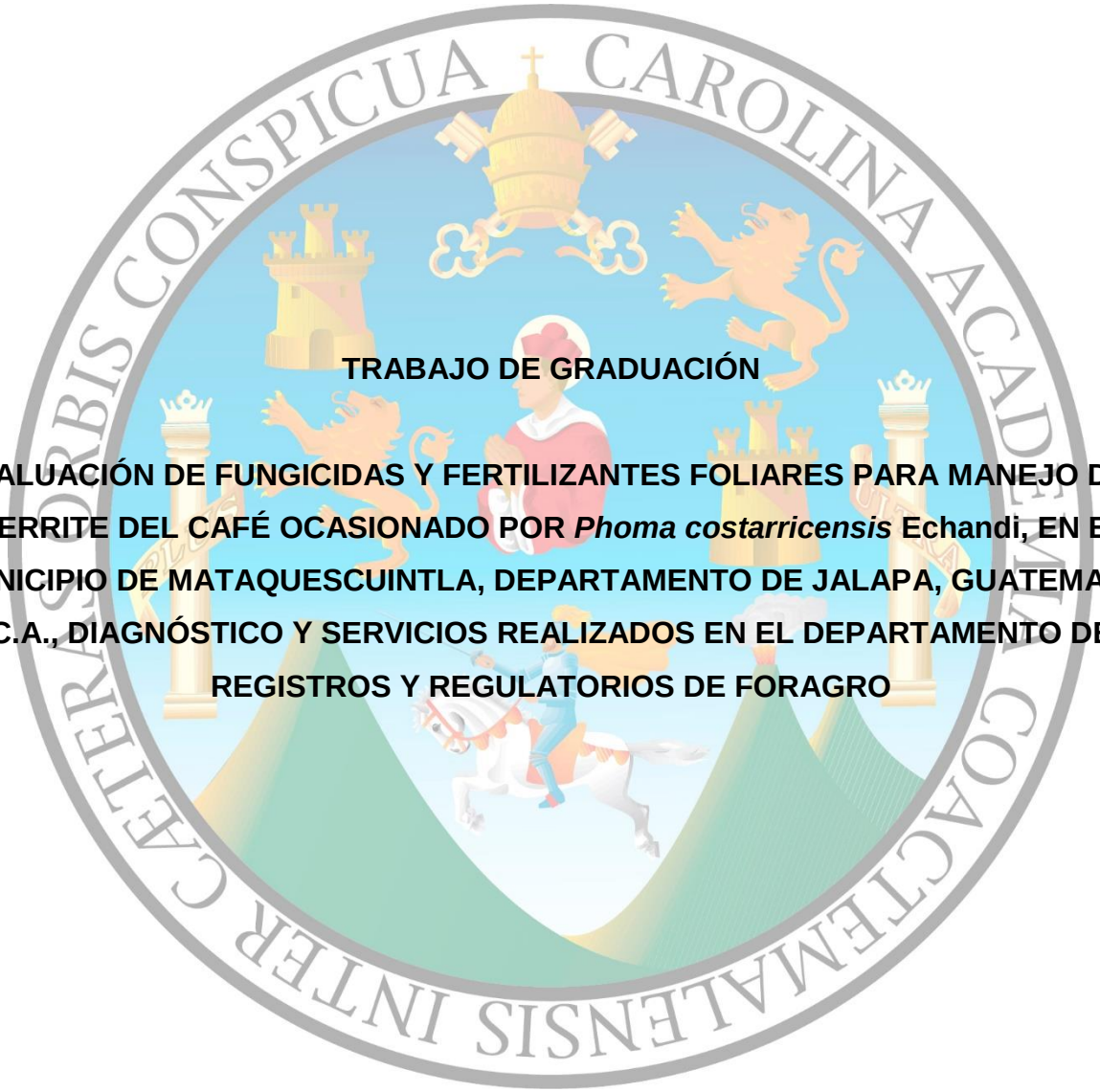
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS Y FERTILIZANTES FOLIARES PARA MANEJO DEL DERRITE DEL CAFÉ OCASIONADO POR *Phoma costarricensis* Echandi, EN EL MUNICIPIO DE MATAQUESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A., DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE REGISTROS Y REGULATORIOS DE FORAGRO

MELVIN ESTUARDO GÓMEZ SIJA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS Y FERTILIZANTES FOLIARES PARA MANEJO DEL DERRITE DEL CAFÉ OCASIONADO POR *Phoma costarricensis* Echandi, EN EL MUNICIPIO DE MATAQUESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A., DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE REGISTROS Y REGULATORIOS DE FORAGRO.

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

POR

MELVIN ESTUARDO GÓMEZ SIJA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE 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	Br. Carmen Aracely García Pirique
VOCAL V	Pr. Agr. Mynor Fernando Almengor Orenos
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Aroldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

Guatemala, noviembre de 2021

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

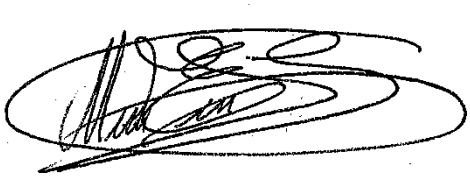
Honorables miembros:

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 FUNGICIDAS Y FERTILIZANTES FOLIARES PARA MANEJO DEL DERRITE DEL CAFÉ OCASIONADO POR** *Phoma costarricensis* Echandi**, EN EL MUNICIPIO DE MATAQUESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A., DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE REGISTROS Y REGULATORIOS DE FORAGRO"** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



MELVIN ESTUARDO GÓMEZ SIJA

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS	Por sus bendiciones, brindarme salud, fuerza y sabiduría para poder seguir adelante y culminar con éxito esta etapa importante.
MIS PADRES	Cesar Augusto Gómez Sochón y Everilda Angelica Sija Ayala, por su arduo trabajo, apoyo, amor, paciencia y consejos que me ayudaron a seguir adelante y ser una persona de bien. Este triunfo es de ustedes padres.
MI HERMANA	Jennyfer Merary Gómez Sija, por estar conmigo en todos los momentos y apoyarme cuando más lo necesité. Gracias hermanita.
MI NOVIA	Inga. Agr. Dayana Contreras, por ser parte de mi vida y brindarme amor y apoyo incondicional en los momentos que más los necesité. Gracias por estar a mi lado compartiendo este triunfo.
MI FAMILIA	En especial a mis abuelos maternos: Pascual Sija (†) y Maria Ayala, mis tíos: Jorge Sija y Blanca Martínez por el gran apoyo que me han brindado y por sus consejos que me ayudaron a seguir adelante.
FAMILIA CONTRERAS RIVERA	Por su gran carisma y ser buenas personas conmigo. Gracias por abrirme las puertas y tomarme como parte de ustedes.

MIS AMIGOS Alvaro Rodas, Gustavo Ruíz, Cesar Polanco, Carlos Andrade y Hugo Calderón por su amistad y apoyo durante mis años de carrera universitaria.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS MI SALVADOR, PROVEEDOR DE VIDA, AMOR Y SABIDURÍA.

MI PATRIA GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, MI ALMA MÁTER

LA GLORIOSA FACULTAD DE AGRONOMÍA

MIS CATEDRÁTICOS

MI AMADA FAMILIA

MIS AMIGOS

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi asesor específico Dr. Edin Orozco, por su enorme apoyo, colaboración y orientación de mi investigación.

Mi supervisor Ing. Agr. Alfredo Itzep por su orientación durante las actividades del EPS.

Ing. Agr. Gabriel Rodríguez por su paciencia, enseñanzas y su gran apoyo durante el EPS, específicamente en la orientación de mi investigación.

Universidad de San Carlos de Guatemala mi alma máter.

Facultad de Agronomía por todos los conocimientos adquiridos durante toda mi carrera universitaria para mi formación académica y profesional.

Foragro por haberme dado la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado en sus instalaciones y áreas de influencia, lo cual me permitió adquirir conocimientos valiosos y enriquecedores para mi formación profesional, asimismo, por el apoyo técnico que me brindaron.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE REGISTROS Y REGULATORIOS DE LA EMPRESA FORAGRO, UBICADA EN GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.

1. INTRODUCCIÓN 3
2. OBJETIVOS 4
2.1. Objetivo general 4
2.2. Objetivos específicos 4
3. METODOLOGÍA 5
3.1. Método para recolección de información 5
3.1.1. Recolección de información en base a fuentes primarias 5
A. Método de entrevista 5
3.1.2. Propuesta de análisis de información 5
A. Análisis FODA 5
B. Árbol de problemas 6
C. Análisis por comparación de pares 6
4. MARCO REFERENCIAL 8
4.1. Generalidades de la empresa 8
4.2. Ética de la empresa 8
4.3. Cobertura y alcance de la empresa 9
4.4. Colaboradores por países 9
4.5. Organización y estructura de la empresa 9
4.5.1. Objetivos de áreas y fundamentos para su operación 10
4.6. Actividades y procedimientos de la empresa 12
4.7. Proyectos nuevos 12
4.8. Ventajas que hacen diferente a Foragro de otras empresas 13
4.9. Departamento de Registros y Regulatorios 13

PÁGINA

4.9.1. Organigrama del departamento 13
4.9.2. Operaciones del departamento 14
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES 16
5.1. Detección de las problemáticas que afectan la eficiencia del departamento de Registros y Regulatorios de Foragro 16
5.1.1. Resultados obtenidos mediante las entrevistas 16
5.1.2. Matriz de comparación de pares 17
5.2. Conocimiento de las causas y efectos de la problemática “Incumplimiento del plan de trabajo de registro de ingredientes activos” 19
5.2.1. Árbol de problemas 19
5.3. Identificación de los aspectos de oportunidad del departamento de Registros y Regulatorios de Foragro 20
6. CONCLUSIONES 21
7. RECOMENDACIONES ..... **¡Error! Marcador no definido.**
8. BIBLIOGRAFÍA 23
9. ANEXOS 24

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS Y FERTILIZANTES FOLIARES PARA MANEJO DEL DERRITE DEL CAFÉ OCASIONADO POR *Phoma costarricensis* Echandi, EN EL MUNICIPIO DE MATAQUESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A.

1. INTRODUCCIÓN 27
2. MARCO TEÓRICO 29
2.1. Marco conceptual 29
2.1.1. Generalidades del café 29
2.1.2. Historia del café en Guatemala 29

PÁGINA

2.1.3. Importancia económica del café en Guatemala 30
2.1.4. Características del café (*Coffea arabica* L.*)* 31
A. Clasificación taxonómica del café 31
B. Características morfológicas de la planta 31
C. Especies y variedades del café en Guatemala 32
D. Manejo agronómico del café 36
E. Enfermedades 37
a. Derrite del café ocasionado por *Phoma costarricensis* 37
i. Síntomas 37
ii. Condiciones favorables de la enfermedad 38
iii. Clasificación taxonómica de *Phoma costarricensis* 39
iv. Características del hongo *Phoma costarricenses* Echandi 39
v. Ciclo de vida de *Phoma* spp. 40
vi. Diseminación del patógeno 41
vii. Manejo del derrite del café 42
2.1.5. Fungicidas sistémicos 43
2.1.6. Fertilizantes foliares 44
2.1.7. Cuantificación de enfermedades 46
2.1.8. Análisis temporal 47
2.2. Marco referencial 49
2.2.1. Ubicación del ensayo 49
2.2.2. Distribución de cultivos en la finca 49
2.2.3. Suelos 49
2.2.4. Variedades de café en finca el Morito 49
2.2.5. Manejo fitosanitario del café en la finca el Morito 50
2.2.6. Estudios previos sobre control de derrite del café en Guatemala 50
3. OBJETIVOS 51
3.1. Objetivo general 51
3.2. Objetivos específicos 51

PÁGINA

4. HIPÓTESIS 52
5. METODOLOGÍA 53
5.1. Evaluación de la eficacia de mezclas de fungicidas sistémicos y mezclas de fertilizantes foliares para el control de derrite del café (*P. costarricensis*) 53
5.1.1. Material vegetal experimental de café 53
5.1.2. Tratamientos 53
5.1.3. Diseño y establecimiento del ensayo 54
5.1.4. Cuantificación de la enfermedad 54
5.1.5. Muestreos de enfermedad y aplicaciones de fungicidas y fertilizantes foliares 55
5.1.6. Modo de aplicación 56
5.1.7. Análisis de información 56
A. Análisis de severidad 56
B. Análisis de la incidencia de la enfermedad 56
C. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad en planta (ABCPE) 57
5.2. Análisis de aspectos epidemiológicos de la enfermedad de derrite del café (*P. costarricensis*) 57
5.2.1. Modelo epidemiológico para incidencia de *P. costarricensis* en hojas jóvenes de café (análisis temporal) 57
5.2.2. Tasa de incremento de la enfermedad 57
5.2.3. Comportamiento de la enfermedad según el clima 58
5.3. Análisis estadístico 58
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 59
6.1. Eficacia de mezclas de fungicidas sistémicos y mezclas de fertilizantes foliares para el control de derrite del café 59
6.1.1. Análisis del índice de severidad de derrite del café 59
6.1.2. Análisis de área bajo la curva del progreso de derrite del café 62
6.2. Análisis de aspectos epidemiológicos de derrite del café 64
6.2.1. Determinación de modelo epidemiológico para incidencia de *P. costarricensis* en hojas jóvenes de café 64

PÁGINA

6.2.2. Tasa de incremento de la enfermedad 65
6.2.3. Comportamiento de la enfermedad según el clima..... 66
7. CONCLUSIONES 69
8. RECOMENDACIONES..... 70
9. BIBLIOGRAFÍA..... 71
10. ANEXOS..... 77

CAPÍTULO III

SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE REGISTROS Y REGULATORIOS DE LA EMPRESA FORAGRO.

1. ANTECEDENTES..... 85
2. OBJETIVOS 86
2.1. Objetivo general..... 86
2.2. Objetivos específicos..... 86
3. METODOLOGÍA..... 87
4. RESULTADOS DE LOS SERVICIOS EJECUTADOS..... 96
4.1. SERVICIO 1: ELABORACIÓN DEL MANUAL DE IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS..... 96
4.2. SERVICIO 2: EVALUACIÓN DEL INSECTICIDA SPINOSAD 48 SC PARA EL CONTROL DE GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda*), EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays)*..... 98
4.3. SERVICIO 3: EVALUACIÓN DEL INSECTICIDA SPIROTETRAMAT 24 SC PARA EL CONTROL ÁFIDOS (*Myzus* sp.), EN EL CULTIVO DE CRISANTEMO (*Chrysanthemum morifolium*) 104
5. CONCLUSIONES GENERALES 108
6. RECOMENDACIONES GENERALES..... 109
7. BIBLIOGRAFÍAS 110
8. ANEXOS..... 111

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA **PÁGINA**

Figura 1. Diagrama del Árbol de Problemas 6
Figura 2. Organigrama del departamento de Registros y Regulatorios de Foragro. 14
Figura 3. Árbol de problemas para la limitante “Incumplimiento del plan de trabajo anual de registro de ingredientes activos”. 19
Figura 4. Análisis FODA del Departamento de Registros y Regulatorios de Foragro . 20
Figura 5. Importancia económica de café en Guatemala 30
Figura 6. Diseño morfológico del cafeto 32
Figura 7. Síntomas del derrite del café causados por *P. costarricenses* Echandi 38
Figura 8. Morfología de estructuras de *Phoma costarricensis* 40
Figura 9. Esquema de ciclo de biológico de *Phoma* spp. 41
Figura 10. Escala diagramática de severidad para evaluación de derrite del café ocasionada por *P. costarricenses* 55
Figura 11. Curvas de progreso de derrite del café para cada uno de los tratamientos .. 62
Figura 12. Área bajo la curva del progreso de derrite del café para cada uno de los tratamientos 63
Figura 13. Gráfico de valores reales vs. valores estimados de incidencia de derrite del café en hojas jóvenes de plantas pertenecientes al testigo absoluto. 64
Figura 14. Curva de incidencia de derrite del café en hojas jóvenes de plantas pertenecientes al testigo absoluto. 65
Figura 15. Comportamiento del índice de severidad de derrite del café con respecto a las variables climáticas. 67
Figura 16A. Croquis de distribución de tratamientos en campo 81
Figura 17. Diseño de identificación por especie de maleza 96
Figura 18. Número de larvas de cogollero por planta de maíz 99
Figura 19. Curvas de infestación de *Spodoptera frugiperda* por planta de maíz 100
Figura 20. Daño foliar de gusano cogollero por planta de maíz 101
Figura 21. Curvas de daño foliar de *Spodoptera frugiperda* por planta de maíz 102

FIGURA **PÁGINA**

Figura 22. Número de áfidos por planta de crisantemo 105
Figura 23. Curvas de infestación de *Myzus* sp. por planta de crisantemo 106
Figura 24A. Escala visual de daño ocasionado por gusano cogollero (*S. frugiperda*) en planta de maíz. 111

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO **PÁGINA**

Cuadro 1. Ejemplo de matriz de pares.....7
Cuadro 2. Resultados obtenidos de la matriz de pares 7
Cuadro 3: Colaboradores por países de la empresa Foragro 9
Cuadro 4. Criterio de calificación de limitantes debido a su prioridad y alcance personal para su resolución 17
Cuadro 5. Asignación de clave para cada limitante determinada en el departamento de Registros y Regulatorios para la realización de análisis de matriz de pares 17
Cuadro 6. Matriz de comparación de pares de limitantes determinadas en el departamento de Registros y Regulatorios de Foragro.....18
Cuadro 7. Resultados obtenidos de la matriz de pares de las limitantes encontradas en el departamento de Registros y Regulatorios 18
Cuadro 8A: Boleta de entrevista.....24
Cuadro 9. Requerimientos nutricionales del cultivo de café en kg/ha para producir 140 qq de café cereza por hectárea.....36
Cuadro 10. Tratamientos de fungicidas y fertilizantes foliares evaluados para el combate de *P. costarricenses* en el cultivo de café (*C. arabica*).....53
Cuadro 11A. Análisis de varianza para índice de severidad de derrite del café en hojas jóvenes para la cuantificación realizada el 06/11/2019. 77
Cuadro 12A. Análisis de varianza para índice de severidad de derrite del café en hojas jóvenes para la cuantificación realizada el 05/01/2020. 77
Cuadro 13A. Análisis de varianza para índice de severidad de derrite del café en hojas jóvenes para la cuantificación realizada el 20/03/2020. 77
Cuadro 14A. Análisis de varianza para área bajo la curva del progreso de derrite del café en hojas jóvenes. 78
Cuadro 15A. Prueba de medias para índice de severidad de derrite del café en hojas jóvenes para las cuantificaciones realizadas en las fechas seleccionadas…78

CUADRO **PÁGINA**

Cuadro 16A. Prueba de medias para área bajo la curva del progreso de derrite del café en hojas jóvenes. 79
Cuadro 17A. Supuestos estadísticos para el análisis de índice de severidad de derrite del café en hojas jóvenes (06/11/2019). 79
Cuadro 18A. Supuestos estadísticos para el análisis de índice de severidad de derrite del café en hojas jóvenes (05/01/2020). 79
Cuadro 19A. Supuestos estadísticos para el análisis de índice de severidad de derrite del café en hojas jóvenes (20/03/2020). 80
Cuadro 20A. Supuestos estadísticos para el análisis de área bajo la curva del progreso de derrite del café en hojas jóvenes. 80
Cuadro 21A. Análisis de regresión no lineal, coeficientes de regresión y estadísticos asociados al modelo monomolecular. 80
Cuadro 22A. Valores de R^2 ajustado y cuadrado medio del error de los modelos epidemiológicos para la variable incidencia. 80
Cuadro 23A. Análisis de correlación del índice de severidad de derrite y las variables climáticas para las condiciones de Mataquescuintla, Jalapa, 2019-2020. 81
Cuadro 24. Tratamientos del insecticida Spinosad 48 SC (FA) evaluados, para el combate de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz. 89
Cuadro 25. Tratamientos del insecticida sistémico Spirotetramat 24 SC (FA) evaluados, para el combate de *Myzus* sp. en el cultivo de crisantemo..... 93
Cuadro 26. Número de especies de malezas encontradas en diferentes cultivos de Guatemala. 97
Cuadro 27. Eficacia de control de gusano cogollero en maíz. 103
Cuadro 28. Análisis de fitotoxicidad del insecticida Spinosad 48 SC (FA). 103
Cuadro 29. Eficacia de control de áfidos en crisantemo. 107
Cuadro 30. Análisis de fitotoxicidad del producto Spirotetramat 24 SC (FA). 107

EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS Y FERTILIZANTES FOLIARES PARA MANEJO DEL DERRITE DEL CAFÉ OCASIONADO POR *Phoma costarricensis* Echandi**, EN EL MUNICIPIO DE MATAQUESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A., DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE REGISTROS Y REGULATORIOS DE FORAGRO.**

RESUMEN

El presente trabajo de graduación comprende de tres capítulos que detallan las actividades realizadas en el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS). Este se llevó a cabo durante el periodo de agosto 2019 a mayo 2020 en el departamento de Registros y Regulatorios de la empresa Foragro.

El Capítulo I comprende el informe de diagnóstico. Este se realizó con la finalidad de conocer la situación administrativa del departamento de Registros y Regulatorios de Foragro. Se identificaron algunos aspectos que limitan la eficiencia de trabajo del departamento, con el fin de buscar posibles soluciones. La limitante de mayor prioridad fue el incumplimiento del plan de trabajo de registro de productos, debido a que existen atrasos en las evaluaciones de los ingredientes activos en campo a causa de un equipo técnico limitado. Debido a esto no se logra la entrega de informes finales de los ensayos de eficacia en las fechas establecidas, de manera que genera demoras para completar expedientes de solicitud de registro. Para el cumplimiento del plan de trabajo de registro de moléculas, la empresa debe de realizar contrataciones de personal profesional para el establecimiento de ensayos de eficacia.

El Capítulo II comprende el informe de investigación. El objetivo de este estudio fue evaluar fungicidas y fertilizantes foliares para el manejo de derrite del café, como también estudiar algunos aspectos epidemiológicos de la enfermedad, en la localidad de Mataquescuintla, Jalapa. El experimento fue establecido en la Finca el Morito, a una altitud de 1985 m s.n.m, en una plantación de café con la variedad “Pacamara” de dos años de siembra. El estudio

se realizó en el periodo de agosto 2019 a marzo 2020, las lecturas de la intensidad de la enfermedad (incidencia y severidad) se realizaron a cada 15 días. En el análisis de la información, se correlacionaron las variables de intensidad de la enfermedad y de clima, como también se realizó análisis temporal. Se obtuvo curvas de progreso de la enfermedad de derrite, área bajo la curva de progreso de la enfermedad y ajuste de modelos para los datos de incidencia de la enfermedad de derrite.

La mejor eficacia de control de derrite del café se obtuvo con la aplicación de las mezclas de fungicidas sistémicos y no hubo diferencias significativas entre estos tratamientos. La aplicación de fertilizantes foliares no fue efectiva en el control de la enfermedad y al emplearse mezcla de fertilizantes foliares con fungicidas sistémicos, la eficacia de control de la enfermedad se redujo. La intensidad de derrite del café se incrementó con temperatura de 17.0 °C a 19.0 °C, humedad relativa de 81.0 % - 86.0 %, viento de 14.6 km/h a 33.2 km/h y lámina de lluvia inferior a 4.0 mm quincenales. El conjunto de datos de enfermedad de derrite del café se ajustó al modelo Monomolecular (R^2=0.9224, CME=0.0041).

El Capítulo III comprende el informe de los servicios realizados en el departamento de Registros y Regulatorios de Foragro. Lo servicios realizados fueron actividades de apoyo para mejorar eficiencia del departamento. Los servicios fueron planteados de acuerdo a las limitantes que fueron observadas durante el diagnóstico, los cuales son los siguientes: 1) elaboración de un manual de identificación de malezas, cuya finalidad fue el apoyo en la parte técnica de ensayos de eficacia de herbicidas; 2) evaluación del insecticida Spinosad 48 SC para el control de gusano cogollero en maíz; 3) evaluación del insecticida Spirotetramat 24 SC para el control de áfidos en el cultivo de crisantemo. Estos dos últimos servicios tuvieron como finalidad el apoyo al cumplimiento del plan de trabajo de evaluación de moléculas en campo, debido a la limitación de personal de investigación.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE REGISTROS Y REGULATORIOS DE LA EMPRESA FORAGRO, UBICADA EN GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.

1. INTRODUCCIÓN

Foragro es una empresa guatemalteca fundada en 1988 y se dedica a la producción y distribución de productos para la protección y saneamiento de los cultivos. Cuenta con una línea de productos que incluye: insecticidas, fungicidas, herbicidas, coadyuvantes y reguladores de crecimiento. Actualmente la empresa tiene presencia en distintos países como Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, República Dominicana y Ecuador.

El Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA) se desarrolló en el Departamento de Registros y Regulatorios de Foragro. Este se encarga de los registros de productos agroquímicos ante la autoridad nacional competente MAGA y del soporte técnico basado en los ensayos de eficacia para determinar las recomendaciones de los productos en cada cultivo.

El EPS consiste en un conjunto de actividades académicas en el campo de la docencia, la investigación, la extensión y el servicio en empresas, comunidades, organizaciones no gubernamentales, instituciones del estado o instituciones de investigación. Durante la fase de inducción y planificación del EPS, se realiza una recopilación de información de fuentes primarias y secundarias, con la finalidad de conocer el entorno del área de donde se realizó el Ejercicio Profesional Supervisado, además de identificar y priorizar los problemas mediante la realización de un diagnóstico.

Con el fin de conocer la situación administrativa del departamento de Registros y Regulatorios, se procedió a la realización de un diagnóstico, de manera obtener información de manera precisa, para luego identificar las limitantes que afectan la eficiencia de trabajo del departamento y buscar posibles soluciones. El diagnóstico se realizó en los meses de agosto-septiembre del 2019.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Conocer la situación administrativa del departamento de registros y regulatorios de la empresa Foragro.

2.2. Objetivos específicos

1. Detectar las problemáticas que afectan la eficiencia del departamento de Registros y Regulatorios.

2. Conocer las causas y efectos de la problemática identificada de mayor prioridad dentro del departamento de Registros y Regulatorios.

3. Identificar los aspectos de oportunidad que pueden ser de provecho para el departamento de Registros y Regulatorios.

3. METODOLOGÍA

3.1. Método para recolección de información

3.1.1. Recolección de información en base a fuentes primarias

A. Método de entrevista

Para la recopilación de información en base a fuentes primarias, se elaboró una boleta de entrevista (Cuadro 8A). Para la realización de la entrevista se enfocó principalmente al personal de las áreas de gestión humana y registros y regulatorios de la empresa Foragro. Se realizó un formulario de entrevista del tipo semiestructurada que permitió la comunicación entre dos o más personas establecidas, entre el investigador y el sujeto de estudio a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto. Este tipo de formulario se caracteriza porque se realizan preguntas abiertas con el fin de dar la oportunidad al entrevistado de expresar sus ideas y obtener una información más completa y precisa (Dámaso Mata 2015, Hammer y Wildavsky 1990).

3.1.2. Propuesta de análisis de información

Con respecto a la información recolectada se analizó por medio de las siguientes diferentes herramientas:

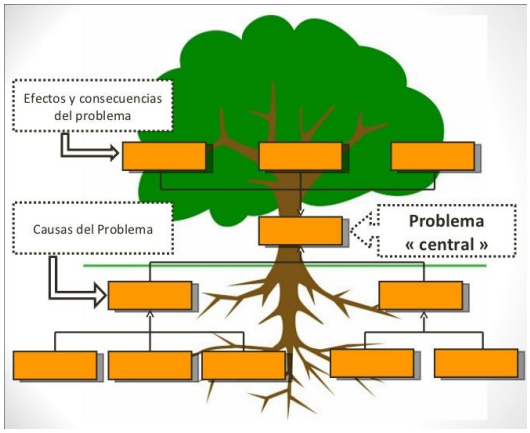
A. Análisis FODA

Es una herramienta de planificación estratégica utilizada para realizar un análisis interno (fortalezas y debilidades) y externo (oportunidades y amenazas) de una empresa (Riquelme Leiva 2016).

B. Árbol de problemas

Es una técnica que ayuda a desarrollar ideas para identificar el problema y organizar la información recolectada, donde se genera un modelo de relaciones causales que lo explican (Martínez y Fernánez 2012).

El tronco del árbol es el problema central, las raíces son las causas y la copa los efectos (Figura 1). Ya realizada la entrevista, se habrá recopilado información de la cual podremos analizar para identificar las problemáticas de la empresa. La lógica es que cada problema es consecuencia de lo que aparece en la parte baja del árbol y a su vez es causante de los que están encima, de forma que se refleja la interrelación entre causas y efectos. Esto se realizó mediante la información obtenida por medio de entrevistas.



Fuente: Martínez y Fernández (2012).

Figura 1. Diagrama del Árbol de Problemas.

C. Análisis por comparación de pares

Es una herramienta de toma de decisiones que sirve para encontrar la priorización mediante la comparación entre dos alternativas en función a un determinado criterio.

Para realizar la comparación de pares se construye una matriz con cada opción identificada como encabezado de fila y columna. En cada celda de intersección se coloca la opción preferida y un punteo que va desde 0 (no hay preferencia de una sobre la otra) hasta 3 (la mayor diferencia entre preferencias) (Morales Díaz 2008).

Cuando ya se tiene conocimiento de cuáles son las problemáticas, se construirá una matriz, la cual ira descrita en el encabezado de filas y columnas, esto para la comparación de pares y encontrar la priorización entre ellas. Ejemplo:

Cuadro 1. Ejemplo de matriz de pares.

PROBLEMA	A	B	C	D
A	-	B,1	A,2	A,3
B	-	-	B,2	D,1
C	-	-	-	C,1
D	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia (2019).

La matriz se tabula para obtener un total de los puntos obtenidos cada vez que una de las opciones fue elegida. Los resultados se presentan en forma de porcentaje. Ejemplo:

Cuadro 2. Resultados obtenidos de la matriz de pares.

Opción	Punteo	Porcentaje
A	5	50 %
B	5	50 %
TOTAL	10	100 %

Fuente: elaboración propia (2019).

Este método garantiza que se han comparado todas las opciones en pares, todas contra todas.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. Generalidades de la empresa

Foragro fue fundada en 1988, por un grupo de emprendedores con una visión en común: contribuir al desarrollo agrícola de nuestros países a través de productos que protegen e incrementan la seguridad en la producción de los cultivos.

Es una empresa guatemalteca que se dedica a la producción y distribución de productos para la protección y saneamiento de los cultivos. Cuenta con una línea de productos que incluye: insecticidas, fungicidas, herbicidas, coadyuvantes y reguladores de crecimiento.

Actualmente la empresa tiene presencia en distintos países como Guatemala, Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, República Dominicana y Ecuador.

4.2. Ética de la empresa

Misión: ser una alternativa confiable para la protección y saneamiento de los cultivos de nuestros clientes con el propósito de mejorar su productividad y rentabilidad, mediante el uso racional y eficaz de nuestros productos en línea con el medio ambiente.

Visión: posicionar a Foragro y sus colaboradores en la mente de nuestros clientes, como una empresa comprometida con el desarrollo agrícola en todos los países donde opera, ofreciendo productos de calidad a precios competitivos y con un servicio óptimo, logrando así que seamos percibidos como sus aliados en la solución de problemas presentes y futuros, jugando un rol protagónico enfocados en cultivos donde existen pocas opciones disponibles para nuestros clientes.

4.3. Cobertura y alcance de la empresa

Cobertura a nivel de Guatemala, abarca los 22 departamentos, los 6 países de Centroamérica con oficinas y bodegas. Cuenta con distribución en Belice y Republica Dominicana. La producción se realiza en Guatemala para luego distribuirlo a nivel regional.

4.4. Colaboradores por países

Los colaboradores de la empresa Foragro se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3: Colaboradores por países de la empresa Foragro.

País	Colaboradores
Guatemala	279
El Salvador	11
Honduras	25
Nicaragua	17
Costa Rica	10
Panamá	5
Ecuador	3

Fuente: elaboración propia (2019).

4.5. Organización y estructura de la empresa

La organización y estructura de la empresa está comprendida de: oficinas centrales, laboratorio, planta de producción y bodegas.

4.5.1. Objetivos de áreas y fundamentos para su operación

A. **Oficinas centrales:** manejo de parte administrativa a nivel regional, Centro América, República Dominicana y Ecuador. Los departamentos que componen el área administrativa son:

a. **Departamento financiero:** se encarga de la contabilidad, presupuestos, área tributaria, costos, auditoría externa, a. interna, tesorería, cuentas por cobrar, cuentas por pagar, facturación.

b. **Cadena de suministros:** importaciones, exportaciones, desalmacenajes, compras locales e internacionales, bodegas y logística.

c. **Mercadeo:** se encarga de las estrategias de mercadeo de los productos de la empresa. Promueven los mensajes publicitarios, eligen los medios por donde se van a transmitir, las campañas que se van a realizar.

d. **Área comercial:** gerencias de desarrollo, gerencia de fincas de caña de azúcar y gerencia de agroindustrias. Cada gerencia cuenta con personal de representantes técnicos, vendedores, coordinadores y subcoordinadores de desarrollo

e. **Gestión humana:** compensaciones y beneficios, nominas, reclutamiento y selección, organización y métodos y responsabilidad social empresarial.

f. **IT (Infraestructura y tecnología)**: área de desarrollo de software, infraestructura y soporte técnico

g. **Registros y regulatorios:** genera nuevas oportunidades de productos basados en las necesidades de campo en problemas biológicos para cada uno de los cultivos.

B. Laboratorio Control de calidad

Se analiza mensualmente un promedio de 1300 muestras, con más de 85 ingredientes activos distintos en más de 200 productos diferentes. Se analiza y verifica todo lo que produce planta formuladora, así como lo que se importa ya formulado, al igual que todas las materias primas utilizadas durante el proceso. La base de métodos que se usan es el manual de CIPAC (Consejo Colaborativo Internacional para el Análisis de Plaguicidas).

C. Planta de producción

Cuenta con 5 áreas de producción: líquidos, insecticidas, polvos, granulados, herbicidas y plásticos, la capacidad instalada de la planta permite una producción mensual de 900,000 kilos/litros. Se utilizan 77 activos para las diversas formulaciones y productos a disposición del cliente.

D. Bodegas

Cuenta con 5 bodegas como centros de almacenamiento y distribución a nivel departamental en Guatemala y regionalmente a C.A., Ecuador y Republica Dominicana.
Foragro cuenta con distintos centros de almacenamiento:

- Bodega Central en Amatitlán
- Zona Franca, Amatitlán
- Estanzuela, Zacapa
- Coatepeque, Quetzaltenango
- Planta de producción, Tiquisate

En bodega central, el espacio de almacenamiento es de 4,500 m^2, se cuenta con una capacidad para cargar 4 contenedores al mismo tiempo. El tiempo promedio de descarga es de 22 minutos, para carga es de 35 minutos.

4.6. Actividades y procedimientos de la empresa

Se inicia con la compra de materia prima, para luego enviarla a planta de producción, ellos realizan todos los procesos para tener el producto final, luego se envía a bodega para la distribución. El área comercial se encarga de realizar las ventas con mayoristas, distribuidores o dueños de fincas y realizan toda la operación de facturación y solicitud a oficinas para que se coordine el despacho con bodega.

4.7. Proyectos nuevos

En el mediano y largo plazo, Foragro busca expandirse en otros países. Se tiene planificado incursionar a nuevos mercados en Bolivia, México y el resto del Caribe. Entre los proyectos nuevos se tienen:

- Sensores de Humedad.
- Bolsas para almácigos y acolchados agrícolas (mulch).
- Equipos de aplicación de agroquímicos.
- Insecticidas para plagas domésticas.
- Bolsas biodegradables.

4.8. Ventajas que hacen diferente a Foragro de otras empresas

4.8.1. Productos granulados

Al referirse a estos productos, existen beneficios para la agricultura, salud ocupacional y medio ambiente debido a:

- Por su forma esférica su aplicación es uniforme.
- Ofrece una liberación mejorada de ingrediente activo.
- No libera polvo
- No flota, reduciendo el riesgo de contaminación de aguas.

4.8.2. Mezclas únicas

La empresa posee mezclas únicas de ingredientes activos, para una solución a la medida en función de las necesidades del cultivo.

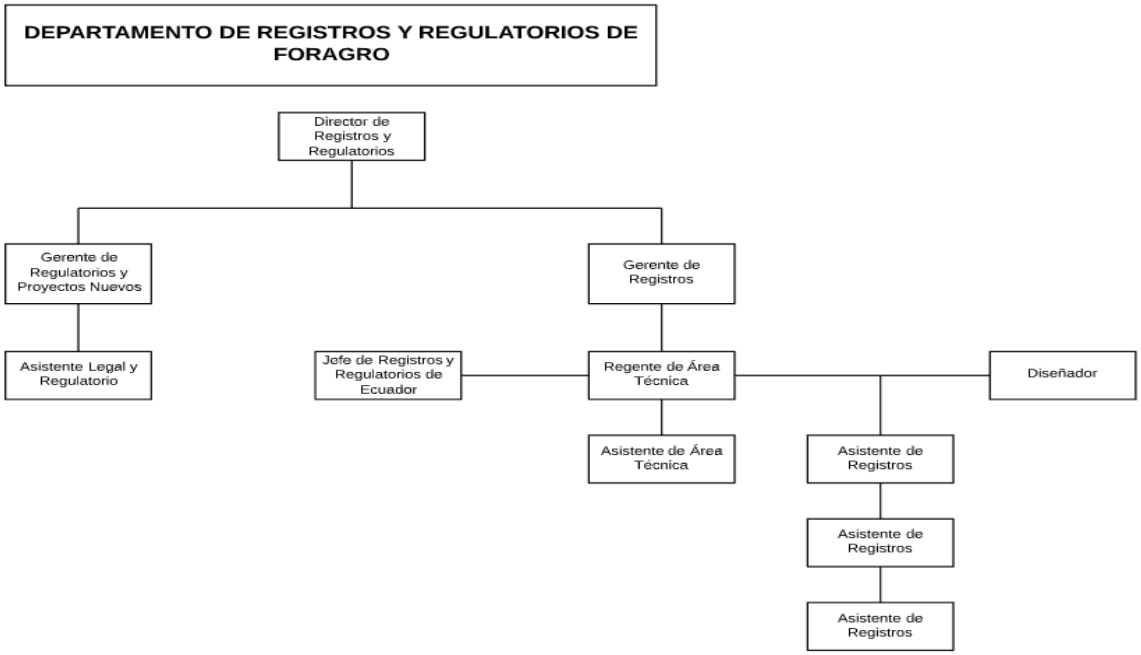
4.8.3. Formulaciones especiales

La empresa posee formulaciones especiales para una mejor eficacia biológica, periodo de carencia y seguridad en la aplicación.

4.9. Departamento de Registros y Regulatorios

4.9.1. Organigrama del departamento

El departamento de Registros y Regulatorios tiene como función generar nuevas oportunidades de productos, basados en las necesidades de campo en problemas biológicos para cada uno de los cultivos. Se encuentra estructurada de la siguiente manera:



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 2. Organigrama del departamento de Registros y Regulatorios de Foragro.

4.9.2. Operaciones del departamento

- Generar nuevas oportunidades de productos basados en las necesidades de campo en problemas biológicos para cada uno de los cultivos.
- Mantener el portafolio de registros vigentes en la región.
- Desarrollo de nuevos productos diferenciados que no existen actualmente en el mercado (mezclas únicas).
- Estar al día e informar a la parte comercial de todos los cambios relevantes de las regulaciones a nivel mundial como, por ejemplo: cambios en límite máximo de residuos (LMR) y restricciones y prohibiciones en base a temas ambientales en los países, fabricantes de los ingredientes activos.

- Soporte de búsquedas y actualización de patentes a nivel región, argumentos de defensa, oposición y cancelación de patentes otorgadas en Registro de Propiedad Intelectual.
- Protección de registros de marca en la región.
- Velar que no se infrinja una patente.
- Monitoreo de vigencia de patentes.
- Registro de licencias de operación: licencia ambiental ante el ministerio de ambiente, licencia de salud sanitaria, licencia de importadora y formuladora de agroquímicos ante el MAGA.
- Registros de productos agroquímicos ante la autoridad nacional competente MAGA.
- Ingresar expedientes en base a lo establecido a los reglamentos para poder obtener registros.
- Análisis de mercados en busca de oportunidades en plaguicidas biológicos y botánicos.
- Soporte técnico: ensayos de eficacia para determinar las recomendaciones en cada cultivo y determinación de periodos de carencia en base a la concentración y residualidad de la molécula en el producto comercial.

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Detección de las problemáticas que afectan la eficiencia del departamento de Registros y Regulatorios de Foragro

Para la detección de las problemáticas que afectan al departamento de Registros y Regulatorios de Foragro, se acudió a la realización entrevistas dirigidas al gerente del área y personal de recursos humanos. Luego de obtener las limitantes, mediante la metodología de matriz de comparación de pares, se determinó la de más prioridad.

5.1.1. Resultados obtenidos mediante las entrevistas

Se realizaron entrevistas personales con diferentes miembros del departamento. Se determinaron las siguientes limitantes:

- Existe una limitación en personal para realizar los ensayos de eficacia, lo que conlleva a incumplir el plan anual de trabajo de registro de productos que establece el departamento.
- Existe limitaciones debido a condiciones ambientales y climáticas no aptas para el desarrollo de una plaga o enfermedad de interés, lo que conlleva a no poder ser registrada y autorizada en el panfleto de un producto prioritario ante el MAGA.
- Cada personal del departamento realiza sus labores en Excel a su manera sin existencia de un formato uniforme, de esta manera hay irregularidad en la presentación de planes de trabajo.
- Existe falta de comunicación entre el personal del departamento debido a que no hay consulta de dudas entre los mismos, de manera que afecta los planes de trabajo dentro del departamento por desacuerdos.

5.1.2. Matriz de comparación de pares

Se hizo uso de la matriz de comparación de pares para la determinación de limitantes de mayor prioridad y que estén al alcance personal para su resolución. La comparación se realizó entre dos problemáticas en función a un determinado criterio (Cuadro 4) y clave asignada (Cuadro 5).

Cuadro 4. Criterio de calificación de limitantes debido a su prioridad y alcance personal para su resolución.

Prioridad	Calificación
Baja	1
Moderada	2
Fuerte	3

Cuadro 5. Asignación de clave para cada limitante determinada en el departamento de registros y regulatorios para la realización de análisis de matriz de pares.

Clave	Limitante
A	Incumplimiento del plan de trabajo de registro de ingredientes activos
B	Condiciones climáticas no aptas para evaluación de moléculas
C	Personal no bilingüe
D	Personal con conocimiento limitado de Excel
E	Falta de comunicación entre personas del departamento

De acuerdo al criterio propuesto en el cuadro 5 se determinó las limitantes de mayor prioridad con la elaboración de una matriz de comparación de pares que se presenta en el cuadro 6. La puntuación de cada una de ellas se puede observar en el cuadro 7.

Cuadro 6. Matriz de comparación de pares de limitantes determinadas en el departamento de registros y regulatorios de Foragro.

PROBLEMA	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
A	-	A,3	A,3	A,3	A,3
B	-	-	C,2	D,1	E,2
C	-	-	-	C,3	C,2
D	-	-	-	-	E,2
E	-	-	-	-	-

Cuadro 7. Resultados obtenidos de la matriz de pares de las limitantes encontradas en el departamento de Registros y Regulatorios.

Opción	**Punteo**	**Porcentaje**
A	12	50.00 %
B	0	0.00%
C	7	29.17 %
D	1	4.17 %
E	4	16.66
TOTAL	24	100.00 %

La limitante de mayor importancia es la opción “A”. Incumplimiento del plan de trabajo de registro de ingredientes activos”. Es la de mayor relevancia, ya que, con un personal limitado

para la realización de los ensayos de eficacia, no se logra cumplir con el plan de trabajo de registro de productos.

5.2. Conocimiento de las causas y efectos de la problemática “Incumplimiento del plan de trabajo de registro de ingredientes activos”

5.2.1. Árbol de problemas

Para analizar la problemática “incumplimiento del plan de trabajo de registro de ingredientes activos”, se utilizó la herramienta del árbol de problemas para determinar sus causas y efectos (Figura 3).

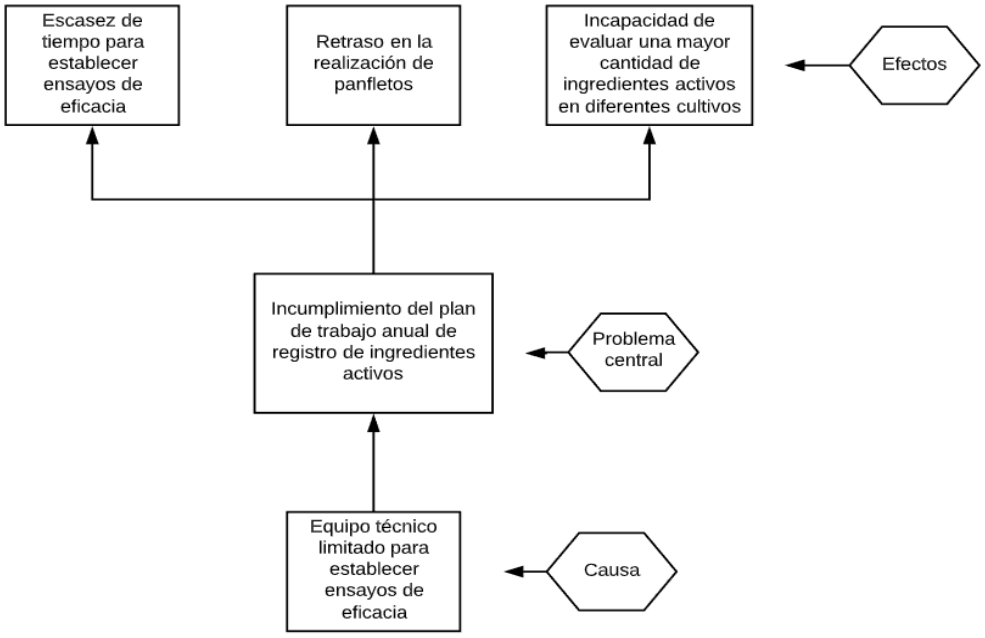


Figura 3. Árbol de problemas para la limitante “Incumplimiento del plan de trabajo anual de registro de ingredientes activos”.

No se logra cumplir con mayor eficiencia el plan de trabajo anual para el registro de ingredientes activos. Una de las causas es que el equipo técnico es limitado para que se

establezcan los ensayos de eficacia. Debido a esto, el personal que realiza los ensayos tiene un límite de tiempo, de manera que se reduce el número de evaluaciones en campo que se tiene planificado por ingrediente activo.

5.3. Identificación de los aspectos de oportunidad del departamento de Registros y Regulatorios de Foragro

Para determinar los aspectos oportunos del departamento de Registros y Regulatorios de Foragro, se realizó un análisis FODA, el cual se presenta en la figura 4.

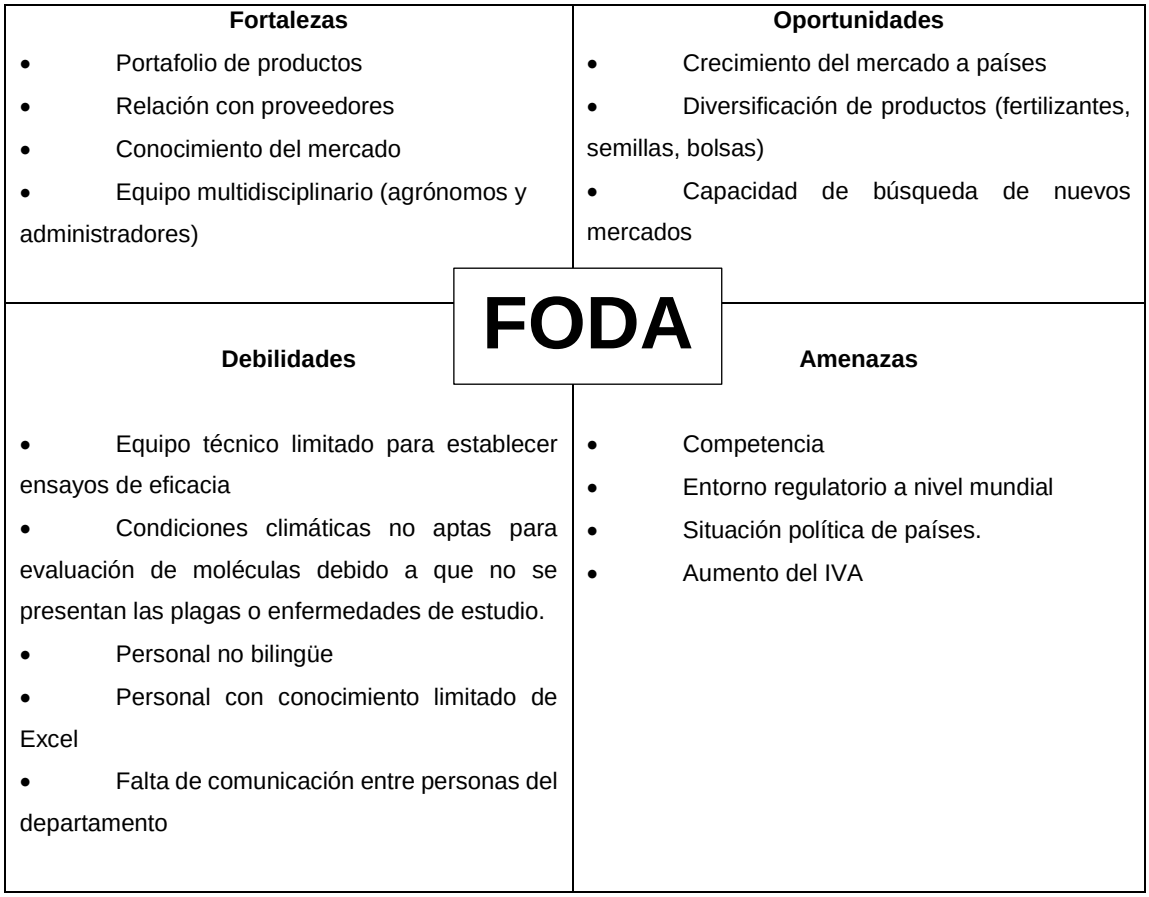


Figura 4. Análisis FODA del Departamento de Registros y Regulatorios de Foragro.

Debido a la diversificación de productos de sanidad vegetal que posee la empresa, el crecimiento del mercado en otros países donde no exista cobertura es de gran oportunidad. Esto debido a que Foragro ofrece una variedad de alternativas para el agricultor, que le ayudará como empresa a ser competitiva, esto debido al portafolio extenso de productos que son cómodos en precios y eficaces para los cultivos.

6. CONCLUSIONES

1. Dentro del departamento de Registros y Regulatorios se encontraron las siguientes limitantes: equipo técnico limitado para establecer ensayos de eficacia, condiciones climáticas no aptas para evaluación de moléculas, debido a que no se presentan las plagas o enfermedades de estudio, personal del departamento no bilingüe, personal con conocimiento limitado de Excel, falta de comunicación entre personas del departamento.

2. La limitante de mayor prioridad dentro del departamento es que no se logra cumplir con eficiencia el plan de trabajo de registro de productos, debido a que existen atrasos en las evaluaciones de los ingredientes activos en campo a causa de un equipo técnico limitado. Debido a esto no se logra la entrega de informes finales de los ensayos de eficacia en las fechas establecidas, de manera que genera demoras para completar expedientes de solicitud de registro.

3. Las oportunidades que tiene Foragro como empresa es crecimiento de mercado en otros países donde esta no tiene cobertura. La diversificación de productos de sanidad vegetal que esta posee la ayudaran a ser competitiva.

7. RECOMENDACIONES

1. Para el cumplimiento del plan de trabajo de registro de moléculas, la empresa debe de realizar contrataciones de personal profesional para el establecimiento de ensayos de eficacia, esto debido a que el personal es limitado.

2. Debe de existir una coordinación entre la empresa Foragro y los proveedores de materia prima. Esto debido a que muchas veces las muestras de productos no logran formularse en la época adecuada de evaluación de una plaga o enfermedad y debido a esto se tienen problemas en no encontrarse condiciones para las evaluaciones en campo.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Hammer, D; Wildavsky, A. 1990. La entrevista semi-estructurada de final abierto. Aproximación a una guía operativa: historia y fuente oral (4):23-61. DOI: https://doi.org/10.2307/27753290.
2. Cohen, E., Martínez, R. (2012). Metodologias e instrumentos para la formulación, evaluación y monitoreo de programas sociales. Chile, CEPAL.
3. Morales Díaz, LV. (2008). Análisis por comparación de pares para elección de un programa de maestría para especialización profesional. (en línea, sitio web). Consultado 7 may 2021. Disponible en http://www.ingenieriasimple.com/problemas/EjemploComparacionPares.pdf.
4. Riquelme Leiva, M. 2016. FODA: Matriz o Análisis FODA - Una herramienta fundamental. (en línea, sitio web). Consultado 7 may 2021. Disponible en https://www.analisisfoda.com/.

9. ANEXOS

Cuadro 8A: Boleta de entrevista.

BOLETA DE ENTREVISTA	
Entrevistado: Fecha: _____/_____/_____.	
No.	**Pregunta**
1.	Organización y estructura de la empresa
2.	Objetivos del área y fundamentos para su operación
3.	Cobertura y alcance de las funciones y operación del área
4.	Actores involucrados en el proceso
5.	Insumos (información, documentos e instrucciones)
6.	Recursos (humanos, informativos, infraestructura)
7.	Detalle de actividad o procedimientos
8.	Productos o salidas
9.	Interrelación con otros procesos
10.	Problemáticas
11.	Factores que afectan al proceso
12.	Objetivos y metas
13.	Oportunidades de mejora
14.	¿Quién y cómo se decide lo que el área debe hacer, con qué y cuáles son los logros que debe obtener?
15.	Cómo se organiza el trabajo con otras áreas y organizaciones

.

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS Y FERTILIZANTES FOLIARES PARA MANEJO DEL DERRITE DEL CAFÉ OCASIONADO POR *Phoma costarricensis* Echandi**, EN EL MUNICIPIO DE MATAQUESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A**.

1. INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica* L.) es el principal producto agrícola internacional producido en varios países de América Latina, África y Asia (DaMatta 2004). La producción mundial de café para el periodo 2017/2018 fue 164 millones de sacos (60 kg) (International Coffee Organization 2018), donde la Unión Europea, Estados Unidos y Japón son los mayores importadores con un 60 % de la producción mundial.

En Guatemala desde el año 2018, el café ha representado 8.5 % de las exportaciones, se ubica en el segundo bien más comercializado por el país, después de los textiles (Banco de Guatemala 2018). La producción de café en Guatemala representa aproximadamente un 2.4 % de la producción total de café en el mundo de los países exportadores (International Coffee Organization 2018). El principal comprador de café guatemalteco es Estados Unidos, que recibe alrededor de 39.0 % del volumen de las exportaciones, le sigue Japón y Canadá con un 19 % y 12 % respectivamente (Padilla 2018).

Desde el siglo XIX se observó un potencial en la producción de dicho cultivo en el país, sin embargo, su producción afronta muchos problemas de sostenibilidad. Entre los factores que contribuyen a bajos rendimientos en Guatemala están las enfermedades, entre ellas: crespera, roya, ojo de gallo, antracnosis, mancha de hierro y derrite del café, ocasionadas por *Xylella fastidiosa*, *Hemileia vastatrix* Berk. y Br., *Mycena citricolor* Berk. y Curt, *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc, *Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke Grevillea y *Phoma costarricensis* Echandi. Esta última es poca estudiada para Guatemala y el resto de países productores de café.

La enfermedad del derrite del café, afecta los órganos de la planta, desde la formación de plántulas en vivero hasta plantas en producción y genera pérdidas entre 15 % a 43 % de la producción. Esto se debe a que dicha enfermedad ocasiona reducción del tejido fotosintético y limita el crecimiento de ramas ortótropicas y plagiotrópicas. Además, los síntomas característicos de la enfermedad son: necrosis en los brotes terminales, defoliación y momificación de los frutos (Menza y Peláez 2016).

El objetivo de la investigación fue evaluar fungicidas sistémicos y fertilizantes foliares para control de derrite del café, como también generar información relacionada a la epidemiologia de la enfermedad. La investigación se llevó a cabo en la finca el Morito, municipio de

Mataquescuintla. En dicha área productiva de café, el derrite es problema, dado que tiene condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad. El cultivo de café se encuentra establecido en áreas que comprenden de 1,400 m a 2,650 m s.n.m., temperatura de 7 °C a 25 °C, los terrenos son inclinados y sopla viento.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Generalidades del café

El café es uno de los productos de mayor importancia en la economía agrícola de varios países de África, Asía y América Latina (Padilla 2018).

En el mundo, se cultivan dos especies principales de café, *C. arabica*, con el 75 % - 80 % de la producción mundial y *C. canephora*, con el 15 % - 20 %.

De acuerdo con International Coffee Council (ICC), el consumidor final, conoce el café por el país o región de procedencia, no por alguna marca en específico (International Coffee Council 2011). La producción mundial de café se clasifica en cuatro grupos: Colombian Milds Arabicas que corresponde al café de procedencia colombiana; Brazilian Milds Arabicas correspondiente al café brasileño; Robustas, corresponden al café procedente principalmente de Indonesia, Vietnam, Uganda y Costa de Marfil; y Other Milds provenientes de Costa Rica, Honduras, México, El Salvador y Guatemala (International Coffee Council 2011).

2.1.2. Historia del café en Guatemala

Las plantas de café fueron introducidas en Guatemala a mediados del siglo XVIII, en los jardines de la Compañía de Jesús en La Antigua Guatemala y que algunas personas tomaron sus semillas y las sembraron en diversas partes del país, entre ellas Guatemala, Villa Nueva, Petapa, Amatitlán, Santa Rosa y Jutiapa, con lo cual el cultivo se extendió en el territorio (Wagner 2001).

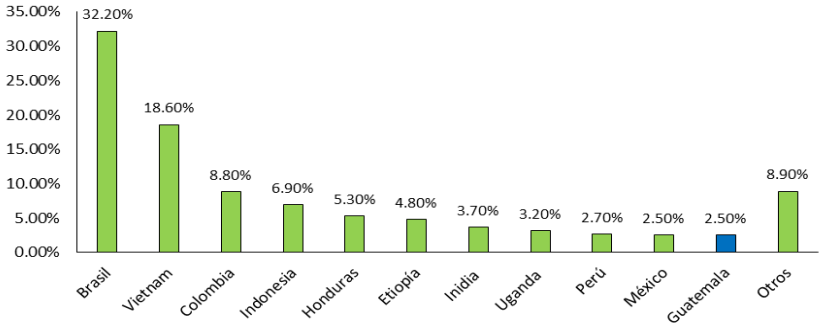
La industria de café tomó relevancia en 1859, donde se realizó la primera exportación. Para 1880, este cultivo representaba 80 % del total de las exportaciones del país, constituyó como uno de los productos con mayor importancia nacional (Padilla 2018) .

2.1.3. Importancia económica del café en Guatemala

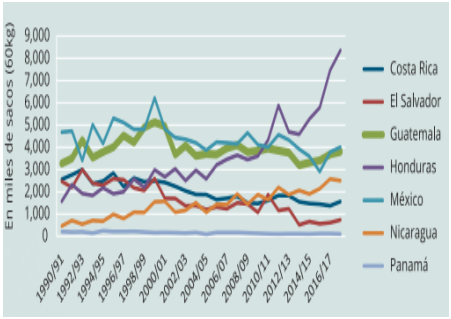
Para año 2018, el café representó el 8.5 % de las exportaciones en el país (Banco de Guatemala 2018). La producción de café en Guatemala representa aproximadamente un 2.4 % de la producción total de café en el mundo de los países exportadores, tal y como se representa en la figura 1a (International Coffee Organization 2018). Al observar la figura 5b, Guatemala llegó a la producción máxima en la cosecha 1998 - 1999 con una producción de 5,120 sacos de 60 kg (International Coffee Organization 2018).

El principal comprador de café guatemalteco es Estados Unidos, que recibe alrededor de 39 % del volumen de las exportaciones (Figura 5c). Le sigue Japón y Canadá con un 19 % y 12 % respectivamente. Si se divide el mercado europeo, cada país no representa un volumen significativo de las exportaciones. Sin embargo, los países de la Unión Europea en conjunto representan un 29 % para 2018 (Padilla 2018).

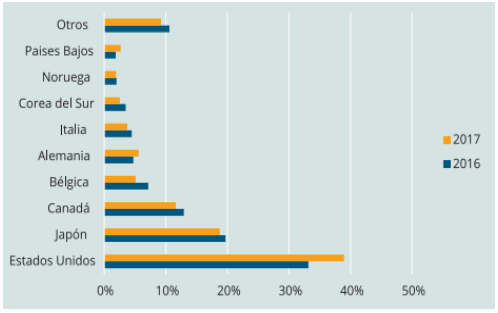
a



b



c



Fuente: International Coffee Organization (2018), Agexport (2018).

Figura 5. Importancia económica de café en Guatemala, a. Exportaciones de café (%) para el periodo 2017/2018, b. Producción de café en Centroamérica y México, c. Porcentaje de volumen de café guatemalteco exportado por país para los años 2016-2017.

2.1.4. Características del café (*Coffea arabica* L.)

A. Clasificación taxonómica del café

El café pertenece a la familia Rubiaceae, género *Coffea*, en el que se agrupan más de 126 especies de café todas ellas autóctonas de Etíopia y algunas en las islas del Océano Índico, como Madagascar (Anthony *et al.* 2002). Entre las 126 especies, destacan *C. canephora* P. y *C. arabica* L. como las más cultivadas en las áreas de producción de café a nivel mundial, se conoce a esta última como de mayor importancia comercial (Rojo 2014).

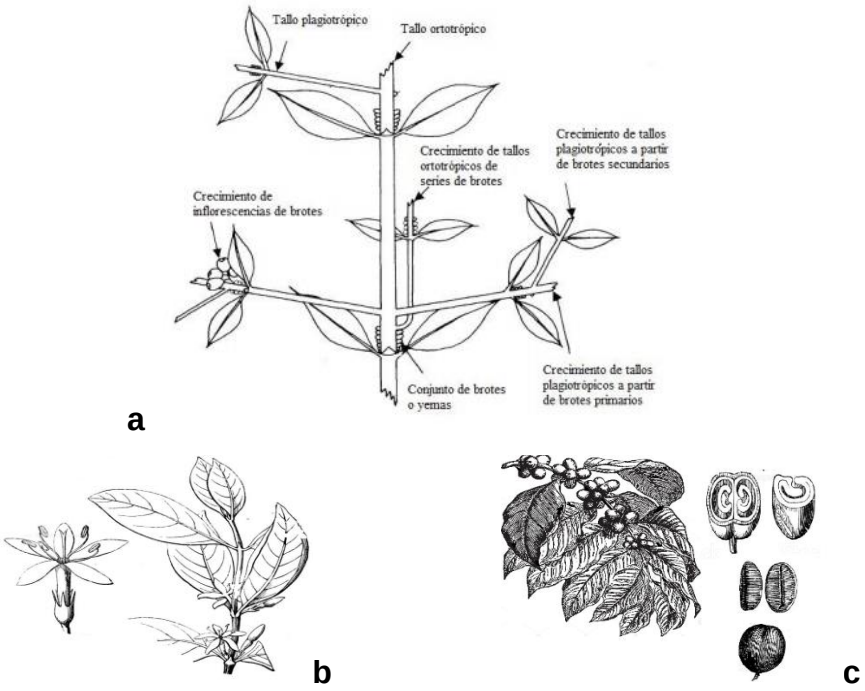
De acuerdo con la USDA, (2018), la clasificación taxonómica de *C. arabica* L. es la siguiente: reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Rubiales, familia Rubiaceae, genero *Coffea*, especie *C. arabica*.

B. Características morfológicas de la planta

De acuerdo a Alvarado y Rojas (2007), Arcila *et al*. (2012) la planta de café posee una raíz pivotante, que se extiende a 45 cm de profundidad. Posee de cuatro a ocho raíces axiales que penetran verticalmente hasta 2 m o 3 m de profundidad. El tallo y ramas son de aspecto leñoso, erecto y de longitud variable de acuerdo con el clima y tipo de suelo. La altura según la variedad comercial varía entre 2 m a 5 m. La planta de café está compuesta por dos tipos de ramas (Figura 6a): brotes ortotrópicos, que crecen verticalmente y comprenden del tallo principal y brotes plagiotrópicos, que crecen horizontalmente y comprenden las ramas primarias, secundarias y terciarias.

La forma de la hoja puede ser elíptica a lanceolada. La lámina de la hoja puede medir de 12 cm a 24 cm de longitud por 5 cm a 12 cm de ancho. La planta de café presenta flores bisexuales, actinomorfas rara vez, zigomorfas. Las yemas que dan origen a las inflorescencias están básicamente distribuidas las axilas de las hojas, se presentan las yemas florales de uno a tres ejes, se dividen en dos o seis ramificaciones cortas de 2 mm a 4 mm (Figura 6b). El fruto es una drupa elipsoidal en los cultivares comerciales, ligeramente aplanada, cuyos tres ejes principales miden entre 12 mm a 18 mm de longitud, 8 mm a 14

mm de ancho y 7 mm a 10 mm de espesor. El fruto es de superficie lisa y brillante y de pulpa delgada. Está constituido de tres partes diferentes: el epicarpio o epidermis, el mesocarpio o pulpa y el endospermo o semilla (Figura 6c).



Fuente: Instituto Costarricense del Café (ICAFE) (2008), Ilbusca (2017), Patrick (2019).

Figura 6. Diseño morfológico del cafeto. a. Ramificación del cafeto. b Flor del cafeto. c. Fruto del cafeto.

C. Especies y variedades del café en Guatemala

Guatemala produce en su mayoría el café de tipo arábigo (95 %) y robusta (5 %) (Padilla 2018).

a. *C. arabica*

Es la especie con mayor área cultivada en el mundo, equivale aproximadamente el 75 % - 80 % de la producción mundial de café. Una de las características importantes de esta especie es la producción de una taza de buena calidad (Coffee Research Institute 2006).

La especie *C. arabica* es autógama, es decir que la flores de estas tienen la capacidad de autopolinizarse, pero siempre podría suceder un máximo del 9 % de polinización cruzada o sea la intervención del polen de flores de otras plantas (Anacafé 2019).

Las variedades de la especie *C. arabica* han permitido que la producción nacional sea alta y con una excelente calidad de bebida, que contribuye al acceso y posicionamiento de mercados especiales; estas son: Caturra, Catuaí, Pache, Pache común, Pache Colís, Borbón, Pacamara entre otras (Anacafé 2019).

i. **Caturra**

Mutación de la variedad Borbón, descubierta en Brasil a principios del siglo veinte. En la década de los 40 se introdujo a finca Chocolá, San Pablo Jocopilas, Suchitepéquez (Anacafé 2019). Es una planta de porte bajo, con una altura promedio de 1.80 m, con alta capacidad de producción, en condiciones óptimas podría llegar a un promedio de 64 qq de café pergamino/ha. Se adapta en altitudes de 600 m a 1,300 m s.n.m. (Anacafé, 2019). Las plantas de esta variedad son susceptibles al ataque derrite del café (Alvarez 2013).

ii. **Catuaí**

Resultado del cruzamiento artificial de las variedades Mundo Novo y Caturra, realizado en Brasil. La introducción de Catuaí al país se realizó alrededor de 1970. Se adapta muy bien a altitudes de 600 m a 1,370 m s.n.m. en la costa sur y de 1,070 m a 1,675 m s.n.m. en la zona central, oriental y norte del país (Anacafé 2019). Las plantas de esta variedad son susceptibles al ataque derrite del café (Alvarez 2013).

iii. **Pache común**

Mutación de la variedad Típica, encontrada en Santa Rosa, Guatemala, en 1949. Planta de porte bajo (1.80 m) y adaptación en intervalos 1,200 m a 1,900 m s.n.m. Las plantas de esta variedad toleran *Phoma* sp. y son susceptibles a las enfermedades causadas por *Hemileia vastatrix* y *Mycena citricolor* (Anacafé 2019).

iv. **Pache Colís**

Originaria de Mataquescuintla, Jalapa, Guatemala, donde fue encontrada dentro de una plantación mezclada de Caturra y Pache común. Debido a su baja altura, se supone que podría ser el resultado de una hibridación natural entre las variedades Pache común y Caturra, por recombinación de dos factores genéticos de enanismo (Anacafé 2019). Las plantas de esta variedad son susceptibles al ataque derrite del café (Alvarez 2013).

v. **Borbón**

Variedad muy precoz en su maduración, con riesgos de caída de frutos por lluvias. Es una variedad de porte alto (3.0 m) susceptible a vientos fuertes. Se cultiva en diferentes altitudes, pero los mejores resultados se obtienen en zona media y alta de 1,070 m a 1,980 m s.n.m. (Anacafé 2019). Las plantas de esta variedad son susceptibles al ataque derrite del café (Alvarez 2013).

vi. **Pacamara**

Variedad obtenida del cruzamiento entre las variedades Pacas y Maragogipe. Se caracteriza por poseer un porte bajo, entrenudos cortos, frutos y hojas de tamaño grande y buena productividad. Esta variedad se adapta en altitudes que comprenden de 1,000 m a 1,500 m s.n.m. (Anacafé 2019).

b. *C. canephora*

Aporta alrededor del 15 % a 20 % de la producción mundial de café (Coffee Research Institute 2006). Produce una taza de menor calidad que la del café arábico y a diferencia de *C. arabica,* cada flor necesita el polen de flores de otras plantas para su polinización (Anacafé 2019).

Algunas variedades de la especie *C. canephora* comúnmente son utilizadas como portainjerto, esto debido a la alta resistencia de plagas y enfermedades. Entre estas se encuentran: Robusta y Nemaya.

i. **Robusta**

Variedad utilizada en Guatemala para la producción de café instantáneo. Las plantas de esta variedad se caracterizan por poseer hojas de mayor dimensión y frutos de menor tamaño comparada con las variedades de *C. arabica,* Se adapta en altitudes que comprenden de 460 m a 760 m s.n.m. (Anacafé 2019).

ii. **Nemayá**

Variedad que tiene énfasis de portainjerto en Guatemala, tiene resistencia a nematodos fitopatógenos. Las plantas de esta variedad poseen una altura promedio de cuatro a cinco metros y se adaptan a altitudes que comprenden de 460 m a 760 m s.n.m. (Anacafé 2019).

D. Manejo agronómico del café

a. Fertilización

Es recomendable dos tipos de fertilización, al suelo y foliar. Los requerimientos nutricionales del cultivo de café se presentan en el cuadro 9:

Cuadro 9. Requerimientos nutricionales del cultivo de café en kg/ha para producir 140 qq de café cereza por hectárea.

Requerimiento (kg/ha)										
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
550-785	53	330	189	94	63	0.97	2.4	1.7	10	3.6

Fuente: Morales *et al*. (2019).

b. Poda

El manejo de tejido o poda es una labor en el cultivo de café para la obtención de altos rendimientos. Reduce el efecto de bianualidad de la producción, permite la regeneración de tejidos y alta capacidad de producción (Arnold y Pineda 2015). Existen diferentes tipos de poda en el cultivo de café, entre estos se encuentran: agobio, recepa, descope, despunte y poda parcial o selectiva (SCAN 2015).

c. Sombra

El 98 % del café guatemalteco se cultiva bajo sombra (Padilla 2018). Como ventajas se mencionan: protección a la planta de café, regulación de temperatura, aporte de nutrientes y materia orgánica, protección de suelos y recursos hídricos, conservación de la flora y fauna, y provisión de servicios ambientales (Anacafé 2019).

Existen tres tipos de sombra según el uso o función: la sombra provisional, temporal y definitiva.

E. Enfermedades

La baja productividad constituye el principal problema en la caficultura en Guatemala. Una de las causas es el ataque de fitopatógenos en el cultivo de café. Las enfermedades del cultivo de café se dividen en dos categorías, la parte aérea y raíz (Alvarez 2013).

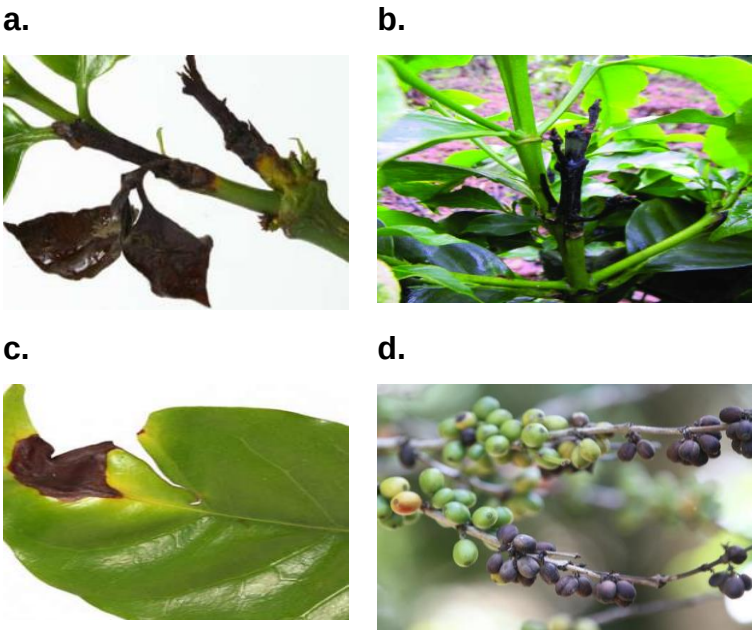
Entre las enfermedades de la parte aérea: crespera, roya, macha de hierro, fumagina, ojo de gallo, antracnosis y derrite del café, ocasionadas por *Xylella fastidiosa*, *Hemileia vastatrix*, *Cercospora coffeicola*, *Capnodium* sp., *Mycena citricolor*, *Colletotrichum gloeosporioides* y *Phoma costarricensis.* Entre las enfermedades de la raíz se tiene: pudrición vascular, ocasionada por *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp. o *Pythium* spp. (Anacafé 2006).

a. Derrite del café ocasionado por *Phoma costarricensis*

i. Síntomas

La enfermedad del derrite del café, afecta en todas las fases de producción del cultivo, desde la formación de plántulas en vivero hasta plantas en producción, genera pérdidas entre 15 % a 43 % de la producción (Pozza *et al*. 2010). La enfermedad, ocasiona problemas en la reducción de tejido fotosintético y limita el crecimiento de ramas ortótropicas y plagiotrópicas (Menza y Peláez 2016). El patógeno daña principalmente a los tejidos jóvenes, entre ellos: brotes terminales (Figuras 7a y 7b) y hojas jóvenes (Figura 7c).

La necrosis causada desciende de los tejidos en desarrollo hasta el tejido lignificado donde esta se detiene. *P. costarricensis* también puede causar momificación de frutos, tal y como se observa en la figura 7d.



Fuente: Villegas et al. (2009).

Figura 7. Síntomas del derrite del café causados por P. costarricenses Echandi. a. necrosis en brotes de ramas plagiotrópicas, b. necrosis del meristemo apical de rama ortótropica, c. daño en el tejido foliar joven, d. momificación de frutos.

ii. **Condiciones favorables de la enfermedad**

Alvarez (2013) estudió durante 2011 a mayo del 2012 la enfermedad del derrite del café en Guatemala en 2011 a 2012 en las localidades de San Pedro Carchá, Baja Verapaz y Mataquescuintla, Jalapa. En ambas localidades en enero de 2012 la severidad fue 70 % en hojas jóvenes. El microclima para ambas regiones fue temperatura de 15 °C a 20 °C, humedad relativa mayor al 75 % y una precipitación acumulada para ese mismo mes de 4.80 mm en altitud superior a 900 m s.n.m.

Zambolim (1999), Pozza y Alvez (2008), Lorenzetti (2014), Santos (2014) indican que las condiciones climáticas que favorecen el desarrollo del derrite del café (*Phoma tarda*) a nivel de campo son temperaturas comprendidas entre los 16 °C a 20 °C y humedad relativa superior al 70 %.

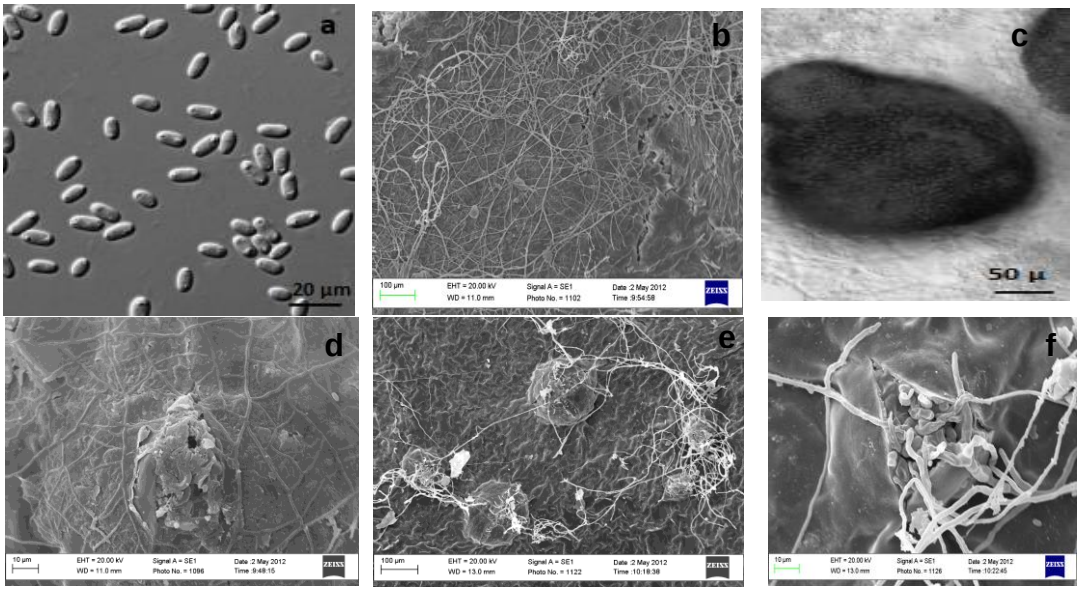
Lorenzetti (2014) determinó las mismas condiciones climáticas para el crecimiento de tubos germinativos de conidios de *Phoma*, combinado con viento. De acuerdo con Carvalho *et al*. (2013), Muller *et al*. (2008), la penetración del hongo se ve facilitada por el daño mecánico a los tejidos de las plantas, que puede ser producido por vientos intensos en períodos fríos. De acuerdo a estos autores, la enfermedad del derrite del café no requiere alta precipitación para su desarrollo. Estudios realizados por Silva (2018), demuestran que se requieren períodos de precipitaciones no mayores a los 9.14 mm acumulados en 30 días.
La enfermedad del derrite del café tanto para Brasil como para Guatemala, se desarrolla en condiciones climaticas similares a pesar de ser especies de hongo y localidades diferentes.

iii. **Clasificación taxonómica de *Phoma costarricensis***

De acuerdo a de Gruyter *et al*. (2013), la clasificación taxonómica *P. costarricensis* que ocasiona el derrite en café, es la siguiente: reino Fungi, phyllum Ascomycota, subdivisión Pezizomycotina, clase Dothideomycetes, subclase Pleosporomycetidae, orden Pleosporales, género *Phoma*, especie *P. costarricenses.*

iv. **Características del hongo *Phoma costarricenses* Echandi**

Los conidios son unicelulares (Figura 8a), pero una porción a veces tiene 2 o más células por tabicación secundaria, tamaño y forma variada, la mayoría son ovalados a cilíndricos, también ovoides a alongadas; a veces subglobosos o irregulares, color hialo pero a veces parduscos, pared lisa, generalmente de 3 µm a 11 µm X 1 µm a 4 µm, pero a veces de 11 µm a 25 µm X 2.5 µm a 7 µm (Boerema *et al*. 2004). El micelio es hialino septado y ramificado (Figura 8b). Los picnidios oscuros (Figuras 8c y 8f) que se desarrollan subcuticularmente, luego rompen la cutícula y parte del conidiocarpo sobresale al nivel de la cutícula. De forma globosa, de 100 - 110 µm con un ostiolo bien diferenciado (Boerema *et al*. 2004)

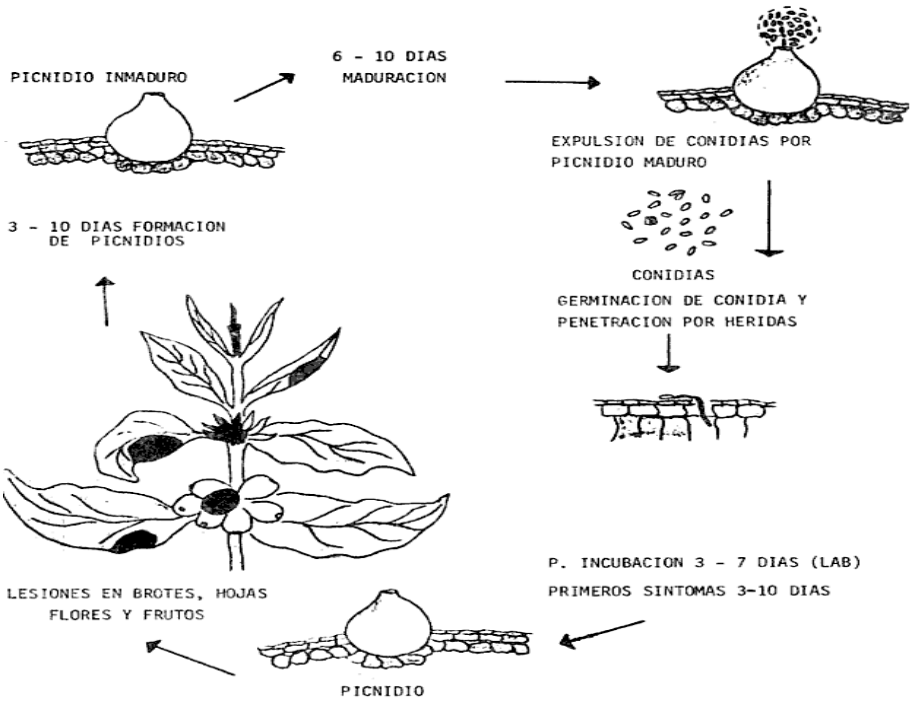


Fuente: Aveskamp *et al*. (2009), Alvarez (2013).

Figura 8. Morfología de estructuras de *Phoma costarricensis*. a. conidios, b. micelio, c. picnidio d. formación del picnidio en el tejido enfermo, e. picnidios y micelio en el tejido enfermo, f. picnidio en fase de liberación de conidios.

v. **Ciclo de vida de *Phoma* spp.**

De acuerdo a Chereguino (1981), el ciclo de vida del hongo en campo oscila entre los 9 y 20 días. Esquema del ciclo de vida de *Phoma* spp. en café se presenta en la figura 9. El periodo incubación dura aproximadamente de 3 a 7 días. Se observan síntomas y formación de picnidios en brotes, hojas, flores o frutos a los 3 o 10 días después de la inoculación del hongo. La expulsión de conidios ocurre a los 6 o 10 días después de la formación del picnidio. El hongo penetra en los estomas y heridas en las hojas. El inóculo primario se mantiene viable durante la época seca en tallos y ramas muertas.



Fuente: Chereguino (1981).

Figura 9. Esquema de ciclo de biológico de *Phoma* spp.

vi. **Diseminación del patógeno**

El principal factor en la diseminación del hongo dentro de las plantaciones de café es el agua de lluvia. Los insectos son un factor importante ya que causan heridas que permiten la penetración del patógeno, como también portadores del hongo (Echandi 1957).

Las especies del género *Phoma* son patógenos versátiles y tienen diferentes mecanismos de penetración al hospedero, tales como aberturas naturales, lesiones y el rompimiento de la cutícula a causa del patógeno (Roustaee *et al*. 2000, Zucker y Catara 2016, Van De Graaf *et al*. 2002).

vii. **Manejo del derrite del café**

El manejo de derrite del café debe comenzar con una serie de medidas culturales que pretendan prevenir la aparición de la enfermedad junto al control químico mediante fungicidas.

El cultivo se tiene que establecer en áreas con suelos con buen drenaje y protegidos del frío y los vientos dominantes. También se recomienda la implementación de barreras rompevientos para la disminución de velocidad de corrientes de vientos, ya que es una condición favorable del patógeno (Lima 2016).

El control químico es indispensable para el control del derrite del café y debe recomendarse preventivamente con aplicaciones a cada 30 días, en lugares donde se producen lluvias continuas y bajas temperaturas durante el período de floración y el comienzo de la fructificación (de Souza 2007).

Se puede realizar un manejo químico con la aplicación de los siguientes grupos e ingredientes activos: estrobilurinas, entre ellas: azoxistrobin y pyraclostrobin; triazoles, entre ellos: tebuconazole y triadimefon; carboxamidas: boscalid, todos estos con actividad sistémica dentro de la planta (de Souza 2007).

Estudios realizados por Godwin *et al*. (1994), Gold y Leinhos (1994), Leinhos *et al*. (1997) demuestran que el uso de fungicidas que inhiben la respiración celular se caracterizan por la alta eficiencia para contrarrestar la germinación y la penetración de varios hongos fitopatógenos. Ruela *et al*. (2019), evaluaron los ingredientes activos boscalid (carboxamida), pyraclostrobin y azoxystrobin (estrobirulinas) para el control del derrite del café causada por *P. costarricenses* Echandi. Como resultado de la aplicación obtuvieron una disminución de la intensidad de la enfermedad y aumento de biomasa en los brotes. Sin embargo, existió un mejor control de la enfermedad y un mejor desarrollo de las plantas mediante el uso de boscalid o pyraclostrobin, principalmente con la mezcla de estos fungicidas.

Fungicidas que inhiben la biosíntesis de los esteroles se caracterizan por su alta eficiencia en contrarrestar el desarrollo del patógeno al existir infección (Buchenauer y Kemper 1981, Hänssler y Kuck 1987, Godwin *et al*. 1994). Para el manejo de *Phoma* spp. en diferentes

cultivos, el uso de plocloraz (imidazol) es efectivo para el control del patógeno (Fitt *et al*. 2014)

El control de derrite del café mediante fungicidas tiene elevado costo, el cual es necesario integrar otras estrategias. Entre ellas, el manejo de la enfermedad con el uso de fertilización equilibrada (Huber *et al*. 2011, Taiz y Zeiger 2006). Los efectos de los nutrientes sobre el crecimiento y la producción de las plantas generalmente se explican en términos de las funciones de estos elementos en el metabolismo de las plantas. El P, K, Mg, Ca y Cu son elementos que participan en varios procesos metabólicos, entre ellos se mencionan: el fortalecimiento de barreras físicas de protección (pared celular) y la síntesis de compuestos que funcionan como mecanismo de defensa en las plantas, entre ellos las ligninas, taninos y fenoles (Catarino *et al*. 2016, Silva 2018, Spann y Schumann 2009).

2.1.5. Fungicidas sistémicos

Son aquellos en los que el ingrediente activo ingresa por la planta y es translocado a partes distantes del sitio de aplicación y con capacidad de inhibir la infección por patógenos (Garcia 1999).

Se pueden mencionar algunos ingredientes activos para el control de derrite en Guatemala:

A. Boscalid

Actúa en la respiración celular, en el complejo II de la cadena de electrones, bloquea la enzima succinato deshidrogenasa (SDHI, succinate dehydrogenase inhibitors) (FRAC, 2018).

B. Azoxistrobin

Actúa en la respiración celular, en el complejo III de la cadena de electrones, bloquea la transferencia de electrones entre el citocromo b2 y citocromo c1, en el sitio de oxidación de ubiquinol (FRAC, 2018).

C. Piraclostrobin

Actúa en la respiración celular, en el complejo III de la cadena de electrones, bloquea la transferencia de electrones entre el citocromo b2 y citocromo c1, en el sitio de oxidación de ubiquinol (FRAC, 2018).

D. Tebuconazole

Actúa en la biosíntesis de esterol en membranas, principalmente inhibe la etapa desmetilación C14 (DMI) en la ruta biosintética del ergosterol (FRAC 2018).

E. Triadimefon

Actúa en la biosíntesis de esterol en membranas, principalmente inhibe la etapa desmetilación C14 (DMI) en la ruta biosintética del ergosterol (FRAC 2018).

F. Procloraz

Actúa en la biosíntesis de esterol en membranas, principalmente inhibe la etapa desmetilación C14 (DMI) en la ruta biosintética del ergosterol (FRAC 2018).

En el mercado existen mezclas de ingredientes activos con diferente sitio de acción con el fin de reducir riegos de resistencia cruzada y aumentar la eficacia de control, entre ellos: boscalid 25.2 % y piraclostrobin 12.8 %, procloraz 19 % y azoxistrobin 8 %, tebuconazole 22.5 % y triadimefon 7.5 %.

2.1.6. Fertilizantes foliares

La aplicación foliar de elementos esenciales representa una forma eficiente y rápida de aportar nutrientes al cultivo. Los elementos realizan funciones específicas en el metabolismo

de las plantas y su deficiencia puede conducir a alteraciones metabólicas (Clemente *et al*. 2018).

Catarino *et al*. (2016), Silva (2018), encontraron menor intensidad de derrite en plantas de café que tenían proporciones adecuadas de los elementos Cu, Ca, K, P y Mn. Las funciones de los elementos en las plantas como mecanismos de resistencia a patógenos se describen a continuación:

A. Cobre (Cu)

Es cofactor de fotosíntesis y enzimas relacionadas con la respiración, por lo tanto, su deficiencia causa alteraciones en el metabolismo de las plantas, lo que predispone a las plantas el desarrollo de patógenos (Broadley *et al*. 2012). Al emplearse como fungicidas o fertilizante foliar, forma una película de protección en la superficie de la hoja y evita el desarrollo de hongos. En forma de Cu^{+2}, este elemento se acumula fácilmente en células fúngicas sensibles, forma complejos con enzimas asociadas con grupos sulfhidrilo, hidroxilo, amino o carboxilo (Silva 2018). El mismo autor, determinó que plantas con mayor contenido de Cu foliar, la intensidad del derrite del café es menor.

Este elemento participa en una cantidad de procesos metabólicos como la formación de la pared celular y la síntesis de compuestos que funcionan como mecanismo de defensa en las plantas, entre estos las ligninas y fenoles (Broadley *et al*. 2012).

B. Calcio (Ca)

Su participación es en la división y extensión celular, el balance hídrico de las células, el envío de señales de respuesta a un estímulo externo y sus funciones estructurales en las paredes y membranas celulares (Díaz *et al*. 2007, Vatansever *et al*. 2017). Catarino *et al*. (2016), determinó que la incidencia de la enfermedad disminuyó y se obtuvo ABCPE más bajas con aplicaciones de Ca.

El Ca proporciona resistencia a la infección de patógenos, debido a que es un elemento estructural, forma pectatos de calcio en la lámina media de la pared celular, de manera que forma una barrera para la disminución de desarrollo de agentes patógenos (Huber *et al*.

2011, Taiz y Zeiger 2006). Es un elemento no móvil en la planta, es posible encontrarse en concentraciones elevadas en hojas viejas y hojas jóvenes presentan deficiencia (Akram 2016).

C. Fosforo (P)

El P forma parte en la síntesis de lignina, taninos y fenólicos, compuestos importantes que funcionan como mecanismo de defensa en las plantas (Broadley *et al*. 2012). Otros estudios demuestran que el P actúa en la inducción de resistencia a patógenos en plantas, involucrado en importantes procesos como el aumento de la producción de fitoalexinas y ROS, la inducción de la patogénesis relacionada proteínas (PR) y fortalecimiento de la pared celular (Deliopoulos *et al*. 2010, Eshraghi *et al*. 2011, Pilbeam *et al*. 2011).

D. Manganeso (Mn)

Elemento que forma parte de compuestos que funcionan como mecanismos de defensa en las plantas, como la lignina, taninos y fenoles (Broadley *et al*. 2012).

2.1.7. Cuantificación de enfermedades

La cuantificación de las fitoenfermedades es de importancia para conocer la ocurrencia y desarrollo de enfermedades en los cultivos, también permite estudiar la evolución en poblaciones del hospedero (Zapata 2002). La fitopatometría es una ciencia dentro de la fitopatología que busca estimar en forma cuantitativa o cualitativa una enfermedad a campo o en condiciones controladas. Las dos formas más conocidas de cuantificar enfermedades de plantas es por medio de métodos directos, entre estos la incidencia y severidad (Zapata 2002).

A. Incidencia

Es el porcentaje de individuos enfermos en relación a una población o total examinado. Los individuos pueden ser plantas, hojas, flores, folíolos, frutos, espigas, etc. Se evalúa en cada individuo, la presencia o ausencia de enfermedad, pero, no determina niveles de enfermedad (Zapata 2002).

B. Severidad

Es el porcentaje de la superficie del órgano enfermo, ya sea de hojas, tallos, raíces o frutos afectado por la enfermedad y varía entre 0 % y 100 % (Zapata 2002). El análisis de imágenes permite conocer el número, tamaño, color y forma de las lesiones por lo cual unos de los métodos más utilizados para estimar el daño de enfermedades son por medio de las escalas diagramáticas de severidad (Rathod *et al*. 2013).

2.1.8. Análisis temporal

De acuerdo a Mora Aguilera (2008), es un análisis que se basa en la caracterización, comparación y modelación del proceso temporal de epidemias con respecto al tiempo y a factores bióticos y abióticos del sistema epidemiológico. Se pueden emplear procedimientos exploratorios gráficos y métodos cuantitativos determinísticos y/o estocásticos con el propósito de evaluar el efecto ambiental, así como estrategias de manejo de enfermedades.

A. Modelación de enfermedades

La intensidad de la enfermedad (incidencia y severidad) se monitorea a través del tiempo y los resultados pueden analizarse con modelos de regresión no lineal que comúnmente se ajustan al comportamiento temporal de la enfermedad (Pedroza y Gaxiola 2009). Dentro de los modelos más utilizados en epidemiologia se mencionan:

a. Modelo exponencial

Con ecuación integrada Y= Y0*e^(rx), la cual parte del supuesto de que la tasa de incremento de la enfermedad (dy/dt) no tiene límite (Pedroza y Gaxiola 2009).

b. Modelo monomolecular

Con ecuación integrada Y= 1-(1-y0)*e^(-rx), que parte del supuesto de que la tasa de incremento de la enfermedad (dy/dt) depende de la cantidad de tejido sano (1-Y) (Pedroza y Gaxiola 2009).

c. Modelo logístico

Con ecuación integrada Y= 1/(1+(1-y0)/y0*e^(-r*x)), que parte del supuesto de que la tasa de incremento de la enfermedad que parte del supuesto de que la tasa de incremento de la enfermedad (dy/dt) depende de la cantidad de enfermedad presente (Y) y la cantidad de tejido sano por infectar (1-Y) (Pedroza y Gaxiola 2009). El punto de inflexión de la curva ocurre cuando la enfermedad alcanza un 50 % de intensidad y es cuando r decrece.

d. Modelo Gompertz

Con ecuación integrada Y= e e^ (log(y0)* e^ (-r*x), que parte del supuesto de que la tasa de incremento de la enfermedad (dy/dt) tienen como limite la cantidad de enfermedad presente (Y) (Pedroza y Gaxiola 2009). El punto de inflexión de la curva ocurre cuando la enfermedad alcanza un 37 % de la intensidad, esto da origen a una curva asimétrica.

2.2. Marco referencial

2.2.1. Ubicación del ensayo

El experimento se estableció en la finca el Morito, ubicada en aldea Morales, municipio de Mataquescuintla, departamento de Jalapa, Guatemala; longitud oeste: 90º08’40.7’’, latitud norte: 14º29’59.4’’ y altitud de 1,985 m s.n.m. Limita al Norte con los departamentos de El Progreso y Zacapa; al Sur con Jutiapa y Santa Rosa; al Este con Chiquimula; y al Oeste con el departamento de Guatemala. Las condiciones de microclima contemplan temperatura de 7 °C a 25 °C y precipitación pluvial anual entre 1,500 mm a 2,500 mm.

2.2.2. Distribución de cultivos en la finca

La finca El Morito abarca 672 ha de estas, 98.0 ha de café, 50.6 ha de potreros y 523.4 ha de bosque con pino, ciprés, encino, pinabete, roble, zope, guachipilín, palo blanco, entre otros.

2.2.3. Suelos

Los suelos del municipio de Mataquescuintla se encuentran en la serie (Mq), caracterizada por tener relieves escarpados, con buen drenaje de color café oscuro y de textura franco limosa, tienen pH de 6.5, de material parental ceniza volcánica de color claro.

2.2.4. Variedades de café en finca el Morito

Se cultivan las variedades Catuaí, Borbón, Maragogipe, Maracatu, Pache San Ramón, Pache Colís y Pacamara.

2.2.5. Manejo fitosanitario del café en la finca el Morito

Dentro de las actividades que se realizan para prevenir enfermedades en el cultivo de café se incluye el manejo de tejidos y aplicaciones de fungicidas.

2.2.6. Estudios previos sobre control de derrite del café en Guatemala

- En 1995, técnicos de Anacafé en San Pedro Carcha, Alta Verapaz, evaluaron: orthocide, clorotalonil, oxido cuproso con poco éxito para el control de derrite.

- Alvarez, (2013), evaluó programas de manejo de derrite del café causado por *Phoma* spp. y aspectos epidemiológicos de la enfermedad en los departamentos de Jalapa y Alta Verapaz. Determinó que en el periodo 2011-2012, para ambas localidades hubo incidencia de 100 % y severidad de 68 %. La tasa de incremento de la enfermedad fue 0.26 en San Pedro Carchá y 1.84 en Mataquescuintla. El mismo autor indica que las condiciones favorables para la enfermedad fueron temperatura, humedad relativa y viento.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de fungicidas y fertilizantes foliares para el control de derrite del café (*Phoma costarricensis* Echandi*)* en la finca el Morito, municipio de Mataquescuintla, departamento de Jalapa, Guatemala.

3.2. Objetivos específicos

1. Determinar la eficacia de tres mezclas de fungicidas sistémicos y dos mezclas de fertilizantes foliares para el control de derrite del café ocasionado por *Phoma costarricensis*.

2. Analizar algunos aspectos epidemiológicos de la enfermedad de derrite del café (*Phoma costarricensis* Echandi).

4. HIPÓTESIS

La aplicación de mezclas de fungicidas sistémicos y fertilizantes foliares, serán efectivos en la reducción de la enfermedad de derrite ocasionado por *P. costarricensis* en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.), en la finca el Morito, Mataquescuintla, Jalapa.

5. METODOLOGÍA

5.1. Evaluación de la eficacia de mezclas de fungicidas sistémicos y mezclas de fertilizantes foliares para el control de derrite del café (*Phoma costarricensis* Echandi)

5.1.1. Material vegetal experimental de café

La variedad de café que se utilizó fue Pacamara. Es considerada susceptible al derrite del café.

5.1.2. Tratamientos

Los tratamientos evaluados relacionado a dosis de fungicidas y fertilizantes foliares se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Tratamientos de fungicidas y fertilizantes foliares evaluados para el combate de *Phoma costarricenses* Echandi en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.), en Mataquescuintla.

Tratamientos	Dosis	Clase	Número aplicaciones
T1. boscalid + pyraclostrobin	0.30 kg/ha	Fungicida	Cinco aplicaciones a cada 30 días
T2. procloraz + azoxystrobin	0.50 l/ha	Fungicida	Cinco aplicaciones a cada 30 días
T3. tebuconazole + triadimefon	0.60 l/ha	Fungicida	Cinco aplicaciones a cada 30 días
T4. Fertilizantes a base de macros y micro nutrientes + Cu (8 %)	1.00 l/ha + 0.150 l/ha	Fertilizante foliar	Cinco aplicaciones a cada 30 días
T5. Fertilizantes a base de macros y micro nutrientes + boscalid + pyraclostrobin	1.00 l/ha + 0.15 kg/ha	Fertilizante foliar + fungicidas	Cinco aplicaciones a cada 30 días
T6. Fertilizante a base de macros y micronutrientes + Ca (10 %)	1.00 l/ha + 0.30 L/ha	Fertilizante foliar	Cinco aplicaciones a cada 30 días
T7. Testigo absoluto	----	----	Ninguna

Fuente: elaboración propia (2019).

5.1.3. Diseño y establecimiento del ensayo

A. Diseño experimental

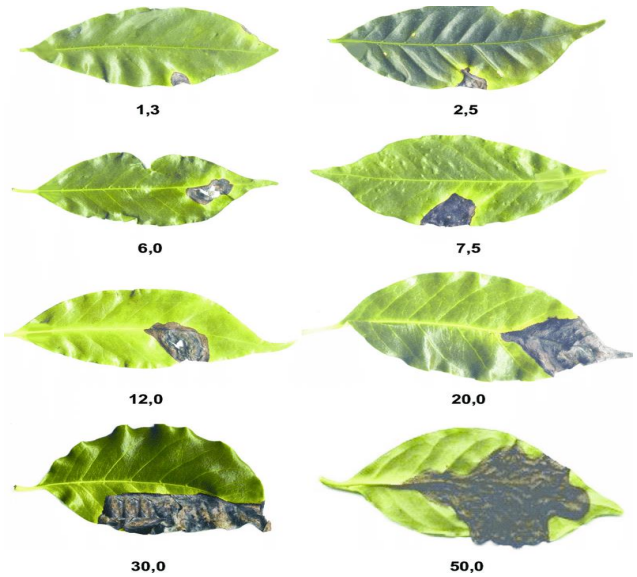
Se utilizó diseño experimental de bloques al azar, con siete tratamientos y tres repeticiones. Cada parcela experimental por tratamiento, fue manera rectangular (5 m x 10 m), en donde se tuvieron cinco surcos de café, dos surcos de esos fueron de borde. El área de la unidad experimental fue 50 m^2, con un total de área experimental de 1,050 m^2. La parcela neta, consistió de cinco plantas de café distribuidas en tres surcos, donde se cuantificó la incidencia y severidad de la enfermedad. La distancia de siembra entre surco fue de 2.0 m y 1.0 m entre plantas.

5.1.4. Cuantificación de la enfermedad

A. Variables evaluadas

a. Severidad de derrite del café en hojas

Para la determinación de severidad del derrite del café en hojas, se utilizó la escala diagramática de ocho clases elaborada por Salgado *et al*. (2009) (Figura 10).



Fuente: Salgado et al. (2009).

Figura 10. Escala diagramática de severidad para evaluación de derrite del café ocasionada por *P. costarricenses*. Los valores en la escala indican el porcentaje de área foliar lesionada.

Para la cuantificación de la severidad, se marcaron 5 plantas por tratamiento. En cada planta, se muestrearon 5 hojas de la parte apical del tallo, debido a que *P. costarricensis* es un patógeno que ataca principalmente tejido nuevo. Las lecturas de la enfermedad se realizaron a cada 15 días.

b. Incidencia de derrite

Se utilizaron las mismas plantas y hojas muestreadas para severidad donde se determinó la presencia o ausencia de la enfermedad.

5.1.5. Muestreos de enfermedad y aplicaciones de fungicidas y fertilizantes foliares

Se hicieron 5 aplicaciones de fungicidas y fertilizantes foliares a cada 30 días. Se realizaron 11 lecturas de enfermedad a cada 15 días.

5.1.6. Modo de aplicación

La aplicación se realizó de manera manual con bomba de 18 l, con 45 psi de presión, boquilla de cono vacío, equipo calibrado previo de aplicación, en buen estado de funcionamiento y lavado después de cada aplicación de los tratamientos. La aplicación se realizó de lado a lado para cada surco de café y se realizó cobertura homogénea en todo el follaje de las plantas.

5.1.7. Análisis de información

A. Análisis de severidad

Los valores de severidad obtenidos en el campo fueron transformados a índice de severidad calculado mediante la fórmula: IND=(Σnb/(N-1)T)*100, donde n= número de hojas en cada grado de la escala de Salgado *et al*. (2009) b= grado de infección, N= cantidad de grados usados en la misma escala (8 grados en hoja), T= total de hojas y plantas evaluadas. Los valores de este índice pueden oscilar entre cero y 100 %, a valores más altos mayor severidad del derrite.

B. Análisis de la incidencia de la enfermedad

Se determinó con el porcentaje de hojas jóvenes con síntomas de derrite en relación con el total muestreado por cada tratamiento (Campbell y Madden 1990). La incidencia de la enfermedad se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$I(\%) = \frac{NHE}{NTP}$$

En donde: I % incidencia de la enfermedad en porcentaje, NHE número de hojas enfermas por tratamiento, NHP número total de hojas muestreadas por tratamiento.

C. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad en planta (ABCPE)

Es una expresión en unidades del área bajo la curva del progreso del derrite (ABCPE), calculado mediante la ecuación $ABCPE=\Sigma[½(Y_i+Y_i+1)]*(t_i+1 - t_i)$, donde Y_i= índice de severidad del derrite, t= es período de evaluación en días entre lecturas (Jeger y Viljanen-Rollinson 2001). A valores altos de ABCPE indican, mayor intensidad del derrite.

5.2. Análisis de aspectos epidemiológicos de la enfermedad de derrite del café (*Phoma costarricensis* Echandi)

A partir de los datos de análisis de incidencia y severidad cuantificados en cada tratamiento, se determinaron los siguientes aspectos epidemiológicos:

5.2.1. Modelo epidemiológico para incidencia de *P. costarricensis* en hojas jóvenes de café (análisis temporal)

A partir de los datos de incidencia y tiempo se graficaron las curvas de progreso de la enfermedad con su respectiva categorización. Se determinó el modelo clásico no flexible que mejor explicó el conjunto de datos de incidencia de la enfermedad. Se utilizó como criterios de selección, el mayor coeficiente de determinación (R^2), menor cuadrado medio del error y grafica de predichos. Este análisis se realizó con ayuda del programa R v 3.5.2.

5.2.2. Tasa de incremento de la enfermedad

Con los valores de incidencia inicial y final, se calculó “r” que constituye la tasa de incremento de la enfermedad, para la población de plantas de la unidad de la parcela neta correspondiente a cada tratamiento.

5.2.3. Comportamiento de la enfermedad según el clima

Para conocer la asociación entre variables, se realizaron análisis de correlación de datos climáticos con respecto al índice de severidad de derrite del café correspondiente al testigo absoluto. Las variables climáticas que se analizaron fueron precipitación (mm), temperatura (°C), viento (km/h) y humedad relativa (%). Los datos climáticos se obtuvieron de la estación meteorológica La Concepción Anacafé

5.3. Análisis estadístico

Con los datos de índice de severidad y área bajo la curva del progreso del derrite del café se realizaron análisis de varianza (ANDEVA). Se realizó análisis de comparación múltiple de medias con la prueba de Scott-Knott ($p>0.05$) debido a que se determinó diferencias significativas entre tratamientos. El análisis de los datos se realizó mediante el programa R v 3.5.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Eficacia de mezclas de fungicidas sistémicos y mezclas de fertilizantes foliares para el control de derrite del café

6.1.1. Análisis del índice de severidad de derrite del café

De acuerdo a los análisis de varianza realizados, hubo diferencia significativa entre tratamientos (Cuadros 11A a 13A) para la variable índice de severidad de derrite ($p>0.05$). Las fechas seleccionadas corresponden a la segunda lectura (06/11/2019), para conocer el efecto de la primera aplicación de los fungicidas y fertilizantes foliares, sexta lectura (05/01/2020), donde se obtuvo el valor más alto de enfermedad para el testigo absoluto y la onceava lectura (20/03/2020), donde se finalizó el experimento. Se realizó comparación múltiple de medias con la prueba de Scott Knot ($p>0.05$).

Con datos de la segunda lectura (06/11/2019), hubo conformación de cuatro grupos (Cuadro 15A). El primero fue para los tratamientos boscalid + pyraclostrobin, boscalid + pyraclostrobin + fertilizante foliar, procloraz + azoxystrobin y tebuconazole + triadimefon, con índice de severidad de derrite de 8.67 % a 11.50 % en hojas jóvenes, la mezcla de boscalid + pyraclostrobin fue la que brindó mejor control de la enfermedad. El segundo, la mezcla de fertilizante foliar + Cu con 19.50 %. Tercero, la mezcla de fertilizante foliar + Ca con 27.67 %. Cuarto, testigo absoluto, que presentó el mayor índice de severidad de derrite con 48.00 % en hojas jóvenes de café.

Para datos de la sexta lectura (05/01/2020), hubo conformación de tres grupos (Cuadro 15A). El primero fue para los fungicidas boscalid + pyraclostrobin, procloraz + azoxystrobin, mezcla de boscalid + pyraclostrobin + fertilizante foliar, tebuconazole + triadimefon y mezcla de fertilizante foliar + Cu, con índice de severidad de derrite de 2.17 % a 3.67 % en hojas jóvenes, al igual que la segunda lectura, la mezcla de los ingredientes activos boscalid + pyraclostrobin fue el mejor tratamiento. Para el segundo y tercer grupo, fue análogo de lo observado en la primera lectura.

Para los datos de la onceava lectura de enfermedad (20/03/2020), hubo conformación de cinco grupos (Cuadro 15A). El primero fue para las mezclas de ingredientes activos de fungicidas con un índice de severidad de derrite de 1.16 % a 1.83 % en hojas jóvenes, al igual que la segunda y sexta lectura, la mezcla de los ingredientes activos boscalid + pyraclostrobin fue el mejor tratamiento. El segundo conformado por la mezcla de boscalid + pyraclostrobin + fertilizante foliar con 3.17 %. El tercero conformado por la mezcla de fertilizante foliar + Cu con 5.00 %. Para el cuarto y quinto grupo fue análogo de lo observado en la primera y segunda lectura.

De acuerdo con Godwin *et al*. (1994), Gold y Leinhos (1994), Leinhos *et al*. (1997), quienes evaluaron los mismos ingredientes activos de fungicidas utilizados en este experimento, obtuvieron resultados análogos a los encontrados en este estudio. Se especifica que los fungicidas con modo de acción de inhibición de la respiración celular (boscalid, pyraclostrobin y azoxystrobin), se caracterizan por la alta eficiencia de contrarrestar la germinación y por consiguiente la penetración del hongo. Por otra parte, los fungicidas que inhiben la biosíntesis de los esteroles (triadimefon, tebuconazole y procloraz) se caracterizan por su alta eficiencia en contrarrestar el desarrollo del patógeno al existir infección (Buchenauer y Kemper 1981, Hänssler y Kuck 1987, Godwin *et al*. 1994).

Con respecto a la aplicación foliar de fertilizantes orientados al control de derrite del café, se obtuvo una disminución de la intensidad de derrite. Estudios realizados por Broadley *et al*. (2012), Huber *et al*. (2011), Silva (2018), Taiz y Zeiger (2006), Vatansever *et al*. (2017), demuestran que mediante la aplicación de Ca en plantas de café, se puede proporcionar resistencia a la infección de patógenos. Esto se debe a que el Ca es un elemento estructural que forma pectatos de calcio en la lámina media de la pared celular, de forma que se fortalecen los tejidos de protección.

Con respecto al Cu, es un elemento fundamental en la síntesis de compuestos que funcionan como mecanismo de defensa en las plantas, entre estos las ligninas y fenoles (Taiz y Zeiger 2006). Normalmente las deficiencias por Cu y Ca se manifiestan en hojas jóvenes y por consiguiente son más susceptibles al ingreso de *P. costarricensis*, sin embargo, se requiere de la aplicación de fungicida sistémico para el control de esa enfermedad.

Otros elementos presentes en el fertilizante foliar evaluado fueron: K, P y Mn. De acuerdo Broadley *et al*. (2012), Catarino *et al*. (2016), Spann y Schumann (2009), el suministro de K y Mg fortalece el metabolismo defensivo de las plantas de café, de manera que, se proporcionaron elementos esenciales que participan en la síntesis de compuestos que funcionan como mecanismo de defensa en las plantas, entre ellos las ligninas, taninos y fenoles. Con respecto al P, de acuerdo a estudios realizados por Deliopoulos *et al*. (2010), Eshraghi *et al*. (2011), Pilbeam *et al*. (2011), este elemento participa en procesos de inducción de producción de fitoalexinas en las plantas.

En conclusión de los resultados obtenidos en esta evaluación, el mejor tratamiento para el control de derrite del café fue la mezcla de boscalid + pyraclostrobin a 0.30 kg/ha. Sin embargo, cuando se aplicó la misma mezcla de los ingredientes activos anteriores en dosis de 0.15 kg/ha + fertilizante foliar la eficacia fue menor. De las mezclas de fungicidas restantes evaluadas se consideran eficaces en el control de esa enfermedad y pueden ser recomendados. Relacionado a la aplicación de los fertilizantes foliares, fueron menos efectivos en el control de la enfermedad comparado a la aplicación de fungicidas. Por ello, solo aplicación de fertilizantes foliares no es recomendable en el manejo de esta enfermedad.

Las curvas de progreso de derrite del café correspondiente a los tratamientos, basado en los perfiles promedios de índice de severidad de 11 lecturas para cada uno de los tratamientos se presentan en la figura 11. La menor curva de progreso de derrite correspondió al tratamiento de la mezcla de boscalid + pyraclostrobin. La curva de progreso de derrite correspondiente al testigo absoluto, presentó mayor índice de severidad en el tiempo (Figura 11).

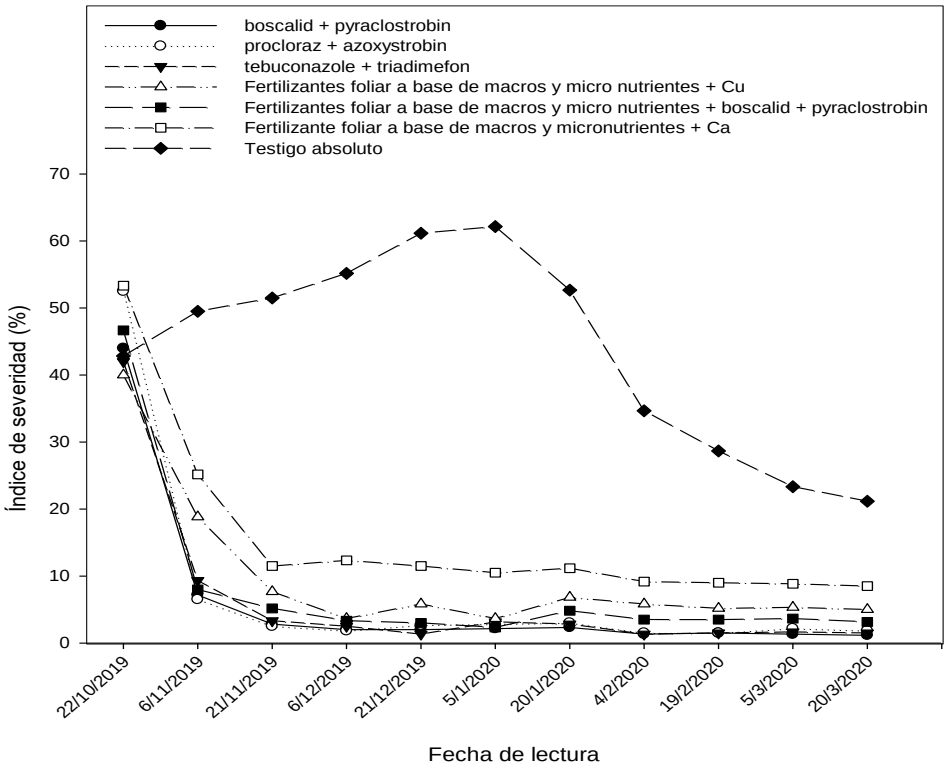


Figura 11. Curvas de progreso de derrite del café para cada uno de los tratamientos, con base al índice de severidad promedio en hojas jóvenes de café, de tres repeticiones por tratamiento y once lecturas de enfermedad.

6.1.2. Análisis de área bajo la curva del progreso de derrite del café

De acuerdo al análisis de varianza realizado para la variable área bajo la curva del progreso de derrite (ABCPED), hubo diferencia significativa entre tratamientos evaluados ($p>0.05$) (Cuadro 14A). En la comparación múltiple de medias con la prueba de Scott Knot ($p>0.05$) hubo conformación de cuatro grupos (Cuadro 16A). El primero fue para los tratamientos, boscalid + pyraclostrobin (T1), tebuconazole + triadimefon (T3), procloraz + azoxystrobin (T2) y la mezcla de boscalid + pyraclostrobin + fertilizante foliar (T5) con un ABCPED de 662.67 a 928.67, la mezcla de boscalid + pyraclostrobin fue la que brindó mejor control de la enfermedad. El segundo, corresponde a la mezcla de fertilizante foliar + Cu (T4) con 1239.00. El tercero fue para la mezcla de fertilizante foliar + Ca (T6) con 2055.67 y cuarto para el testigo absoluto (T7) con (6438.83).

Los valores de área bajo la curva de derrite y comparación de medias de tratamientos evaluados se presentan en la figura 12. Para este mismo gráfico, los tratamientos son identificados de la siguiente manera: T1= boscalid + pyraclostrobin, T2= procloraz + azoxistrobin, T3= tebuconazole + triadimefon, T4= mezcla de fertilizante foliar + Cu, T5= mezcla de fertilizante foliar + boscalid + pyraclostrobin, T6= mezcla de fertilizante foliar + Ca y T7= testigo absoluto.

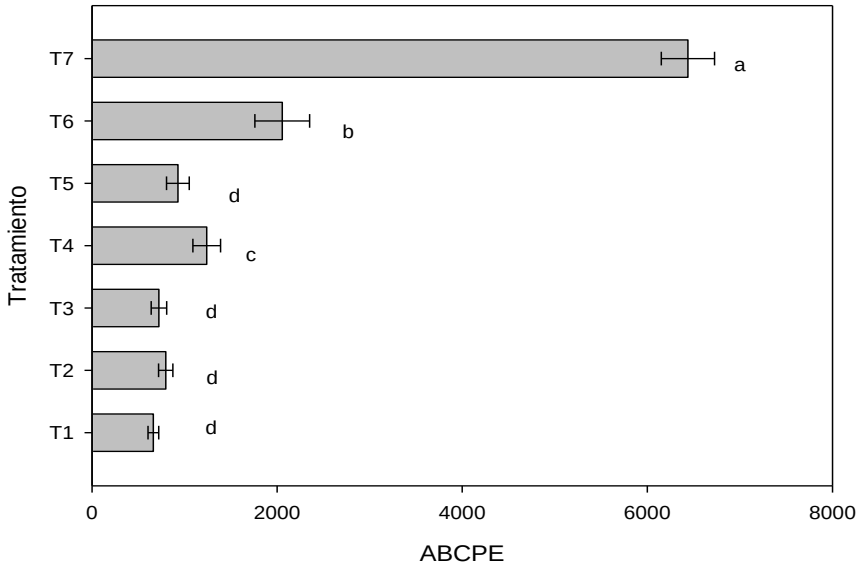


Figura 12. Área bajo la curva del progreso de derrite del café para cada uno de los tratamientos, con base a tres repeticiones por tratamiento y once lecturas. Medias con letra común no son significativamente diferentes.

Basado en el análisis de ABCPED, los tratamientos de boscalid + pyraclostrobin, procloraz + azoxystrobin, tebuconazole + triadimefon y mezcla de boscalid + pyraclostrobin + fertilizante foliar fueron los que presentaron mayor eficacia en el control de la enfermedad de derrite del café. Con respecto a los tratamientos de mezclas de fertilizantes foliares de Cu y Ca, hubo menor eficacia en el control de la enfermedad y pueden ser recomendados para el manejo del cultivo, pero no para el manejo exclusivo de ese patosistema.

6.2. Análisis de aspectos epidemiológicos de derrite del café

6.2.1. Determinación de modelo epidemiológico para incidencia de *P. costarricensis* en hojas jóvenes de café

Con el conjunto de datos de incidencia de derrite en hojas jóvenes, se evaluó el ajuste para cuatro modelos epidemiológicos. El análisis se realizó con los datos de los meses con progresión regular de la enfermedad. El modelo monomolecular fue el que más se ajustó a la incidencia entre los meses de octubre 2019 y enero 2020 (R^2=0.9224, CME=0.0041) tal y como se observa en la figura 13. De acuerdo con Silva (2018), no es posible generalizar un ajuste de modelo para todos los períodos, esto debido a la dinámica temporal del derrite del café, ya que es fuertemente influenciada por variables ambientales y climaticas.

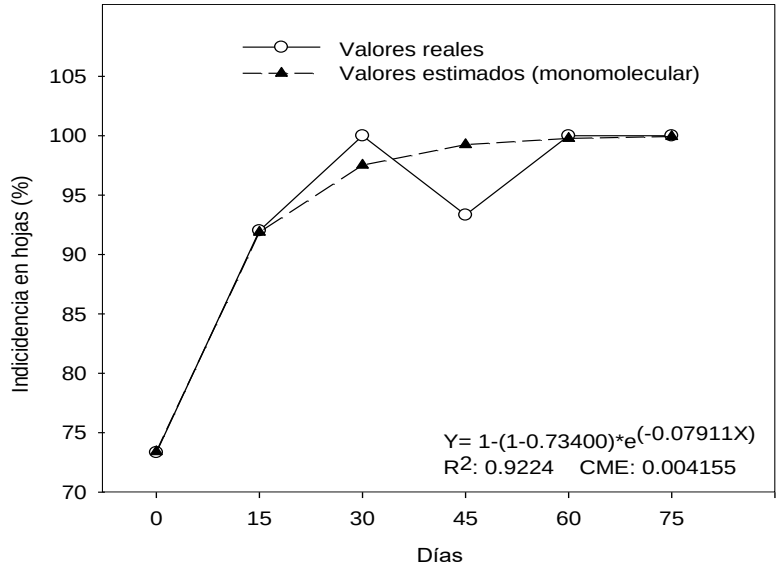


Figura 13. Gráfico de valores reales vs. valores estimados de incidencia de derrite del café en hojas jóvenes de plantas pertenecientes al testigo absoluto.

Alvarez (2013), estudió derrite del café en Guatemala en dos localidades. Con datos de enfermedad obtenidos en San Pedro Carchá, Alta Verapaz obtuvo ajuste con el modelo monomolecular, mientras en Mataquescuintla, Jalapa no obtuvo ajuste para los modelos analizados. Congruente a lo obtenido por el mismo autor, en este estudio se logró

determinar ajuste del mismo modelo para la localidad de Mataquescuintla. En ambas regiones de Guatemala, la enfermedad del derrite del café se comporta similar.

6.2.2. Tasa de incremento de la enfermedad

Basado en los datos obtenidos de incidencia de derrite en plantas del testigo absoluto, al inicio del ensayo las plantas de café en el área experimental presentaban incidencia de derrite del café en hojas jóvenes de 73.33 %. A los 30 días después del establecimiento del ensayo, la incidencia de derrite del café en hojas jóvenes incrementó a 100 % (Figura 14). La tasa de incremento de la enfermedad para ese periodo fue de 0.89 hojas infectadas por día.

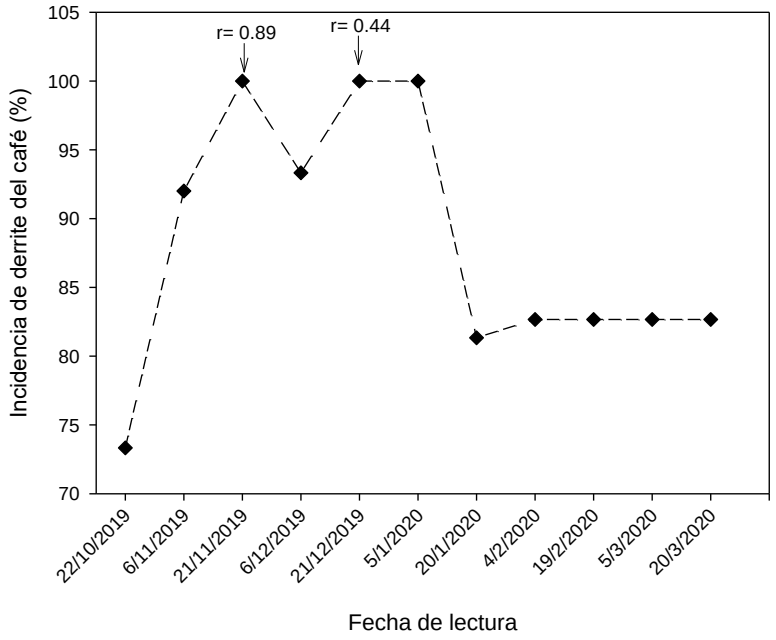


Figura 14. Curva de incidencia de derrite del café en hojas jóvenes de plantas pertenecientes al testigo absoluto. r= tasa de incremento de la enfermedad.

Después de esta fecha se observó un descenso en la incidencia, esto debido a la caída de hojas que poseían un alto porcentaje de severidad (Figura 11). De acuerdo con Salgado *et*

al. (2009), hojas con un valor de severidad arriba de 50 % de derrite del café, rara vez son observado en el campo debido a la senescencia de las hojas.

A los 60 días después del establecimiento del ensayo, se alcanzó nuevamente una incidencia del 100 %, con 0.44 hojas infectadas por día. Después de esta fecha la curva de incidencia se mantiene estable por 15 días. Después de este periodo la incidencia volvió a descender. De esta fecha hasta el final del experimento, la incidencia se mantuvo estable. Esto se debió a que para este periodo las condiciones climáticas ya no fueron favorables para el desarrollo de la enfermedad.

6.2.3. Comportamiento de la enfermedad según el clima

En la localidad de Mataquescuintla, Jalapa, algunas condiciones climáticas favorecieron al aumento del índice de severidad de derrite del café durante los meses de octubre (2019) a marzo (2020). Se realizó análisis de correlación mediante el conjunto de datos de índice de severidad con respecto a datos de clima registrados de la estación meteorológica La Concepción Anacafé, ubicada a 4.5 km del sitio de donde se hizo el estudio. Los gráficos del comportamiento de la enfermedad según variable de clima se presentan en la figura 15.

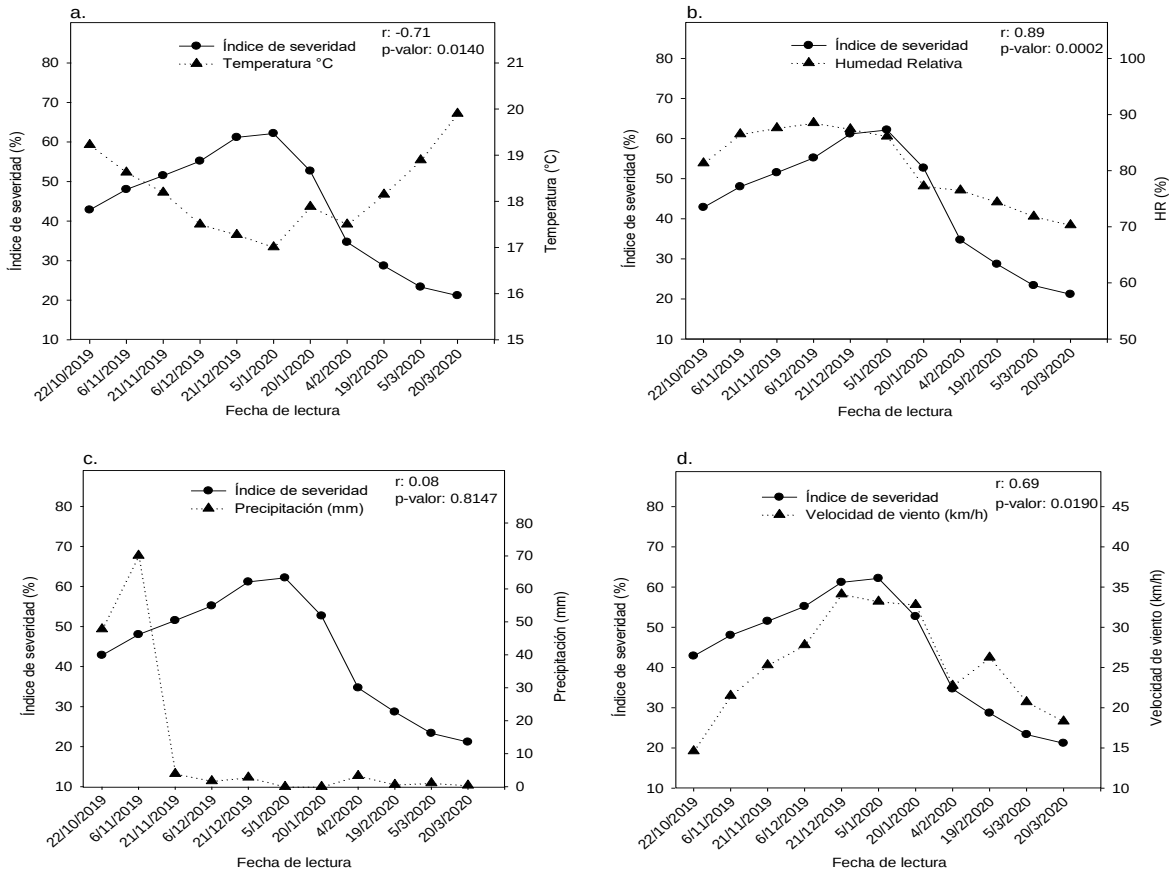


Figura 15. Comportamiento del índice de severidad de derrite del café con respecto a las variables climáticas. Estación meteorológica La Concepción Anacafé. (a.) Índice de severidad y temperatura promedio (C°), (b.) índice de severidad y humedad relativa promedio (%), (c.) índice de severidad y precipitación acumulada (mm), (d.) índice de severidad y velocidad de viento promedio (km/ha). Datos promedios y acumulados correspondientes a 15 días antes de cada lectura.

Se determinó que la temperatura, humedad relativa y viento favorecieron al aumento del índice de severidad de derrite del café ($p<0.05$) (Figura 15). La precipitación no fue una variable importante durante la época de estudio, ya que las intensas lluvias en la región culminaron a inicios del mes de noviembre de 2019 (Figura 15c).

Las condiciones favorables para la enfermedad se presentaron de octubre 2019 a enero 2020. Para esas fechas en la región, la temperatura oscilo de de 17 °C a 19 °C (Figura 15a) y la humedad relativa 81.33 % a 86.10 % (Figura 15b). Esto concuerda con Alvarez (2013) que estudió el mismo patosistema en la misma localidad para el periodo de junio (2011) a

enero (2012), donde determinó que estas mismas variables favorecieron al aumento de la intensidad de la enfermedad. De acuerdo a Lorenzetti (2014), *Phoma* en el cultivo de café, a temperaturas entre 15 °C a 20 °C y humedad relativa mayor al 70 %, favorece al incremento de los tubos germinales de los conidios.

La lámina de lluvia más alta durante la época de estudio fue de 70.10 mm. Este dato se reporta en las fechas que corresponden a la primera y segunda evaluación de la enfermedad. Desde ahí la precipitación en la región no sobrepasaba los 4.00 mm de lluvia quincenales (Figura 15c). De acuerdo a Alvarez (2013), Silva (2018) en sus estudios de derrite del café, demuestran que la enfemedad no requiere de altas precipitaciones para su desarrollo. Alvarez (2013) en la región de Mataquescuintla, obtuvo valores de severidad del 70 % en hojas jovenes de café con precipitacion promedio acumulada de 4.80 mm en 30 días, mientras Silva (2018) en Brasil, determinó que una lámina de lluvia no mayor a los 9.14 mm en 30 días es apta para el desarrollo del patógeno.

7. CONCLUSIONES

1. La mejor eficacia de control de derrite del café se obtuvo con la aplicación de las mezclas de fungicidas sistémicos y no hubo diferencias significativas entre estos tratamientos. La aplicación de fertilizantes foliares no fue efectiva en el control de la enfermedad y al emplearse mezcla de fertilizantes foliares con fungicidas sistémicos, la eficacia de control de la enfermedad se redujo.

2. La intensidad de derrite del café se incrementó con temperatura de 17.0 °C a 19.0 °C, humedad relativa de 81.0 % - 86.0 %, viento de 14.6 km/h a 33.2 km/h y lámina de lluvia inferior a 4.0 mm quincenales.

3. El conjunto de datos de enfermedad de derrite del café se ajustó al modelo Monomolecular (R^2=0.9224, CME=0.0041).

8. RECOMENDACIONES

1. Utilizar cualquiera de los fungicidas evaluados en este estudio para el manejo del derrite del café.

2. Como alternativa para el manejo de derrite del café, se puede hacer uso de la mezcla de fertilizantes foliares a base de Cu.

3. Evaluar las mezclas de fungicidas sistémicos con fertilizantes foliares y utilizar la dosis comercial recomendada.

4. El modelo epidemiológico Monomolecular determinado, puede ser utilizado como soporte para definir el momento oportuno de aplicación de fungicidas para el manejo de *P. costarricensis,*

5. Realizar estudios sobre el derrite del café en época lluviosa y seca, con la finalidad de conocer el progreso de esa enfermedad y su relación con el clima.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Agexport. 2018. Estadísticas de Exportación de Guatemala para el periodo 2017/2018.

2. Akram, Z. 2016. Nutrients Essential for Plant Growth. s.l., s.e. p. 23.

3. Alvarado, M; Rojas, G. 2007. Cultivo y beneficiado del café. 1 ed. San José, C.R., s.e. 184 p.

4. Alvarez, GA. 2013. Evaluación De Programas Para El Manejo De Derrite Del Café Causado Por *Phoma* spp. Y Aspectos Epidemiológicos De La Enfermedad En Los Departamentos De Jalapa Y Alta Verapaz, Guatemala, C.A. s.l., Universidad de San Carlos de Guatemala. 80 p.

5. Anacafé. (2006). Guía técnica de caficultura. Guatemala, s.e.

6. _____. (2019). Guía de variedades de café en Guatemala. Guatemala, s.e.

7. Anthony, F; Combes, MC; Astorga, C; Bertrand, B; Graziosi, G; Lashermes, P. 2002. The origin of cultivated *Coffea arabica* L. varieties revealed by AFLP and SSR markers. Theoretical and Applied Genetics . DOI: https://doi.org/10.1007/s00122-001-0798-8.

8. Arcila, J; Farfán, F; Moreno, A; Salazar, LF; Hincapie, E. 2012. Sistema de Producción de café en Colombia. Journal of Chemical Information and Modeling 53(9):1689-1699. DOI: https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004.

9. Arnold, J; Pineda, C. 2015. Manejo de tejido y la Productividad Del Cafeto. OIRSA :85.

10. Aveskamp, MM; Verkley, GJM; De Gruyter, J; Murace, MA; Perelló, A; Woudenberg, JHC; Groenewald, JZ; Crous, PW. 2009. DNA phylogeny reveals polyphyly of *Phoma* section Peyronellaea and multiple taxonomic novelties. Mycologia 101(3):363-382. DOI: https://doi.org/10.3852/08-199.

11. Banco de Guatemala. (2018). Nota al Comercio Exterior a Junio 2018. s.l., s.e.

12. Boerema, G; de Gruyter, J; Noordeloos, M; Maria, H. 2004. *Phoma* identification manual. Differentiation of specific and infra-specific taxa in culture. s.l., s.e. 448 p. DOI: https://doi.org/10.1079/9780851997438.0000.

13. Broadley, M; Brown, P; Cakmak, I; Rengel, Z; Zhao, F. 2012. Function of Nutrients: Micronutrients. Marschner'. England, Oxford: Academic Press. 191-248 p. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00007-8.

14. Buchenauer, H; Kemper, K. 1981. Wirkungsweise von propiconazol (Desmel) in verschiedenen pilzen. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen 36:909-21.

15. Campbell, CL; Madden, L V. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. 8th ed. New York, s.e. 532 p. DOI: https://doi.org/0471832367.

16. Carvalho, VL; Chalfoun, SM; Cunha, RL. (2013). Doenças do cafeeiro. Belo Horizonte, s.e.

17. Catarino, A de M; Pozza, EA; Pozza, AAA; Santos, LS dias; Vasco, GB; Souza, PE de. 2016. Calcium and potassium contents in nutrient solution on *Phoma* leaf spot intensity in coffee seedlings. Revista Ceres 63(4):486-491. DOI: https://doi.org/10.1590/0034-737X201663040008.

18. Chereguino, R. 1981. Epidemiología del requemo o derrite por *Phyllosticta coffeicola* Speg. en El Salvador. IV Simposio Latinoamericano sobre Caficultura 4:78-93.

19. Clemente, JM; Martinez, HEP; Pedrosa, AW; Poltronieri Neves, Y; Cecon, PR; Jifon, JL. 2018. Boron, copper, and zinc affect the productivity, cup quality, and chemical compounds in coffee beans. Journal of Food Quality 10:1-14. DOI: https://doi.org/10.1155/2018/7960231.

20. Coffee Research Institute. 2006. Arabica and Robusta Coffee Plant. (en línea, sitio web). Disponible en http://www.coffeeresearch.org/agriculture/coffeeplant.htm.

21. DaMatta, FM. 2004. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: A review. s.l., s.e. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.09.001.

22. Deliopoulos, T; Kettlewell, PS; Hare, MC. 2010. Fungal disease suppression by inorganic salts: A review. Crop Protection 29:1059-1075. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.011.

23. Díaz, A; Cayón, G; Mira, J. 2007. Metabolismo del calcio y su relación con la “mancha de madurez” del fruto de banano. Una revisión. Agronomía Colombiana 25(2):280-287.

24. Echandi, E. 1957. La quema de los cafetos causada por *Phoma costarricensis*. Biología Tropical 5:81-102.

25. Eshraghi, L; Anderson, J; Aryamanesh, N; Shearer, B; Mccomb, J; Hardy, GESJ; O’Brien, PA. 2011. Phosphite primed defence responses and enhanced expression of defence genes in *Arabidopsis thaliana* infected with *Phytophthora cinnamomi*. Plant Pathology 60(6):1086-1095. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02471.x.

26. Fitt, B; Evans, N; Watts, J. 2014. *Phoma* leaf spot and stem canker. AHDB Information Sheet 37 37:1-2.

27. FRAC. (2018). FRAC Code List ©*2018: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering). 471. s.l., s.e. DOI: https://doi.org/10.1007/s00428-017-2205-0.

28. Garcia, A. (1999). Fungicidas I: utilização no controle químico de doenças e sua ação contra os fitopatógenos. Porto Velho, s.e. DOI: https://doi.org/10.3892/mmr.2012.1233.

29. Godwin, J; Young, J; Hart, C. 1994. Effects on development of cereal pathogens. *In* Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference. UK: British, s.e. p. 259-64.

30. Gold, RE; Leinhos, GME. 1994. Histological studies on the fungicidal activity of the strobilurin BAS 490 F. *In* Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference. Farnham, UK, s.e. p. 253-8.

31. Van De Graaf, P; Joseph, ME; Chartier-Hollis, JM; O'Neill, TM. 2002. Prepenetration stages in infection of clematis by *Phoma clematidina*. Plant Pathology 51(3):331-337. DOI: https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2002.00727.x.

32. de Gruyter, H; Woudenberg, JHC; Aveskamp, MM; Verkley, GJM; Groenewald, JZ; Crous, PW. 2013. Redisposition of phoma-like anamorphs in pleosporales. Studies in Mycology 75(June):1-36. DOI: https://doi.org/10.3114/sim0004.

33. Hänssler, G; Kuck, K. 1987. Microscopic studies on the effect of Folicur on pathogenesis of brown rust of wheat (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*). Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 40:80-153.

34. Huber, D; Römheld, V; Weinmann, M. 2011. Relationship between Nutrition, Plant Diseases and Pests. *In Elsevier (ed.)*. Amsterdam, s.e. p. 283-298 DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00010-8.

35. Ilbusca. 2017. Flor y fruto del cafeto (en línea, sitio web). Disponible en https://www.istockphoto.com/es/vector/botánica-plantas-antigua-ilustración-de-grabado-coffea-arabica-gm653855256-118812371.

36. Instituto Costarricense del Café (ICAFE). 2008. Pliego de condiciones: Indicación geográfica Café de Costa Rica. :128.

37. International Coffee Council. 2011. Rules on Statisitics Indicator Prices. (May):1-8. DOI: https://doi.org/www.ico.org/documents/icc-105-17e-rules-indicator-prices-final.pdf.

38. International Coffee Organization. 2018. Se prevé que 2018/19 será el segundo año consecutivo de superávit. Informe del mercado de Café :8.

39. Jeger, MJ; Viljanen-Rollinson, SLH. 2001. The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. Theoretical and Applied Genetics 102(1):32-40. DOI: https://doi.org/10.1007/s001220051615.

40. Leinhos, ME; Gold, RE; Düggelin, M; Guggenheim, R. 1997. Development and morphology of *Uncinula necator* following treatment with the fungicides kresoxim-methyl and penconazole. Mycological Research 101:1033-46.

41. Lima, G. 2016. Mancha de *Phoma* no cafeeiro (en línea, sitio web). Disponible en https://3rlab.wordpress.com/2016/08/02/mancha-de-phoma-no-cafeeiro/.

42. Lorenzetti, ER. 2014. Effect of temperature and leaf wetness on *Phoma tarda* and *Phoma* leaf spot in coffee seedlings. Coffee Science 10:1-9.

43. Menza, H; Peláez, M. 2016. Epidemiología de la muerte descendente del cafeto (*Phoma* spp.) en tres sistemas de producción de café. Cenicafé 67(2):66-77.

44. Mora Aguilera, G. (2008). Bases de estudios epidemiológicos para el manejo de patosistemas agrícolas. Montecillo, México, s.e. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-60761-842-3.

45. Morales, P; Cordón, L; Girón, J; Morales, S. 2019. La Fertilización al Suelo y Foliar. Cedicafé .

46. Muller, RA; Berry, D; Avelino, J; Bieysse, D. 2008. Coffee Diseases. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers (April 2008):491-545. DOI: https://doi.org/10.1002/9783527619627.ch18.

47. Padilla, FF. 2018. El café guatemalteco. Un enfoque en el mercado mundial y su productividad. .

48. Patrick, G. 2019. Dibujo de partes de la planta de café (en línea, sitio web). Disponible en https://www.alamy.es/una-imagen-que-muestra-una-planta-de-cafe-esto-es-de-la-familia-rubiaceae-el-fruto-es-redondo-y-rojo-las-hojas-son-amplias-y-sencillas-linea-vintage-de-dibujo-o-ingr-image244667246.html?pv=1&stamp=2&imageid=7A3FC8E0-BC38-400D-8F4C-B2F.

49. Pedroza, A; Gaxiola, J. 2009. Análisis del área bajo la curva del progreso de las enfermedades (ABCPE) en patosistemas agrícolas. 1era ed. Texcoco, México, Universidad Autónoma de Chapingo. 16 p. DOI: https://doi.org/10.13140/2.1.4475.7767.

50. Pilbeam, RA; Howard, K; Shearer, BL; Hardy, GESJ. 2011. Phosphite stimulated histological responses of *Eucalyptus marginata* to infection by *Phytophthora cinnamomi*. Trees - Structure and Function 25:1121–1131. DOI: https://doi.org/10.1007/s00468-011-0587-1.

51. Pozza, E; Carvalho, V; Chalfoun, S. 2010. Sintomas de injúrias causadas por doenças em cafeeiro. Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas. Lavras: Ed. UFLA :69-101.

52. Pozza, EA; Alvez, MC. (2008). Impacto potencial de mudanças climáticas sobre as doenças fúngicas do cafeeiro no Brasil. Brasília, s.e.

53. Rathod, AN; Tanawal, B; Shah, V. 2013. Image Processing Techniques for Detection of Leaf Disease. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering 3(11):3. DOI: https://doi.org/10.1186/cc14637.

54. Rojo, E. 2014. Café I (G. *Coffea*). REDUCA Biología 7(2):113-132.

55. Roustaee, A; Dechamp-Guillaume, G; Gelie, B; Savy, C; Dargent, R; Barrault, G. 2000. Ultrastructural studies of the mode of penetration by *Phoma macdonaldii* in sunflower seedlings. Phytopathology 90(8):915-920. DOI: https://doi.org/10.1094/PHYTO.2000.90.8.915.

56. Ruela, VM; da Silva, AB; Veiga, AD; de Souza, TC; Marques, DM; Costa, CE de M; Rezende, TT. 2019. Growth and physiological response of coffee seedlingsruela,treatedv. M. et awith fungicides. Coffee Science 14(2):138-146. DOI: https://doi.org/10.25186/cs.v14i2.1549.

57. Salgado, M; Pozza, EA; Lima, LM De; Pereira, RTG; Ludwig, H. 2009. Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha de *Phoma* do cafeeiro. Tropical Plant Pathology 34(December):422-427.

58. Santos, LSD. 2014. Incidência da Mancha de *Phoma* em cafeeiro irrigado por gotejamento, sob diferentes manejos de irrigação. Coffee Science 9:77-89.

59. SCAN. 2015. Manejo de sombra del cultivo de café. El Cafetalero :26.

60. _____. 2015. Poda de Café. El Cafetalero :24.

61. Silva, HR. 2018. Sistema de alerta e relação de variáveis ambientais com o progresso da mancha de *Phoma* do cafeeiro. s.l., Universidade Federal de Lavras. 162 p.

62. de Souza, A. 2007. Manejo integrado de mancha de *Phoma* en cafetos. Cafeicultura 2:1-10.

63. Spann, T; Schumann, W. 2009. The Role of Plant Nutrients in Disease Development with Emphasis on *Citrus* and Huanglongbing. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 122:169-171.

64. Taiz, L; Zeiger, E. 2006. Fisiología vegetal. Sinauer As. Los Ángeles, s.e. 576 p.

65. USDA. 2018. *Coffea arabica* L. Arabian coffee (en línea, sitio web). Disponible en https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=COAR2.

66. Vatansever, R; Ozyigit, II; Filiz, E. 2017. Essential and Beneficial Trace Elements in Plants, and Their Transport in Roots: a Review. Applied Biochemistry and Biotechnology 181(1):464-482. DOI: https://doi.org/10.1007/s12010-016-2224-3.

67. Villegas, C; Giraldo, M; Benavides, P; Gil, Z. 2009. Aprenda a diferenciar la muerte descendente y la chamusquina en árboles de café. Avances técnicos CENICAFÉ (385).

68. Wagner, R. 2001. Historia del café de Guatemala. s.l., s.e. 207 p.

69. Zambolim, L. (1999). I encontro sobre produção de café com qualidade. Viçosa, s.e.

70. Zapata, J. 2002. Principios básicos de fitoepidemiología. 1era ed. Colombia, Universidad de Caldas. 397 p.

71. Zucker, WV; Catara, A. 2016. Observations in the scanning electron microscope on the foliar penetration of *Phoma tracheiphila*. *In* Integrated Pest Control in Citrus-groves, At Acireale. Catania, U of (ed.). Italy, s.e. p. 271-277.

10. ANEXOS

Cuadro 11A. Análisis de varianza para índice de severidad de derrite del café en hojas jóvenes para la cuantificación realizada el 06/11/2019.

FV	GL	SC	CM	Fc	Valor p
Tratamiento	6	3649.2	608.21	47.138	0.0000*
Bloque	2	28.2	14.08	1.091	0.36684
Residuo	12	154.8	12.90		
Total	20	3832.2			
CV= 18.4 %					

Fuente: elaboración propia (2020).

Cuadro 12A. Análisis de varianza para índice de severidad de derrite del café en hojas jóvenes para la cuantificación realizada el 05/01/2020.

FV	GL	SC	CM	Fc	Valor p
Tratamiento	6	8818.3	1469.72	772.41	0.0000*
Bloque	2	8.2	4.08	2.15	0.1596
Residuo	12	22.8	1.90		
Total	20	8849.3			
CV= 11.12 %					

Fuente: elaboración propia (2020).

Cuadro 13A. Análisis de varianza para índice de severidad de derrite del café en hojas jóvenes para la cuantificación realizada el 20/03/2020.

FV	GL	SC	CM	Fc	Valor p
Tratamiento	6	918.79	153.131	313.732	0.0000*
Bloque	2	2.31	1.155	2.366	0.1361
Residuo	12	5.86	0.488		
Total	20	926.95			
CV= 11.55 %					

Fuente: elaboración propia (2020).

Cuadro 14A. Análisis de varianza para área bajo la curva del progreso de derrite del café en hojas jóvenes.

FV	GL	SC	CM	Fc	Valor p
Tratamiento	6	78325769	13054295	444.32	0.0000*
Bloque	2	96446	48223	1.64	0.23437
Residuo	12	352566	29380		
Total	20	78774780			
CV= 9.34 %					

Fuente: elaboración propia (2020).

Cuadro 15A. Prueba de medias para índice de severidad de derrite del café en hojas jóvenes para las cuantificaciones realizadas en las fechas seleccionadas.

Tratamiento	Medias y grupos		
	06/11/2019	05/01/2020	20/03/2020
Testigo absoluto	48.00d	62.17c	21.17e
Fertilizante foliar + Ca	27.67c	10.50b	8.50d
Fertilizante foliar + Cu	19.50b	3.67a	5.00c
tebuconazole + triadimefon	11.50a	3.17a	3.17b
procloraz + azoxystrobin	10.83a	2.83a	1.83a
Fertilizante foliar + boscalid + pyraclostrobin	10.50a	2.33a	1.50a
boscalid + pyraclostrobin	8.67a	2.17a	1.16a

Las medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre si al nivel de 5 % de probabilidad con la prueba de Scott-Knott

Fuente: elaboración propia (2020).

Cuadro 16A. Prueba de medias para área bajo la curva del progreso de derrite del café en hojas jóvenes.

Tratamiento	Medias y grupos
Testigo absoluto	6438.83d
Fertilizante foliar + Ca	2055.67c
Fertilizante foliar + Cu	1239.00b
Fertilizante foliar + boscalid + pyraclostrobin	928.67a
procloraz + azoxystrobin	796.83a
tebuconazole + triadimefon	723.33a
boscalid + pyraclostrobin	662.67a

Las medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre si al nivel de 5 % de probabilidad con la prueba de Scott-Knott

Fuente: elaboración propia (2020).

Cuadro 17A. Supuestos estadísticos para el análisis de índice de severidad de derrite del café en hojas jóvenes (06/11/2019).

Supuesto	Test	Valor p
Normalidad	Shapiro-Wilks	0.68246
Heterocedasticidad	White	0.31894

Fuente: elaboración propia (2020).

Cuadro 18A. Supuestos estadísticos para el análisis de índice de severidad de derrite del café en hojas jóvenes (05/01/2020).

Supuesto	Test	Valor p
Normalidad	Shapiro-Wilks	0.6182
Heterocedasticidad	White	0.8842

Fuente: elaboración propia (2020).

Cuadro 19A. Supuestos estadísticos para el análisis de índice de severidad de derrite del café en hojas jóvenes (20/03/2020).

Supuesto	Test	Valor p
Normalidad	Shapiro-Wilks	0.8210
Heterocedasticidad	White	0.4849

Fuente: elaboración propia (2020).

Cuadro 20A. Supuestos estadísticos para el análisis de área bajo la curva del progreso de derrite del café en hojas jóvenes.

Supuesto	Test	Valor p
Normalidad	Shapiro-Wilks	0.3075
Heterocedasticidad	White	0.5371

Fuente: elaboración propia (2020).

Cuadro 21A. Análisis de regresión no lineal, coeficientes de regresión y estadísticos asociados al modelo monomolecular.

R^2aj	CME			
0.9224	0.004155			
Coeficiente	Est.	E.E.	T	Valor p
Yo	0.73400	0.03209	22.874	0.0000*
R	0.07911	0.02286	3.461	0.0258

Fuente: elaboración propia (2020).

Cuadro 22A. Valores de R^2 ajustado y cuadrado medio del error de los modelos epidemiológicos para la variable incidencia.

Modelo	R^2	CME
Monomolecular	0.9224	0.004155
Gompertz	0.9214	0.004211
Logístico	0.9204	0.004265
Exponencial	0.5821	0.022401

Fuente: elaboración propia (2020).

Cuadro 23A. Análisis de correlación del índice de severidad de derrite y las variables climáticas para las condiciones de Mataquescuintla, Jalapa, 2019-2020.

Variable 1	Variable 2	n	Pearson	P-valor
Índice de severidad	Temperatura (C°)	11	-0.71	0.0140
	Humedad relativa (%)	11	0.89	0.0002
	Viento (km/h)	11	0.69	0.0190
	Precipitación (mm)	11	0.08	0.8147

Fuente: elaboración propia (2020).

Pendiente

T1R1	T3R1	T4R1	T5R1	T2R1	T7R1	T6R1
T4R2	T2R2	T5R2	T1TR2	T3R2	T6R2	T7R2
T7R3	T3R3	T4R3	T2R3	T1R3	T5R3	T6R3

Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 16A. Croquis de distribución de tratamientos en campo. T= tratamientos especificados en el cuadro 2. y R= repeticiones. Bloques perpendiculares a la pendiente como fuente de variación.

CAPÍTULO III

SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE REGISTROS Y REGULATORIOS DE LA EMPRESA FORAGRO.

1. ANTECEDENTES

Durante el transcurso del EPS se realiza un conjunto de actividades académicas en el campo de la docencia, investigación y extensión, como también servicios en empresas, comunidades, organizaciones no gubernamentales, instituciones del estado o instituciones de investigación.

El ejercicio profesional supervisado para el periodo agosto 2019-mayo 2020 fue realizado en la empresa Foragro, empresa que se dedica a la producción y distribución de productos para la protección y saneamiento de los cultivos. Cuenta con una línea de productos que incluye: insecticidas, fungicidas, herbicidas, coadyuvantes y reguladores de crecimiento. Actualmente la empresa tiene presencia en distintos países como Guatemala, Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, República Dominicana y Ecuador.

Lo servicios realizados en la empresa Foragro fueron actividades de apoyo para mejorar eficiencia del departamento de registros y regulatorios. Los servicios fueron planteados de acuerdo a las limitantes que fueron observadas durante el diagnóstico, los cuales son los siguientes: 1) elaboración de un manual de identificación de malezas, cuya finalidad fue el apoyo en la parte técnica de ensayos de eficacia de herbicidas; 2) evaluación del insecticida Spinosad 48 SC para el control de gusano cogollero en maíz; 3) evaluación del insecticida Spirotetramat 24 SC para el control de áfidos en el cultivo de crisantemo. Estos dos últimos servicios tuvieron como finalidad el apoyo al cumplimiento del plan de trabajo de evaluación de moléculas en campo, ya que el personal de investigación era limitado.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Apoyar al departamento de registros y regulatorios de Foragro mediante servicios que ayudaran a mejorar la eficiencia en las labores de la empresa.

2.2. Objetivos específicos

1. Elaborar un manual de identificación de malezas.

2. Establecer el ensayo de eficacia para el insecticida Spinosad 48 SC para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz.

3. Establecer el ensayo de eficacia para el insecticida Spinosad 48 SC para el control de áfidos (*Myzus* sp.) en el cultivo de crisantemo.

3. METODOLOGÍA

3.1. SERVICIO 1: Elaboración del manual de identificación de malezas

La metodología que se utilizó para la elaboración del manual de identificación de malezas se encuentra a continuación:

Paso 1: Identificación de los cultivos de mayor importancia en Guatemala

Para Foragro como empresa que brinda productos de sanidad vegetal, los cultivos de interés y con un mercado grande son: caña de azúcar, banano, melón, sandía, pepino, tomate, chiles, café, macadamia, piña, entre otros.

Paso 2: Toma de fotografías

Durante los viajes a diferentes regiones donde del país, en áreas donde se tenían investigaciones en diferentes cultivos, se fotografió las malezas presentes.

Paso 3: Identificación de malezas

Las malezas fotografiadas, fueron identificadas mediante literatura consultada, como también mediante la experiencia del investigador.

Paso 4: Ordenamiento de malezas de acuerdo a la familia botánica

Ya con las especies identificadas, se realizó el ordenamiento de estas de acuerdo a su familia botánica.

Paso 5: Elaboración del manual de identificación de malezas

Para la facilidad de identificación, se colocaron fotografías y descripciones botánicas de cada especie de arvense.

3.2. SERVICIO 2: Evaluación del insecticida Spinosad 48 sc para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), en el cultivo de maíz (*Zea mays)*

3.2.1. Diseño y establecimiento del ensayo.

A. Diseño experimental.

Se realizó en un diseño experimental de bloques al azar, con seis tratamientos y tres repeticiones. Cada parcela exploratoria según tratamiento, fue sembrada de manera rectangular (7.0 m x 3.6 m), en donde se sembró 4 surcos de maíz por parcela experimental. Cada parcela poseía 2 surcos de borde. El área de la unidad experimental de cada parcela fue de 25.2 m^2, con un total de área experimental de 453.6 m^2. La parcela neta, consistió de 2 surcos de maíz en cada parcela, donde se cuantificó el número de larvas de cogollero y daño foliar en 15 plantas. La distancia de siembra entre surco fue 0.9 m y 0.5 m entre planta.

3.2.2. Tratamientos

Los tratamientos evaluados y dosis del insecticida Spinosad 48 SC (FA) se presentan en el cuadro 24.

Cuadro 24. Tratamientos del insecticida Spinosad 48 SC (FA) evaluados, para el combate de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz.

Tratamiento	Ingrediente activo	**Dosis ml/ha**	**Número** de aplicaciones
T1. Spinosad 48 SC (FA)	Spinosad	50	Tres aplicaciones y cinco lecturas
T2. Spinosad 48 SC (FA)	Spinosad	100	Tres aplicaciones y cinco lecturas
T3. Spinosad 48 SC (FA)	Spinosad	150	Tres aplicaciones y cinco lecturas
T4. Spinosad 48 SC (FA)	Spinosad	200	Tres aplicaciones y cinco lecturas
T5. Spinosad 12 SC (testigo comercial)	Spinosad	400	Tres aplicaciones y cinco lecturas
T6. Testigo absoluto (agua)	Ninguno	---------- ---	Tres aplicaciones y cinco lecturas

Fuente: elaboración propia (2020).

3.2.3. Momento y frecuencia de aplicación.

Las aplicaciones se iniciaron en la fase fenológica V3, 20 días después de la siembra. Fue establecido en Aldea Jocotillo, Villcanales, Departamento de Guatemala. A partir de ese momento se realizaron 3 aplicaciones de Spinosad 48 SC (FA) en las dosis de acuerdo a los tratamientos (Cuadro 24), con intervalo de aplicación entre la primera y segunda aplicación de 7 días.

3.2.4. Dosis y volúmenes de aplicación.

Las dosis que fueron utilizadas en esta evaluación se presentan en el cuadro 24. El volumen de mezcla utilizado por tratamiento fue de 2.15 L de agua, equivalente a 285 L/ha.

3.2.5. Muestreos

Momentos de evaluación de gusano cogollero en maíz:

1ª Evaluación: previo a la aplicación de los tratamientos y primera aplicación.
2ª Evaluación: 7 días después de la primera evaluación y primera aplicación.
3ª Evaluación: 7 días después de la segunda evaluación y segunda aplicación.
4ª Evaluación: 7 días después de la tercera evaluación y tercera aplicación.
5ª Evaluación: 7 días después de la cuarta evaluación.

3.2.6. Metodología de muestreo.

Para cada tratamiento, se seleccionaron los surcos intermedios que consiste la parcela neta de cada unidad experimental. Para cada uno de estos, se seleccionaron 15 plantas al azar, donde se cuantificó el número de larvas por planta y daño foliar. La cuantificación del número de larvas se realizó en todo el follaje de la planta. Para la determinación de daño foliar, se utilizó la escala diagramática de ocho clases elaborada por Davis (1992) (Figura 24A).

3.2.7. Variables evaluadas, cuantificación y análisis de datos.

A. Evaluación de la plaga

Se efectuaron cinco evaluaciones de gusano cogollero en intervalo de 7 días, se inició el 03 de febrero de 2020 y finalizó el 24 de febrero de 2020.

B. Variables evaluadas

- Número de larvas de cogollero del maíz por planta: cuantificación de larvas de cogollero del maíz en todas las hojas presentes en la planta.

- Daño foliar causado por el gusano cogollero: es una expresión porcentual de la severidad de daño, calculado mediante la fórmula: IND=Σnb/(N-1)T)*100, donde n= número de plantas de cada grado de la escala de Davis (1992), b= grado de daño foliar, N= cantidad de grados usados en la misma escala (8 grados en planta), T= total de plantas. Los valores de este índice pueden oscilar entre cero y 100%, a valores más altos, mayor severidad de daño foliar causado por el gusano cogollero en plantas de maíz.
- Mortalidad de gusano cogollero: es una expresión porcentual para determinar la efectividad de control de los productos evaluados, calculado mediante la fórmula de Abbott para poblaciones no uniformes: M%= [1-(C_o-T_o)]*100, donde C_o= números de individuos vivos del testigo antes del tratamiento, T_o= números de individuos vivos en el tratado antes de la aplicación.
- Fitotoxidad en la planta de maíz para cada tratamiento, según escala presentada en el anexo.

C. Análisis de datos

Con los datos de número de larvas de cogollero del maíz por planta y daño foliar, se realizó análisis de varianza (ANDEVA). Seguido por análisis de comparación múltiple de medias con la prueba de Scott Knot ($p>0.05$). Se graficó el número de larvas de cogollero del maíz por planta y daño foliar. Todos los datos fueron analizados en el programa R v 3.5.2.

3.3. SERVICIO 3: Evaluación del insecticida Spirotetramat 24 sc para el control áfidos (*Myzus* sp.), en el cultivo de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*)

3.3.1. Diseño y establecimiento del ensayo.

A. Diseño experimental.

Se realizó en un diseño experimental de bloques al azar, con 5 tratamientos y 3 repeticiones. Cada parcela exploratoria según tratamiento, fue sembrada de manera rectangular (1.8 m x 1.5 m), en donde se sembró 12 surcos de crisantemo por parcela experimental. El área de la unidad experimental de cada parcela fue de 2.7 m^2, con un total de área experimental de 40.5 m^2. La parcela neta, consistió de 10 surcos de crisantemo en cada parcela, donde se cuantificó el número de áfidos en 15 plantas. La distancia de siembra entre surco fue 0.12 m y 0.12 m entre plantas.

3.3.2. Tratamientos

Los tratamientos evaluados y dosis del insecticida Spirotetramat 24 SC (FA) se presentan en el cuadro 25.

Cuadro 25. Tratamientos del insecticida sistémico Spirotetramat 24 SC (FA) evaluados, para el combate de *Myzus* sp. en el cultivo de crisantemo.

Tratamiento	**Ingrediente activo**	**Dosis ml/100 L de agua**	**Número aplicaciones**
T1. Spirotetramat 24 SC (FA)	Spirotetramat	40	Dos aplicaciones y cinco lecturas
T2. Spirotetramat 24 SC (FA)	Spirotetramat	50	Dos aplicaciones y cinco lecturas
T3. Spirotetramat 24 SC (FA)	Spirotetramat	60	Dos aplicaciones y cinco lecturas
T4. Spirotetramat 24 SC (FA)	Spirotetramat	70	Dos aplicaciones y cinco lecturas
T6: Spirotetramat 15 OD (FA)	Spirotetramat	96	Dos aplicaciones y cinco lecturas
T5. Testigo absoluto (agua)	Ninguno	0	----------

Fuente: elaboración propia (2019).

3.3.3. Momento y frecuencia de aplicación.

Las aplicaciones se iniciaron en la fase fenológica de elongación de tallos, 50 días después del trasplante. Fue establecido en el municipio de San Juan Sacatepéquez, del departamento de Guatemala. A partir de ese momento se realizaron dos aplicaciones del insecticida Spirotetramat 24 SC (FA) en las dosis de acuerdo a los tratamientos (Cuadro 25), con intervalo de aplicación entre la primera y segunda aplicación de 7 días.

3.3.4. Dosis y volúmenes de aplicación.

Las dosis que fueron utilizadas en esta evaluación se presentan en el cuadro 25. El volumen de mezcla utilizado por tratamiento fue de 1 l de agua, equivalente a 800 l/ha.

3.3.5. Muestreos

Momentos de evaluación de áfidos en crisantemo:

1ª Evaluación: previo a la aplicación de los tratamientos y primera aplicación.

2ª Evaluación: 4 días después de la primera evaluación.

3ª Evaluación: 3 días después de la segunda evaluación y segunda aplicación.

4ª Evaluación: 4 días después de la tercera evaluación.

5ª Evaluación: 3 días después de la cuarta evaluación.

3.3.6. Metodología de muestreo

Para cada tratamiento, se seleccionaron 15 plantas al azar de la parcela neta y fueron marcadas para sus lecturas. En las plantas seleccionadas se observó la presencia de áfidos. Para el conteo, con la ayuda de una lupa de bolsillo, se cuantificó el número de áfidos en la parte apical del tallo, ya que es la parte afectada por la plaga en la etapa fenológica de elongación de tallo en el cultivo crisantemo.

3.3.7. Variables evaluadas, cuantificación y análisis de datos.

A. Evaluación de la plaga

Se efectuaron cinco evaluaciones de trips en intervalo de 3 a 4 días, se inició el 20 de agosto de 2019 y finalizó el 3 de septiembre de 2019.

B. Variables evaluadas

- Número de áfidos por planta: cuantificación de adultos y ninfas por planta de crisantemo.
- Mortalidad de áfidos: es una expresión porcentual para determinar la efectividad de control de los productos evaluados, calculado mediante la fórmula de Abbott para poblaciones no uniformes: $M\% = [1-(C_o-T_o)]*100$, donde C_o= números de individuos vivos del testigo antes del tratamiento, T_o= números de individuos vivos en el tratado antes de la aplicación.
- Fitotoxidad en hojas de crisantemo para cada tratamiento, según escala presentada en el anexo.

C. Análisis de datos

Con los datos de número de áfidos de la parte apical del tallo por planta de crisantemo, se realizó análisis de varianza (ANDEVA). Seguido por análisis de comparación múltiple de medias con la prueba de Scott Knot ($p>0.05$). Se graficó el número de áfidos y se tabuló la mortalidad para cada tratamiento. Todos los datos fueron analizados en el programa R v 3.5.2.

4. RESULTADOS DE LOS SERVICIOS EJECUTADOS

4.1. SERVICIO 1: ELABORACIÓN DEL MANUAL DE IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS

El manual de identificación de malezas fue elaborado como un documento de apoyo de identificación de arvenses. Es una herramienta útil cuando se desea establecer ensayos de eficacia de herbicidas por parte del personal técnico de campo de Foragro. Consiste en una guía para la identificación de arvenses presentes en la mayoría de cultivos de Guatemala. Durante el EPS, se fotografiaron las malezas encontradas en cultivos donde se realizaban labores de campo de la empresa Foragro. Las fotografías de malezas fueron tomadas en cultivos de la región central, altiplano y costa sur del país, entre ellos: maíz, caña de azúcar, macadamia, palma africana, café, piña, banano, tabaco y algunas hortalizas.

Las malezas fueron identificadas de acuerdo a sus características morfológicas con ayuda de revisión bibliográfica, luego fueron identificadas por su nombre común y científico y cada una fue separada por su respectiva clase y familia botánica. En el manual de identificación, cada maleza cuenta con fotografías para facilitar la identificación y su descripción botánica de acuerdo a revisión de literatura, tal y como se observa en la figura 17.

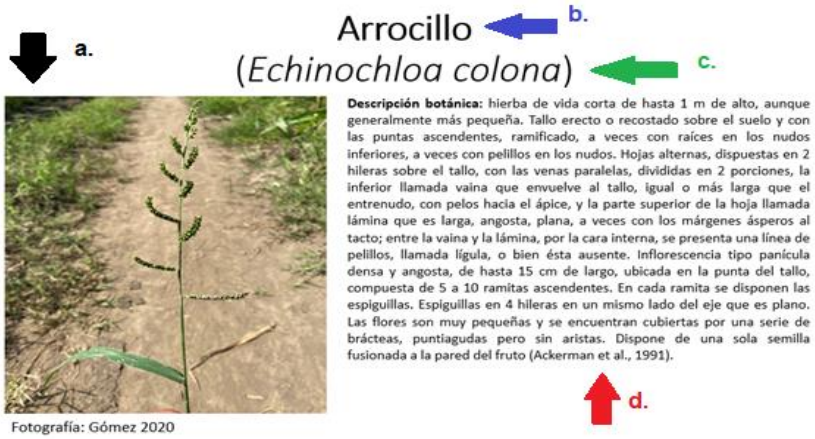


Figura 17. Diseño de identificación por especie de maleza. a. fotografía, b. nombre común, c. nombre científico, d. descripción botánica.

Durante el transcurso del EPS, se logró obtener un total de 95 especies de arvenses que se presentan en diferentes cultivos del país. Las familias botánicas encontradas y número de especies de cada una de ellas se presentan en el cuadro 26.

Cuadro 26. Número de especies de malezas encontradas en diferentes cultivos de Guatemala.

Familia	**Número de especies**	**Familia**	**Número de especies**
Aizoaceae	1	Melastomataceae	1
Amaranthaceae	2	Molluginaceae	1
Apiaceae	1	Nyctaginaceae	1
Araceae	3	Oxalidaceae	1
Asteraceae	14	Papaveraceae	1
Brassicaceae	1	Piperaceae	2
Campanulaceae	1	Poaceae	17
Cleomaceae	2	Polygonaceae	1
Commelinaceae	3	Portulacaceae	1
Convolvulaceae	6	Rubiaceae	5
Cucurbitaceae	1	Solanaceae	3
Cyperaceae	5	Urticaceae	1
Didiereaceae	1	Verbenaceae	3
Euphorbiaceae	7	Violaceae	1
Fabaceae	5	Zygophyllaceae	1
Malvaceae	2		
Total de especies		**95**	

4.2. SERVICIO 2: EVALUACIÓN DEL INSECTICIDA SPINOSAD 48 SC PARA EL CONTROL DE GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda*), EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays)* EN FINCA EL JOCOTILLO, MUNICIPIO DE VILLACANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.

De acuerdo a los análisis de varianza realizados, hubo diferencia significativa entre los tratamientos evaluados para la variable: número de larvas de cogollero por planta y daño foliar. La mejor eficacia en el control de gusano cogollero se obtuvo con el uso del insecticida Spinosad 48 SC (FA) en la dosis de 200 ml/ha. Sin embargo, no se observó diferencia significativa con los otros tratamientos evaluados de este mismo insecticida y el testigo comercial (Spinosad 12 SC, en dosis de 400 ml/ha). Para aplicaciones comerciales y de acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación del insecticida Spinosad 48 SC (FA), se puede recomendar la dosis de 50 ml/ha a 100 ml/ha para el control de gusano cogollero, discusión para cada variable son presentados a continuación.

4.2.1. NÚMERO DE LARVAS DE COGOLLERO POR PLANTA

En el análisis de varianza, para la variable número de larvas de cogollero por planta de maíz, con datos promedios de tres repeticiones y cinco lecturas, hubo diferencia significativa entre tratamientos (Figura 18). Se realizó comparación múltiple de medias con la prueba de Scott Knot ($p>0.05$) y hubo conformación de dos grupos. Primero, el tratamiento con menor número de larvas de cogollero por planta fue el insecticida Spinosad 48 SC (FA) en la dosis de 200 ml/ha. Sin embargo, no se observó diferencia significativa con los otros tratamientos evaluados de este mismo insecticida y el testigo comercial (Spinosad 12 SC, en dosis de 400 ml/ha). Segundo, el tratamiento testigo absoluto que presentó mayor número de larvas de cogollero por planta de maíz. Basado en estos resultados, se puede recomendar la aplicación del insecticida Spinosad 48 SC (FA) en las dosis de 50 ml/ha a 100 ml/ha en el combate de *Spodoptera frugiperda.*

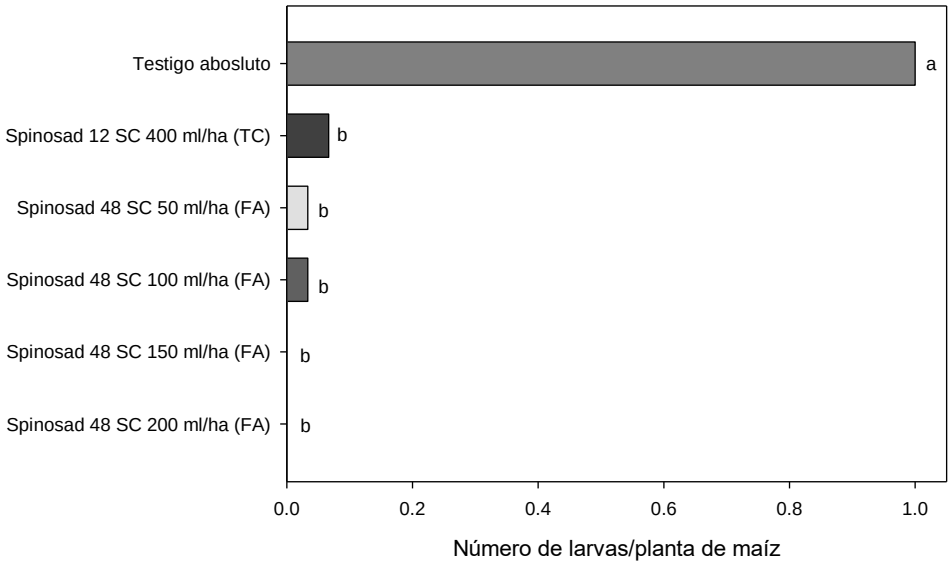


Figura 18. Número de larvas de cogollero por planta de maíz de tres repeticiones por tratamiento. Comparación de medias para la variable número larvas de cogollero por planta de maíz, según prueba Scott Knot ($p>0.05$). Medias con letra común no son significativamente diferentes. Evaluación del insecticida Spinosad 48 SC (FA) para el combate de gusano cogollero en maíz. Finca el Jocotillo, Villacanales, Guatemala, Guatemala, 2020.

Las curvas de infestación de *Spodoptera frugiperda* en plantas de maíz correspondiente a los tratamientos, basado en los perfiles promedios de número de larvas de cogollero de cinco lecturas para cada uno de los tratamientos se presentan en la figura 19. La menor curva de infestación de *S. frugiperda* en el tiempo, correspondió donde se aplicó el insecticida Spinosad 48 SC (FA) en la dosis de 200 ml/ha. La curva de infestación de *S. frugiperda* para el testigo absoluto, presentó mayor número de individuos en el tiempo. De acuerdo a este análisis, el mejor tratamiento en el control de gusano cogollero corresponde al insecticida Spinosad 48 SC (FA).

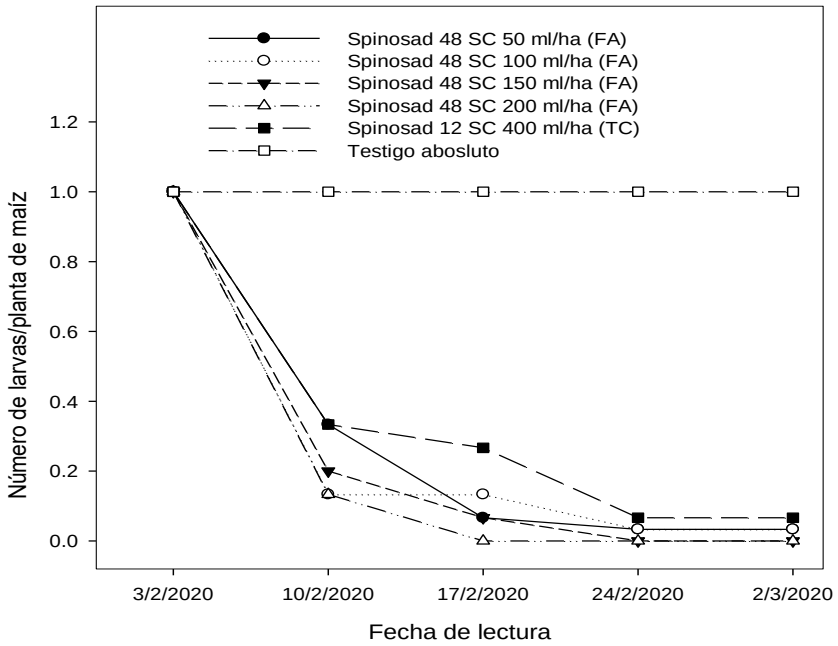


Figura 19. Curvas de infestación de *Spodoptera frugiperda* por planta de maíz en tres repeticiones por tratamiento. Evaluación del insecticida Spinosad 48 SC (FA) para el combate de gusano cogollero en maíz. Finca el Jocotillo, Villacanales, Guatemala, Guatemala, 2020.

4.2.2. DAÑO FOLIAR CAUSADO POR GUSANO COGOLLERO

En el análisis de varianza, para la variable daño foliar causado por gusano cogollero, con datos promedios de tres repeticiones y cinco lecturas, hubo diferencia significativa entre tratamientos (Figura 20). Se realizó comparación múltiple de medias con la prueba de Scott Knot ($p>0.05$) y hubo conformación de dos grupos. Primero, el tratamiento con menor daño foliar fue el insecticida Spinosad 48 SC (FA) en la dosis 200 ml/ha. Sin embargo, no se observó diferencia significativa con los tratamientos evaluados de este mismo insecticida y el testigo comercial (Spinosad 12 SC, en dosis de 400 ml/ha). Segundo, el tratamiento testigo absoluto que presentó mayor daño foliar causado por gusano cogollero. Basado en estos resultados, se puede recomendar la aplicación del insecticida Spinosad 48 SC (FA) en las dosis de 50 ml/ha a 100 ml/ha en el combate de *Spodoptera frugiperda.*

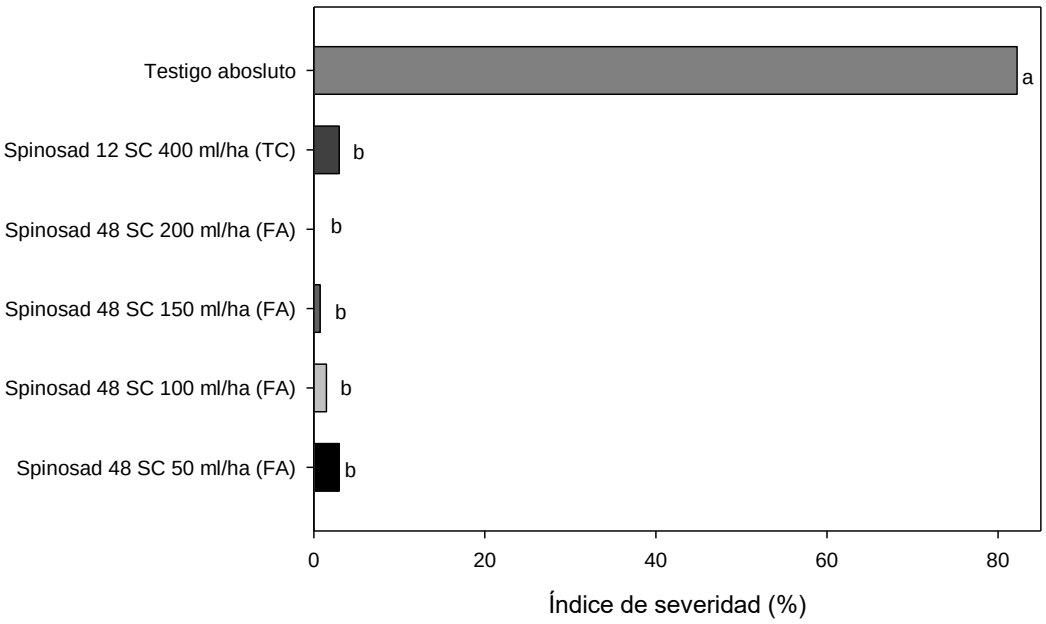


Figura 20. Daño foliar de gusano cogollero por planta de maíz de tres repeticiones por tratamiento. Comparación de medias para la variable daño foliar de gusano cogollero por planta de maíz, según prueba Scott Knot ($p>0.05$). Medias con letra común no son significativamente diferentes. Evaluación del insecticida Spinosad 48 SC (FA) para el combate de gusano cogollero en maíz. Finca el Jocotillo, Villacanales, Guatemala, Guatemala, 2020.

Las curvas de daño foliar causado por *Spodoptera frugiperda* en plantas de maíz correspondiente a los tratamientos, basado en los perfiles promedios de daño foliar de cinco lecturas para cada uno de los tratamientos se presentan en la figura 21. La menor curva daño foliar de *S. frugiperda* en el tiempo, correspondió donde se aplicó el insecticida Spinosad 48 SC (FA) en la dosis de 200 ml/ha. La curva de daño foliar de *S. frugiperda* para el testigo absoluto, presentó mayor severidad de daño en el tiempo. De acuerdo a este análisis, el mejor tratamiento en el control de gusano cogollero corresponde al insecticida Spinosad 48 SC (FA).

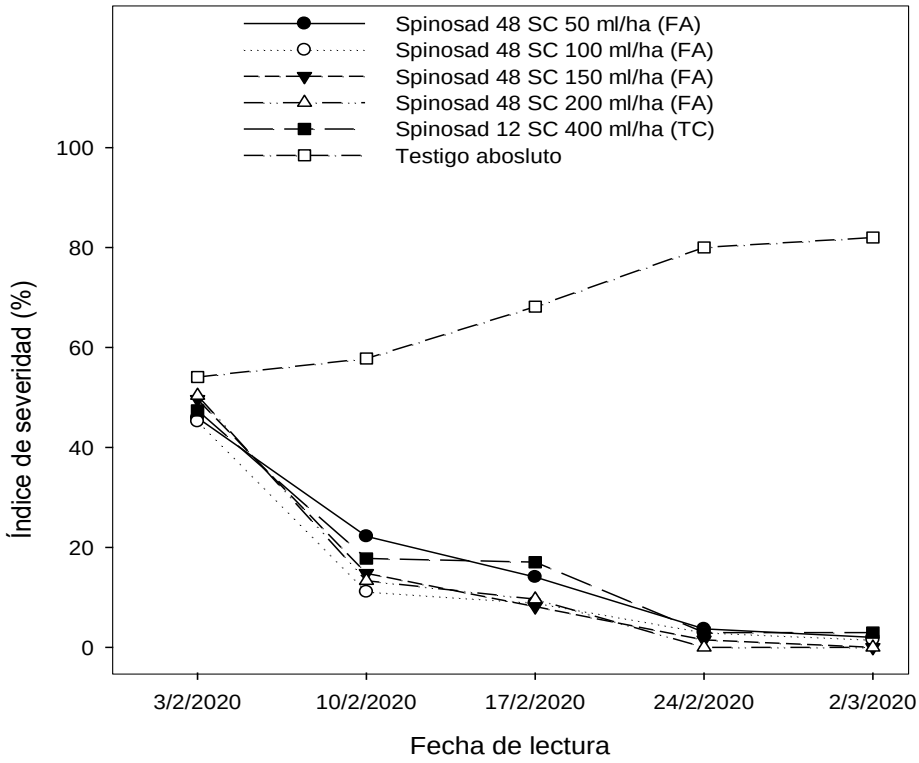


Figura 21. Curvas de daño foliar de *Spodoptera frugiperda* por planta de maíz en tres repeticiones por tratamiento. Evaluación del insecticida Spinosad 48 SC (FA) para el combate de gusano cogollero en maíz. Finca el Jocotillo, Villacanales, Guatemala, Guatemala, 2020.

4.2.3. EFICACIA DE CONTROL DE GUSANO COGOLLERO

La eficiencia de control del insecticida Spinosad 48 SC (FA) en las dosis evaluadas vario de 70 % a 100 % a los 28 días después de la primera aplicación. Spinosad 12 SC (TC) obtuvo 66 % a 93 % de eficiencia de control (Cuadro 27). De esta manera queda demostrada la eficacia biológica del insecticida Spinosad 48 SC (FA) y su efecto de control sobre el gusano cogollero en maíz.

Cuadro 27. Eficacia de control de gusano cogollero en maíz.

TRATAMIENTO	MORTALIDAD			
	10/02/2020	17/02/2020	24/02/2020	2/03/2020
Spinosad 48 SC (FA) 50 ml/ha	70.00	95.00	97.50	97.50
Spinosad 48 SC (FA) 100 ml/ha	86.67	86.67	96.67	96.67
Spinosad 48 SC (FA) 150 ml/ha	80.00	93.33	100.00	100.00
Spinosad 48 SC (FA) 200 ml/ha	86.67	100.00	100.00	100.00
Spinosad 12 SC 400 ml/ha	66.67	73.33	93.33	93.33
Testigo absoluto	0.00	0.00	0.00	0.00

4.2.4. ANÁLISIS DE FITOTOXICIDAD.

El análisis de fitotoxicidad en la planta de maíz, cuando se realizó la observación visual, en las diferentes dosis del insecticida Spinosad 48 SC (FA) fue posible comprobar que el insecticida no provocó ningún efecto de fitotóxico en la planta (Cuadro 28).

Cuadro 28. Análisis de fitotoxicidad del insecticida Spinosad 48 SC (FA).

Tratamiento	0 a 28 dda[1]	
	Malformación (%)	Clorosis/necrosis (%)
Spinosad 48 SC 50 ml/ha (FA)	0	0
Spinosad 48 SC 100 ml/ha (FA)	0	0
Spinosad 48 SC 150 ml/ha (FA)	0	0
Spinosad 48 SC 200 ml/ha (FA)	0	0
Spinosad 12 SC 400 ml/ha (TC)	0	0
Testigo abosluto	0	0

[1]dda= días después de la aplicación

4.3. SERVICIO 3: EVALUACIÓN DEL INSECTICIDA SPIROTETRAMAT 24 SC PARA EL CONTROL ÁFIDOS (*Myzus* sp.), EN EL CULTIVO DE CRISANTEMO (*Chrysanthemum morifolium*) EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.

De acuerdo a los análisis de varianza realizados, hubo diferencia significativa entre los tratamientos evaluados para la variable: número de áfidos por planta de crisantemo. La mejor eficacia en el control de áfidos se obtuvo con el uso del insecticida Spirotetramat 24 SC (FA) en la dosis de 70 ml/100 l. Sin embargo, no se observó diferencia significativa entre los otros tratamientos evaluados de este insecticida y el testigo comercial (Spirotetramat 15 OD, en dosis de 96 ml/100 l). Para aplicaciones comerciales y de acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación del insecticida Spirotetramat 24 SC (FA), se puede recomendar la dosis de 40 ml/100 l a 70 ml/100 l para el control de áfidos. Discusión para cada variable son presentados a continuación.

4.3.1. NÚMERO DE ÁFIDOS POR PLANTA

En el análisis de varianza, para la variable número de áfidos por planta, con datos promedios de tres repeticiones y cinco lecturas, hubo diferencia significativa entre tratamientos (Figura 22). Se realizó comparación múltiple de medias con la prueba de Scott Knot ($p>0.05$) y hubo conformación de dos grupos. Primero, el tratamiento con menor número de áfidos fue el insecticida Spirotetramat 24 SC (FA) en la dosis de 70 ml/100 l. Sin embargo, no se observó diferencia significativa entre los otros tratamientos evaluados de este insecticida y el testigo comercial (Spirotetramat 15 OD, en dosis de 96 ml/100 l). Segundo, el tratamiento testigo absoluto que presentó mayor número de áfidos por planta de crisantemo. Basado en estos resultados, se puede recomendar la aplicación del insecticida Spirotetramat 24 SC (FA) en las dosis de 40 ml/100 l a 70 ml/100 l en el combate de *Myzus* sp.

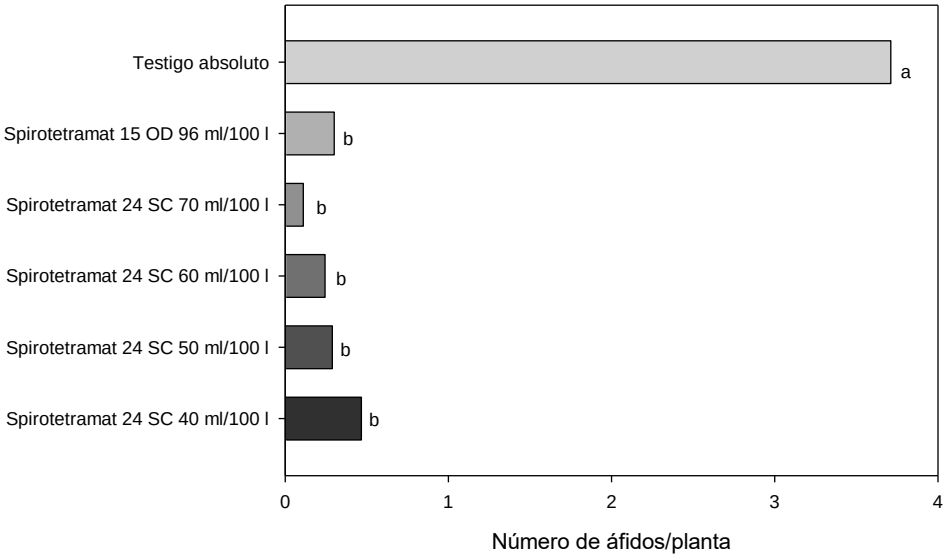


Figura 22. Número de áfidos por planta de crisantemo de tres repeticiones por tratamiento. Comparación de medias para la variable número de áfidos por planta, según prueba Scott Knot ($p>0.05$). Medias con letra común no son significativamente diferentes. Evaluación del insecticida Spirotetramat 24 SC (FA) para el combate de áfidos. San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 2019.

Las curvas de infestación de áfidos por planta de crisantemo correspondiente a los tratamientos, basado en los perfiles promedios de número de áfidos de cinco lecturas para cada uno de los tratamientos se presentan en la figura 23. La menor curva de infestación de *Myzus* sp. en el tiempo, correspondió donde se aplicó el insecticida Spirotetramat 24 SC (FA) en la dosis de 70 ml/100 L. La curva de infestación de áfidos para el testigo absoluto, presentó mayor número de individuos en el tiempo. De acuerdo a este análisis, el mejor tratamiento en el control de áfidos corresponde al insecticida Spirotetramat 24 SC (FA).

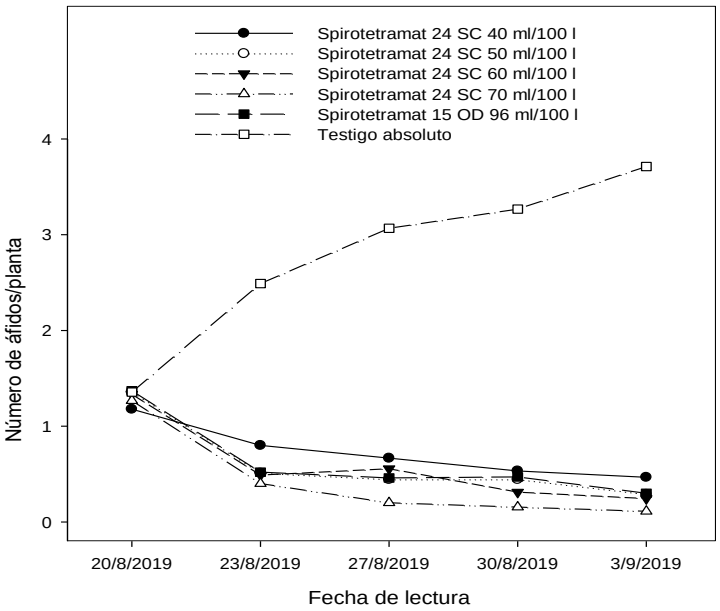


Figura 23. Curvas de infestación de *Myzus* sp. por planta de crisantemo en tres repeticiones por tratamiento. Evaluación de Spirotetramat 24 SC (FA) para el combate de áfidos. San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 2019.

4.3.2. EFICACIA DE CONTROL DE ÁFIDOS

La eficiencia de control de Spirotetramat 24 SC (FA) en las dosis evaluadas vario de 67 % a 97% a los 28 días después de la aplicación (dda). De esta manera queda demostrada la eficacia biológica del insecticida Spirotetramat 24 SC (FA) y su efecto de control sobre áfidos del crisantemo (Cuadro 29).

Cuadro 29. Eficacia de control de áfidos en crisantemo.

TRATAMIENTO	MORTALIDAD			
	23/08/2019	27/08/2019	30/08/2019	3/09/2019
Spirotetramat 24 SC (FA) 40 ml/100 l	67.40	77.68	83.32	87.33
Spirotetramat 24 SC (FA) 50 ml/100 l	78.43	85.37	86.32	92.21
Spirotetramat 24 SC (FA) 60 ml/100 l	79.49	80.91	89.99	93.25
Spirotetramat 24 SC (FA) 70 ml/100 l	83.65	93.51	95.27	97.02
Spirotetramat 15 OD (TC) 96 ml/100 l	78.77	84.88	85.55	91.91
Testigo absoluto	0.00	0.00	0.00	0.00

4.3.3. ANÁLISIS DE FITOTOXICIDAD

El análisis de fitotoxicidad en la planta de crisantemo, cuando se realizó la observación visual, en las diferentes dosis de Spirotetramat 24 SC (FA) fue posible comprobar que el insecticida no provocó ningún efecto de fitotóxico en la planta (Cuadro 30).

Cuadro 30. Análisis de fitotoxicidad del producto Spirotetramat 24 SC (FA).

Tratamiento	0 a 14 dda[1]	
	Malformación (%)	Clorosis/necrosis (%)
Spirotetramat 24 SC (FA) 40 ml/100 l	0	0
Spirotetramat 24 SC (FA) 50 ml/100 l	0	0
Spirotetramat 24 SC (FA) 60 ml/100 l	0	0
Spirotetramat 24 SC (FA) 70 ml/100 l	0	0
Spirotetramat 15 OD (TC) 96 ml/100 l	0	0

[1]dda= días después de la aplicación

5. CONCLUSIONES GENERALES

1. Se elaboró un manual de identificación de malezas que incluye 32 familias botánicas y 95 especies. De esta forma se facilitará el reconocimiento de malezas en campo en el momento de establecimiento de experimentos de productos herbicidas.

2. La mejor eficacia para el control de gusano cogollero fue con el insecticida Spinosad 48 SC (FA) en las dosis de 50 a 200 ml/ha. Sin embargo, no hubo diferencia significativa con las otras dosis evaluadas de este insecticida (FA) y el testigo comercial (Spinosad 12 SC a 400 ml/ha).

3. La mejor eficacia para el control de los áfidos fue con el insecticida Spirotetramat 24 SC (FA) en las dosis de 40 a 70 ml/100 l. Sin embargo, no hubo diferencia significativa entre las dosis evaluadas de Spirotetramat 24 SC (FA) con respecto al testigo comercial (Spirotetramat 15 OD, en dosis de 96 ml/100 l).

6. RECOMENDACIONES GENERALES

1. Que el manual de malezas sea distribuido de forma digital en dispositivos móviles. Esta sería una forma práctica de uso para cualquier momento que se requiera reconocer una especie de maleza en campo. El uso del manual de malezas no es dependiente de un cultivo en específico. El manual contiene distintas especies de arvenses que fueron encontradas en varios cultivos en Guatemala.

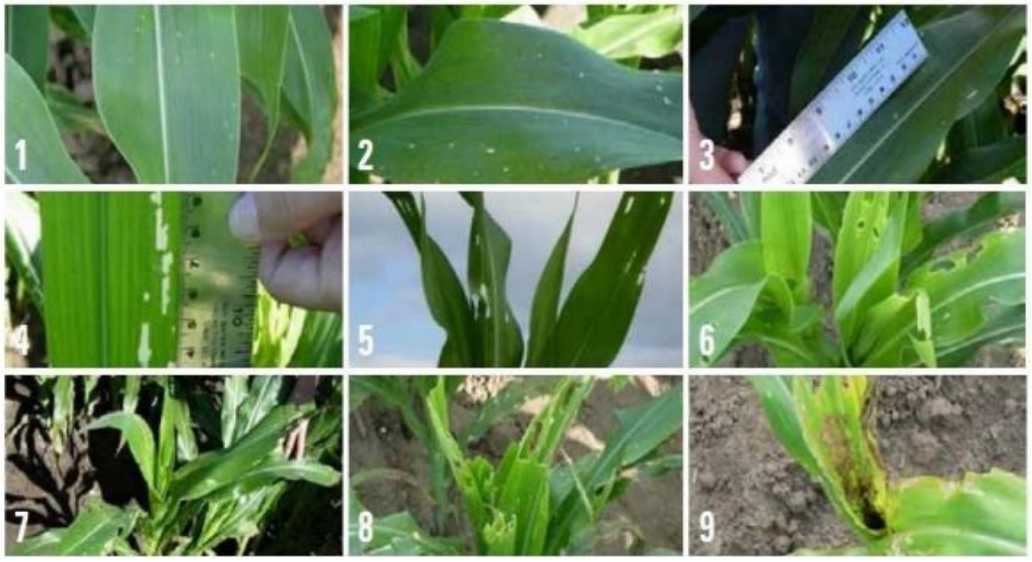
2. Se recomienda el uso del insecticida Spinosad 48 SC (FA) en las dosis de 50 a 100 ml/ha para el combate de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) debido a su eficacia comprobada.

3. Se recomienda el uso del insecticida Spirotetramat 24 SC (FA) en las dosis de 40 a 70 ml/100 L para el combate de *Myzus sp.* en el cultivo de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*), debido a su eficacia comprobada.

7. BIBLIOGRAFÍAS

Davis, FM. (1992). Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. Mississippi.

8. ANEXOS



Fuente: Davis (1992)

Figura 24A. Escala visual de daño ocasionado por gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en planta de maíz.

.

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

REF. Sem. 35/2021

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS Y FERTILIZANTES FOLIARES PARA MANEJO DEL DERRITE DEL CAFÉ OCASIONADO POR Phoma costarricensis Echandi, EN EL MUNICIPIO DE MATAQUESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: MELVIN ESTUARDO GÓMEZ SIJA

CARNÉ: 201516703

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Eduardo Pretzancin
Dr. Edin Francisco Orozco Miranda
Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel

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.

Dr. Edin Francisco Orozco Miranda
ASESOR ESPECIFICO

Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
DOCENTE- ASESOR EPS

FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS
DIRECCION
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Ing. Agr. Carlos Fernando López Bu
DIRECTOR DEL IIA

CFLB/nm
c.c. Archivo

Edificio T-8, Of. A-10 y A-15 Ciudad Universitaria, Zona 12,
Guatemala, C. A. 01012 Apartado Postal 1545
Teléfono: (502) 2443-9504 y 05, Fax: (502) 2476-9794 Correo-e iiadmsi@yahoo.com.mx

Ref. SAIEPSA. 28Seg-S.2021

Guatemala 10 de noviembre de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN	EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS Y FERTILIZANTES FOLIARES PARA MANEJO DEL DERRITE DEL CAFÉ OCASIONADO POR *Phoma costarricensis* Echandi, EN EL MUNICIPIO DE MATAQUESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A., DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE REGISTROS Y REGULATORIOS DE FORAGRO
ESTUDIANTE	MELVIN ESTUARDO GÓMEZ SIJA
No. CARNÉ	201516703

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

"EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS Y FERTILIZANTES FOLIARES PARA MANEJO DEL DERRITE DEL CAFÉ OCASIONADO POR *Phoma costarricensis* Echandi, EN EL MUNICIPIO DE MATAQUESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A."

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES:	Ing. Agr. Eduardo Pretzanzin Phd. Ing. Agr. Dr. Edin Orozco M. Sc. Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel

Los asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la coordinación del Area Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

"Id y Enseñad a Todos"

Atte. Ing. Agr. M. A. Pedro Peláez Reyc
Coordinador Área Integrada.

cc. Secretaría de decanatura
Secretaría de área Integrada
Estudiante
Archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
Acreditada Internacionalmente

DECANATO

No. 88.2021

Trabajo de Graduación:	"EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS Y FERTILIZANTES FOLIARES PARA MANEJO DEL DERRITE DEL CAFÉ OCASIONADO POR *Phoma costarricensis* Echandi, EN EL MUNICIPIO DE MATAQUESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A., DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE REGISTROS Y REGULATORIOS DE FORAGRO"
Estudiante:	Melvin Estuardo Gómez Sija
Carné:	201516703

"IMPRÍMASE"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS FACULTAD DE AGRONOMIA DECANO

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO