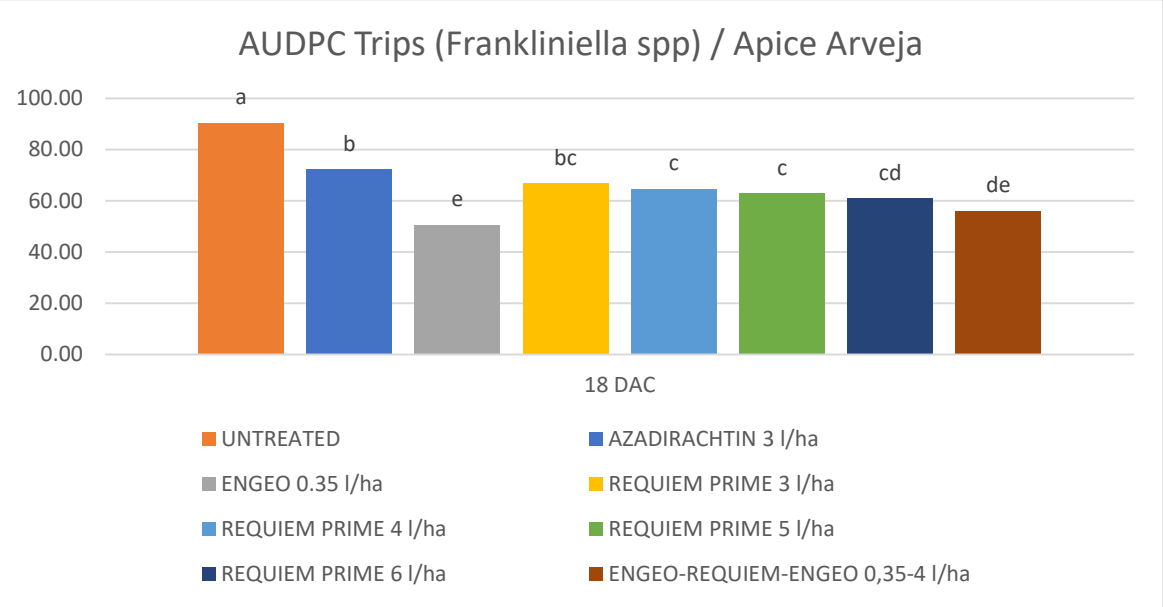
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 28: Progreso de la población insectil de Trips por ápice en el cultivo de arveja china Xenimajuyu, Tecpan, Chimaltenango

En el caso de la figura número 29 del presente documento se presenta el área bajo la curva de la población de Trips, en este se puede observar que el tratamiento con mayores unidades bajo la curva corresponde al testigo absoluto, con 90.5 unidades considerándolo como el tratamiento con mayor población de trips. Como se mencionó anteriormente, el producto ENGEO ® es un producto químico y este al ser evaluado con los demás productos de origen biológico, presento la menor cantidad de unidades bajo la curva, con un valor de 50.66, considerándolo como el mejor tratamiento evaluado, según la prueba de Tukey, para el control de trips.

Para el caso del tratamiento donde se alterna ENGEO ® y Requiem prime ®, según la prueba de Tukey resulto ser el segundo mejor tratamiento para el

control de Trips, con 56.13 unidades bajo la curva. En el caso de los tratamientos a base de Requiem prime ®, los tratamientos a razón de 5 y 6 L/ha no presentaron diferencia estadística según la prueba de Tukey, por lo que se consideran como los mejores tratamientos a base de Requiem prime ® para el control de trips, con 62.94 y 61.1 unidades bajo la curva respectivamente, en el caso de las dosis a razón de 3 L/ha y 4 L/ha estos no presentaron diferencias estadísticas entre si por lo que se catalogan como la tercera categoría con mejor control de trips, con 64.63 y 66.84 unidades bajo la curva. El tratamiento con menor control de trips según el ensayo establecido fue ActBotanico a razón de 4 L/ha, según la prueba de Tukey, con 72.36 unidades bajo la curva.

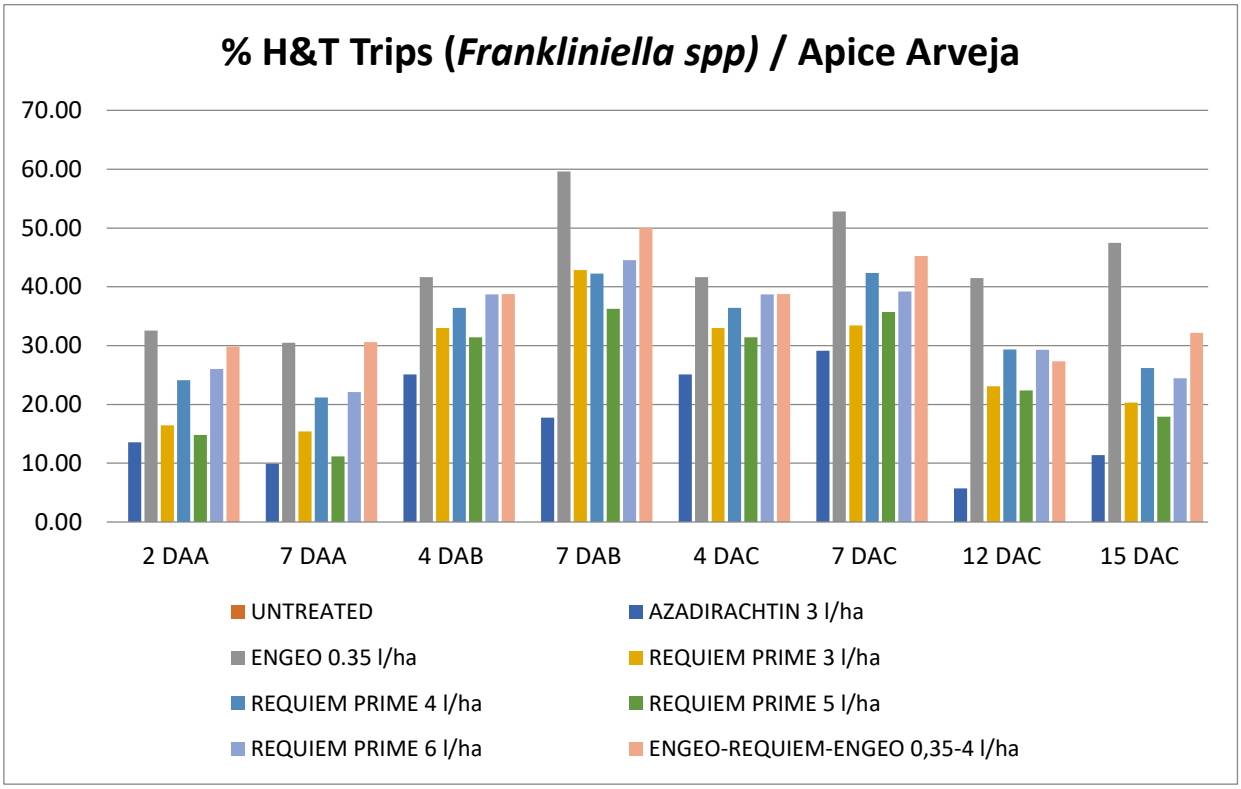


Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 29: Área bajo la curva del progreso de la población de Trips por ápice en el cultivo de arveja china, Xenimajuyu, Tecpan, Chimaltenango. en donde se clasifican los tratamientos evaluados de acuerdo al comparador múltiple de medias Tukey

En el caso de la eficacia de control según la fórmula de Henderson & Tilton, el mejor tratamiento con un 43.5 % de control fue el tratamiento a base de ENGEO ®, el caso del tratamiento a base de Requiem ® y ENGEO ® este fue el segundo tratamiento con mejor control de trips, con una eficacia de control de 36.6 %. Los tratamientos a base de Requiem prime ® los mejores tratamientos para el control de trips fueron a razón de 5 y 6 L/ha con 32.28 y 32.89 % de control

respectivamente. En el caso del tratamiento con menor control fue ActBotanico con una eficacia de control del 17.21 %.



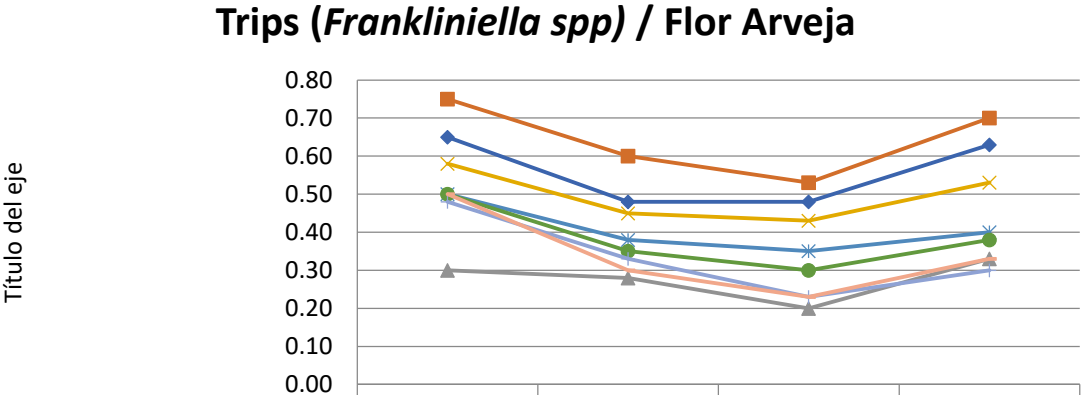
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 30: Porcentaje de eficacia de control por ápice en el cultivo de arveja china por la fórmula de Henderson & Tilton de acuerdo a diferentes dosis de los insecticidas evaluados.

El progreso de la población insectil en flores, de acuerdo a la figura 31, se observa un declive del mismo después del primer muestreo en flores, ya que para este se realizó la aplicación de los productos a evaluar y se dio inicio a las lluvias antes mencionadas, y al igual que en los datos por ápice, el aumento de la población en flores se dio a partir de los 21 días después de la primera aplicación.

En este caso se refleja que la cantidad de trips en el testigo absoluto fue mayor que los demás tratamientos, y al igual que en los resultados por apice, ENGEO ® presento la menor cantidad de trips por flor y el tratamiento con menor control

fue ActBotanico ®. La tendencia para el caso de los tratamientos a base de Requiem prime ® se refleja que la dosis a razón de 6 L/ha fue la que menor cantidad de trips presentaron. En el caso del tratamiento a base de ENGEO ® alternado con Requiem prime ® este presento un control similar a la dosis de Requiem prime ® a razón de 6 L/ha.



	7 DAB	4 DAC	7 DAC	12 DAC
UNTREATED	0.75	0.60	0.53	0.70
AZADIRACHTIN 3 l/ha	0.65	0.48	0.48	0.63
ENGEO 0.35 l/ha	0.30	0.28	0.20	0.33
REQUIEM PRIME 3 l/ha	0.58	0.45	0.43	0.53
REQUIEM PRIME 4 l/ha	0.50	0.38	0.35	0.40
REQUIEM PRIME 5 l/ha	0.50	0.35	0.30	0.38
REQUIEM PRIME 6 l/ha	0.48	0.33	0.23	0.30
ENGEO-REQUIEM-ENGEO 0,35-4 l/ha	0.50	0.30	0.23	0.33

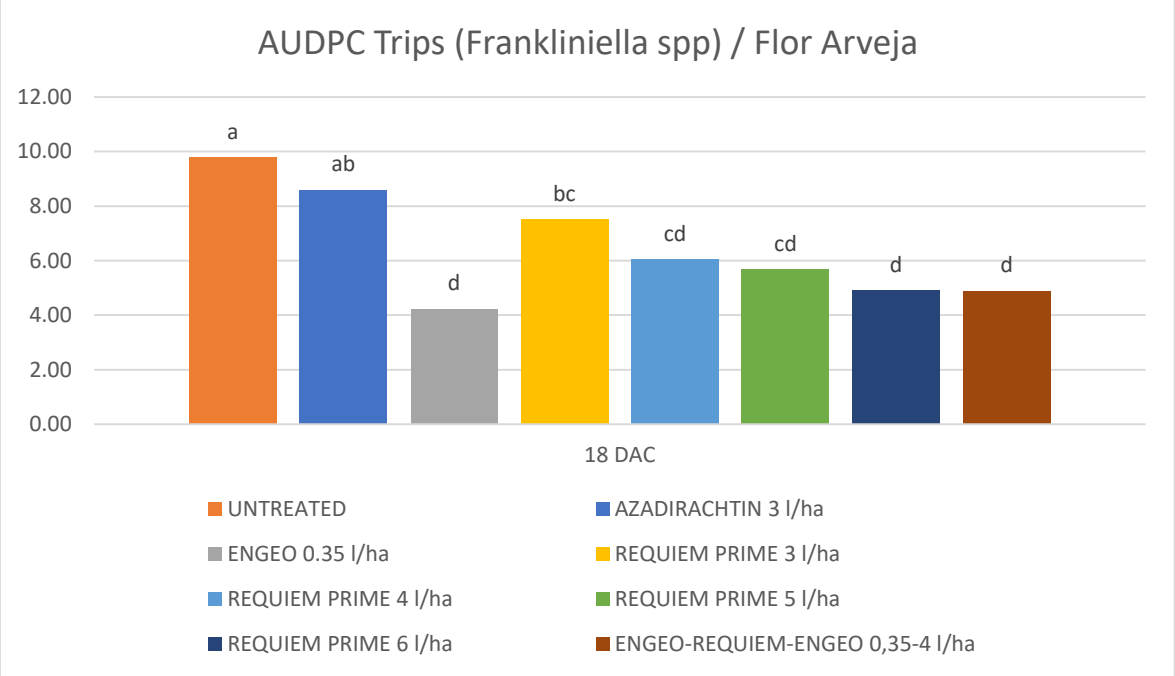
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 31: Progreso de la población de Trips por flor en el cultivo de arveja china en Xenimajuyu, Tecpan, Chimaltenango.

En el caso del área bajo la curva del progreso de la población de trips en flores y la prueba de Tukey determinaron que el mejor tratamiento para el control de trips en flores por su carácter químico es ENGEO ® con 4.23 unidades bajo la curva.

En el caso de los tratamientos a base de Requiem, el mejor tratamiento para el control de trips a nivel de flores, es a razón de 6 L/ha con 4.90 unidades bajo la curva, aclarando que este tratamiento no posee diferencia significativa con el tratamiento a base de ENGEO ® y Requiem prime ®, este último con 4.89

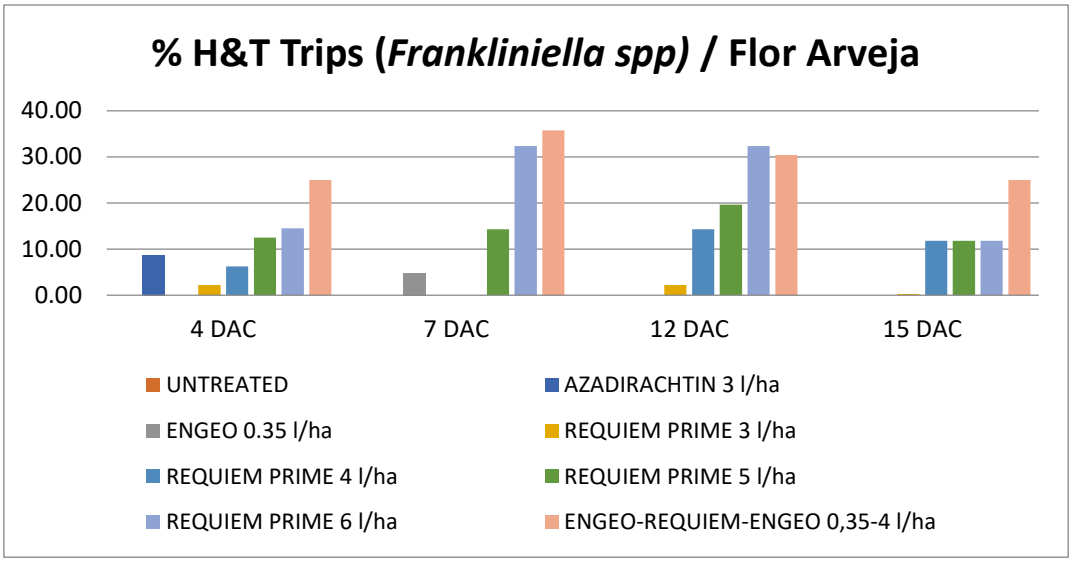
unidades bajo la curva. Para el caso de los tratamientos a razón de 4 y 5 L/ha estos no poseen diferencia estadística entre sí, por lo cual son considerados como los tratamientos con el tercer mejor control de trips a nivel de flores. A igual que los datos obtenidos a nivel de Apices, el tratamiento a base de AtBotanico resulto ser el tratamiento con menor control de trips a nivel de flores.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 32: Área bajo la curva del progreso de la población de trips por flor en el cultivo de arveja china de los tratamientos evaluados de acuerdo al comparador múltiple de medias Tukey.

Según la eficacia calculada por la fórmula de Henderson & Tilton, se refleja que el tratamiento con mejor control para trips es el tratamienot a base de ENGEO ® y los tratamientos a base de Requiem prime ® el que posee una mayor eficacia de control es el tratamiento a base de 6 L/ha.



Fuente: elaboración propia, 2018.

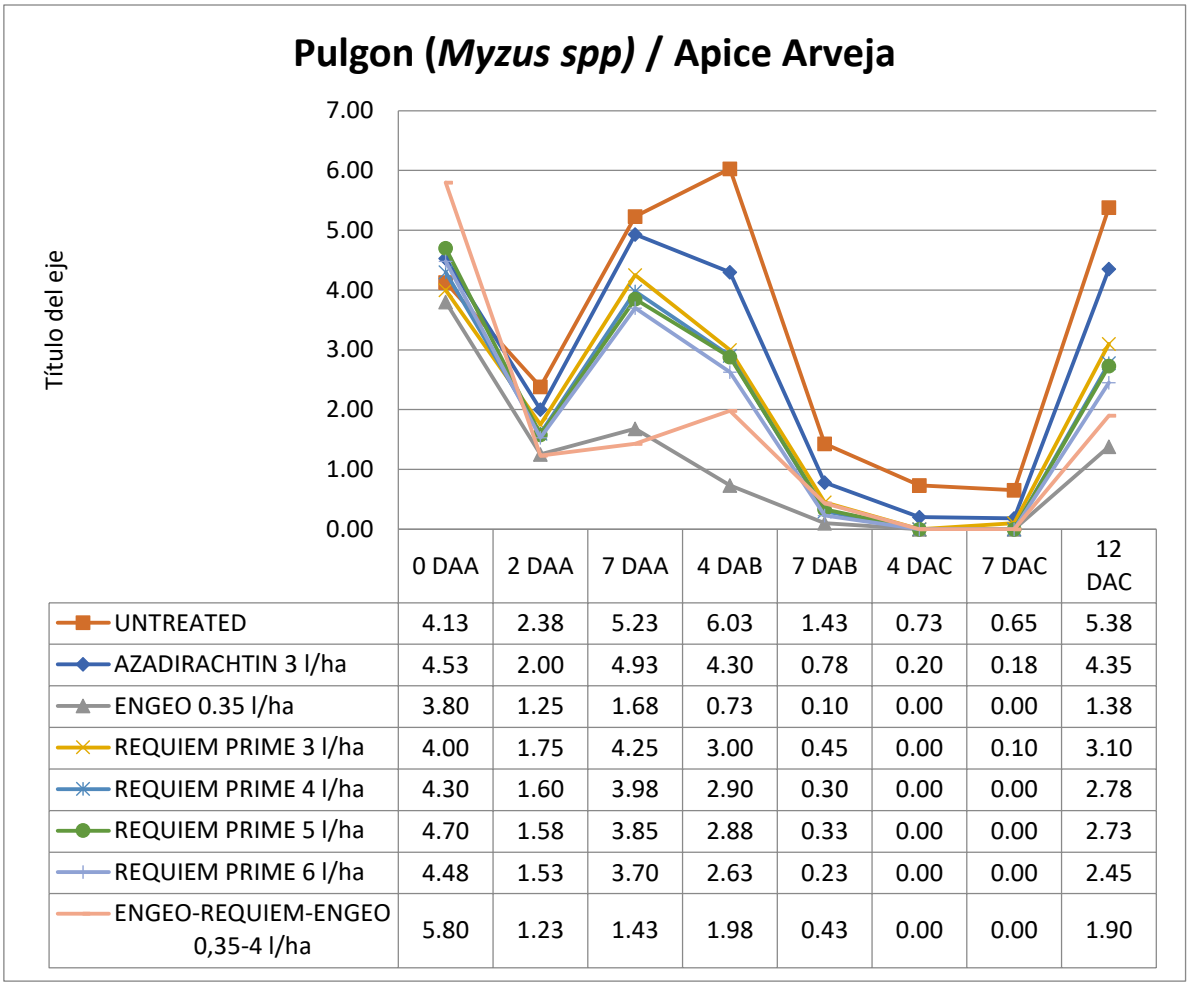
Figura 33: Porcentaje de eficacia de control de trips en flor en el cultivo de arveja china, determinado por medio de la formula Henderson & Tilton, de acuerdo a diferentes dosis de los insecticidas evaluados.

En el caso de la población de pulgones en el ensayo realizado, al igual que la población de trips, las lluvias afectaron la población de pulgones para todos los tratamientos evaluados, ya que a partir del día 11 después de la primera aplicación (4 DAB, como se muestra en el gráfico) da el inicio de lluvias con una cantidad promedio de 25 mm de lámina de agua, el descenso de la cantidad de pulgones por planta fue considerable al compararlo con la población inicial, y es hasta el día 21 después de la primera aplicación (7 DAC) que la población aumento de nuevo justo cuando las lluvias terminaron.

Al igual que los trips, el grafico muestra la disminución del número de pulgones por planta luego de las aplicaciones de los tratamientos, posterior a las aplicaciones realizadas el aumento del número de trips por ápice se da luego de 7 días después de aplicados los productos, sin embargo, es importante mencionar que esto se refleja únicamente en la segunda lectura (2 DAA) ya que hubo efecto de las lluvias en el experimento.

En el experimento realizado el tratamiento a base de ENGEO ® que es de carácter químico, por lo que su efecto en la población de pulgones por planta disminuyó notablemente, tal como se refleja en la figura 34. En el ensayo también se observó que la población de pulgones en el testigo absoluto, reflejo la mayor cantidad de pulgones por planta.

También es importante mencionar qué se aplicó de forma alternada ENGEO ® a razón de 0.35 L/ha con Requiem prime ® a razón de 4 L/ha, el cual produjo un considerable control en la población de pulgones, similar al tratamiento a base de ENGEO ®, lo que refleja un adecuado control de trips. En el caso de los tratamientos a base Requiem prime ® los tratamientos con mayor control de la población de pulgones fueron a razón de 5 L/ha y 6 L/ha. En el caso del tratamiento a base de ActBotanico ® este resulto ser el tratamiento con menor control, como puede observarse en la figura 34, el tratamiento pose la mayor cantidad de trips por ápice solo después del testigo absoluto (sin aplicación de ningún producto de control)



	0 DAA	2 DAA	7 DAA	4 DAB	7 DAB	4 DAC	7 DAC	12 DAC
UNTREATED	4.13	2.38	5.23	6.03	1.43	0.73	0.65	5.38
AZADIRACHTIN 3 l/ha	4.53	2.00	4.93	4.30	0.78	0.20	0.18	4.35
ENGEO 0.35 l/ha	3.80	1.25	1.68	0.73	0.10	0.00	0.00	1.38
REQUIEM PRIME 3 l/ha	4.00	1.75	4.25	3.00	0.45	0.00	0.10	3.10
REQUIEM PRIME 4 l/ha	4.30	1.60	3.98	2.90	0.30	0.00	0.00	2.78
REQUIEM PRIME 5 l/ha	4.70	1.58	3.85	2.88	0.33	0.00	0.00	2.73
REQUIEM PRIME 6 l/ha	4.48	1.53	3.70	2.63	0.23	0.00	0.00	2.45
ENGEO-REQUIEM-ENGEO 0,35-4 l/ha	5.80	1.23	1.43	1.98	0.43	0.00	0.00	1.90

Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 34; Progreso de la población de Pulgones por planta en el cultivo de arveja china en Xenimajuyu, Tecpan, Chimaltenango.

En el ensayo realizado, se reflejó la característica del tratamiento absoluto, el cual presento el valor más alto del área bajo la curva del progreso de la población insectil y El tratamiento con mayor control de pulgones según el área bajo la curva del progreso de la población de pulgones y la prueba de Tukey, es el tratamiento a base de ENGEO ® y el tratamiento con menor control es el tratamiento a base de ActBotanico ® con 26.88 y 76.85 unidades bajo la curva respectivamente. En el caso de los tratamientos a base de Requiem prime ®, los tratamientos a razón de 3 L/ha, 4 L/ha y 5 L/ha no presentaron diferencias estadísticas catalogándolos como los tratamientos con el tercer mejor control de pulgones, con valores del área bajo la curva de 59.34, 54.59 y 53.91 unidades bajo la curva. Dentro de los tratamientos con mayor control a base de Requiem

prime ® el mejor tratamiento fue a razón de 6 L/ha. Es importante mencionar que el tratamiento donde se alternó ENGEO ® y Requiem prime ® resulto ser el segundo mejor tratamiento para el control de pulgones con un valor del área bajo la curva de 36.25 unidades bajo la curva.

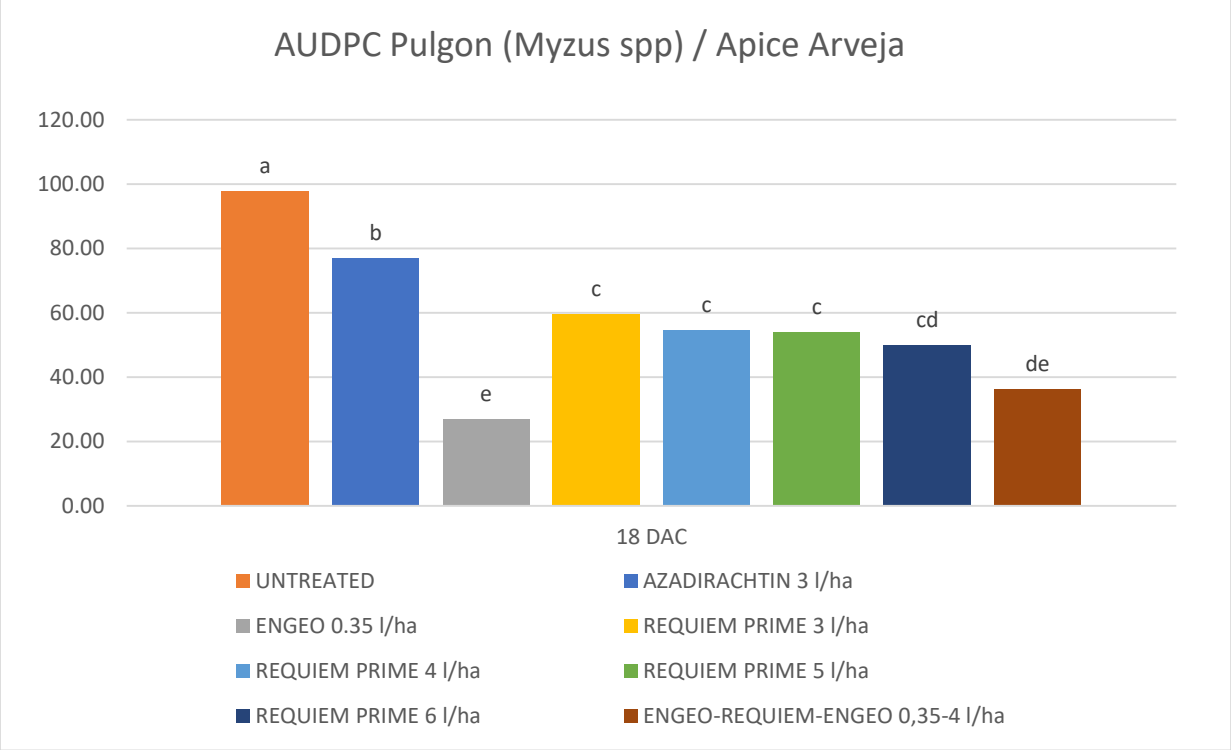
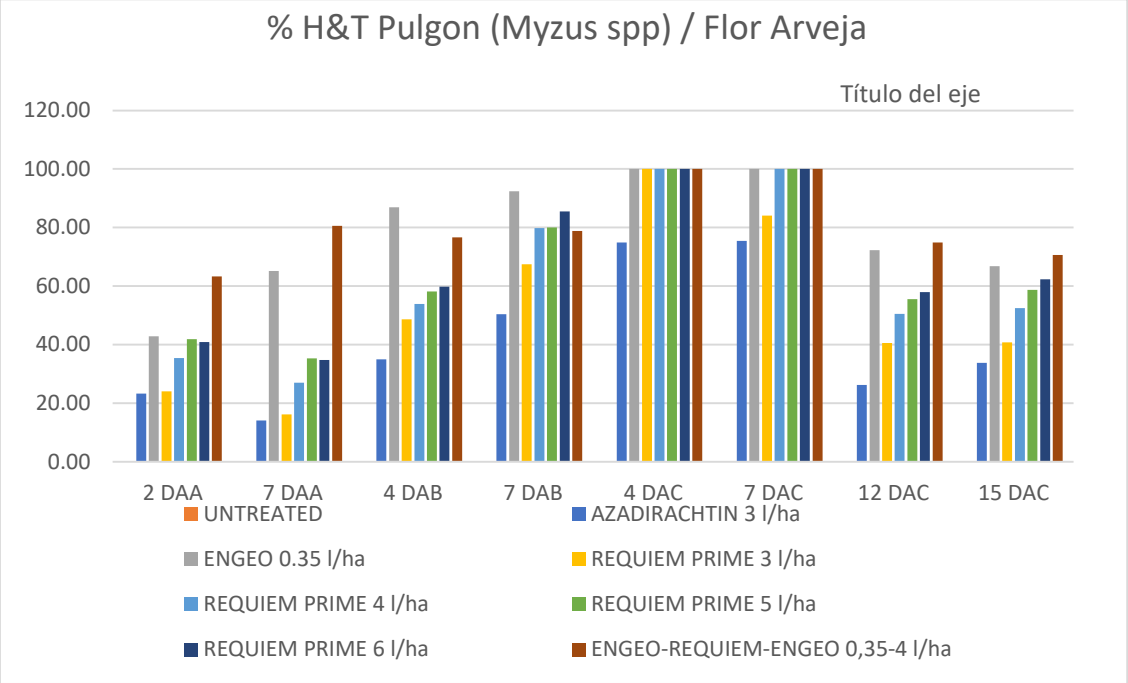


Figura 35: Área bajo la curva del progreso de la población de pulgones por planta en el cultivo de arveja china, en donde se clasifican los tratamientos evaluados de acuerdo al comparador múltiple de medias Tukey.

Con los resultados obtenidos de la fórmula de Henderson & Tilton para determinar la eficacia de control de pulgones en el cultivo de arveja china, se determinó que los mejores tratamientos para el control de los pulgones fueron los tratamientos a base de ENGEO ® y ENGEO ® y Requiem Prime ® (alternado) con valores de 78.30 % y 80 % de control. En el caso de los tratamientos a base Requiem prime ® los tratamientos con mayor control fueron los tratamientos a razón de 5 y 6 L/ha con valores de eficacia de control de 66.17 y 67.6 % de control. En el caso del tratamiento con el menor control de pulgones, en el ensayo realizado fue ActBotanico a razón de 41.61 % de eficacia de control. Es

importante mencionar que el grafico de la figura 36 muestra que en los muestreos realizados a los 14 y 21 días después de la primera aplicación los valores de eficacia de control ascienden hasta el 100 % en algunos tratamientos, y esto se atribuye por el efecto de las lluvias que se dieron durante el desarrollo del ensayo.

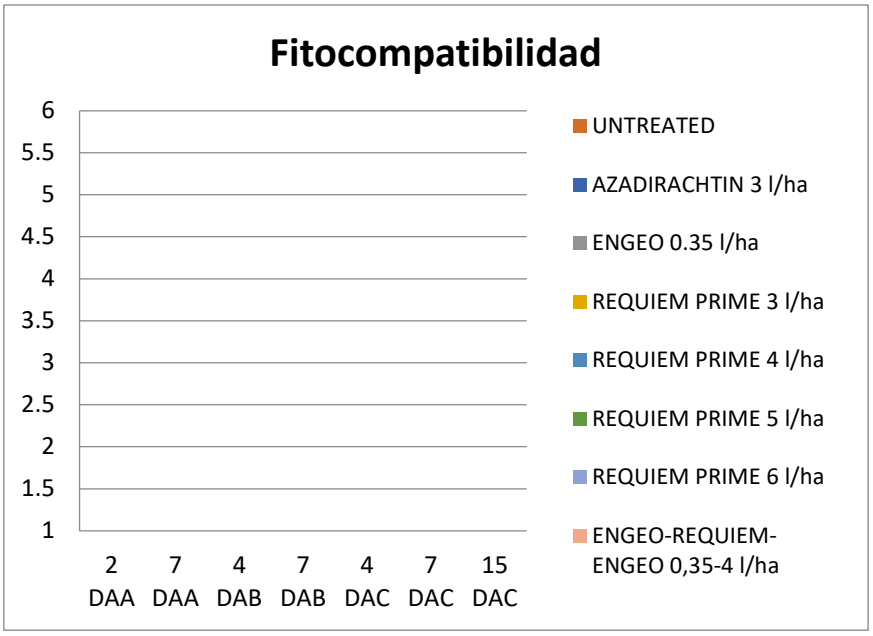


Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 36: Porcentaje de eficacia de control de pulgones por planta en el cultivo de arveja china, determinado por medio de la formula Henderson & Tilton, de acuerdo a diferentes dosis de los insecticidas evaluados.

B. Determinación de la compatibilidad del insecticida Requiem Prime ® (Chenopodium ambrosiodes) para el control de Trips (Frankliniella occidentalis) y Pulgon (*Myzus persicae*) en arveja china (Pisum sativum)

En el caso del grafico de fitocompatibilidad del producto Requiem prime ® el cual se muestra en la figura 37, esta muestra que no existió fitotoxicidad del producto en el cultivo, por lo que se concluye que el producto es compatible para el control del pulgón y trips en el cultivo de arveja china.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 37: Compatibilidad de los productos evaluados para el control de Trips en el cultivo de Arveja.

Réquiem es un bioinsecticida de contacto que controla trips, áfidos, ácaros, mosca blanca y otros insectos chupadores y en el caso de las dos plagas insectiles donde se realizó la prueba se obtuvo el mismo efecto. El efecto en laboratorio es esencialmente repelente e insectistática, dado que Requiem prime® genera la degradación del exoesqueleto y las articulaciones de los insectos, produce interrupción de la respiración y genera la perturbación de la capacidad de búsqueda y localización de alimentos (Fuentes 2014). En el caso del control en campo y en invernadero el compuesto principal de Requiem prime® (*Chenopodium ambrosoides*) ha presentado buenos efectos para el control de Trips y pulgones, tal como se muestran en las investigaciones de Fuentes 2014 en el cultivo cebolla y la investigación de Cloy y Chiasson 2007 en plantas ornamentales.

C. Evaluación del servicio

La determinación de la eficacia biológica de Requiem prime ® para el control del pulgón y trips en el cultivo de arveja china bajo las condiciones del área de estudio, son parte de diversas pruebas realizadas para validar el producto mencionado. La evaluación realizada demuestra que el control por parte de Requiem prime ® para trips asciende hasta un 32.89 %, y para pulgones hasta un 67.64 %, determinando una adecuada efectividad del producto. Los beneficios de la utilización de un producto biológico efectivo, garantizan que el producto a comercializar es de calidad y confiable para los clientes finales, dado que la mayor eficacia para el control de Trips en el cultivo de arveja china corresponde de 5 a 6 L/ha y en el caso del pulgón, la mejor eficacia se obtuvo a razón de 6 L/ha.

3.2.6. CONCLUSIONES

a. Las dosis de Requiem prime ® con mayor eficacia para el control de Trips por ápice en el cultivo de arveja china corresponde a 5 L/ha y 6 L/ha ya que en el ensayo realizado se obtuvo un valor 62.94 y 61.1 unidades según el análisis del área bajo la curva, y con eficacias Abbott promedio de de 32.28 % y 32.89 %.

b. La dosis de Requiem prime ® con mayor eficacia para el control del pulgón en el cultivo de arveja china corresponde a 6 L/ha, según el cálculo del área bajo la curva, con un valor 49.95 unidades, y una eficacia H&T promedio de 67.64 %.

c. El producto Requiem Prime ® no genera fitotoxicidad en el cultivo de arveja china, considerándolo fitocompatible al mismo.

d. Mediante la determinación de la nula fitotoxicidad y la dosis con mayor eficacia para el control de Trips y el Pulgon en el cultivo de arveja china, Requiem prime ® será validado para su uso adecuado en campo.

3.3. Evaluación del biofungicida Serenade ® *(Bacillus subtilis Cepa QST 713)* para el control de mildiu polvoroso *(Erysiphe sp.)* en el cultivo de arveja china (*Pisum sativum L.)* en el municipio de San Juan Sacatepequez, Guatemala.

3.3.1. PRESENTACIÓN

Dentro de las numerosas hortalizas la arveja china como cultivo no tradicional de exportación resulto exitoso al momento de su implementación, ya que actualmente la producción nacional esta conformado en su base productiva por agrupaciones de pequeños productores de la región del altiplano central los cuales han posicionado a Guatemala como uno de los principales exportadores de arveja a nivel mundial con un 13.4 % del total de las exportaciones; le siguen Francia 11.60%, Rusia 9.40 %, China 8.11 % y Holanda 5.28 %. Guatemala exporta principalmente a Estados Unidos (82 %) (siendo este el principal destino), seguido por el Reino Unido (8%), Holanda (4 %), Canadá (3 %) y México (2 %) (MINECO 2015).

La base de la importancia de la arveja china es su exportación, y ante los requerimientos y exigencias de los principales mercados de exportación de este cultivo, la presentación de las vainas de arveja juega un papel importante, ya que son numerosos los factores que interfieren para cumplir los requerimientos del mercado. De los factores que afectan la calidad de la arveja, las plagas y enfermedades dentro del cultivo han sido de vital importancia por la gran cantidad de producto rechazado por exportadoras y mercados internacionales, ya sea por la presencia de manchas, daños mecánicos o por el uso de productos químicos restringidos para el control de las plagas y enfermedades.

Dentro de las enfermedades de importancia económica en el cultivo de la arveja china en Guatemala están: la mancha por Ascochyta (***Ascochyta pisi),*** Mildiu polvoroso (***Eresyphe pisi***), la enfermedad vascular Fusarium (***Fusarium oxyspurum***) y el mildiu velloso (***Peronospora pisi***), los cuales generan pérdidas considerables si no son controladas en el momento adecuado, afectando la productividad y la calidad de la vaina de arveja. En el caso de la enfermedad conocida como mildiu polvoroso, esta es una enfermedad ocasionada por el

patógeno ***Erysiphe pisi***, el cual infecta a las plantas de la familia Papilonaceae principalmente en épocas secas o donde se presenta una baja precipitación pluvial. En especial cuando el hongo se disemina en las plantas arveja, según Munjel et al. Consultado por Kapoor (1967), cuando existe un 100 % de infección se estiman pérdidas del 21 % al 31 % en el número de las vainas y del 26 % al 47 % en peso de las vainas, sin embargo, el hongo puede ocasionar la muerte de la planta en dado caso este no sea controlado.

La restricción impuesta en el uso de productos químicos para el control de enfermedades en la arveja china de exportación también juega un papel trascendental, ya que no cualquier fungicida puede ser utilizado. Con este requerimiento de producción de arveja china, el uso de productos biológicos los cuales son de bajo impacto al ambiente resulta una alternativa viable para controlar la incidencia de mildiu polvoroso en el cultivo de Arveja; por este motivo el desarrollo del producto de origen biológico Serenade ® se ha establecido por parte del departamento de investigación de la empresa Bayer CropScience.

Serenade ® es un biofungicida y bactericida el cual es utilizado para el control de enfermedades foliares y del suelo en hortalizas, está basado en esporas de la cepa QST 713 de la bacteria ***Bacillus subtilis***. El modo de acción del producto consiste en la ruptura física de la membrana celular de las células de hongos a través de compuestos secundarios llamados Lipopeptidos. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Bayer S.A. es el de Serenade ® con una concentración de 1,34% p/v lo que equivale a $1 * 10^9$ unidades formadoras de colonias, se comercializa bajo un formulación SC.

Con el objetivo de determinar la mejor dosis de Serenade ® para el control de mildiu polvoroso se realizó una prueba de eficacia biológica en la finca las cabañas San Juan Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala. A continuación, se presenta la metodología y resultados obtenidos de dicho experimento

3.3.2. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Evaluar el biofungicida Serenade® (***Bacillus subtilis* Cepa QST 713**) para el control de mildiu polvoroso (***Eresyphe pisi***) en el cultivo de Arveja China (***Pisum sativum L***), en la finca las cabañas de San Juan Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala.

B. Objetivos especificos:

a. Determinar la dosis del fungicida Serenade ® (***Bacillus subtilis* Cepa QST 713**) con mayor control de mildiu polvoroso (***Eresyphe pisi***) en el cultivo de arveja china (***Pisum sativum L***) por medio del análisis estadístico del área bajo la curva en la finca las cabañas de San Juan Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala.

b. Determinar la dosis del fungicida Serenade ® (***Bacillus subtilis* Cepa QST 713**) con mayor control de mildiu polvoroso (***Eresyphe pisi***) en el cultivo de arveja china (***Pisum sativum L***) por medio de la curva del progreso de la enfermedad en la finca las cabañas de San Juan Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala.

c. Determinar la dosis del fungicida Serenade ® (***Bacillus subtilis* Cepa QST 713**) con mayor eficacia de control de mildiu polvoroso (***Eresyphe pisi***) por medio del análisis de eficacia Abbott, en el cultivo de arveja china (***Pisum sativum L*** en la finca las cabañas de San Juan Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala.

d. Determinar la fitocompatibilidad en el cultivo de arveja china del fungicida Serenade ® (***Bacillus subtilis* Cepa QST 713**) con mayor control de mildiu polvoroso (***Eresyphe pisi***) en el cultivo de arveja china (***Pisum sativum L***).

3.3.3. MARCO TEÓRICO

A. Descripción de la enfermedad

E. Mildiu polvoriento

Es una enfermedad ocasionada por el patógeno ***Erysiphe pisi***, el cual infecta a las plantas de la familia Papilonaceae principalmente en épocas secas o donde se presenta una baja precipitación pluvial, en especial cuando el hongo se disemina en las plantas arveja, según Munjel et al. Consultado por Kapoor (1967), cuando existe un 100% de infección se estiman pérdidas del 21 al 31% en el número de las vainas y del 26 % al 47 % en peso de las vainas, sin embargo, el hongo puede ocasionar la muerte de la planta en dado caso este no sea controlado. Los síntomas de la enfermedad inician con pequeñas manchas amarillas que se encuentran en el haz de las hojas de la arveja, a medida que los síntomas avanzan, se va presentando como signo de la enfermedad un micelio blanquecino persistente, delgado derramado y aracnoideo por encima de las manchas (Calderon et al. 2000; Kapoor 1967).

B. Pruebas de eficacia biológica para productos de uso agrícola

Las pruebas de eficacia biológica, como la realizada, se hacen con la finalidad de determinar la eficacia y Fitotoxicidad de productos químicos o de origen biológico para el control de plagas y enfermedades, para esto deben implementan metodologías validadas, las cuales se adaptan dependiendo de las condiciones de cultivo y la dinámica de plagas, malezas y enfermedades (ICA s.f.). Para realizar una prueba de eficacia biológica es importante mencionar que es trascendental incluir en la prueba un análisis temporal y un análisis estadístico, con el fin de determinar que ingrediente activo y que dosis de la misma es la mejor para controlar una determinada enfermedad o plaga.

C. Área bajo la curva del progreso del progreso de la enfermedad

El área bajo la curva se calcula integrando los rectángulos formados por el punto medio de la incidencia o severidad alcanzada por la enfermedad en los diferentes tiempos en los que se monitoreo.

El análisis del área bajo la curva del es la técnica más recomendada cuando se requiere identificar la eficacia de productos evaluados, de acuerdo a las relaciones del progreso de la plaga, ya que con esta técnica se reduce la varianza, disminuye el coeficiente de variación, el cual es por lo regular alto en las evaluaciones de eficacia biológica aumentando la confiabilidad de las conclusiones (Bautista et al. 2009).

D. Severidad

Es definido como el porcentaje de área de tejidos cubierto con síntomas, pero a diferencia a la medición de la incidencia existe un mayor error de medición ya que hay menor exactitud, precisión y reproducibilidad, más lento y difícil para realizar la cuantificación de la enfermedad y puede ser más cara su ejecución. Para reducir la desventaja de la exactitud, precisión y reproductividad que presenta el uso de la severidad para la cuantificación de las enfermedades pueden ser utilizados escalas descriptivas y escalas diagramáticas. Para realizar un análisis de la enfermedad, la severidad es apropiada para la medición de las enfermedades foliares (Di piero 2010, Leal 2011)

E. Incidencia

Concepto referido como el porcentaje de plantas u órganos enfermos en una muestra o población de plantas, independientemente del grado de severidad que posean dichas plantas, y la utilización de este parámetro para la cuantificación de las enfermedades es la de mayor exactitud, precisión y reproducción (menor error de medición), fácil y rápido de realizar y económico, sin embargo, no es adecuado para estimación de pérdidas y análisis de tipo correlativo, y no es adecuada para enfermedades no sistémicas como oídios y manchas foliares. (Di piero 2010, Leal 2011)

F. Análisis de la eficacia de productos fitosanitarios de acuerdo a la Eficacia Abbott

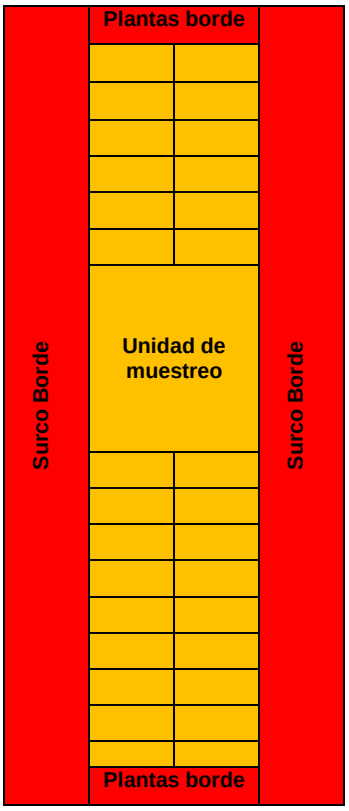
En los ensayos realizados con productos para el control de enfermedades, esta fórmula puede ser aplicada, ya que la efectividad en el control de la enfermedad

se realiza calculando un porcentaje de eficacia, que relación de la severidad o incidencia de la enfermedad entre unidades experimentales empleadas (Tratamientos evaluados) en las que se realizan las aplicaciones, respecto a las unidades experimentales testigos, no tratados (Andujar et al. 1997).

3.3.4. METODOLOGÍA

A. Unidad experimental

Cada unidad experimental estuvo compuesta por 4 surcos, en donde los dos surcos centrales conformaron la unidad de muestreo. Los surcos tuvieron un distanciamiento entre surcos de 1 metro, y un largo de los surcos de 5.25 metros, lo que conformo un área por unidad experimental de 21 m^2 netos. El distanciamiento entre plantas será de 0.2 metros, lo que equivalió 15 posturas por unidad experimental, y se dejó una postura sin muestrear para evitar el efecto borde.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 38: Representación de la unidad experimental del ensayo realizado, en donde la unidad de muestreo corresponde a los dos surcos centrales, y en donde los surcos y las plantas de las orillas se utilizan para evitar el efecto borde.

B. Descripción de los tratamientos

Los tratamientos evaluados en el ensayo se describen en el siguiente cuadro.

Cuadro 27: Descripción de los tratamientos evaluados para el ensayo de la evaluación de Serenade ® para el control de Mildiu polvoroso.

Tratamiento	Ingrediente Activo	Dosis	Modo de acción	Nombre comercial	Empresa comercial formuladora
1	Testigo	--	--	--	--
2	Azoxistrobina	0.2 Kg/ha	Sistémico y de contacto	AMISTAR 50 WG®	Syngenta
3	Clorotalonil	2 L/ha	Contacto	Bravo ® 720 SC	Syngenta
4	***Bacillus subtilis*** Cepa Agricola del Sol	4 L/ha	Contacto	SubSol ® 0.08 SC	Agricola El Sol
5	***Bacillus subtilis*** Cepa QST 713	2 L/ha	Contacto	Serenade ® 1,34 SC	Bayer S.A.
6	***Bacillus subtilis*** Cepa QST 713	3 L/ha	Contacto	Serenade ® 1,34 SC	Bayer S.A.
7	***Bacillus subtilis*** Cepa QST 713	4 L/ha	Contacto	Serenade ® 1,34 SC	Bayer S.A.
8	***Bacillus subtilis*** Cepa QST 713 Alternado con Clorotalonil	2 L/ha + 2 L/ha	Contacto	Serenade ® 1,34 SC + Bravo ® 720 SC	Bayer S.A + Syngenta
9	***Bacillus subtilis*** Cepa QST 713 Alternado con Azoxistrobina	2 L/ha + 0.2 Kg/ha		Serenade ® 1,34 SC + Amistar ® 50 WG	Bayer S.A + Syngenta

Fuente: elaboración propia, 2018.

F. Azoxistrobina

Es ideal para el control de ***Ascochyta pisi***. en el cultivo de arveja. Su modo de acción actúa inhibiendo el proceso respiratorio de los hongos, resultando especialmente eficaz para impedir la germinación de esporas y el desarrollo

inicial del patógeno. Además, la azoxistrobina posee actividad translaminar, otorgando una mejor eficacia en cultivos densos. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Syngenta es el de Amistar ® con una concentración del 25 % de ingrediente activo y una formulación como Gránulos dispersarles en agua (WP).

a. Clorotalonil

Fungicida de amplio espectro no sistémico, y es utilizado para la prevención de enfermedades. Su modo de acción consiste en la inhibición del proceso de respiración de las células del hongo mediante un enlace rápido de las moléculas de clorotalonil con grupos sulfidrilos. Es utilizado en el cultivo de arveja para la prevención de mildiu polvoriento **(*Erysiphe sp*.)** y la mancha por ***Ascochyta pisi***. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Syngenta es el de Bravo ® 720 SC.

b. *Bacillus subtilis* Cepa QST 713

Es un biofungicida y bactericida el cual es utilizado para el control de enfermedades foliares y del suelo en hortalizas, está basado en esporas de la cepa QST 713 de la bacteria ***Bacillus subtilis***. El modo de acción del producto consiste en la ruptura física de la membrana celular de las células de hongos a través de compuestos secundarios llamados Lipopeptidos. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Bayer S.A. es el de Serenade ® con una concentración de 1,34% p/v lo que equivale a $1 * 10^9$ unidades formadoras de colonias, se comercializa bajo un formulación SC.

c. *Bacillus subtilis* Cepa Agrícola del Sol

Es un biofungicida y bactericida el cual es utilizado para el control de enfermedades foliares y del suelo en hortalizas, está basado en esporas de la cepa de la empresa Agricola del Sol Guatemala, de la bacteria ***Bacillus subtilis***. El modo de acción del producto consiste en la ruptura física de la membrana

celular de las células de hongos a través de compuestos secundarios llamados Lipopeptidos. El nombre comercial de dicho ingrediente activo formulado por la empresa Agrícola del Sol es el de SubSol ® con una concentración de 0.08% p/v, se comercializa bajo una formulación SC.

C. Diseño experimental

El experimento se estableció bajo el formato de bloques al azar con cuatro repeticiones a campo abierto.

	Bloque I
	Bloque II
	Bloque III
	Bloque IV

T4	T5	T1	T3	T2	T6	T7	T8	T9
T2	T1	T8	T5	T6	T3	T7	T4	T9
T9	T3	T8	T7	T4	T5	T1	T2	T6
T9	T6	T2	T4	T1	T7	T3	T5	T8

Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 39: Croquis de los tratamientos aleatorizados en la parcela de evaluación de los productos utilizados en cada tratamiento.

Las variables de respuesta medidos en la evaluación fueron 1) severidad por hojas compuestas en el estrato alto y medio de la planta, con el fin de determinar el progreso de la enfermedad. En cada unidad experimental se seleccionaron 10 ápices en total y se seleccionó una hoja compuesta por estrato por lo que se recabaron 20 datos por unidad experimental a nivel de hojas compuestas. 2) Severidad por planta. 3) Incidencia de la enfermedad.

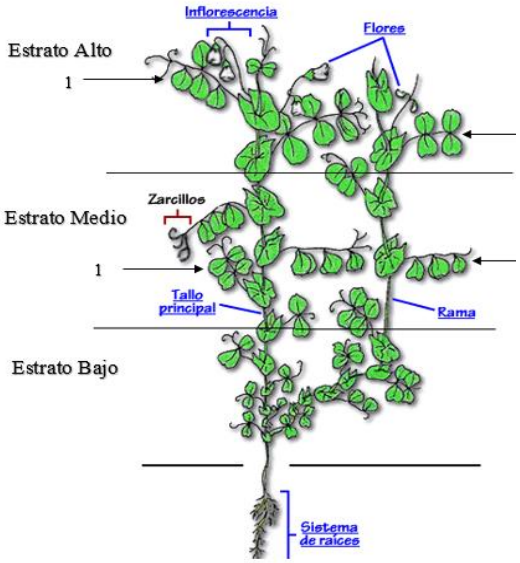
D. Modo de aplicación

La aplicación se realizó al follaje a 15 días después de la siembra, previo a la aplicación se realizó la calibración del equipo. Para la aplicación de los diferentes productos de los tratamientos se utilizó una bomba de mochila manual, con boquillas tipo abanico.

E. Momento y frecuencia de aplicación y muestreos.

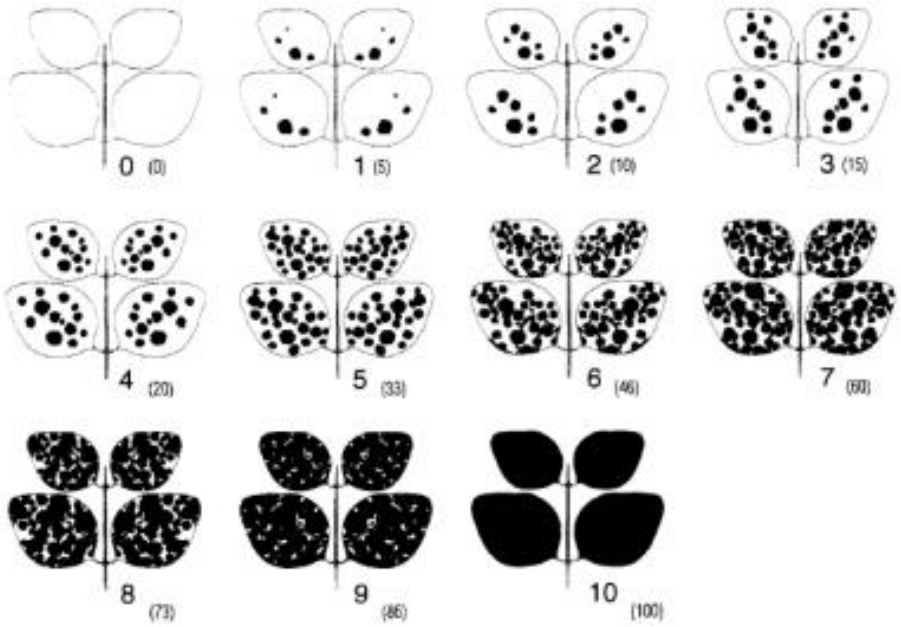
La aplicación de los productos se realizó en la etapa vegetativa y de floración. Para esto se contemplaron 3 aplicaciones con frecuencia de una semana. La cantidad de muestreos realizados para determinar la severidad e incidencia en la enfermedad fueron 8.

La metodología a utilizada para el muestreo consistió en seleccionaron 10 plantas dentro de la unidad de muestreo de cada unidad experimental para determinar la severidad e incidencia de la enfermedad. Para poder cuantificar la severidad de la enfermedad se usaron dos escalas, una es la escala diagramática a nivel de planta y la otra a nivel de hojas compuestas. Se observó el efecto preventivo de los tratamientos utilizados realizando el muestreo para dos estratos de la planta, la cual corresponde al estrato medio y al estrato alto (correspondiente a las primeras hojas de la planta) cuantificando la severidad visualmente para una hoja por estrato (2 hojas por planta y 20 por unidad experimental).



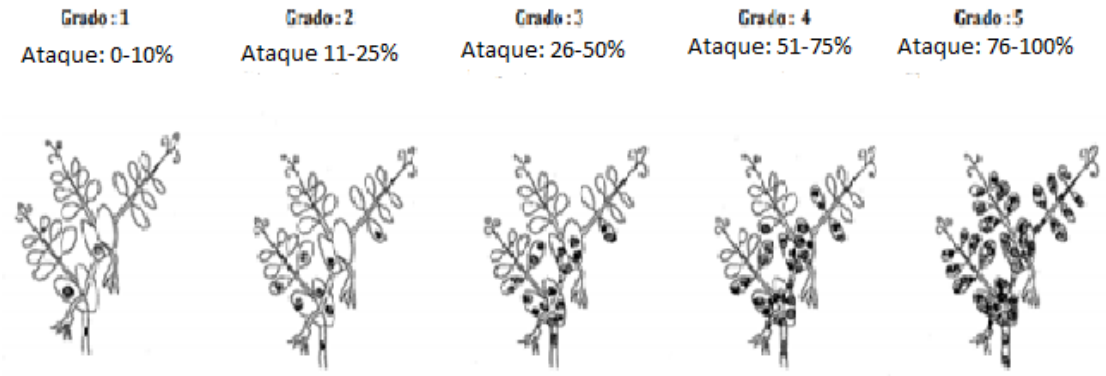
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 40: Estratos en donde es señalado el lugar de muestreo para determinar la severidad por hoja compuesta en las plantas de arveja china a muestrear. El estrato alto corresponde a las hojas mas jovenes o nueva



Fuente: Fallon, 1995

Figura 41: Escala diagramática de la severidad de mildiu polvoroso propuesta por Fallon 1995, en donde los porcentajes de severidad están indicados dentro de los paréntesis.



Fuente: Orbes y Becerra, 1995.

Figura 42: Escala diagramática para determinar la severidad de mildiu polvoroso a nivel de planta, propuesta por Orbes y Becerra (1995).

Cuadro 28: Fechas de las actividades realizadas en el ensayo de evaluación de Serenade ® para el control de Mildiu polvoroso en la finca las Cabañas, San Juan Sacatepéquez. Sacatepéquez

Fecha	DDPA
05/04/2018	Primera aplicación. Primera lectura Severidad.
07/04/2018	Segunda lectura Severidad.
12/04/2018	Segunda aplicación. Tercera lectura Severidad.
16/04/2018	Cuarta lectura severidad
18/04/2018	Tercera aplicación. Quinta lectura severidad
21/04/2018	Sexta lectura Severidad.
23/04/2018	Séptima lectura Severidad.
27/04/2018	Octava lectura Severidad.

Fuente: elaboración propia, 2018.

F. Análisis de información

La información obtenida de los muestreos realizados de severidad e incidencia, utilizada para determinar la eficacia de los tratamientos evaluados, se utilizó para el cálculo del área bajo la curva del progreso de la enfermedad, y de la eficiencia

Abbott de los tratamientos evaluados. El cálculo del área bajo la curva y la eficacia Abbott se realizó mediante el programa estadístico Scout. El progreso de la enfermedad, a nivel de severidad e incidencia se representaron en un gráfico de líneas donde los ejes de las ordenadas representan la severidad en % e incidencia en % de la enfermedad, y el eje de las abscisas el número de días después de la primera, segunda y tercera aplicación.

La fitocompatibilidad de los productos evaluados en el cultivo de arveja china, se analizó a partir de un gráfico de barras y los valores dados para el grado de fitocompatibilidad a partir de la escala propuesta por Bayer.

3.3.5. RESULTADOS

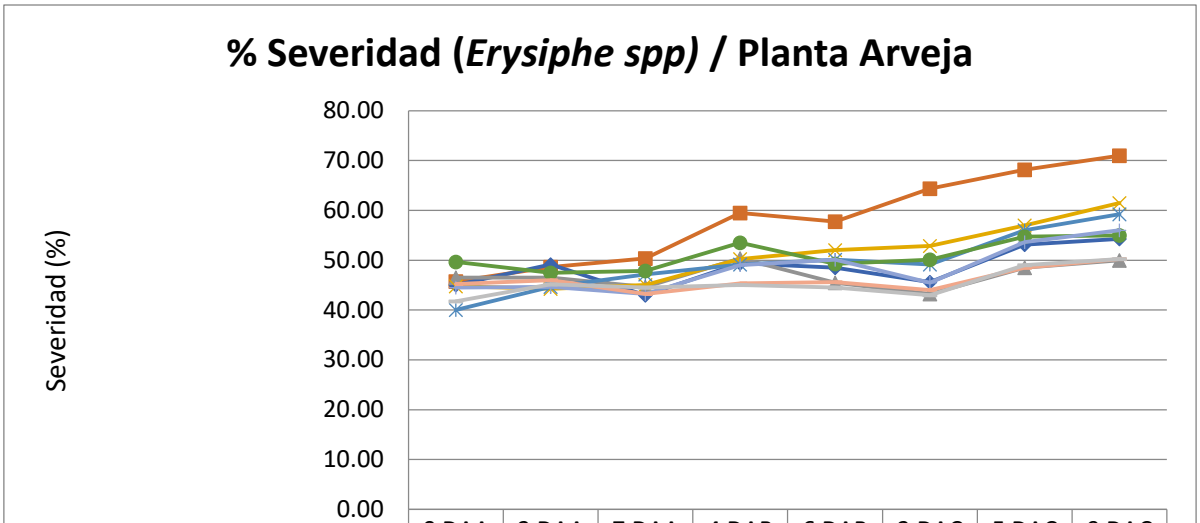
A. Determinación de la dosis del fungicida Serenade ® (*Bacillus subtilis* Cepa QST 713) con mayor control de mildiu polvoroso (*Eresyphe pisi*)

La evaluación realizada en la finca las Cabañas, de San Juan Sacatepéquez, se realizó para determinar cuál es la dosis de Serenade ® óptimo para el control de mildiu polvoroso.

En el ensayo realizado, según los valores de la curva del progreso de la enfermedad de la figura 43. se determinó que los valores más bajos de severidad promedio por planta se obtuvieron en los tratamientos 3 y 9, los cuales corresponde a Azoxistrobina y la aplicación alternada de ***Bacillus subtilis Cepa QST 713*** y Azoxistrobina; dichos tratamientos reflejaron de 46.91 y 45.39 % de severidad por planta, considerándose como los tratamientos con mayor control y prevención de Mildiu polvoroso, es importante mencionar que el efecto de Azoxistrobina fue el de mayor control comparado con los otros tratamientos por ser un producto de origen químico, que es curativo y preventivo.

Posterior a estos tratamientos, los tratamientos 2 (Clorotalonil) y 8 (***Bacillus subtilis Cepa QST 713*** y Clorotalonil en aplicación alternada) son considerados los tratamientos con mayor control luego de los tratamientos con Azoxistrobina, ya que los valores promedios reflejados en la gráfica de la figura 43 %, son de 48.5 % y 46. %, esto porque en ambos tratamientos poseen Clorotalonil, el cual es un producto químico preventivo.

En el caso de los tratamientos a base de ***Bacillus subtilis cepa QST 713,*** el mejor tratamiento fue a una dosis 4 L/ha, ya que el valor promedio reflejado fue de 48.33 % de severidad por planta, en comparación con los tratamientos a razón de 2 L/ha (49.33 % de severidad por planta) y 3 L/ha (50.95 % de severidad por planta). El tratamiento ***Bacillus subtilis cepa Agricola del Sol*** reflejo un valor promedio de severidad por plana de 50.96 %. En el caso del testigo, el cual corresponde al tratamiento con nula aplicación de productos de control de la enfermedad, este obtuvo el valor más alto de severidad con 35.85 % de severidad.



	0 DAA	2 DAA	7 DAA	4 DAB	6 DAB	2 DAC	5 DAC	9 DAC
UNTREATED	45.75	48.63	50.38	59.50	57.75	64.38	68.13	71.00
BRAVO 72SC 2 l/ha	45.00	49.13	43.00	49.38	48.50	45.63	53.13	54.25
AMISTAR 50 WG 0.2 kg/ha	46.50	46.50	44.63	50.38	45.50	43.25	48.50	50.00
SUBSOL 4 l/ha	44.75	44.25	45.00	50.25	52.00	52.88	57.00	61.50
SERENADE 2 l/ha	40.00	44.63	47.13	49.13	50.13	49.13	56.00	59.25
SERENADE 3 l/ha	49.63	47.50	47.88	53.50	49.25	50.13	54.75	55.00
SERENADE 4 l/ha	44.50	44.63	43.25	49.00	50.13	45.50	53.63	56.00
BRAVO 1L+SEREN2L l/ha	45.25	46.00	43.25	45.38	45.63	44.00	48.50	50.25
AMIS-SEREN2L-AMIS 0.2 kg/ha	41.75	45.13	44.50	45.00	44.50	43.00	49.00	50.25

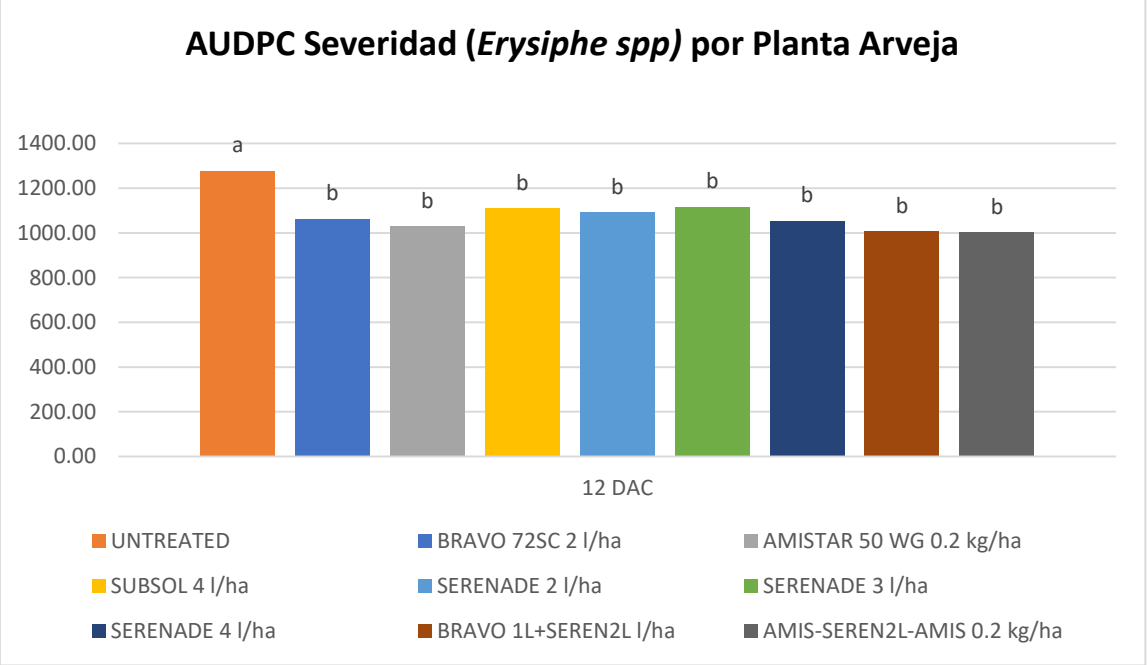
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 43: Curva del progreso de la enfermedad Mildiu polvoriento (***Eresyphe pisi***), expresado en porcentaje de severidad por planta, finca las Cabañas, San Juan Sacatepéquez, para los diferentes tratamientos evaluados.

Con lo anteriormente mencionado, aunque se pueden apreciar diferencias entre los valores de severidad por planta de la curva del progreso de la enfermedad, según el análisis estadístico realizado con los valores del área bajo la curva, la prueba de Tukey indico que no existió diferencia significativa entre los tratamientos evaluados tal y como se puede observar en la figura 44.

Sin embargo, clasificando los valores del área bajo la curva, se puede observar que los tratamientos 3 y 9, son los menores, considerándose a estos como los de mayor control para la enfermedad, con valores de 1030.06 y 1033.44 unidades bajo la curva. Los tratamientos con mejor control luego de los

tratamientos 3 y 9, corresponden a los tratamientos 2 y 8 con valores de 1064.06 y 1008.50 unidades bajo la curva. Para el caso de los tratamientos a base de ***Bacillus subtilis cepa QST 713*** el tratamiento a razón de una dosis de 4 L/ha obtuvo un valor del área bajo la curva de 1056 unidades, menor a los tratamientos a razón de 2 L/ha (1093.17 unidades bajo la curva) y 3 L/ha (117.35 unidades bajo la curva). En el caso de la cepa ***Bacillus subtilis Cepa Agricola del sol***, esta fue el tratamiento con un valor del área bajo la curva de 1112 unidades bajo la curva.

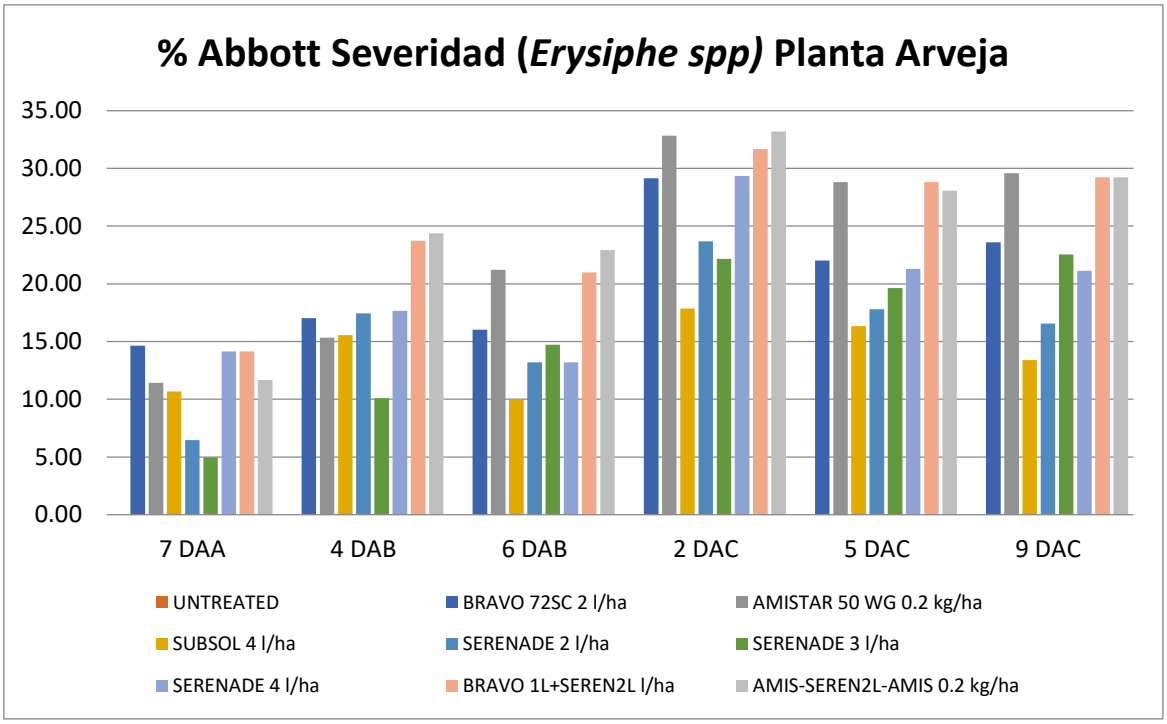


Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 44: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad Mildiu polvoriento (***Eresyphe pisi***) por planta en el cultivo de arveja china, finca las Cabañas, San Juan Sacatepéquez, en donde se clasifican los tratamientos evaluados de acuerdo al comparador múltiple de medias Tukey.

Con respecto a la eficacia de control de la enfermedad, al aplicar la formula Abbott, se determinó que los tratamientos a base de Azoxistrobina y clorotalonil, los cuales son de origen químico, presentaron la mayor eficacia de control de la enfermedad a nivel de planta, como puede observarse en la figura 45. En el caso de los tratamientos de Serenade ® el tratamiento con mayor control de la

enfermedad fue el tratamiento a razón de 4 L/ha con un valor promedio de 19.45% de control, mayor a los tratamientos a razón de 2 L/ha (15.86 % de eficacia de control) y 3 L/ha (15.68 %).



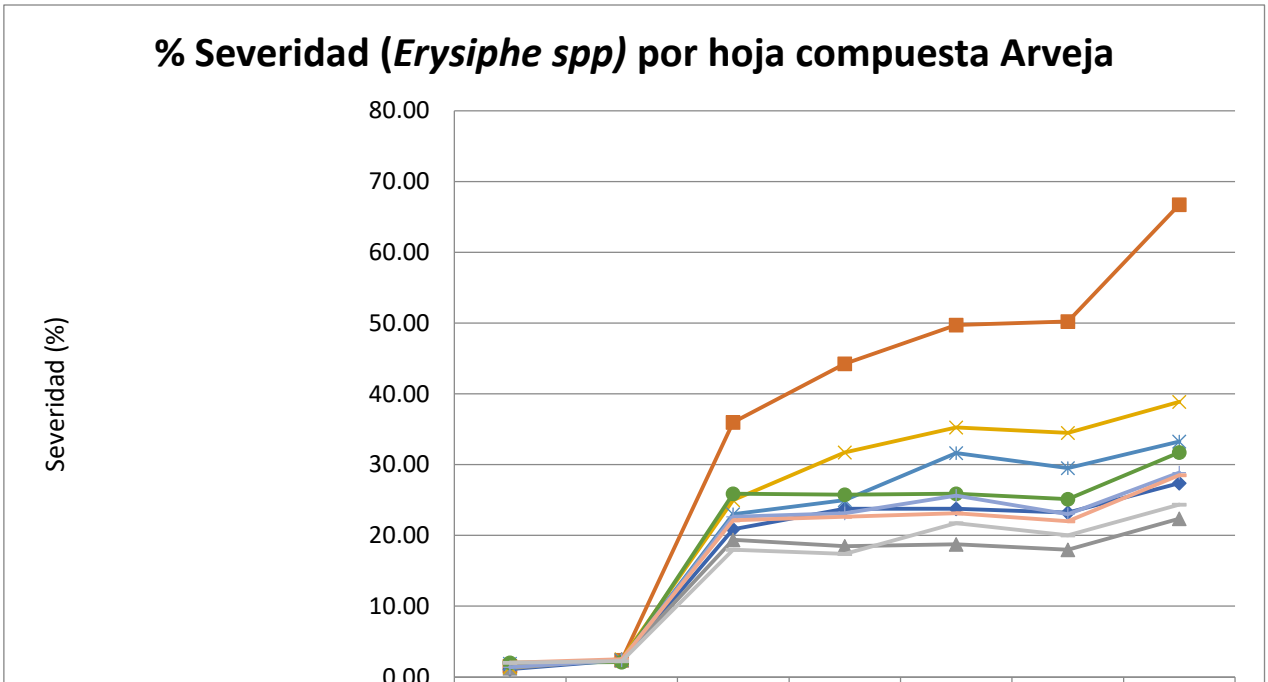
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 45: Porcentaje de eficacia de control de Mildiu polvoriento (***Eresyphe pisi***) por planta en el cultivo de arveja china, determinado por medio de la formula Abbott, de acuerdo a diferentes dosis de los fungicidas evaluados.

En el caso de los valores obtenidos del porcentaje de severidad por hoja compuesta, se observaron valores de severidad de los tratamientos según la curva del progreso de la enfermedad con mayor diferencia entre sí, tal y como se puede apreciar en la figura 46. El valor promedio de severidad en el testigo absoluto asciende a 35.84 % considerándolo asi como el tratamiento con mayor severidad de mildiu polvoriento en el ensayo realizado.

En el caso de los tratamientos a base de Azoxistrobina, los que corresponde a los tratamientos 3 y 9, estos con un valor promedio de 14.39 y 15.11 % respectivamente son considerados como los tratamientos con mayor control y prevención de mildiu polvoroso por su efecto químico curativo y preventivo de la

enfermedad. Después de los tratamientos a base de Azoxistrobina, los tratamientos a base de clorotalonil (el cual es un compuesto químico que posee efecto preventivo) correspondientes a los tratamientos 2 y 8 son considerados los mejores tratamientos para el control de mildiu polvoriento, con valores pormedios de severidad de 17.50 % y 17.56 %. En el caso de los tratamientos a base de Serenade ® el mejor tratamiento para el control de mildiu polvoroso es a razón de 4 L/ha ya que el valor de severidad alcanzado por la enfermedad en el ensayo realizado fue de 18.15% menor a los tratamientos a razón de 2 L/ha (20.95 % de severidad) y 3 L/ha (19.79 % de severidad). El tratamiento con menor control luego del testigo absoluto fue Subsol ® a razón de 4 L/ha, ya que el valor promedio de severidad alcanzado de la enfermedad en la hoja compuesta muestreada fue de 24.18 %.



	0 DAA	2 DAA	7 DAA	4 DAB	6 DAB	2 DAC	5 DAC
UNTREATED	1.50	2.38	36.00	44.25	49.75	50.25	66.75
BRAVO 72SC 2 l/ha	1.13	2.38	20.88	23.75	23.75	23.25	27.38
AMISTAR 50 WG 0.2 kg/ha	1.25	2.50	19.38	18.50	18.75	18.00	22.38
SUBSOL 4 l/ha	1.38	2.50	25.00	31.75	35.25	34.50	38.88
SERENADE 2 l/ha	1.88	2.38	23.00	25.00	31.63	29.50	33.25
SERENADE 3 l/ha	2.00	2.13	25.88	25.75	25.88	25.13	31.75
SERENADE 4 l/ha	1.38	2.38	22.63	23.13	25.63	23.00	28.88
BRAVO 1L+SEREN2L l/ha	2.00	2.50	22.13	22.63	23.13	22.00	28.50
AMIS-SEREN2L-AMIS 0.2 kg/ha	2.00	2.25	18.00	17.38	21.75	20.00	24.38

Fuente: elaboración propia, 2018.

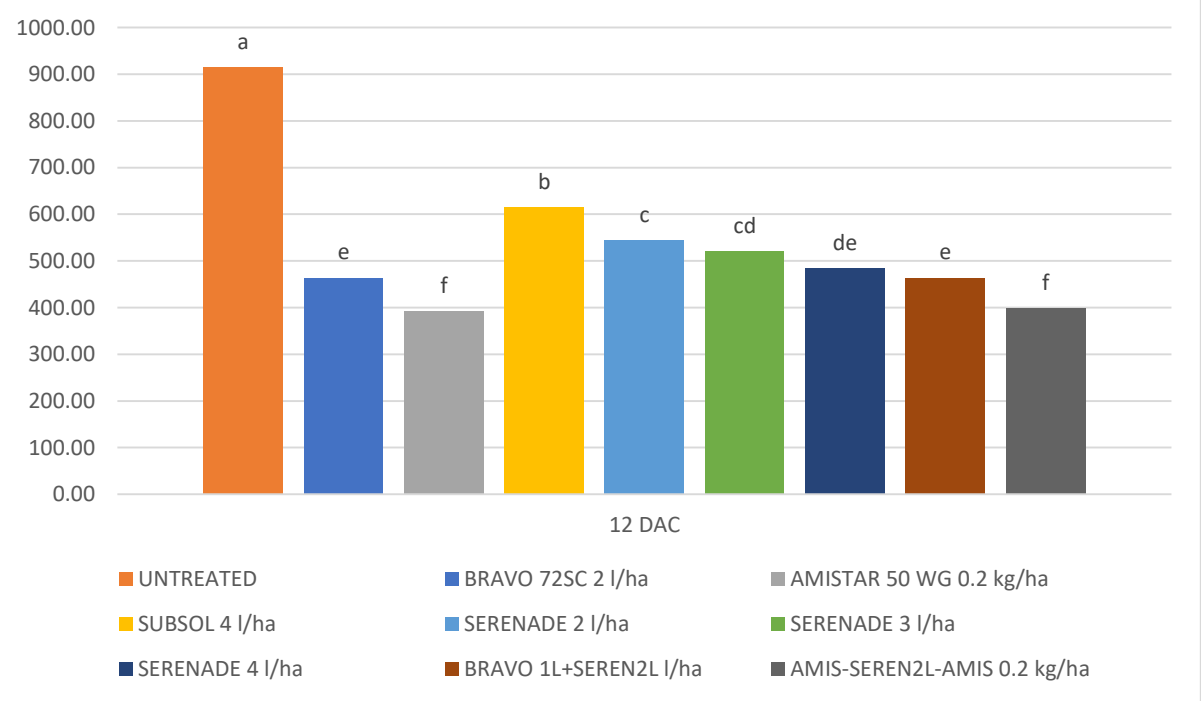
Figura 46: Curva del progreso de la enfermedad Mildiu polvoriento (***Eresyphe pisi***), expresado en porcentaje de severidad por hoja compuesta, finca las Cabañas, San Juan Sacatepéquez, para los diferentes tratamientos evaluados.

Tomando en cuenta el área bajo la curva del progreso de la enfermedad y el análisis estadístico por la prueba múltiple de medias Tukey, se determinó que el testigo absoluto con 914.31 unidades bajo la curva es el tratamiento con mayor severidad en hojas.

En el caso de los tratamientos con menor severidad y por ende mayor control de la enfermedad, son los tratamientos a base de azoxistrobina (tratamientos 3 y 9) los cuales poseen 392.75 y 397.81 unidades bajo la curva, ya que estos

tratamientos poseen tanto un efecto quimico curativo y preventivo de la enfermedad. Según la prueba Tukey, los tratamientos con mejor control después de los tratamientos a base de Azoxistrobina están los que son a base de clorotalonil que en este caso son los tratamientos 2 y 8, con 463.81 y 463.69 unidades bajo la curva, esto por el efecto químico preventivo de la enfermedad.

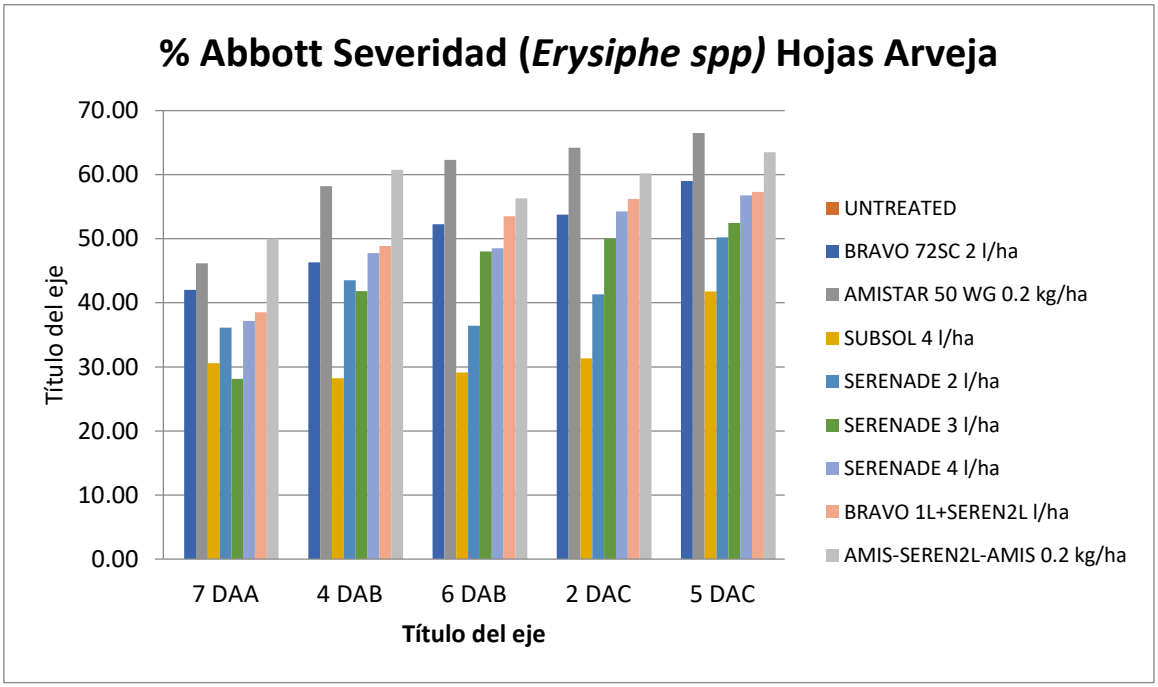
En el caso de los tratamientos a base de Serenade ® el tratamiento a razón de 4 L/ha fue el mejor para el control del mildiu polvoroso ya que las unidades bajo el área bajo la curva determinadas fueron 484.19, comparado con los otros tratamientos a razón de 2 L/ha (544 unidades bajo la curva) y 3 L/ha (521 unidades bajo la curva). En el caso del tratamiento de Subsol ® fue el tratamiento con menor control y prevención de la enfermedad según la prueba de tukey y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad, con un valor de 615 unidades bajo la curva.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 47: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad Mildiu polvoriento (***Eresyphe pisi***) por hoja compuesta en el cultivo de arveja china, en donde se clasifican los tratamientos evaluados de acuerdo al comparador múltiple Tukey.

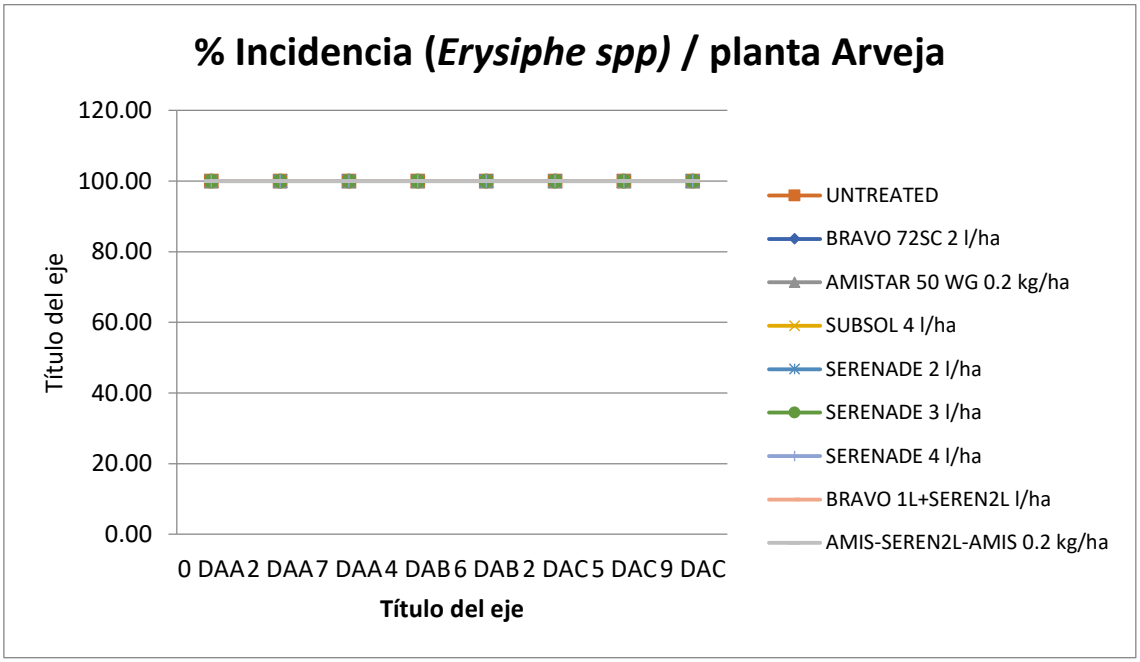
En el caso de la eficacia de control calculada a partir de la formula Abbott a nivel de hojas compuestas, se determinó que los tratamientos de origen químico son los que poseen una mayor eficacia de control, que en este caso son los tratamientos a base de azoxistrobina y clorotalonil. Para los tratamientos a base de Serenade ®, el tratamiento con mayor eficacia de control fue el tratamiento a razón de 4 L/ha con un 48.9 % de eficacia, mayor a los tratamientos a razón de 2 L/ha (44.07 %) Y 3 L/ha (41.50 %).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 48: Porcentaje de eficacia de control de Mildiu polvoriento (***Eresyphe pisi***) por hoja compuesta en el cultivo de arveja china, determinado por medio de la formula Abbott, de acuerdo a diferentes dosis de los fungicidas

La incidencia de la enfermedad fue del 100 %, tal y como se observa en el gráfico de la figura 49.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 49: Curva del progreso de la enfermedad Mildiu polvoriento (***Eresyphe pisi***), expresado en porcentaje de incidencia, finca las Cabañas, San Juan Sacatepéquez, para los diferentes tratamientos evaluados.

B. Determinacion la fitocompatibilidad en el cultivo de arveja china del fungicida Serenade ® (*Bacillus subtilis* Cepa QST 713) con mayor control de mildiu polvoroso (*Eresyphe pisi*)

En el caso de la fitocompatibilidad o fitotoxicidad, no se presentó en las plantas evaluadas, tal y como se muestra en la figura 50, en el caso de Bravo ® y amistar ® estos no presentaron fitotoxicidad para el control de mildiu polvoroso, y en el caso de los demás tratamientos, dado el carácter biológico de los mismos, no se presentó dicha fitotoxicidad.

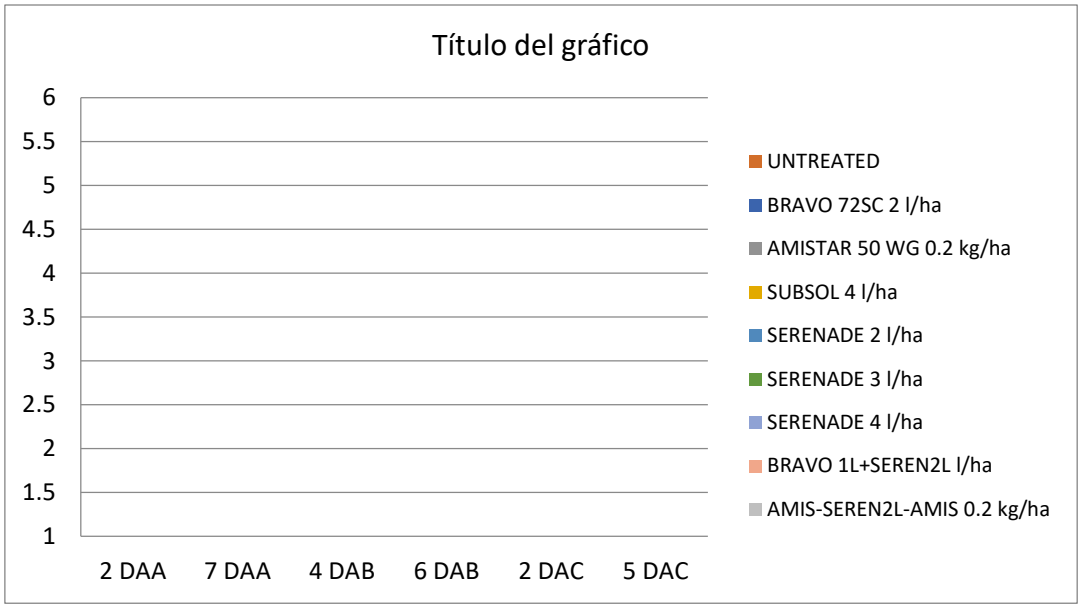


Figura 50: Fitocompatibilidad del cultivo de arveja china a los productos evaluados, en la finca las Cabañas, San Juan Sacatepéquez.

C. Evaluación del servicio

Bacillus subtilis cepa QST 713 con el nombre comercial de Serenade ®, es un biofungicida y bactericida de contacto y preventivo el cual es utilizado para el control de enfermedades foliares y del suelo en hortalizas. En el caso de la evaluación realizada, para el aseguramiento de la eficacia del producto y sobre todo, para brindar un producto de calidad para los clientes finales, esto para el control de la enfermedad de estudio, se determinó que el tratamiento a razón de 4 L/ha es el ideal, ya que el análisis estadístico del área bajo la curva a nivel de planta (1956 unidades bajo la curva) y a nivel de hoja compuesta (484.19 unidades bajo la curva), lo que representa en términos de severidad a nivel de planta 48.33 % y a nivel de hoja compuesta 18.15 %, considerando también que la fitotoxicidad es nula, dado que Serenade ® es netamente un producto biológico.

3.3.6. CONCLUSIONES

A. El mejor tratamiento de Serenade ® ***Bacillus subtilis Cepa QST 713*** para el control de mildiu polvoroso (***Erysiphe sp***.) es el tratamiento a razón de 4 L/ha, ya que el análisis estadístico del área bajo la curva a nivel de planta (1956 unidades bajo la curva) y a nivel de hoja compuesta (484.19 unidades bajo la curva), reflejan el menor grado de severidad por parte de la enfermedad en el cultivo de arveja china en la finca las Cabañas, San Juan Sacatepéquez.

B. El mejor tratamiento de Serenade ® ***Bacillus subtilis Cepa QST 713*** para el control de mildiu polvoroso (***Erysiphe sp***.) es el tratamiento a razón de 4 L/ha, ya que el porcentaje de severidad a nivel de planta (48.33 %) y a nivel de hoja compuesta (18.15 %), lo cual refleja el menor grado de severidad por parte de la enfermedad en el cultivo de arveja china en la finca las Cabañas, San Juan Sacatepéquez.

C. El mejor tratamiento de Serenade ® ***Bacillus subtilis Cepa QST 713*** para el control de mildiu polvoroso (***Erysiphe sp***.) es el tratamiento a razón de 4 L/ha, ya que el porcentaje de eficacia de control a nivel de planta (19.45 %) y a nivel de hoja compuesta (48.87 %), lo cual refleja el mayor grado de control de la enfermedad en el cultivo de arveja china en la finca las Cabañas, San Juan Sacatepéquez.

D. Ningún tratamiento evaluado en el ensayo presento fitotoxicidad en el cultivo de arveja china considerando que los tratamientos evaluados son fitocompatibles al cultivo.

E. Los resultados de nula fitotoxicidad y la dosis adecuada de control para mildiu polvoroso Serenade® será validad para su adecuado en el cultivo de arveja china.

3.3.7. BIBLIOGRAFÍA

1. Andujar, A; Barranco, P; Belda, JE; Cabello, T; Carreño, R. 1997. Análisis de eficaciade productos fitosanitarios. Phytoma no. 92:32-40. https://www.researchgate.net/profile/Tomas_Cabello/publication/256445492_Analisis_de_eficacia_de_productos_fitosanitarios/links/54c76c2f0cf289f0cecd1c7d/Analisis-de-eficacia-de-productos-fitosanitarios.pdf

2. Aros, j; Silva-Aguayo, G; Fischer, S; Figueroa, I; Rodríguez-Maciel, JC; Lagunes-Tejeda,A; Castañeda-Ramírez, GS; Aguilar-Marcelino, L. 2019. Actividad insecticida delaceite esencial del paico *Chenopodium ambrosioides* L. sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences 35(3): https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902019000300282

3. Bautista Martínez, N; Soto Rojas, L; Pérez Pacheco, R. 2009. Análisis del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) en patosistemas agrícolas. Oaxaca,México, Instituto Politécnico Nacional (IPN). 235 p. https://www.researchgate.net/publication/266259484_Analisis_del_area_bajo_la_curva_del_progreso_de_las_enfermedades_ABCPE_en_patosistemas_agricolas

4. Cloyd, RA; Chiasson, H. 2007. Activity of an essential oil derived from *Chenopodium ambrosioides* on greenhouse insect pests. Bethesda, EE.UU., National Center for Biotechnology Information. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17461071/

5. Fuentes Fajardo, MA. 2014. Evaluación de la eficacia del producto *Chenopodiumambrosioides* para el control del *Thrips tabaci* en cultivo de cebolla colorada (*Allium cepa* L.). Tesis. Ing. Agr. Guayaquil, Ecuador, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. p. 7-25. http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1855/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO- 38.pdf

6. ICA (Instituto Colombiano Agropecuario, Colombia). 2016. Manual para elaboración de protocolos para ensayos de eficacia con PQUA. Bogotá, Colombia. 110 p. http://proyectos.andi.com.co/es/PC/SobProANDI/Documentos%20Sobre%20Procultivos%20ANDI/Manual_Protocolos_Ensayos_Eficacia_PQUA_REV_08_09_2016. pdf

7. Leal Trujillo, SE. 2011. Evaluación de fungicidas químicos y biológicos para el manejode ojo de gallo ocasionada por (*Mycena citricolor)* en café (*Coffea arabica*) en finca La Soledad, Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, C.A. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 47 p. http://www.repositorio.usac.edu.gt/6740/1/S%C3%93STENES%20EDUARDO%20 LEAL%20TRUJILLO.pdf

8. Pedroza Sandoval, A. 2009. Análisis del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) en patosistemas agrícolas. México. https://www.researchgate.net/publication/266259484_Analisis_del_area_bajo_la_curva_del_progreso_de_las_enfermedades_ABCPE_en_patosistemas_agricolas

9. Valencia, A; Timaná, Y; Checa, CO. 2012. Evaluación de 20 líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) y su reacción al complejo de *Ascochyta.* Revista de Ciencias Agrícolas 29(2). http://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/455

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-

REF. Sem. 23/2020

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:	"EVALUACIÓN DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DEL BIOFUNGICIDA *Bacillus subtilis Cepa QST 713* PARA EL CONTROL DE LA MANCHA FOLIAR (*Asochyta pisi*) EN ARVEJA CHINA (Pisum sativum L.) EN ZARAGOZA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.
DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE:	ADELSO BASILIO MONTEJO GUZMÁN
CARNE:	201318225
HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:	Ing. Agr. Marco Romilio Estrada Muy Ing. Agr. Alvaro Hernández Ing. Agr. Ernesto Yac Juárez

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Ing. Agr. Alvaro Hernández Dávila
ASESOR ESPECIFICO

Ing. Agr. Ernesto Yac Juárez
DOCENTE-ASESOR EPS

FACULTAD DE AGRONOMIA
Instituto de Investigaciones Agronómicas
DIRECCION
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
DIRECTOR DEL IIA

WNR/nm
c.c. Archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
COORDINACIÓN AREA INTEGRADA –EPS-

Ref. SAIEPSA.43.2021

Guatemala, 11 de mayo de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN: EVALUACIÓN DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DEL BIOFUNGICIDA (*Bacillus subtilis*) CEPA QST 713 PARA EL CONTROL DE LA MANCHA FOLIAR (*Ascochyta pisi*) EN ARVEJA CHINA (*Pisum sativum* L), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN ZARAGOZA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: ADELSO BASILIO MONTEJO GUZMÁN

No. CARNÉ 201318225

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DEL BIOFUNGICIDA (*Bacillus subtilis*) CEPA QST 713 PARA EL CONTROL DE LA MANCHA FOLIAR (*Ascochyta pisi*) EN ARVEJA CHINA (*Pisum sativum* L.) EN ZARAGOZA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A .

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Marco Romilio Estrada Muy
Ing. Agr. Alvaro Hernández Dávila
Ing. Agr. Ernesto Yac Juárez

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

"Id y Enseñad a Todos"

FACULTAD DE AGRONOMÍA
COORDINACIÓN
ÁREA INTEGRADA
EPSA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes
Coordinador Area Integrada – EPS

cc.archivo
PPR/azud

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
Acreditada Internacionalmente

DECANATO

No. 49.2021

Trabajo de Graduación:	"EVALUACIÓN DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DEL BIOFUNGICIDA (*Bacillus subtilis)* CEPA QST 713 PARA EL CONTROL DE LA MANCHA FOLIAR (*Ascochyta pisi)* EN ARVEJA CHINA (*Pisum sativum* L), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN ZARAGOZA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A."
Estudiante:	Adelso Basilio Montejo Guzmán
Carné:	201318225

"IMPRÍMASE"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DECANO FACULTAD DE AGRONOMIA

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO