

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE *BACILLUS SUBTILIS* PARA LA ROYA DE CAFÉ (*Hemileia vastatrix*) EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*). DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS, EN FINCA EL PLATANAR Y ANEXOS, ACATENANGO, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

SILVIA RAQUEL GUIST CIFUENTES

Guatemala, noviembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE *BACILLUS SUBTILIS* PARA LA ROYA DE CAFÉ (*Hemileia vastatrix*) EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*). DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS, EN FINCA EL PLATANAR Y ANEXOS, ACATENANGO, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

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

POR

SILVIA RAQUEL GUIST CIFUENTES

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

**INGENIERA AGRÓNOMA
EN**

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL AÑO 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M.S.c. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.S.c. Erberto Raúl Alfaro Ortíz
VOCAL CUARTO	Per. Agr. Josué Benjamín Boche López
VOCAL QUINTO	MEh. Rut Raquel Curruchich Cumez
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, noviembre de 2015

Guatemala, noviembre de 2015

**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 *Bacillus subtilis* para la roya de café (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café (*Coffea arabica*). Diagnóstico y Servicios, en Finca El Platanar y Anexos, Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, C.A.** presentado como requisito previo para optar el título de Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciada.

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

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

SILVIA RAQUEL GUIST CIFUENTES

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios Reconociéndolo como mi único y suficiente Salvador, por darme la vida, sabiduría y paciencia durante estos años, para lograr la meta que me propuse alcanzar, tomada de su mano.

Mis padres **José Israel Guist Díaz**, por su amor, apoyo incondicional y la sabiduría desarrollada en él para poderme guiar por un buen camino, gracias.

Silvia Margarita Cifuentes Castañeda, por su amor, confianza, apoyo incondicional, paciencia y su forma de ser mi madre que la hace la mejor. A ustedes, las dos personas más importantes en mi vida, infinitas gracias por existir y por ser los mejores padres, los amo.

Hermanos **Fari Arlet Guist Cifuentes**, por ser mi mejor amiga, por su apoyo, por sus consejos y los momentos especiales compartidos, por tu forma de ser ocupas un lugar muy grande en mi corazón. Te quiero mucho.

Oscar David Guist Cifuentes, por ser tan especial en mi vida y por compartir momentos especiales y darme ánimos para seguir adelante. Espero ser siempre alguien en que podas contar. Te quiero mucho.

Sobrinos **Gimena Valentina** y **Javier Valentino** por convertir mi vida en diversión y felicidad, espero ser un ejemplo a seguir y apoyo incondicional para sus vidas, los quiero mucho.

Novio **Víctor Medina**, por su amor, apoyo, cariño y paciencia durante este proceso para lograr esta meta. Gracias. Te quiero mucho.

Familia

Tías **Teresa** y **Zoila Castañeda**, por sus consejos y motivaciones recibidas. Tíos **Abel** y **Rony Guist** por sus palabras de ánimos y consejos. Primos y primas, gracias por el cariño y apoyo, los quiero mucho.

Amigos

Cesar Hernández, Josué de León, Boris Girón, Yolanda Gutiérrez Michell Juárez, Roció Valdez, Dulce Muralles, Lilian Chávez, Hellen Palacios, Isi Guerra, Daniel Juárez, Luis López, y demás amigos por el apoyo y cariño brindado durante mi vida, espero sigamos compartiendo y recorriendo momentos agradables como hasta ahora, los quiero mucho.

TRABAJO DE GRADUACION QUE DEDICO

A:

Mi patria Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala

La Facultad de Agronomía

Instituto de Educación Básica Dr. Carlos F. Mora

Mis Asesores

BAYER S.A.

AGRADECIMIENTOS

A:

MI SUPERVISOR

Ing. Agr. Wener Ochoa, por su asesoría y supervisión brindada en la ejecución del presente Trabajo de Graduación, gracias.

Dr. David Monterroso Salvatierra. Por su valiosa asesoría ayuda en asesorar la investigación, muchas gracias.

BAYER S.A.

Por la oportunidad de realizar mi EPS en tan prestigiosa empresa.

Al Ing. Agr. Josué Hidalgo por todo el apoyo brindado y por compartir sus conocimientos, experiencias y asesoría durante el proceso de aprendizaje. Gracias.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	vii
CAPÍTULO I	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 General.....	4
1.2.2 Específicos.....	4
1.3 METODOLOGÍA Y RECURSOS.....	4
1.3.1 Fase de gabinete.....	4
1.3.2 Fase de campo.....	5
1.3.3 Entrevistas personales.....	5
1.3.4 Análisis de la información.....	5
1.4 RESULTADOS.....	6
1.4.1 Ubicación geográfica del municipio de Acatenango:.....	6
1.4.2 Extensión y colindancias del municipio de Acatenango.....	6
1.4.3 Accidentes geográficos.....	6
1.4.4 Clima.....	7
1.4.5 Vegetación y fauna.....	7
1.4.6 Zonas de vida.....	7
1.4.7 Suelos del municipio de Acatenango.....	8
1.4.8 Producción agrícola.....	9
1.4.9 Variedades del cultivo de café en el municipio de Acatenango.....	12
1.4.10 Enfermedades más importantes del café en Acatenango.....	12
1.4.11 Control de enfermedades.....	12
1.4.12 Limitaciones a la producción en el municipio de Acatenango.....	13
1.5 ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA.....	13

	Página
1.5.1 Matriz de priorización de problemas.....	13
1.5.2 Problemas priorizados según análisis anterior	14
1.5.3 Descripción de los problemas	14
1.6 CONCLUSIONES	15
1.7 BIBLIOGRAFIA.....	16
2 CAPITULO II.....	17
2.1 Evaluación de <i>Bacillus subtilis</i> para la roya de café (<i>Hemileia vastatrix</i>) en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>) en Finca El Platanar y Anexos, Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, C.A.	18
2.2 PRESENTACIÓN	18
2.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
2.4 MARCO TEÓRICO	20
2.4.1 Marco conceptual.....	20
2.4.2 Marco referencial.....	35
2.5 OBJETIVOS.....	39
2.5.1 General	39
2.5.2 Específicos	40
2.6 HIPÓTESIS.....	40
2.7 METODOLOGÍA	40
2.7.1 Materiales y métodos	41
2.7.2 Variables de respuesta.....	44
2.8 RESULTADOS	46
2.8.1 Severidad de la enfermedad causada por <i>Hemileia vastatrix</i> en estrato completo de las plantas de café.....	46
2.8.2 Incidencia de la roya por bandola.....	48
2.8.3 Incidencia de la roya por bandola en el estrato superior	48
2.8.4 Incidencia de la roya por bandola en el estrato inferior	49
2.8.5 Incidencia de la roya por bandola en el promedio del estrato superior y el estrato inferior	51
2.8.6 Porcentaje de pústulas esporuladas en el estrato superior	52
2.8.7 Porcentaje de pústulas esporuladas en el estrato inferior	54

2.8.8 Porcentaje del promedio de pústulas esporuladas en el estrato superior y en el estrato inferior	55
2.9 CONCLUSIONES	57
2.10 RECOMENDACIONES	58
2.11 BIBLIOGRAFÍA	59
2.12 ANEXOS	62
3 CAPÍTULO III	63
3.1 PRESENTACIÓN	64
3.2 ÁREA DE INFLUENCIA	64
3.3 OBJETIVOS GENERAL	65
3.4 SERVICIOS REALIZADOS	65
3.4.1 Evaluación de el uso de <i>Bacillus subtilis</i> para el manejo o control de roya de café (<i>Hemileia vastatrix</i>) en hojas del cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>) bajo condiciones de laboratorio.	65
3.4.2 Análisis de la sostenibilidad del suelo en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>) en la Finca El Platanar y Anexos, Acatenango, Chimaltenango.	75

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO

CUADRO 1 Uso del suelo de Acatenango, Chimaltenango.	8
CUADRO 2 Clases Agrologicas según SEGEPLAN.	8
CUADRO 3 Producción de café en quintales oro de Acatenango, Chimaltenango.	9
CUADRO 4 Producción de granos básicos de Acatenango, Chimaltenango.	9
CUADRO 5 Producción de hortalizas de Acatenango, Chimaltenango.	10
CUADRO 6 Fincas de Acatenango participantes en las subastas en el periodo de 2001 a 2010.	11
CUADRO 7 Problemática del cultivo de café en municipio de Acatenango.	13
CUADRO 8 Matriz de priorización de problemas del municipio de Acatenango, Chimaltenango.	14
CUADRO 9 Fungicidas utilizados para el control y manejo de roya de café. FAUSAC. (14).	30

CUADRO 10	Microorganismos causantes de enfermedades controlados por el efecto antagónico de <i>Bacillus Subtilis</i> , Serenade 1.34 SC (4)	35
CUADRO 11	Tratamientos evaluados	41
CUADRO 12	Tratamientos a evaluar	66
CUADRO 13	Aleatorización de tratamientos	67
CUADRO 14	Boleta de muestreo o toma de datos	70
CUADRO 15	Estructura y textura	77
CUADRO 16	Compactación e infiltración	77
CUADRO 17	Profundidad del suelo	77
CUADRO 18	Estado de residuos	78
CUADRO 19	Color, olor y materia orgánica	78
CUADRO 20	Retención de humedad	79
CUADRO 21	Desarrollo de raíces	79
CUADRO 22	Cobertura de suelo	79
CUADRO 23	Erosión	80
CUADRO 24	Actividad biológica	80
CUADRO 25	Apariencia	81
CUADRO 26	Crecimiento del cultivo	81
CUADRO 27	Resistencia o tolerancia a estrés (sequía, lluvias intensas, plagas, etc.)	82
CUADRO 28	Incidencia de enfermedades	82
CUADRO 29	Competencia por malezas	82
CUADRO 30	Rendimiento actual o potencial	83
CUADRO 31	Diversidad genética	83
CUADRO 32	Diversidad vegetal	83
CUADRO 33	Diversidad natural circundante	84
CUADRO 34	Sistema de manejo	84

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA

FIGURA 1	Ciclo biológico (patogénesis) de la roya del café (<i>Hemileia vastatrix</i>) (23)	27
FIGURA 2	Ubicación Finca El Platanar, Acatenango, Chimaltenango	36
FIGURA 3	Tamaño de unidad experimental	43
FIGURA 4	Parcela neta	44
FIGURA 5	Escala de severidad de roya en la planta (OIRSA)	45
FIGURA 6	Porcentaje de severidad de roya de café por planta	47

Página

FIGURA 7 Incidencia de la roya por bandola en el estrato superior.....	49
FIGURA 8 Incidencia de la roya por bandola en el estrato inferior.....	50
FIGURA 9 Incidencia de la roya por bandola en el promedio del estrato superior y el estrato inferior.	52
FIGURA 10 Porcentaje de pústulas esporuladas en el estrato superior	53
FIGURA 11 Porcentaje de pústulas esporuladas en el estrato inferior	54
FIGURA 12 Porcentaje del promedio de pústulas esporuladas en el estrato superior y en el estrato inferior.....	56
FIGURA 13 Escala de severidad de roya en la planta (OIRSA).....	69
FIGURA 14 Incidencia de roya sobre las hojas de café en condiciones de laboratorio.	71
FIGURA 15 Porcentaje de severidad en hojas de roya en condiciones de laboratorio.	72
FIGURA 16 Pústulas esporuladas de <i>Hemileai vastatrix</i> en hojas de café en condiciones de laboratorio	73
FIGURA 17 Calidad del suelo en el cultivo de café en Finca El Platanar y Anexos	86
FIGURA 18 Salud del cultivo de café de la finca El Platanar y Anexos.....	88

EVALUACIÓN DE *BACILLUS SUBTILIS* PARA LA ROYA DE CAFÉ (*Hemileia vastatrix*) EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN FINCA EL PLATANAR Y ANEXOS, ACATENANGO, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A. DIAGNÓSTICOS Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

El programa Ejercicio Profesional Supervisado “EPS”, es la etapa final de formación profesional en la carrera de Ingeniero Agrónomo en la cual el estudiante integra sus conocimientos, destrezas y valores para ponerlos en práctica y contribuir al desarrollo de las actividades productivas, administrativas o sociales tanto de instituciones privadas, gubernamentales y ONG.

Según la metodología implementada del Ejercicio Profesional Supervisado, se elaboró el presente trabajo en el cual se integran tres documentos realizados durante el EPS período febrero-noviembre de 2014, apoyado por la empresa BAYER S.A., en los departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango.

El trabajo está integrado por los informes de Diagnóstico, Investigación y Servicios realizados en la empresa. El informe de Diagnóstico se basa en un análisis de problemas encontrados en el municipio de Acatenango, Chimaltenango, en el cultivo de café. La investigación se realizó en el área de cultivo de café, titulada: **Evaluación de *Bacillus subtilis* para la roya de café (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en finca El Platanar y Anexos, Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, C.A.**

En lo que concierne a los Servicios, se realizaron:

Servicio 1: Evaluación de *Bacillus subtilis* para roya de café (*Hemileia vastatrix*) en hojas del cultivo de café (*Coffea arabica*) bajo condiciones de laboratorio, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Servicio 2: Análisis de la sostenibilidad del suelo en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en la Finca El Platanar y Anexos, Acatenango, Chimaltenango.



CAPÍTULO I
INFORME DE DIAGNÓSTICO EN FINCA EL PLATANAR Y ANEXOS, ACATENANGO,
CHIMALTENANGO.

The seal of the Academia Coahuilense de Letras y Artes is a circular emblem. It features a central shield with a figure on horseback, a crown above, and two columns on either side. The text around the border reads "ACADEMIA COAHUILENSE DE LETRAS Y ARTES" at the top and "CETTERAS ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADENIA COACTEMALENSIS INTER" at the bottom.

1.1 PRESENTACIÓN

Bayer CropScience se constituyó en el año 2002. Se encuentra ubicada en el km. 14.5 de la calzada Roosevelt zona 3 de Mixco. Actualmente atiende el mercado agrícola con productos para la protección de cultivos por medio de sus segmentos de fungicidas, insecticidas, herbicidas y tratamiento de semillas.

Como parte del Grupo Bayer, esta área de negocios se encuentra entre las principales empresas del mundo en el ámbito de la fitosanidad, la protección de los cultivos, el tratamiento de semillas y la biotecnología vegetal con lo que ofrece variadas soluciones destinadas a una agricultura moderna y sostenible y aplicaciones no agrícolas.

“Actualmente, Bayer CropScience comercializa más de 90 productos fitosanitarios de comprobada eficacia y enmarcados en los aspectos de seguridad, toxicología y protección al medio ambiente que exigen las normas internacionales” (2).

“La agricultura en Guatemala está en permanente evolución y prueba de ello es el uso de nuevas tecnologías y formas de cultivo. Bayer CropScience está a la vanguardia y cuenta con productos de acuerdo con estos cambios, y sus actuales investigaciones harán que durante los próximos años se vean aparecer nuevos grupos químicos” (2).

La producción de cultivos de exportación es de suma importancia en Guatemala debido al incremento de demanda de los otros países aumentando el producto interno bruto del país y generando empleos para personas del área rural.

Acatenango es un municipio del departamento de Chimaltenango que se dedica a la producción de café como cultivo principal, maíz, frijol, aguacate y hortalizas como la zanahoria, repollo, coliflor, arveja, rábano, remolacha y otros, también hierbas como el cilantro, quiletes, apio, coles, chipilín, etcétera, y en algunos pocos lugares árboles frutales tales como el durazno, manzana y ciruela. El municipio se encuentra ubicado a 85 km de distancia de la ciudad capital en el departamento de Chimaltenango.

El presente trabajo se realizó con el fin de diagnosticar la situación actual de la Finca El Platanar y Anexos, Acatenango, en el cual se pudo detectar una serie de problemas que dan un panorama actual de las actividades agrícolas que se llevan a cabo en el municipio. Dicho diagnóstico se basa principalmente en la identificación de problemas y la priorización de los mismos, con el fin de encontrar las posibles soluciones por medio de la elaboración de un plan de servicios y una investigación de campo.

Acatenango, independientemente de cada una de las fincas ubicadas en este municipio tiene como objetivo principal producir alimentos de calidad, tener altos rendimientos y exportarlos a países. Para ello el municipio cuenta con las condiciones favorables como clima, suelo y ambiente para que los cultivos puedan desarrollarse con calidad.

BAYER cuenta con el departamento de desarrollo técnico, él cual se distingue por la evaluación de productos protectores de cultivos, la participación de BAYER con el municipio de Acatenango es parte fundamental para el desarrollo de estos productos.

El cultivo de café es el más importante a nivel de Acatenango ya que la mayor parte de territorio agrícola lo conforman plantaciones extensas de dicho cultivo. En el 2013 Acatenango sufrió una baja en la producción de café por la presencia de la roya de café, ocasionando así la enfermedad más importante a nivel cafetalero en Guatemala.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

- Conocer el estado actual en la Finca El Platanar y Anexos, Acatenango, Chimaltenango del cultivo de café (*Coffea arabica*).

1.2.2 Específicos

- Describir los procesos productivos del cultivo de café del municipio de Acatenango.
- Identificar los principales problemas que tiene el cultivo de (*Coffea arabica*) en la Finca El Platanar y Anexos, Acatenango, Chimaltenango.
- Jerarquizar los problemas que tiene el cultivo de café (*Coffea arabica*), en Finca El Platanar y Anexos, Acatenango, Chimaltenango.

1.3 METODOLOGÍA Y RECURSOS

Para la realización del diagnóstico se trabajó únicamente en el área del cultivo de café (*Coffea arabica*), del municipio de Acatenango.

El diagnóstico se elaboro de la siguiente manera:

1.3.1 Fase de gabinete

En esta fase, se recolectó la información básica del municipio, tal como clima, suelos, vegetación, zona de vida, etc., al mismo tiempo se procedió a la recolección de

información sobre las áreas de productoras de café, recopilando datos sobre manejo de los cultivos, fechas de producción.

1.3.2 Fase de campo

Esta fase fue realizada de la siguiente manera:

1.3.3 Entrevistas personales

Esta técnica se realizó de manera práctica; dando un recorrido por una de las más grandes fincas productoras de café de Acatenango; dicho recorrido fue guiado por el Sr. Rolando Muñoz quien es el encargado de la Finca El Platanar y Anexos, con el fin de obtener la opinión de los productores sobre la situación en la que para ellos se encuentra una de las fincas representativas, por tener mayor aceptación en el mercado internacional del municipio de Acatenango.

1.3.4 Análisis de la información

En esta fase se llevó a cabo la descripción y priorización de los problemas encontrados en el municipio, con la ayuda de la técnica “matriz de priorización”, para posteriormente poder plantear una solución en un plan de servicios o un proyecto de investigación.

1.4 RESULTADOS

1.4.1 Ubicación geográfica del municipio de Acatenango:

La cabecera municipal de Acatenango se encuentra ubicado en departamento de Chimaltenango, a una altura de 1,800 metros sobre el nivel del mar (5,500 pies), está ubicado geográficamente en los paralelos 14°33'14.95" Latitud Norte y 90°56'41.09" Longitud Oeste, al Sur de la cabecera y está situado a 85 kilómetros de distancia de la ciudad capital y a 30 kilómetros de la cabecera departamental. La carretera principal se encuentra asfaltada siendo esta una ventaja para los visitantes y personas interesadas. También existen otras vías alternas para localizarlo siendo estas por San Pedro Yepocapa a 22 kilómetros por la carretera principal, por Antigua Guatemala a 22 kilómetros y también por San Miguel Pochuta a una distancia de 49 kilómetros (4).

1.4.2 Extensión y colindancias del municipio de Acatenango

El municipio de Acatenango cuenta con una extensión territorial de 172 kilómetros cuadrados, teniendo como límites: (5).

Al Norte: Patzicia, Zaragoza y Patzún, municipios de Chimaltenango.

Al Sur: San Pedro Yepocapa, Chimaltenango.

Al Este: San Andrés Itzapa, Chimaltenango y San Miguel Dueñas, Sacatepéquez.

Al Oeste: Pochuta, Chimaltenango.

1.4.3 Accidentes geográficos

En su territorio se encuentran el volcán de Acatenango a 3,900 metros sobre el nivel del mar y dos cerros: Chino y Sancí. Lo recorren 9 ríos, 2 riachuelos y 16 quebradas. Entre sus ríos principales se pueden mencionar los siguientes: Xayá Pixcayá, que atraviesa casi todo el municipio; Las Lajas, El Caracol, Quiquiyá, El Arco, Tehuyá, Cocoyá

y El Zapote. Siendo de topografía quebrada, lo que propicia que sus suelos sean predominantemente arenosos y fértiles en alto porcentaje (5).

1.4.4 Clima

Posee un clima templado en la mayor parte de sus comunidades y frío en pocas de ellas

El clima es templado debido a su ubicación a 1,800 metros sobre el nivel del mar y por estar rodeado de montañas y ríos (5).

1.4.5 Vegetación y fauna

El volcán de Acatenango es el área protegida del municipio, donde prevalecen bosques mixtos en 16.17 kilómetros cuadrados, a asociación de bosques mixtos y cultivos en 11.06 kilómetros cuadrados, seguida de los bosques latifoliadas 3.38 kilómetros cuadrados (5).

El volcán de Acatenango es considerado como el tercero de los más altos de Centroamérica, lo que hace que su vista y paisaje sea único y por ello es visitado por turistas mayormente en la época de verano (5).

La fauna silvestre está representada por grupos endémicas tales como armadillos, ardillas, coyotes, mazacuatas, tragón de montaña, venados, jabalíes y pavo cornudo. Muchos de ellos están en peligro de extinción por la caza (5).

1.4.6 Zonas de vida.

Según la Secretaría de planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN) se identifican tres tipos de bosques característicos por ser húmedos y tropicales:

- Bosque húmedo montañoso bajo subtropical (bh-MB) 75.76 km²
- Bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MB) 12.54 km²
- Bosque muy húmedo subtropical (cálido) sur (bmh-S (c)sur) 42.69 km²

1.4.7 Suelos del municipio de Acatenango

Los suelos predominantes en el municipio, son los arenosos y que por sus características topográficas quebradas son fértiles en un alto porcentaje. La mayor parte del suelo es utilizada para cultivos perennes especialmente de café, seguida por el cultivo de granos básicos, bosques naturales entre otros (5).

CUADRO 1 Uso del suelo de Acatenango, Chimaltenango.

Descripción	km ²	Uso	Porcentaje
Centros poblados	0.31	Construcciones	0.24
Agricultura limpia anual	32.91	Granos Básicos	25.13
Agricultura perenne	63.63	Café	48.58
Bosque de latifoliadas	9.03	Bosque Natural	6.89
Bosque de coníferas	24.83		18.96
Coladas de ceniza y arena volcánica	0.27	Arena y/o material piropástico	0.21

Fuente (5).

En el municipio no se utiliza ningún criterio de uso adecuado de suelo de acuerdo a su utilidad y topografía.

De acuerdo a la Secretaría de planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN), la clasificación por clases agrologicas de los suelos según la capacidad productiva de la tierra es la siguiente:

CUADRO 2 Clases Agrologicas según SEGEPLAN.

Clase Agrologica	km ²	Descripción
Clase Agrologica VI	23.14	Tierras no cultivables, salvo para cultivos perennes y de montaña principalmente para fines forestales y pastos, con factores limitantes muy severos de topografía, profundidad y rocosidad, topografía ondulada fuerte o quebrada y fuerte pendiente.
Clase Agrologica VII	67.01	Tierras no cultivables, aptas solamente para fines de uso o explotación forestal, de topografía muy fuerte y quebrada con pendiente muy inclinada.
Clase Agrologica VIII	40.83	Tierras no aptas para el cultivo, apta sólo para parques nacionales, recreación y vida silvestre, y para protección de cuencas hidrográficas. Con topografía muy quebrada, escarpada o playones inundables.

Fuente (5).

1.4.8 Producción agrícola

Según ANACAFE, el café se produce en todo el municipio y en 39 fincas cafetaleras, se considera como cultivo principal y motor económico. En relación al departamento es el municipio con mayor producción de café, es reconocido por su calidad a nivel nacional e internacional. Existen productores organizados en cooperativas y pequeños productores, pero se encuentran fincas cafetaleras de notoriedad por la calidad del café (5).

CUADRO 3 Producción de café en quintales oro de Acatenango, Chimaltenango.

	Producción Fincas	Producción no registrada	Total
Café	71,506.89	22,923.95	94,430.84

Fuente (1).

Según el INE los granos básicos ocupan el segundo lugar de los cultivos en el municipio, el maíz se cultiva en todo el municipio seguido del frijol, siendo estos dirigidos principalmente para el auto consumo formando parte de la dieta alimenticia de la población (5).

CUADRO 4 Producción de granos básicos de Acatenango, Chimaltenango.

No.	Producto	Número de fincas	Superficie cosechada en hectáreas	Producción obtenida en kilogramos	Rendimiento kilogramos por hectárea
1	Maíz blanco	763	805.71	691.32	1,751.16
2	Maíz amarillo	430	475.71	390.68	1677.79
3	Frijol negro	361	270	92.14	696.05

Fuente (5).

Las hortalizas se producen en menor escala en algunas aldeas ubicadas en las partes altas del municipio, algunas de estas se describen en el cuadro 5.

CUADRO 5 Producción de hortalizas de Acatenango, Chimaltenango.

No.	Producto	Número de fincas	superficie cosechada en hectáreas	Producción obtenida en kilogramos	Rendimiento kilogramos por hectárea
1	Zanahoria	13	7.14	64.22	17,920.68
2	Tomate	8	7.14	41,132.25	12,663.95
3	Coliflor	5	1.43	14,771.25	15,061.16
4	Camote	7	4.29	11,907.9	5,448.28
5	Arveja	7	2.86	6,590.25	3,858.79
6	Arveja China	3	1.43	2,317.95	4,580.16
7	Ejote Francés	2	1.43	2,272.5	5,797.60

Fuente (5).

El total de producción a nivel departamental es de 2, 140,484 y el total de producción obtenida en quintales del municipio es de 30,380 que representa el 1.42% a nivel departamental, de lo cual el maíz blanco es el principal, seguido del frijol negro, maíz amarillo y zanahoria, tomate, coliflor, camote, entre otros en menor escala, y lo ubica en doceavo lugar.

La producción agrícola de traspatio en plantas y árboles está presente en el municipio. El porcentaje de productores de traspatio es del 97.35% y es realizado mayormente por mujeres. Solo el 2.65% por hombres, es decir que las mujeres se dedican a estas importantes actividades área el autoconsumo familiar. El aguacate es de los productos de mayor comercialización a nivel departamental y ciudad capital (3).

En las viviendas existe producción de plantas o arboles, prevalece la producción de naranjas (157 viviendas) aguacate (106 viviendas), limón (153 viviendas) durazno y melocotón (94) viviendas). En menor proporción, jocote, manzana, banano, mandarina, mango, ciruela; la producción es para autoconsumo y venta local (3).

La producción de café se identifica como un motor económico actual y potencial, según datos de la Asociación Nacional del Café, ANACAFE, en el periodo cafetalero 2004 a 2005, el municipio de Acatenango, exportó un total de: 101,852.85 quintales en oro (3).

El café de Acatenango ha participado en subastas durante el periodo de 2001 a 2010. En el cuadro 6 se muestran algunas de las fincas participantes.

CUADRO 6 Fincas de Acatenango participantes en las subastas en el periodo de 2001 a 2010.

Finca	Propietario	Nombre de la competencia	Año de la subasta
San Rafael Pacún	Cafetalera el Túnel, S.A.	Cup of Excellence	2001
San Rafael Pacún	Cafetalera el Túnel, S.A.	Cup of Excellence	2002
El Granadillo y Anexos	Juan Carlos Pérez Pellecer	The Exceptional Cup	2004
Chalabal	Julio José García Soto	Subasta Q	2005
Cooperativa Acatenango R.L	Cooperativa Acatenango R.L.	Subasta Q	2005
Arcoíris	Antonio Ovalle	The Exceptional Cup	2005
El Naranja Kikiyá	Alberto Moreira	The Exceptional Cup	2005
Santa Clara	Agrisar, S.A	The Exceptional Cup	2005
Valparaiso	Ernesto Pérez Lima	The Exceptional Cup	2005
El Platanar y Anexos	Héctor de la Roca Pérez	Cup of Excellence	2006
El Potrerito	Elmer Lima Rosales	Cup of Excellence	2006
La Soledad y Anexos	Enio Pérez Meléndez	Cup of Excellence	2006
Valparaiso	Ernesto Pérez Lima	Cup of Excellence	2006
El Platanar y Anexos	Héctor de la Roca Pérez	Cup of Excellence	2007
San Rafael Pacún	Cafetalera el Túnel S.A.	Cup of Excellence	2007
Chalabal	Julio José García Soto	Cup of Excellence	2008
La soledad y Anexos	Enio Pérez Lima	Cup of Excellence	2008
San Rafael Pacún	Cafetalera el Túnel, S.A.	Cup of Excellence	2008
El Libano	Herbert Pérez Liquidano	Cup of Excellence	2009
La Soledad y Anexos	Enio Pérez Meléndez	Cup of Excellence	2009
Chalabal	Julio José García Soto	Cup of Excellence	2010
La Pampa	Mario Rolando Pérez Liquidano	Cup of Excellence	2010

Fuente (3).

1.4.9 Variedades del cultivo de café en el municipio de Acatenango

Acatenango es la región cafetalera de más reciente reconocimiento, sinónimo de fincas familiares y verdes montañas. El grano es cosechado a la sombra a alturas que alcanzan los 2,000 metros, en suelos ricos en minerales. El secado se realiza al sol y el procesamiento del grano se hace siguiendo antiguas tradiciones familiares (1).

- Las variedades que se producen en esta región son: Bourbon, Caturra y Catuaí.

La taza de Acatenango presenta marcada acidez, aroma fragante, cuerpo balanceado y limpio, y un postgusto persistente. (1)

1.4.10 Enfermedades más importantes del café en Acatenango

Nombre común	Nombre técnico
Roya de café	<i>Hemileia vastatrix</i>
Ojo de gallo	<i>Mycena citricolor</i>

1.4.11 Control de enfermedades

1.4.11.1 Roya de café *Hemileia vastatrix*

Para combatir esta enfermedad las fincas de Acatenango utilizan control químico, efectuando de tres a cinco aplicaciones a partir de la entrada de lluvias, con intervalos de 30 días. Se realizan aspersiones con productos que tienen como base oxiclورو de cobre 50%, en dosis de 3 kg/ha, con volumen de 300 a 400 litros de agua. También utilizan los fungicidas basados en óxido cuproso y otros como el caldo bordelés y el caldo viscosa (6).

1.4.11.2 Ojo de gallo *Mycena citricolor*

Para controlar esta enfermedad en Acatenango procuran una buena nutrición y ventilación que reduzca la humedad y evitan mojado foliar en las hojas en la plantación.

Medidas como la poda de plantas muy atacadas y agotadas o poda por hilera, la deshierba adecuada, combate de malezas oportuno que crecen dentro y próximas al cafetal que son hospederos del hongo y el arreglo de sombra son estrategias que favorecen una mayor ventilación en la plantación y que disminuyen la humedad excesiva en los cafetales y la enfermedad (6).

1.4.12 Limitaciones a la producción en el municipio de Acatenango

Las limitaciones de producción en el municipio se ven afectadas por enfermedades que causan grandes pérdidas, como lo es la roya de café. También que los agricultores no encuentran el mejor fungicida para el control de tal enfermedad.

1.5 ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA

Para el análisis de la problemática se utilizó la matriz de priorización la cual ayudó a definir el orden de los problemas de tipo agrícola (según el grado de importancia, estos se exponen en el cuadro siguiente:

CUADRO 7 Problemática del cultivo de café en municipio de Acatenango.

No.	Problemas identificados
1	Problema con el control de Roya de café
2	Problema con el control de Ojo de gallo

1.5.1 Matriz de priorización de problemas

En la primera columna se incluyen los problemas encontrados, en las columnas adyacentes se colocan algunas categorías para calificar la importancia del problema, para lo cual se asigna un valor numérico (de 1-10), posteriormente para determinar la prioridad de los problemas se realiza una sumatoria de los puntos asignados a cada problema.

CUADRO 8 Matriz de priorización de problemas del municipio de Acatenango, Chimaltenango.

Personal entrevistado	Encargado de la Finca El Platanar	Ing. Agr. del departamento de investigación de Bayer	Practicante	Sumatoria (Prioridad)
Problema				
Control de roya de café	10	10	10	30
Control de ojo de gallo	9	7	5	21

1.5.2 Problemas priorizados según análisis anterior

A: Control de roya de café *Hemileiae vastatrix* en el cultivo de café.

B: Control de ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en el cultivo de café.

1.5.3 Descripción de los problemas

1.5.3.1 Control de *Hemileiae vastatrix* en el cultivo de café

Según el diagnóstico realizado en el municipio de Acatenango, el problema de *Hemileiae vastatrix* es una enfermedad de tipo fungoso que ocasiona una pérdida del 20 al 40% de la producción total del municipio. *Hemileiae vastatrix* es un hongo que se presenta al inicio de la lluvia y un clima favorable (temperatura, humedad, mojado foliar). el tiempo de cosecha coincide con un alto inóculo del hongo. Se presenta en áreas de café con temperatura de 22 a 25°C, humedad relativa alta. Y el problema es mayor en alturas de 1900 a 3300 pies, arriba de 3300 pies disminuye la severidad. Su dispersión puede ser provocada por el viento, el salpique de lluvia, el hombre y los animales. El control de este patógeno es difícil y el municipio tiene merma en la producción (3).

1.5.3.2 Control de ojo de gallo (*Micena citricolor*)

Para el control de ojo de gallo se procura una buena nutrición y ventilación que reduzca la humedad y evitar mojado foliar en las hojas en la plantación. Medidas como la poda de plantas muy atacadas y agotadas o poda por hilera, la deshija adecuada, combate de malezas oportuno que crecen dentro y próximas al cafetal que son hospederos del hongo y el arreglo de sombra son estrategias que favorecen una mayor ventilación en la plantación y que disminuyen la humedad excesiva en los cafetales y la enfermedad (3).

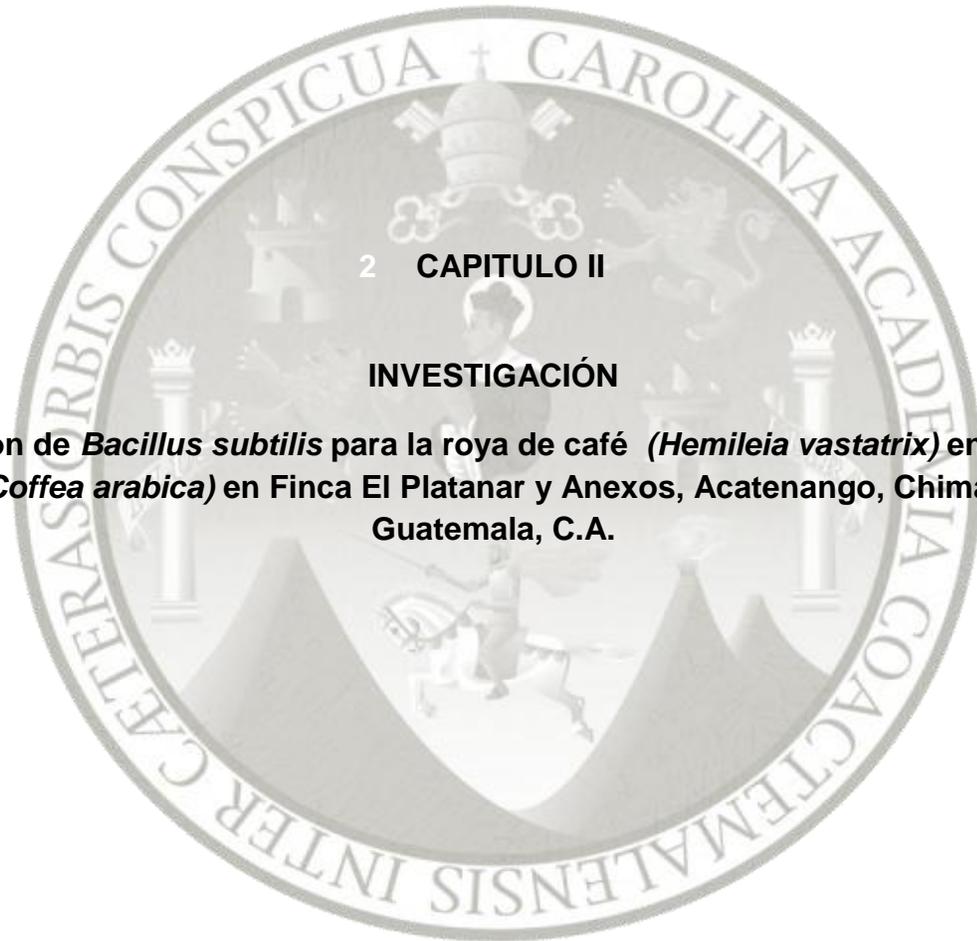
1.6 CONCLUSIONES

Los principales problemas identificados en el municipio de Acatenango que afectan el cultivo de café (*Coffea arabica*) son los siguientes: el difícil control de roya de café y el control de ojo de gallo.

El orden jerárquico de los problemas encontrados es el siguiente: Control de roya de café causado por el hongo *Hemileiae vastatrix* y el control de ojo de gallo causado por *Micena citricolor*.

1.7 BIBLIOGRAFIA

1. ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 2013. La Roya del Café es una enfermedad temible pero puede controlarse. (en línea). Guatemala. Consultado 14 mar 2014. Disponible en https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Recomendaciones_Control_Roya
2. Bayer. Centroamérica y el Caribe. <http://www.bayercropscience-ca.com/index.php>
3. Leal Trujillo, SE. 2011. Evaluación de fungicidas químicos y biológicos para el manejo de ojo de gallo ocasionada por *Mycena citricolor* en café (*Coffea arabica*) en finca la soledad Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, C.A. Trabajo de graduación Ing. Agr. Guatemala. USAC. 13 p.
4. Mapas del mundo. Mapa del departamento de Chimaltenango. Consultado 17 mar 2014. Disponible en <http://espanol.mapsofworld.com/continentes/centroamerica/guatemala/departamentos/chimaltenango.html>
5. Plan de desarrollo municipal Acatenango Chimaltenango. Guatemala. SEGEPLAN/DPT, 2010. 9 p.
6. Serproic.atwebpages.com Consultado 16 mar 2014. Disponible en: <http://serproic.atwebpages.com/ACATENANGO.htm>



2 CAPITULO II

INVESTIGACIÓN

Evaluación de *Bacillus subtilis* para la roya de café (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en Finca El Platanar y Anexos, Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, C.A.

2.1 Evaluación de *Bacillus subtilis* para la roya de café (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en Finca El Platanar y Anexos, Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, C.A.

2.2 PRESENTACIÓN

El cultivo del café (*Coffea arabica*) tiene mucha importancia en Guatemala ya que las regiones productoras de café, muchas producen café de alta calidad.

El café es afectado por diversas enfermedades fungosas. Actualmente la más importante es la roya de café provocada por el hongo *Hemileia vastatrix* que está causando las mayores pérdidas de producción en los cafetales de Acatenango. La roya es una enfermedad que infecta hojas principalmente maduras, en plantaciones de las variedades Caturra, Catuaí, Bourbon, Typica, Pache y otras. La roya se manifiesta severamente en altitudes de 600 a 1,200 metros sobre el nivel del mar (2). En Guatemala se le conoce desde el año 1980 (7).

Acatenango es un municipio reconocido internacionalmente por la calidad de su café. En la localidad hay aproximadamente unos 7,500 caficultores. Se siembran 11,900 hectáreas de café, de las cuales más de 9,100 hectáreas, equivalente al 80%, está afectado por *Hemileia vastatrix* (7).

Se utilizan varios fungicidas químicos para el manejo de la roya. Su uso afecta el medio ambiente, principalmente, porque las poblaciones del hongo, se ven presionadas a seleccionarse para resistir los mismos fungicidas. Por tal razón la presente investigación incluye un producto de origen biológico que se encuentra en el mercado y que ha sido evaluado en otros cultivos y otros agentes patógenos.

Para el control de *Hemileia vastatrix*, *Bacillus subtilis* se evaluó en diferentes dosis en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en la Finca El Platanar ubicada en el municipio de Acatenango, Chimaltenango,

2.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El hongo causante de pérdida económica en el país, *Hemileia vastatrix* más conocido como la roya del café, el cual fue introducido a Guatemala en 1980.

Las condiciones optimas para el desarrollo de esta enfermedad son: temperaturas que van de 18 a 28 grados centígrados, humedad relativa de 60 por ciento a 70 por ciento. Otros factores que intervienen en el desarrollo de la enfermedad son; la humedad residual en el follaje y escasa nutrición (2).

A partir del año 2011 se observó incremento de la enfermedad en las regiones cafetaleras del país, bajo diferentes condiciones ambientales (2).

Ese mismo año se denunciaron perdidas del 20 al 40%, tomaron en cuenta rubros como la producción exportable, los jornales, empleos y divisas en el país, a causa de que la roya ha afectado las plantaciones de café (14).

“A finales del 2012 el 70% de la superficie del cultivo de café tenía presencia de roya, con índices altos de incidencia y severidad. Se estima entonces una cantidad aproximada de 63,000 productores afectados en niveles diferenciados según cada región cafetalera de Guatemala” (17).

En el medio actual se conocen fungicidas de tipo químico para el manejo de roya, los más utilizados son productos de la familia de triazoles, por ejemplo; El epoxyconazol, cyproconazol, tebuconazol. Se deja por un lado el control biológico como una alternativa de manejo integrado de la roya.

Bacillus subtilis no está incluido en el programa de manejo de roya del café, es un producto biológico preventivo y el periodo de carencia es de cero días que se utiliza en otros cultivos, por esta razón podría incluirse en la carpeta de productos para el manejo de roya en el cultivo de café.

De *Bacillus subtilis* existen varias formulaciones en el mercado, para esta investigación se utilizó la que se comercializa bajo el nombre de Serenade, la cual es una cepa conocida como QST 713 y es generada mediante fermentación de la bacteria *Bacillus subtilis*.

Lo que se pretendió con la investigación fue establecer la dosis que tenga el mayor efecto supresor para dar lugar a otras evaluaciones y contribuir con la caficultura nacional y el medio ambiente.

En la metodología de la investigación se utilizaron seis tratamientos en los que se pueden mencionar un testigo relativo, comparativo y cuatro diferentes dosis de Serenade 1.34 SC. Se realizaron cuatro aplicaciones de cada uno de los tratamientos, dejando entre cada aplicación un intervalo de 15 días. La distribución de los tratamientos en la parcela de ensayo se hizo de forma aleatoria para que hubiera menor margen de error. Las variables que se evaluaron fueron la incidencia de la roya por bandola, el porcentaje de pústulas esporuladas y la severidad de *Hemileia vastatrix* en la planta completa de café.

Como resultado de esta investigación se puede decir que Serenade 1.34 SC a dosis de 7 litros/hectárea presenta la mejor eficiencia como producto preventivo o de manejo para la roya de café (*Hemileia vastatrix*).

2.4 MARCO TEÓRICO

2.4.1 Marco conceptual

2.4.1.1 Cultivo de café

“La planta de café es un arbusto siempre verde originario de Etiopía. Es uno de los vegetales más conocidos en el mundo” (9).

“El café de Guatemala se siembra en planicies y quebradas, a diferentes alturas. El mejor café crece en suelo de origen volcánico, entre los mil y mil quinientos metros sobre el nivel del mar” (9).

Las más reconocidas regiones para el cultivo de café en Guatemala son, la boca costa, sur este y occidental de pacífico, así como la región de alta Verapaz en donde las condiciones climáticas son excelentes para obtener un buen grano. La limpia y preparación del terreno se inicia después que el caficultor ha seleccionado la semilla y ha formado los semilleros y almácigos, protegidos del sol en condiciones de humedad y temperatura estables (9).

Existen actualmente en Guatemala ocho regiones en donde se cultiva el café, según la Asociación Nacional del Café, ANACAFÉ, las cuales son San Marcos, Huehuetenango, Atitlán, Cobán, Antigua Guatemala, Fraijanes, región nuevo oriente, esto es la parte de Chiquimula, Jutiapa, Jalapa. Y un área atrás del volcán de fuego llamada Acatenango, que comprende también Yepocapa perteneciente a Chimaltenango (9).

“La recolección se inicia cuando la cascara del fruto ha tomado color cereza, se debe tener cuidado de no dañar las hojas, los botones o cortar la fruta inmadura, pues existen diferencias significativas en la calidad de la bebida, que puede resultar alterada si el café se beneficia cuando esta verde, completamente maduro o sobre-maduro. En Guatemala, la cosecha del café varía hacia un clima y la altura del terreno, y como el café no madura a un mismo tiempo se recoge entre agosto y diciembre en zonas de clima cálido y entre noviembre y abril en las tierras frías” (10).

“Las hojas del café son perennes, opuestas, ovales, enteras, duras y brillantes por el haz. Sus flores de color blanco, aromáticas, agrupadas en la axila de las parejas de hojas, en cimas de 2 a 3, constituyendo verticilos de 8 a 15 flores. Cada flor está sujeta por un corto pedúnculo y un cáliz compuesto de 5 pequeñas brácteas, recubre el ovario. La corola está formada por un largo tubo que se ensancha en cinco lóbulos (seis en raras ocasiones), muy estrechos. Los estambres están soldados a los pétalos, anteras alargadas; pistilo formado por un largo estilo y dos finos estigmas dominando la corola. El ovario da una drupa llamada corrientemente cereza, ovoidea, subglobulosa, roja si está

madura, de 10 a 15 mm de diámetro por 16 a 18 mm de largo, constituida por un exocarpio (piel) coloreado, un mesocarpio carnoso y blanco – amarillento (pulpa) y dos semillas unidas por sus caras planas. Cuando uno de estos dos óvulos aborta, el otro se desarrolla dando una semilla ovoidea, conocida comercialmente con el nombre de “caracolillo”. Cada grano está protegido por dos envolturas; la primera, el endocarpio, es delgada y de textura esclerosa (parche); la segunda, el perispermo, es una membrana muy fina (película o película plateada) más o menos adherida al grano. La semilla (la cereza, en lenguaje comercial) es de color gris – amarillo o gris pizarra, más o menos azulado o gris verdoso, según las variedades, el modo de preparación, el medio y el tiempo de conservación. Está formada por un albumen córneo, de superficie lisa, cuya cara plana está hendida siguiendo el eje mayor por un surco más o menos rectilíneo. El embrión es corto y está situado en la base; comprende una ridícula cónica y dos cotiledones cordiformes. Las dimensiones y la forma de las semillas difieren con las variedades, las condiciones del medio y del cultivo; por término medio tienen 10 mm de longitud, 6 a 7 mm de ancho y 3 a 4 mm de espesor, y su peso oscila entre 0.15 a 0.20 g.” (15).

2.4.1.2 Enfermedades del café y condiciones que favorece su manifestación

Las enfermedades comunes en época lluviosa en Guatemala, con algunas variaciones en cuanto a mayor o menor severidad son:

Muerte de plántulas o ahogamiento: Esta enfermedad aparece en la etapa cuando la planta está en semillero o almácigo y es ocasionada por un complejo de hongos, pertenecientes a especies de *Rhizoctonia*, *Pythium* o *Fusarium spp.*, destacándose *Rhizoctonia solani*. Es favorecido por sustrato contaminado, exceso de humedad y sombra en el vivero (4).

Antracnósis de ramas y frutos del café: Es ocasionada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*. El hongo puede afectar todas las partes de la planta (tallo, ramas, hojas, flores y frutos) en diferentes fases de desarrollo. En las plantas afectadas se observa secamiento de las puntas de las ramas o muerte descendente; en hojas y frutos se observa lesiones negras profundas de diferente tamaño. También ocasiona caída de

flores, hojas y frutos. Es común en lugares donde existe alta humedad relativa u ocurre demasiada precipitación y con temperatura entre 20 a 25°C. El hongo es diseminado a cortas distancias por salpique de lluvia o a través de los trabajadores cuando realizan prácticas en el campo, y a largas distancias por medio de plántulas (4).

Enfermedad de ojo de gallo: La ocasiona el hongo *Mycena citricolor*. Se manifiesta en lugares donde hay alta humedad y alta temperatura. La enfermedad puede ser reconocida en el campo por manifestar manchas redondas en la hoja de aproximadamente 0.5 centímetros de diámetro, de coloración blanquecina. Posteriormente, hay caída de hojas con la consecuente reducción de la producción (4).

Mancha de cercospora: Es ocasionada por el hongo *Cercospora spp.* Existen dos tipos: una que aparece en la época seca en donde hay exceso de insolación y falta de sombra y la otra, en época lluviosa. Factores como deficiencia de agua, siembra inadecuada, nutrición deficiente y desequilibrada, raíz defectuosa, también contribuyen en el apareamiento de este hongo. En plantas muy afectadas se observa defoliación. En los frutos, la lesión se manifiesta de manera alargada de un extremo hacia el otro (4).

Quema o derrite: Esta enfermedad es ocasionada por el hongo *Phoma spp.*, caracterizadas por alta humedad, frío y viento. Los síntomas son observados en la punta de las ramas, en hojas jóvenes donde se observan manchas circulares de coloración oscura. Cuando el daño ocurre en el borde de las hojas pueden presentarse curvaturas y rajaduras. Flores, frutos jóvenes también pueden ser atacados, la penetración del hongo en la planta es favorecido por heridas (4).

Mal de "koleroga": "Es ocasionada por *Pellicularia koleroga*. El hongo ocasiona muerte de los tejidos, las hojas se secan y se quedan suspendidas en las ramas que pueden presentar estructuras del hongo. Es frecuente en cafetos cultivados en terrenos donde hay alta temperatura, alta humedad relativa y donde existe sombra excesiva" (4).

Mal de 4 años, pudrición de raíces: Es una enfermedad característica en cafetos jóvenes, normalmente presentándose en cafetos de 3 a 5 años. Es ocasionada por el hongo conocido como *Rosellinia spp.* Aparece en suelos ricos en materia orgánica, en suelos ácidos y alta precipitación (4).

Mal rosado: Ocurre esporádicamente en condiciones de humedad arriba del 80%, alta temperatura y en cafetos con demasiada sombra. Es ocasionado por *Corticium salmonicolor*, un hongo que también afecta otros cultivos del trópico. El hongo ocasiona muerte de los tejidos y las ramas se secan (4).

Recientemente se ha determinado en el laboratorio de ANACAFÉ, alta incidencia de *Pestalotia spp.* (4). Este hongo es común en otros cultivos del trópico como mango, flores, palmas de coco y palmas de aceite que se han vuelto muy susceptibles y ocasiona manchas y muerte de tejidos.

2.4.1.3 La roya del café (*Hemileia vastatrix*)

Guatemala es el país más afectado en la región centroamericana por el hongo que defolia la hoja y seca el grano del café. Guatemala ha visto desvanecerse alrededor de 372 millones de dólares por los efectos de la roya, que ha llevado al Gobierno de Guatemala a declarar en enero 2013, una emergencia fitosanitaria mediante el Acuerdo Ministerial número 11-2013 del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación – MAGA- (8).

“La Asociación Nacional del café –ANACAFE- indica que las pérdidas integrando el café de exportación y consumo interno representan aproximadamente 500,000 quintales oro. Un segundo escenario altamente factible considerando la agresividad manifestada por la roya, indica una baja de 15%, situando la producción exportable en 4.1 millones de quintales oro. La disminución proyectada para la actual cosecha 2012/2013 evidentemente tendrá impactos en la producción y exportación, traduciéndose en pérdidas económicas para los productores, disminución de ingreso de divisas y reducción de la mano de obra empleada en la cosecha. Sin embargo, el panorama más crítico se avizora para la

cosecha de 2013/2014, donde se manejan tres escenarios de baja porcentual por efecto de la roya, relacionados con la cosecha 2011/2012” (8).

El Centro de Investigaciones en Café CEDICAFE manifiesta que se sabe técnicamente que la roya puede controlarse por medio de la aplicación oportuna de fungicidas, lo cual implica gastos aproximados de Q250.00 por manzana para una aplicación (no incluye el valor de las bombas aspersoras). Se recomiendan 3 aplicaciones en el año. El control químico debe considerarse complementario a la realización de buenas prácticas agrícolas. En el caso de Guatemala será indispensable aunar los esfuerzos y capacidades institucionales y gremiales que puedan facilitar los mecanismos de apoyo financiero y técnico para los productores de café, permitiendo así la sostenibilidad de este cultivo, pilar fundamental de la economía guatemalteca (8).

2.4.1.4 Características del hongo *Hemileia vastatrix*

Las esporas miden aproximadamente 30μ de largo por 20μ de ancho, de forma reniforme, lisas en la cara interna y rugosa en la externa, denominadas urediniosporas, que son producidas en grandes cantidades y corresponden al polvillo amarillo o anaranjado que se visualiza en el envés de las hojas de café y que es característico de esta enfermedad. Las teliosporas, cuya ocurrencia es muy baja, son de forma redondeada de 20 a 25μ (3). Es un parásito obligado que toma nutrientes de la planta para su reproducción.

La germinación de esporas requiere de la presencia de agua libre por lo menos 6 horas, temperaturas entre 22 a 28°C y condiciones de oscuridad. Bajo estas circunstancias, la formación del aspersorio requiere de un periodo de 5.3 a 8.5 horas. La germinación se inhibe por la presencia de luz y por la evaporación del agua en las hojas, debido a que estos factores afectan el crecimiento de los tubos germinativos (23).

Una vez que el hongo ha germinado, penetra las hojas a través de las aberturas naturales (estomas) situadas en el envés de las hojas maduras. Posteriormente, el hongo

desarrolla unas estructuras denominadas haustorios, los cuales entran en contacto con las células de la planta y con éstos extraen los nutrientes para su crecimiento. 30 días después de la colonización, el hongo está lo suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros, que son las encargadas de producir nuevas urediniosporas. El tiempo transcurrido desde la infección hasta la producción de esporas se denomina periodo de latencia (23).

2.4.1.5 Clasificación taxonómica del hongo

Dominio: Eukaryota

Reino: Fungi

División: Basidiomycota

Subdivisión: Urediniomycotina

Clase: Urediniomycetes

Orden: Uredinales

Género: Hemileia

Especie: *Hemileia vastatrix* (26).

2.4.1.6 Características de la enfermedad de la roya

Ocasiona disminución de la cobertura foliar de la planta.

Genera pérdidas en la cantidad y calidad de la cosecha (3).

Requiere de la presencia de lluvia para iniciar su proceso de dispersión y germinación.

Necesita temperaturas favorables de 18 a 28°C

Preferiblemente se desarrolla en condiciones de bajo brillo solar (3).

Si la infección ocurre en etapas tempranas se puede presentar una reducción en el rendimiento. Pero si se presenta en etapas tardías el efecto se observará en los niveles de amarre de fruto del siguiente ciclo del cultivo.

Los síntomas inician como pequeñas manchas de 1 a 3 mm, translúcidas amarillo claro. La lesión crece en tamaño y pueden coalescer con otras manchas, hasta formar grandes parches con abundante polvo amarillo (esporas), en el envés de las hojas y que en su lado opuesto se observan como manchas amarillas. Las lesiones viejas se necrosan, pero la esporulación puede continuar en el margen de las lesiones. En la figura 1 se presenta el ciclo biológico (patogénesis) de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) (3).

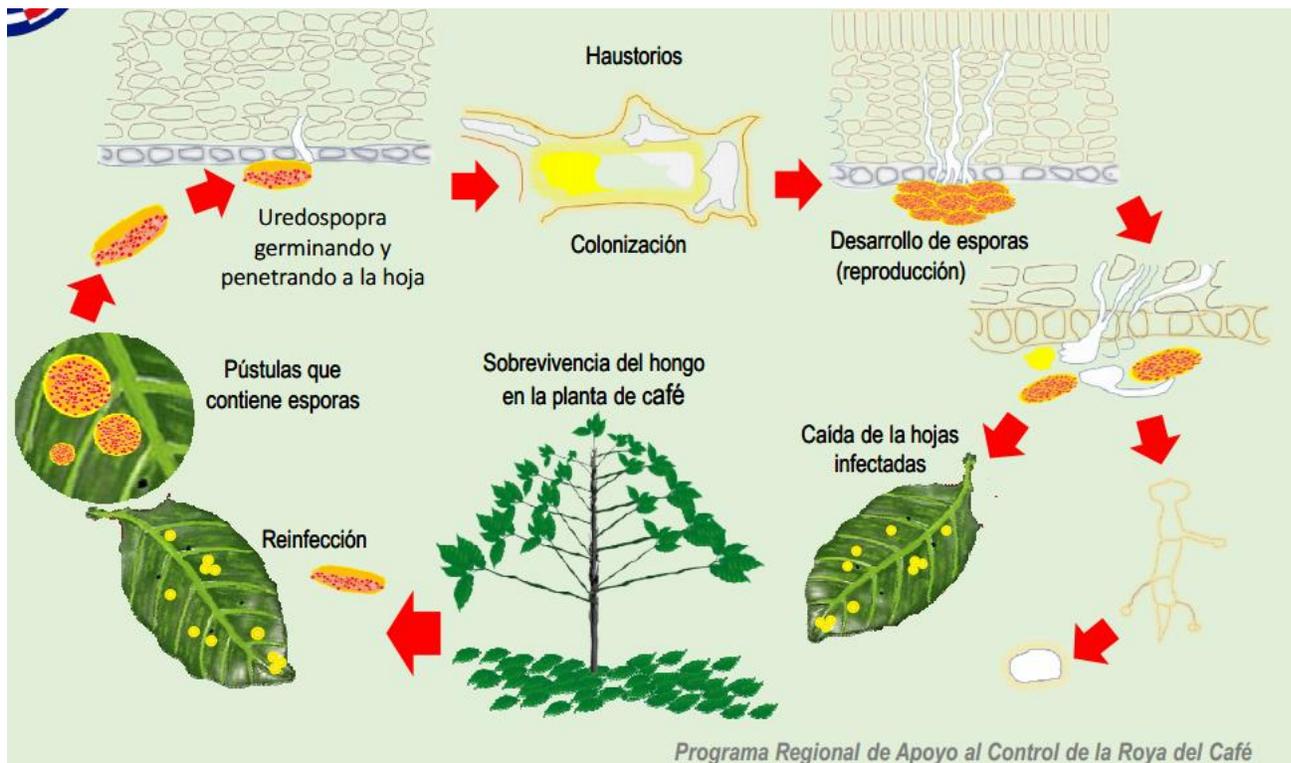


FIGURA 1 Ciclo biológico (patogénesis) de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) (23).

Los estudios realizados por la Organización Internacional del Café –OIC–, dan cuenta que de octubre 2012 a septiembre 2013, la roya ha causado pérdidas por valor de unos 550 millones de dólares en Centroamérica y la merma de 441 mil puestos de trabajo (20).

Guatemala es el país más afectado, puesto que se han desvanecido alrededor de 372 millones de dólares por los efectos del hongo. Según datos del Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura –PROMECAFE- se calcula que en Guatemala se perdieron 115 mil empleos, seguido por Honduras con 100 mil, El Salvador con 90 mil, República Dominicana con 56,500; Nicaragua con 32 mil, Panamá con 30 mil, Costa Rica con 14 mil, y Jamaica con 3,640. En la gravedad de la situación atravesada por los países de la región se excluye a México, donde también se ha detectado y ha afectado la plaga pero no de tal magnitud (20).

Según la Asociación Nacional del Café ANACAFE, y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación MAGA, los departamentos más afectados por la Roya son: Sacatepéquez, Santa Rosa, Chiquimula, Zacapa, Jutiapa, Jalapa, Baja Verapaz, Quiché, Huehuetenango y San Marcos, y como consecuencia, la crisis alimentaria se podría dar en las personas que se trasladan de esos departamento para dedicarse al corte de la cosecha, pues con la reducción de la producción del café dejarían de percibir ingresos, según funcionarios expertos en la temática (20).

La Asociación Nacional del Café –ANACAFE-, indica que la cosecha 2011-2012 generó 987 millones de dólares en concepto de divisas, y 73.1 millones de jornales (20).

2.4.1.7 Razas de roya de café

En 1932 por primera vez se informó sobre la especialización biológica del hongo, caracterizándose cuatro razas en la India. En 1972 se habían identificado 26 razas fisiológicas diferentes en muestras enviadas de diferentes regiones del mundo. Es interesante hacer notar que en las regiones cafetaleras de África las razas I, II, III, VII y XV atacan los cafés arábicas, mientras que las razas IV, V y VI se encuentran en café robusta (24).

“El Centro de Investigaciones de las Royas del Café (CIFC) que funciona en la estación Agronómica Nacional de Oeiras, Portugal (1955), con muestras al CIFC, provenientes de

38 países, indican la presencia de 32 razas de las cuales la raza "II" (58.2%), "I" (14.4%), "III" (8.9%) y la "XV" (3.6%) tienen los mayores porcentajes de prevalencia. Las restantes 26 razas constituyen aproximadamente 15% del total. En Guatemala esta reportada la raza II" (24).

2.4.1.8 Métodos de control de *Hemileia vastatrix*

2.4.1.9 El control químico

“El uso de los fungicidas es uno de los elementos a considerar para el control de una enfermedad fungosa, es indispensable tener un buen conocimiento sobre los diferentes aspectos que atañen a este tipo de productos, ya que de esta manera podrá hacerse un manejo más adecuado y eficiente de ellos” (4).

En relación con el momento de aplicación básicamente existen dos grandes grupos:

- **Los preventivos o profilácticos**

“Son productos que previenen el establecimiento de nuevas infecciones, sin tener ningún efecto sobre infecciones ya establecidas, por lo que deben de ser aplicados estrictamente en forma preventiva para tener mejores resultados” (4).

- **Los curativos**

“Son productos que eliminan o curan infecciones ya establecidas en el interior de los tejidos de la planta. Es importante recalcar que el producto elimina infecciones ya establecidas en el interior de los tejidos de las plantas, pero que no eliminan los daños o lesiones ya visibles en el interior de la misma” (4).

En relación con su forma de acción al nivel de la planta, existen dos grandes grupos:

- **Los de contacto**

“Los fungicidas de contacto (preventivos, profilácticos), impiden la germinación de las esporas al ponerse en contacto con ellas. Es decir que estos productos forman una fina

capa protectora sobre la superficie del follaje, impidiendo que las esporas que lleguen germinen y penetren causando nuevas infecciones” (4).

- **Los sistémicos**

“Los fungicidas sistémicos (curativos) son aquellos que aplicados al suelo o al follaje, son absorbidos por la planta y traslocados a través del sistema vascular de la planta, eliminando las infecciones ya establecidas en el interior de la misma, protegiendo así los nuevos brotes” (4).

Según la Facultad de Agronomía FAUSAC, de la Universidad de San Carlos de Guatemala USAC, en Guatemala, los productores utilizan los siguientes fungicidas para el control y manejo de roya de café (14).

CUADRO 9 Fungicidas utilizados para el control y manejo de roya de café. FAUSAC. (14).

Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis por manzana
FUNGICIDAS DE CONTACTO		
Caldo Bordelés	Sulfato de Cobre y Hidróxido de Calcio	4 a 5 libras
Hidróxido de Cobre	Cobre	4 libras
Óxido de Cobre	Cobre	4 libras
Oxicloruro de Cobre	Cobre	5 libras
Timerex Gold	<i>Melaleuca alternifolia</i>	1000 cc
Vigilante	Azufre y Cobre	1000 cc
FUNGICIDAS SISTÉMICOS CON UN INGREDIENTE ACTIVO		
Opus 12.5 SC	Epoxiconazole	350 cc
Alto 10 SL	Cyproconazole	280 cc
Caporal 25 DC	Triadimenol	350 a 500 cc
Atlas 25 EW	Tebuconazole	400 a 560 cc
FUNGICIDAS SISTÉMICOS EN MEZCLAS DE DOS INGREDIENTES ACTIVOS		
Silvacur Combi 30 EC	Tebuconazole y Triadimentol	350 a 500 cc
Duett 25 SC	Epoxiconazole y Carbendazim	350 cc
Amistar Xtra 28 SC	Azoxystrobin y Cyproconazole	350 a 400 cc
Opera	Epoxiconazole y Pyraclostrobin	700 cc

2.4.1.10 Control biológico para la roya.

Existen algunos productos comerciales que pueden emplearse, como *Bacillus subtilis* (bacteria) *Verticillium hemileiae*, que es un hongo parásito de la roya del café, presente de manera natural. Así mismo, el uso de lixiviados del cultivo de lombriz coqueta roja, que aporta elementos nutricionales a la planta y contiene alta concentración microbiana antagonista (4).

El control biológico de la roya ha sido ensayado desde la década de los 80's del siglo pasado, principalmente en Colombia, Brasil y la India. Los experimentos de control biológico de la roya han incluido microorganismos de control biológico, extractos de microorganismos y plantas, y agentes inductores de resistencia. No existe para nuestro conocimiento un producto de origen biológico que pueda ser recomendado para el control de la roya del café, aunque su búsqueda es importante dado que en algunas ocasiones, como en el caso de cafés orgánicos, el control químico no es una alternativa que se pueda considerar (23).

Experimentos realizados en Brasil, Portugal y Colombia han evaluado microorganismos patógenos atenuados y no patógenos para la inducción de resistencia contra *H. vastatrix*. Dentro de los tratamientos que se han utilizado se encuentran formulaciones comerciales de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, aislamientos de la bacteria *Pseudomonas spp*, *uredinosporas* de roya térmicamente inactivadas, microorganismos endófitos de café y extractos crudos de células de la bacteria *Xanthomonas campestris*. En Brasil también se han ensayado los compuestos inductores ASM y BTH-benzothiadiazole. En todos estos casos los tratamientos no tuvieron un efecto directo sobre la germinación de las uredinosporas, la formación del apresorio o la penetración del patógeno y solo se han demostrado como única acción, la inducción de compuestos de resistencia o defensa en las plantas tratadas (23).

Otro microorganismo utilizado en el control biológico de enfermedades de plantas ha sido la bacteria *Bacillus subtilis*, que ha sido ensayada como inductora de resistencia, promotora del crecimiento de las plantas, para tratamiento de enfermedades del suelo y en la prevención de enfermedades de semillas. Aislamientos de esta bacteria han sido ensayadas para el control de la roya del café en Brasil y la India. La bacteria no mostró

efecto de control sobre la roya del café, cuando las plantas mostraban un nivel de incidencia del 23% de la enfermedad y solo mostró una acción moderada como inductor de resistencia, con un efecto protector similar a aplicaciones con Cobre. Para mostrar algún efecto inductor la bacteria debe ser aplicada como máximo, 4 días antes de la aparición de la enfermedad (23).

Resultados experimentales han mostrado que sobre enfermedades de la filósfera, *Bacillus subtilis* no tiene efecto de antibiosis ni de parasitismo; es de anotar que adicionalmente la bacteria tiene baja persistencia sobre las hojas (menor a 4 días). Una razón de esta baja persistencia en campo es que los agentes usados para biocontrol son afectados por condiciones medio ambientales adversas y deben competir con otros microorganismos presentes en la filósfera y suelo de las plantas (23).

El principal hiperparásito de la roya del café en condiciones naturales es el hongo conocido como *Lecanicillium lecanii* el cual se reconoció desde un comienzo como un enemigo natural de la roya del café en Colombia. No ha sido efectivo como controlador biológico dado que presenta problemas similares a los de otros controladores biológicos como la baja reproducibilidad del control en campo, condiciones muy exigentes para su uso y altos costos de producción. En condiciones naturales no representa un control biológico que disminuya significativamente la epidemia, dado que generalmente ataca lesiones de roya esporuladas y su alta diseminación se encuentra en lesiones viejas (23).

2.4.1.11 *Bacillus subtilis*

- **Clasificación taxonómica de *Bacillus subtilis***

Dominio: Eubacteria

Reino: Firmicutes

División: Endosporobacteria

Clase: Bacilli

Orden: Bacilliales

Género: Bacillus

Especie: *Bacillus subtilis* (26).

- **Biología de *Bacillus subtilis***

Bacillus subtilis es una bacteria que produce toxinas que inhiben el crecimiento de diversos hongos y bacterias fitopatógenos de las partes foliares de la planta. La bacteria produce enzimas hidrolíticas extracelulares, como proteasas, nucleasas, amilasas y fosfatasas destinadas a degradar polímeros presentes en el medio. Un grupo de enzimas son lipopéptidos que inhiben el crecimiento del tubo germinativo de hongos fitopatógenos que tratan de iniciar el proceso infeccioso en los tejidos vegetales (1).

El género *Bacillus subtilis* pertenece a la familia *bacillaceae*, son bacterias gram positiva, aerobias y anaerobias facultativas, su reproducción se da por fisión binaria. Son resistentes a temperaturas altas, cambios osmóticos fuertes y a concentraciones bajas de humedad, finalmente cuando encuentran un medio idóneo comienza nuevamente su ciclo, germinan y sacan una célula madre que empezara a reproducirse una vez más por fisión binaria es una de las que mayor actividad bioquímica presenta entre los microorganismos debido a su capacidad cosmopolita. *Bacillus subtilis*.

Bacillus subtilis presenta una de las particularidades más importantes existentes en este género, producen endosporas que les permiten vivir condiciones adversas entrando en un periodo de latencia o criptobiosis (descenso del metabolismo). Estas endosporas pueden propagarse por el aire y llegar a distintos sitios lo que las hace ubicuas en el ambiente. (1).

En cuanto a su morfología *Bacillus subtilis* en su forma es bacilar visto al microscopio en forma individual, en pares (diplobacilos) o cadenas de bacilos (estreptobacilos), flagelados con flagelación peritrófica, cuando ha iniciado su esporulación puede observarse una forma oval dentro del bacilo la cual no altera su forma original (1).

- **Ecología de *Bacillus subtilis***

El *Bacillus subtilis* se desarrolla eficaz en un rango de pH 5 a 8, una temperatura de 15 a 50 C⁰ con un óptimo de 28 a 35 C⁰ y en ambientes húmedos su crecimiento es

progresivo. Su metabolismo es esencialmente aerobio, aunque puede crecer anaeróbicamente, se tiene el Oxígeno como aceptor final de electrones, este presenta su mayor crecimiento exponencial y como producto de la oxidación se obtiene 2,3-butanodiol, acetoína y Dióxido de Cobre, pero si se tiene como aceptor final de electrones sales como nitratos, sulfatos o afines puede existir una oxidación anaeróbica, aunque este tipo de oxidación no es la más eficiente, ya que la energía liberada en la reacción es poca obteniéndose productos parcialmente degradados (1).

- **Interacción de *Bacillus subtilis* con hongos fitopatógenos**

Bacillus subtilis es una de las bacterias más estudiadas a nivel mundial por su acción biocontroladora de fitopatógenos, debido a que éste en su información genética expresa unos genes que codifican la síntesis de metabolitos peptídicos antibióticos que inhiben la expresión de ciertos microorganismos patógenos a través de antibiosis. Estos pueden ser sintetizados durante el crecimiento activo de la bacteria o cuando ya se ha desarrollado, su producción está estrechamente relacionada con la capacidad de unión que tiene a través de los exudados de las raíces y también está asociada a un estímulo en su expresión genética por la presencia de fitopatógenos u otro tipo de género que inducen su producción progresiva (1).

Aunque la antibiosis es el mecanismo empleado por el *Bacillus subtilis*, existen otros métodos por el cual ejerce su antagonismo volviéndolo de alto espectro como biocontrolador. Cuando se habla de microorganismos benéficos en agricultura se debe tener en cuenta que estos son endógenos, es decir nativos de los suelos, que están en constante equilibrio con toda la microflora ya sea benéfica o patógena. Empieza una competencia por espacio (mayor área poblada), competencia por nutrientes (microorganismo en mayor proporción toma un requerimiento en común con otra especie) y contacto directo con hongos y en algunos casos bacterias alimentándose de estos, debido a la secreción de enzimas digestivas degradando sus estructuras, como se menciono antes estas son por lo general quitinasas, celulasas, proteasas y glucanasas (1).

A continuación en el cuadro 10 se citan los microorganismos causantes de enfermedades en diversos cultivos, controlados por el efecto antagónico de *Bacillus Subtilis*, Serenade 1.34 SC, además se describe la dosis recomendada y el momento de aplicación. :

CUADRO 10 Microorganismos causantes de enfermedades controlados por el efecto antagónico de *Bacillus Subtilis*, Serenade 1.34 SC (4)

CULTIVO	ENFERMEDAD	DOSIS
Vides	Botritis (<i>Botrytis cinérea</i>)	4.18 l/ha
	Oidio (<i>Uncinula necátor</i>)	
	Pudrición ácida (conjunto de hongos, bacterias y levaduras: <i>Aspergillus niger</i> , <i>Alternaria tenuis</i> , <i>Botrytis cinérea</i> , <i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Penicillium sp</i> , <i>Acetobacter</i>)	
Manzanos	Venturia (<i>Venturia inaequalis</i> V. <i>pirina</i>) Corazón mohoso (<i>Alternaria alternata</i>) Botitis calicinal (<i>Botrytis cinérea</i>)	14 a 18 l/ha ó 1 a 1.5 l/100 litros de agua
Frutillas	Botritis (<i>Botrytis cinérea</i>) Oídio (<i>Sphaerotheca macularis</i>)	
Arándano, frambuesa	Botritis (<i>Botrytis cinérea</i>)	5.0 a 8.0 l/ha ó 1 l/100 litros de agua
Nogales	Peste negra (<i>Xanthomona arboricola</i> pv. <i>Junglandis</i>)	2 a 8 l/ha
Tomate, aji, pimentón, papa	Tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>), (<i>Alternaria alternata</i>), Tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>)	2 l/ha (400 cc/100 litros de agua)
Cebolla, chalota, bunching, puerro	Mildiú (<i>Peronospora destructor</i>)	2 l/ha (300 a 500 cc/100 litros de agua)
Repollo, coliflor, brócoli, repollito de bruselas	Cercospora (<i>Cercospora beticola</i>)	1.5 l/ha (250 a 400 cc/100 litros de agua)

2.4.2 Marco referencial

2.4.2.1 Ubicación de la finca

La evaluación de cuatro dosis de *Bacillus subtilis* para el control de roya de café (*Hemileia vastatrix*) se realizó en la Finca El Platanar, Acatenango, Chimaltenango en el cultivo de café (*Coffea arabica*).

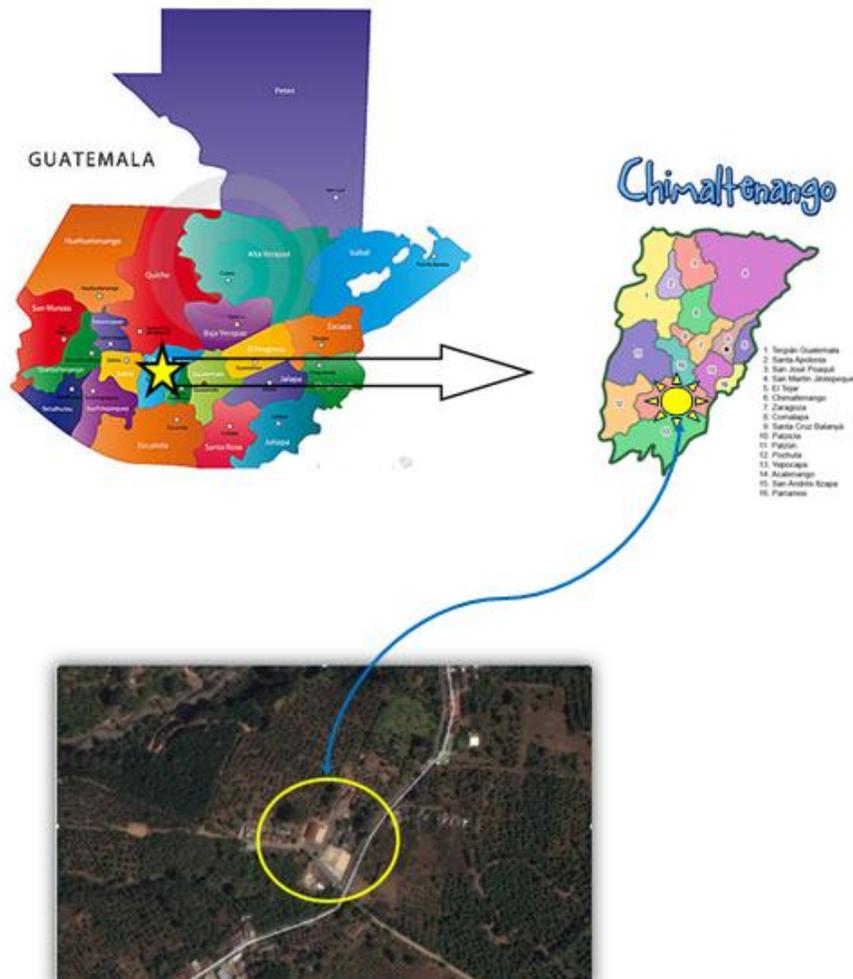


FIGURA 2 Ubicación Finca El Platanar, Acatenango, Chimaltenango.

Fuente: (8).

2.4.2.2 Finca El Platanar y Anexos

- **Características geográficas**

Ubicación: Acatenango, Chimaltenango

Superficie: 161 ha.

Altitud: 1578 msnm.

Coordenadas geográficas: Latitud 14.55° Norte y longitud 90.93° Oeste.

Arboles de sombra: Inga y gravilea (22).

- **Suelos**

El tipo de suelo que tiene Finca El Platanar es franco arenoso, de color claro y presentan buen drenaje (22).

Según FAO tomado de MAGA 2000 la serie de suelos de La Finca El Platanar corresponde a la serie Alotenango (Al), clasificación taxonómica Vitrandis-Ustandis-Psamments, pertenece al orden Andisol (and), sub-órdenes Vitrandis-Ustandis-Psamments (16).

Orden Andisol: Suelos desarrollados sobre ceniza volcánica que tienen baja densidad aparente (menor de 0.9 g/cc) y con altos contenidos de alófono. Generalmente son suelos con alto potencial de fertilidad y adecuadas características físicas para su manejo. En condiciones de fuerte pendiente tienden a erosionarse con facilidad. Una característica de los andisoles es su alta retención de fosfatos (arriba del 85%), la cual es una limitante para el manejo, por lo que se debe considerar en los planes de fertilidad cuando se someten a actividades de producción agrícola (16).

Suborden Vitrandis: Son suelos con alto contenido de vidrio volcánico, lo que hace que tengan texturas gruesas (arenosas) y una baja retención de agua (16).

Suborden Ustandis: Andisoles que están secos entre 90 y 180 días del año en su interior. Presentan deficiencia de humedad (16).

Suborden Psamments: Son los Entisoles más arenosos, que se encuentran en superficies poco inclinadas y con menos del 35% de fragmentos rocosos. Generalmente se encuentran en las áreas más cercanas a los ríos o en áreas de actividad volcánica muy reciente. A diferencia de los Fluvents, los Psamments no tienen capas deposicionales de materiales minerales en su interior. En muchas áreas, están cubiertos con bosque de galería, y en otros casos están cultivados y forman parte de lo que los agricultores llaman los suelos de vega (16).

- **Características climáticas**

Temperatura promedio: 24 ° C

Promedio anual de precipitaciones de 1600mm

Humedad relativa: 70% (22).

- **Características de la producción de café**

Temporada de cosecha: octubre a marzo

Producción anual: 3300 bolsas de 69-Kg de café pergamino (22).

- **Variedades de café en la finca El Platanar**
- Variedad Bourbon
- Variedad Caturra
- Variedad Catuai (22).

2.4.2.3 Características de los productos a evaluar

SERENADE 1.34 SC (*Bacillus subtilis*)

Nombre técnico: *Bacillus subtilis* cepa QST 713

Nombre comercial: Serenade 1.34 SC

Ingrediente activo: *Bacillus subtilis* cepa QST 713

Nombre químico: Agente de control biológico

Concentración y formulación: 13.68 g/L (1x10⁹ ufc/g) (1,368 % p/v).

Estado físico: Líquido, suspensión.

Apariencia, color y olor: Líquido de color marrón

Densidad: 1.15 g/cm³ a 20 °C.

pH: 4.8 a 6 (diluido al 1%).

Punto de inflamación: Mayor que 100 °C.

Solubilidad en agua y otros solventes: Miscible (22).

Modo de Acción: Produce una zona de interferencia en la adherencia del patógeno, frena la germinación de esporas, interrumpiendo el crecimiento del hongo (22).

Principales Características: SERENADE 1.34 SC es un producto biocontrolador que está elaborado a base a esporas de la cepa QST, 713 de la bacteria *Bacillus subtilis*, preventivo de amplio espectro para el control de las enfermedades en los cultivos (22).

Significado de SERENADE 1.34 SC: Serenata. Optimización de la aplicación del producto.

Cupravit azul 35 WP

Clase: Fungicida

Grupo Químico: Cúprico

Ingrediente Activo: Hidróxido de Cobre

Concentración: 350 gramos de cobre metálico por kilogramo de producto comercial.

Formulación: polvo mojable

Modo de Acción: Actúa por contacto y tiene efecto preventivo.

Mecanismo de Acción: Inhibición de germinación de esporas.

Dosis: 3 kg/ha (22).

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 General

Determinar el efecto de *Bacillus subtilis* sobre la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en condiciones de campo en la Finca El Platanar, Acatenango, Chimaltenango.

2.5.2 Específicos

Establecer la efectividad de *Bacillus subtilis* para el control de la roya causada por *Hemileia vastatrix* en el cultivo de café *Bacillus subtilis* en el cultivo de café (*Coffea arabica*).

Discriminar el efecto de diferentes dosis de *Bacillus subtilis* sobre *Hemileia vastatrix*.

Comparar el efecto de control de *Bacillus subtilis* sobre la roya del café con hidróxido de cobre.

2.6 HIPÓTESIS

Bacillus subtilis producirá el mejor efecto preventivo sobre *Hemileia vastatrix* a dosis de 9 l/ha, en función de su habilidad competitiva espacial y su capacidad hiperparasítica.

2.7 METODOLOGÍA

2.7.1 Materiales y métodos

2.7.1.1 Localización del experimento

La evaluación de la investigación se realizó en la Finca El Platanar, Acatenango, Chimaltenango, en el cultivo de café.

El cuadro 11 muestra los tratamientos evaluados, se evaluaron 4 dosis de *Bacillus subtilis*, una dosis de hidróxido de cobre y un testigo relativo al cual no se aplicó ningún producto. .

CUADRO 11 Tratamientos evaluados.

Tratamientos	Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis	Modo de acción
T1	Testigo relativo			
T2	Cupravit Azul 35 WP Testigo comparador	Hidróxido de Cobre	3 kg/ha.	Contacto
T3	Serenade 1.34 SC	<i>Bacillus subtilis</i>	3 l/ha. (4.10 x10 ¹⁰ ufc)	Contacto
T4	Serenade 1.34 SC	<i>Bacillus subtilis</i>	5 l/ha. (2.05 x10 ¹¹ ufc)	Contacto
T5	Serenade 1.34 SC	<i>Bacillus subtilis</i>	7 l/ha. (1.43 x10 ¹² ufc)	Contacto
T6	Serenade 1.34 SC	<i>Bacillus subtilis</i>	9 l/ha (1.29 x10 ¹³ ufc)	Contacto

- **Tipo de aplicación:**

La aplicación se realizó por aspersión al follaje.

- **Tipo de equipo a utilizar:**

Para la aplicación de los diferentes tratamientos se utilizó bomba de motor de 2 tiempos, con ella se obtuvo la cobertura necesaria para la aplicación.

Previo a la aplicación se realizó la respectiva calibración del equipo tratando de obtener la mayor cobertura.

- **Frecuencia de aplicación:**

En el transcurso de la investigación se realizaron 4 aplicaciones de cada uno de los tratamientos, se dejó entre cada aplicación un intervalo de 15 días.

Se tuvo cuidado de realizar el mismo manejo agronómico a toda la plantación de la finca, tanto para las plantas que estaban dentro de la investigación y las que estaban afuera de ella, así como las actividades de la aplicación de insecticidas, fertilizantes, herbicidas y manejo de la planta.

Se realizó la distribución de los tratamientos en el área asignada para la investigación, estos fueron seis tratamientos distribuidos perfectamente en cuatro bloques.

Se utilizó cinta rosada para identificar las bandolas muestreadas, una en la parte superior de la planta y otra en la parte inferior, de la misma. Se utilizó cinta azul colocada en el tallo para identificar las plantas que se muestrearon dentro de cada tratamiento. Se realizaron seis muestreos en el periodo de la investigación.

2.7.1.2 Distribución de los tratamientos

Para distribuir los tratamientos aleatoriamente se utilizó la fórmula de Rango en el programa de Excel, el cual ayudó a que el número de tratamientos fuera variable en su orden.

2.7.1.3 Diseño experimental

Debido a la naturaleza del ensayo para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño de bloques al azar con 4 bloques o repeticiones y 6 tratamientos.

2.7.1.4 Unidad experimental

La unidad experimental está conformada por 4 surcos de 7 plantas cada uno con distanciamientos de 1.70 metros entre surco y 1.50 metros entre planta, siendo un total de

6.8 por 10.5 metros, haciendo un área total de 71.4 m² por unidad experimental. Se utilizaron 24 unidades experimentales, el área utilizada fue de 1,713.6 m². En la figura 3 se representa la unidad experimental que se utilizó en la investigación.

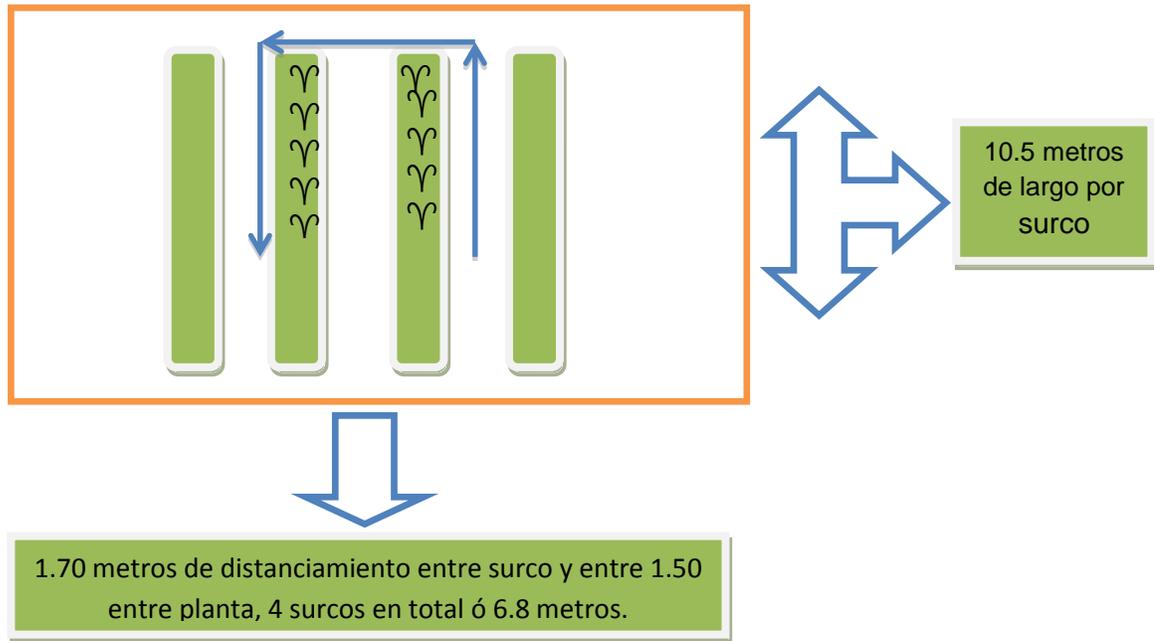


FIGURA 3 Tamaño de unidad experimental.

2.7.1.5 Parcela neta

La parcela neta la conformaron 10 plantas de café de la parte central de la unidad experimental, por la razón de evitar el efecto de borde de los productos a evaluar.

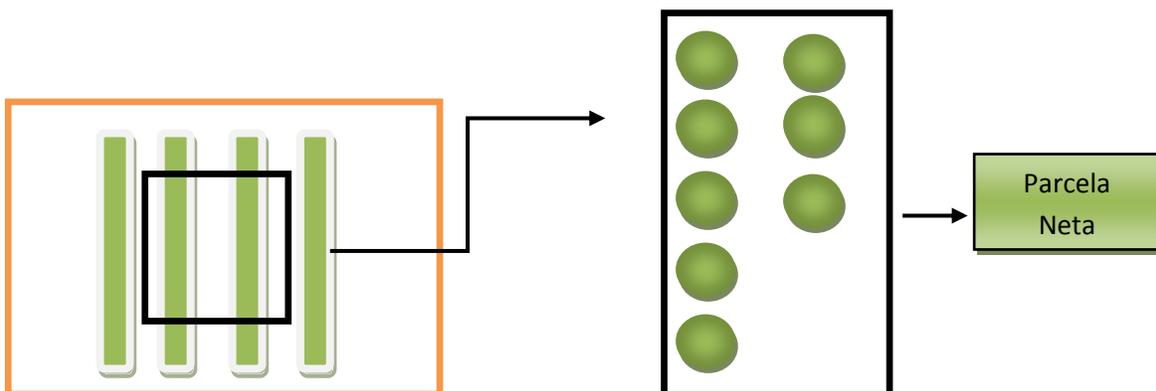




FIGURA 4 Parcela neta.

2.7.2 Variables de respuesta

Las variables de respuesta utilizadas en la investigación fueron:

- **Severidad de *Hemileia vastatrix*, en planta completa de café.**

Se realizó con un programa epidemiológico en donde se tomó escala de 4 categorías. Para muestrear esta variable se tomaron 10 plantas por tratamiento. Las clases se evaluaron tal y como está representada en la escala de severidad de LANREF (Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria), que se presenta en la figura 5.

Para el efecto: se ubica la persona frente a cada planta y por apreciación visual determina y cuenta el área foliar afectada de acuerdo a la escala.

Categoría	Daño en la planta área foliar con roya
0	Planta sana
1	3%
2	10%
3	30%
4	60%
5	Defoliación



FIGURA 5 Escala de severidad de roya en la planta (OIRSA).

- **Incidencia de la roya por bandola**

Para medir esta variable se utilizaron dos bandolas por planta; una en el estrato superior y otra en el estrato inferior. Ésta variable consiste en contar la cantidad de hojas por bandola y de estas las hojas infectadas con roya.

- **Porcentaje de pústulas esporuladas**

Esta variable se midió en las bandolas previamente marcadas; una en la parte superior y otra en la parte inferior de la planta. En cada bandola se observaron todas las hojas y se tomaron en cuenta solamente las hojas que tenían pústulas esporuladas y no esporuladas. De cada una de las hojas escogidas se observó el envés y contó la cantidad de pústulas presentes. Se contaron las no esporuladas y las esporuladas.

2.8 RESULTADOS

2.8.1 Severidad de la enfermedad causada por *Hemileia vastatrix* en estrato completo de las plantas de café.

La severidad de la enfermedad de roya del café (*Hemileia vastatrix*) se manifestó con porcentajes mayores a 3 durante la evaluación, medida con la escala de severidad de la enfermedad realizada por LANREF (Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria), donde la planta fue la unidad de muestreo.

En la figura 6 se observa el comportamiento de la severidad en el tiempo de la evaluación, se realizaron cuatro aplicaciones con intervalo de quince días. La primera aplicación se realizó el mismo día de la primera toma de datos. (0DAA), la segunda aplicación junto con la segunda toma de datos (14DAA), catorce días después de la primera aplicación. La tercera aplicación se realizó 30 días después de la primera aplicación (14DAB) y la cuarta aplicación 45 días después de la primera aplicación (14DAC).

La severidad de la enfermedad de roya en el muestreo 1 (0DAA), tenía un porcentaje de 5% en la mayoría de tratamientos, por ser Serenade 1.34 SC un producto biológico la severidad aumentó en los tratamientos con este producto, incluso con el Cupravit Azul 35 WP que es preventivo quince días después.

Treinta días después de la primera aplicación (14DAB) el porcentaje de severidad se mantiene abajo de 12% en todos los tratamientos, 45 días después de la primera aplicación (14DAC) el porcentaje de severidad llega hasta 15% en toda la planta.

Después de pasado los 60 días de la primera aplicación (14DAD) los tratamientos comienzan a perder su residualidad, llegando Serenade 1.34 SC 3 litros/hectárea a un pico de 30% de severidad, mientras los demás están abajo de 20%.

Según la figura 6, los tratamientos que dieron mejor resultado son Serenade 1.34 SC a 5 litros/hectárea y luego le sigue Serenade 1.34 SC a 7 litros/hectárea. El intervalo de aplicación es de quince días pero los días control fueron de 5 a 7 días en promedio para los tratamientos de Serenade 1.34 SC en todas las dosis evaluadas.

En la figura 6 se muestra como el tratamiento con menos dosis de Serenade 1.34 SC supera los demás tratamientos con mayor porcentaje de severidad conforme el transcurso de la investigación. Esto indica que Serenade 1.34 SC a dosis de 3 litros/hectárea no tiene ningún efecto positivo en la variable porcentaje de severidad de la enfermedad, por lo que al aplicar dicho producto a dosis bajas solamente se perderá el producto generando pérdidas al productor.

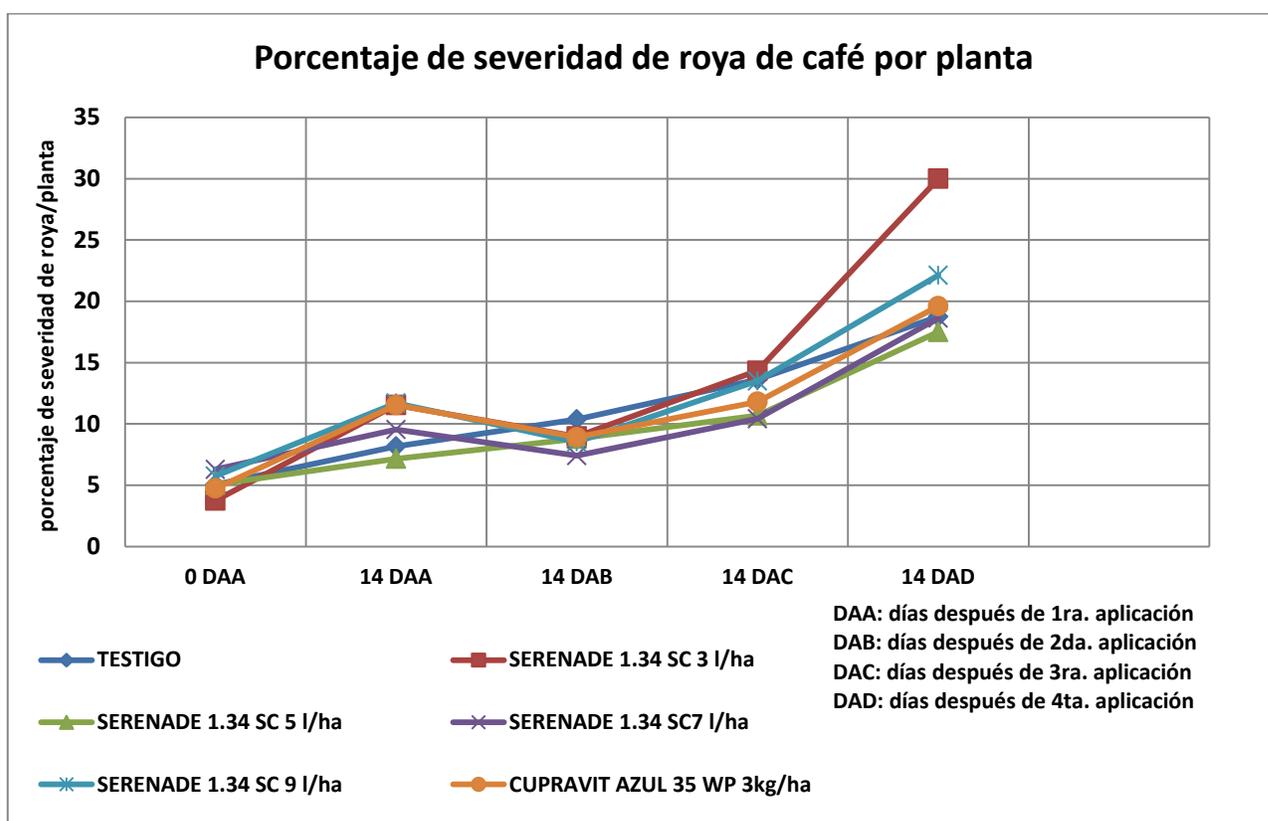


FIGURA 6 Porcentaje de severidad de roya de café por planta.

2.8.2 Incidencia de la roya por bandola

La incidencia de la enfermedad de roya del café, es de vital importancia, ya que es la primera que se debe medir, para saber cómo está la finca de sanidad. En la evaluación se realizaron varias graficas de incidencia, ya que se estratifico la planta en dos, un estrato inferior y un estrato superior.

2.8.3 Incidencia de la roya por bandola en el estrato superior

En la figura 7, se muestra el comportamiento de la incidencia de la enfermedad de roya en las bandolas del estrato superior, el primer muestreo (0DAA) reporta una incidencia menor de 2%, 15 días después de la primera aplicación (14DAA) de los productos la incidencia muestra porcentajes debajo de 1.5%. Luego comienzan los tratamientos a perder su efecto residual ya que aumentaron hasta llegar a un 3% de incidencia, alcanzando un máximo de 4% a los 45 días después de la primera aplicación (14DAC). El tratamiento que presentó mejor resultado en el estrato superior fue Serenade 1.34 SC 5 litros/hectárea, luego Serenade 1.34 SC 7 litros/hectárea. Los días de control están de 5 a 7 días.

El testigo mostró un comportamiento similar al de los tratamientos, debido a que la presión que ejercía la enfermedad en las plantas de la evaluación fue alta. En el sexto muestreo (30 DAD) el testigo presentó mayor incidencia que los demás tratamientos, siendo este un porcentaje de 3.4%.

En la figura 7 se observa que a los 14 días después de la tercera aplicación (14 DAC), Serenade 1.34 SC a todas las dosis presentan efecto positivo respecto a la variable incidencia de la roya por bandola en el estrato superior. Y su efecto sigue siendo positivo durante el resto de la investigación. Se puede observar con claridad porque el tratamiento testigo aumenta su porcentaje de incidencia mientras los bajan, esto a los 30 días después de la cuarta aplicación (30 DAD).

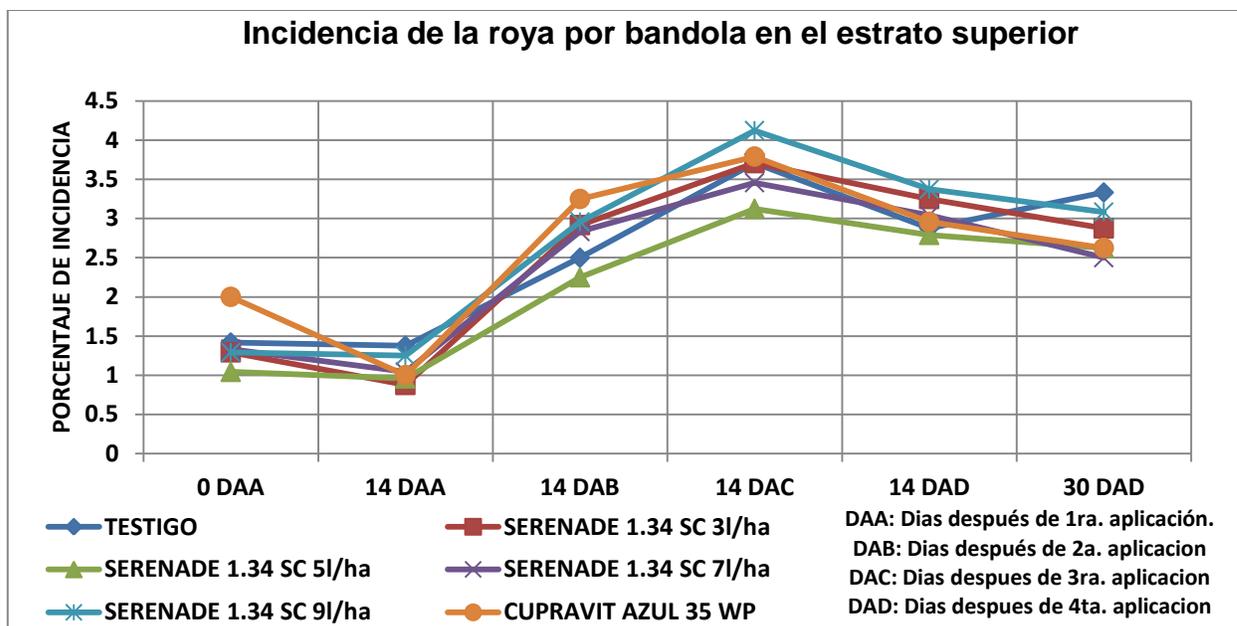


FIGURA 7 Incidencia de la roya por bandola en el estrato superior

2.8.4 Incidencia de la roya por bandola en el estrato inferior

La incidencia de la enfermedad de roya en el estrato inferior de la planta, presentó diferente comportamiento al porcentaje de incidencia de la enfermedad de roya del estrato superior, como se muestra en la figura 8.

Como se puede apreciar en la figura 8 el comportamiento del testigo fue similar al de los tratamientos, comenzando con un porcentaje de incidencia de 3.9% cuando se realizó el primer muestreo (0DAA).

Catorce días después de la primera aplicación (14DAA) comenzó a subir llegando hasta 4% de incidencia en las bandolas del estrato inferior, hasta llegar a un máximo de 4.5% de incidencia a los 45 días después de la primera aplicación (14 DAC).

Los tratamientos que tuvieron mejores resultados en el control de la enfermedad de roya fueron: Serenade 1.34 SC 9 litros/hectárea, mostrando así un porcentaje de incidencia menor que los demás tratamientos durante todo el transcurso de la

investigación. Serenade 1.34 SC 9 litros/hectárea, en el sexto muestreo (14 DAE), mostró un porcentaje de incidencia del 2.5% en las bandolas del estrato inferior, mostrando el mejor comportamiento entre todos los tratamientos.

En segundo lugar está Serenade 1.34 SC 7 l/ha, con un porcentaje de incidencia de 3.2 en el quinto muestreo (14 DAD). En tercer lugar está el tratamiento comparativo que es Cupravit azul 35 WP 3 kg/ha con un porcentaje de incidencia de 3.5% respectivamente.

Como se observa en la figura 9, Serenade 1.34 SC 9 l/ha tiene una tendencia a descender, durante el transcurso de la investigación, el efecto de serenade 1.34 SC 9 l/ha indica que es acumulativo durante el tiempo.

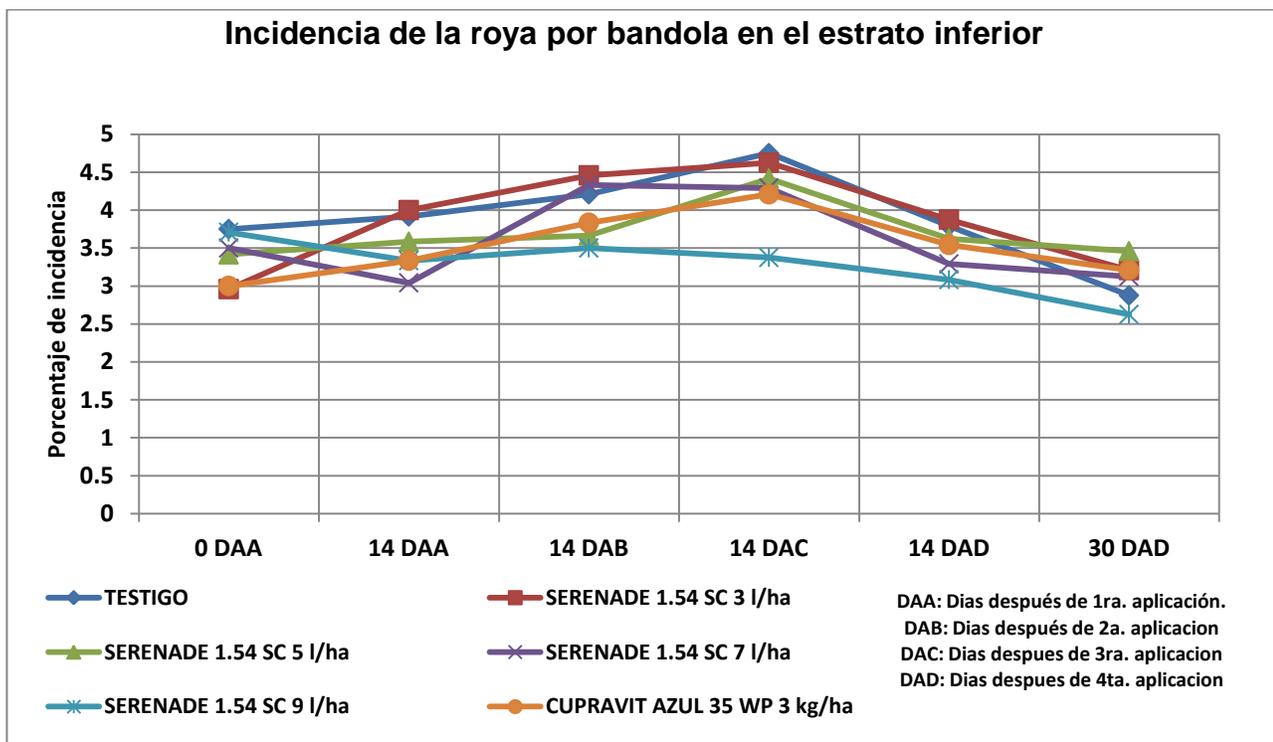


FIGURA 8 Incidencia de la roya por bandola en el estrato inferior.

2.8.5 Incidencia de la roya por bandola en el promedio del estrato superior y el estrato inferior

Anteriormente se observó el comportamiento de la incidencia de la enfermedad de roya por bandola en el estrato superior y en el estrato inferior de la planta de café. En la figura 9 se observa el promedio de los dos estratos, esta grafica se realizó para obtener otro punto de análisis de la incidencia, siendo este de la planta completa.

Cuando se inicio la investigación, todos los tratamientos estaban con porcentaje de incidencia de 2% a 2.5%, como se observó en el primer muestreo (0DAA). Después de catorce días de la primera aplicación (14 DAA), el tratamiento que presentó mejor control fue Serenade 1.34 SC 7 l/ha, con 2% de incidencia.

A los 30 días después de la primera aplicación (14 DAB), todos los tratamientos pierden su efecto de control y el porcentaje de incidencia de la enfermedad de roya sube hasta 4.3% en el testigo y en Serenade 1.34 SC 3 l/ha. El mejor de los tratamientos a los 14 días después de la cuarta aplicación fue Serenade 1.34 SC 7 l/ha con porcentaje de 3.3% de incidencia. Cupravit Azul 35 WP 3 kg/ha mostró la misma tendencia de los demás tratamientos a lo largo del tiempo de la investigación, a los catorce días después de la primera aplicación (14 DAA) tenía 2.2% de incidencia y al final de la investigación se presentó con 3%.

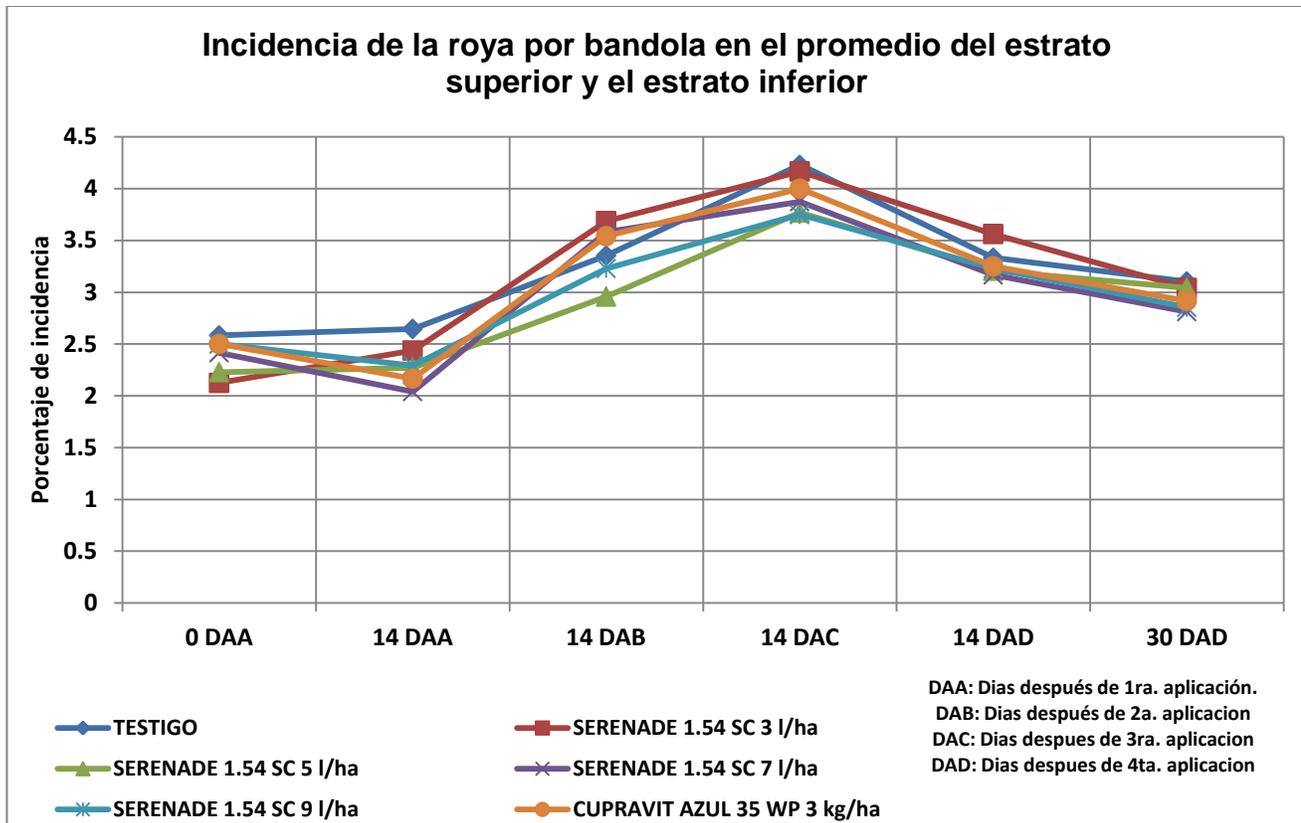


FIGURA 9 Incidencia de la roya por bandola en el promedio del estrato superior y el estrato inferior.

2.8.6 Porcentaje de pústulas esporuladas en el estrato superior

En la figura 10 se observa el porcentaje de las pústulas esporuladas de la enfermedad de roya en el estrato superior de la planta.

El comportamiento de los tratamientos es de manera ascendente en el porcentaje de pústulas esporuladas en la medida que avanza el tiempo de la investigación, a pesar que se realizaron cuatro aplicaciones durante el transcurso de la investigación con intervalo de quince días entre cada aplicación, la tendencia sigue hasta llegar a 90% en la variable pústulas esporuladas (14 DAE).

En la primera aplicación (0 DAA), el porcentaje de pústulas esporuladas es de 0 a 10%, después de catorce días de la primera aplicación llegan a cero por ciento, como se observa en la figura 10. Treinta días después de la primera aplicación (14 DAB) se comienzan a diferenciar los tratamientos, Serenade 1.34 SC 5 litros/hectárea presenta un porcentaje de 10, mientras que Cupravit Azul 35 WP 3 kg/ha presenta un porcentaje de 11 y Serenade 1.34 SC 7 litros/hectárea un 17% respectivamente.

Sesenta días después de la primera aplicación (14 DAD) el mejor tratamiento respecto a la variable porcentaje de pústulas esporuladas en el estrato superior fue Serenade 1.34 SC 5 l/ha, presentando un porcentaje de pústulas esporuladas de 35%, el tratamiento testigo comparativo, Cupravit Azul 35 WP 3 l/ha también presentó un porcentaje de pústulas esporuladas similar, siendo este de 40% y Serenade 1.34 SC 7 l/ha un 45% respectivamente.

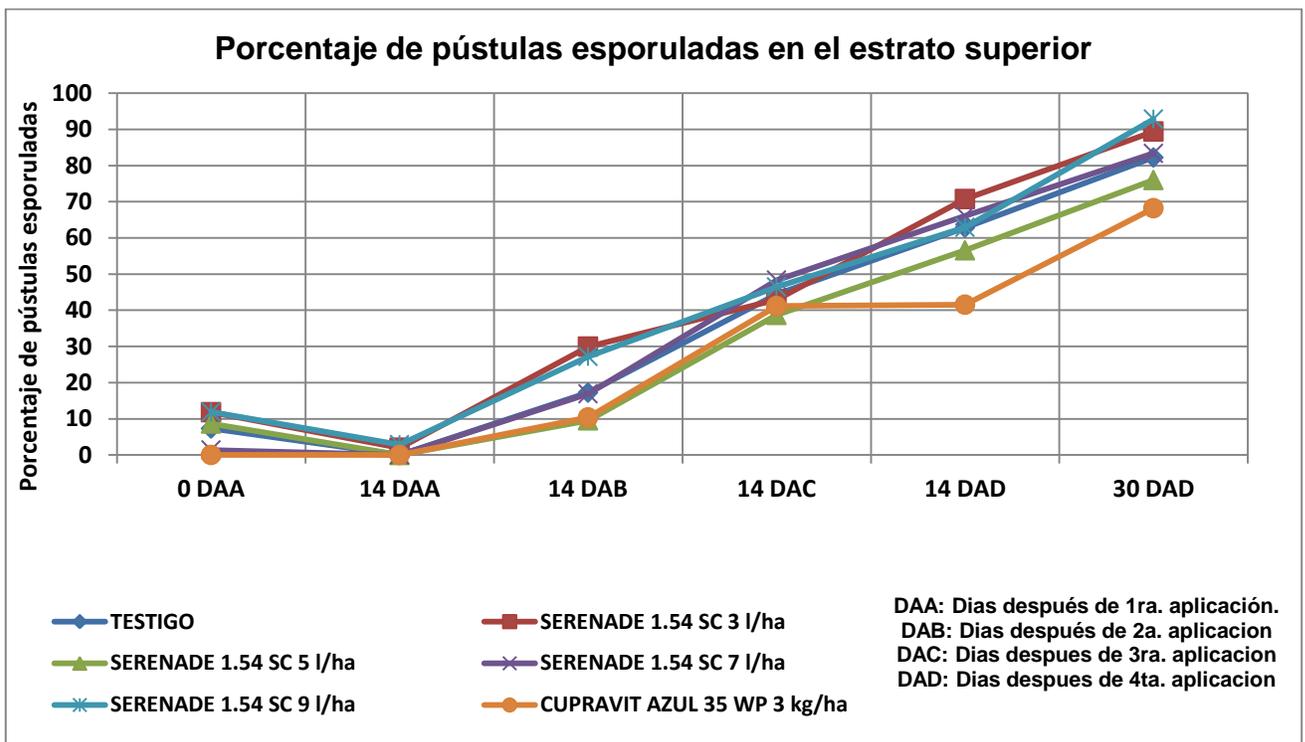


FIGURA 10 Porcentaje de pústulas esporuladas en el estrato superior

2.8.7 Porcentaje de pústulas esporuladas en el estrato inferior

En la figura 11 se muestra el porcentaje de pústulas esporuladas en el estrato inferior de la planta de café, presentando un máximo del 85%, respectivamente.

Al inicio de la investigación los tratamientos presentaron porcentajes que fueron desde 0 hasta 10 de pústulas esporuladas, catorce días después de la primera aplicación (14 DAA) todos los tratamientos disminuyeron hasta un 2% respecto a la variable de pústulas esporuladas en el estrato inferior.

Treinta días después los tratamientos aumentaron hasta un 20%, mientras que a los sesenta días después de la primera aplicación (14 DAD) llegaron a 55% de pústulas esporuladas. Se pudo observar que la tendencia de las pústulas es a esporular a pesar que se hicieron cuatro aplicaciones a los tratamientos durante el transcurso de la investigación.

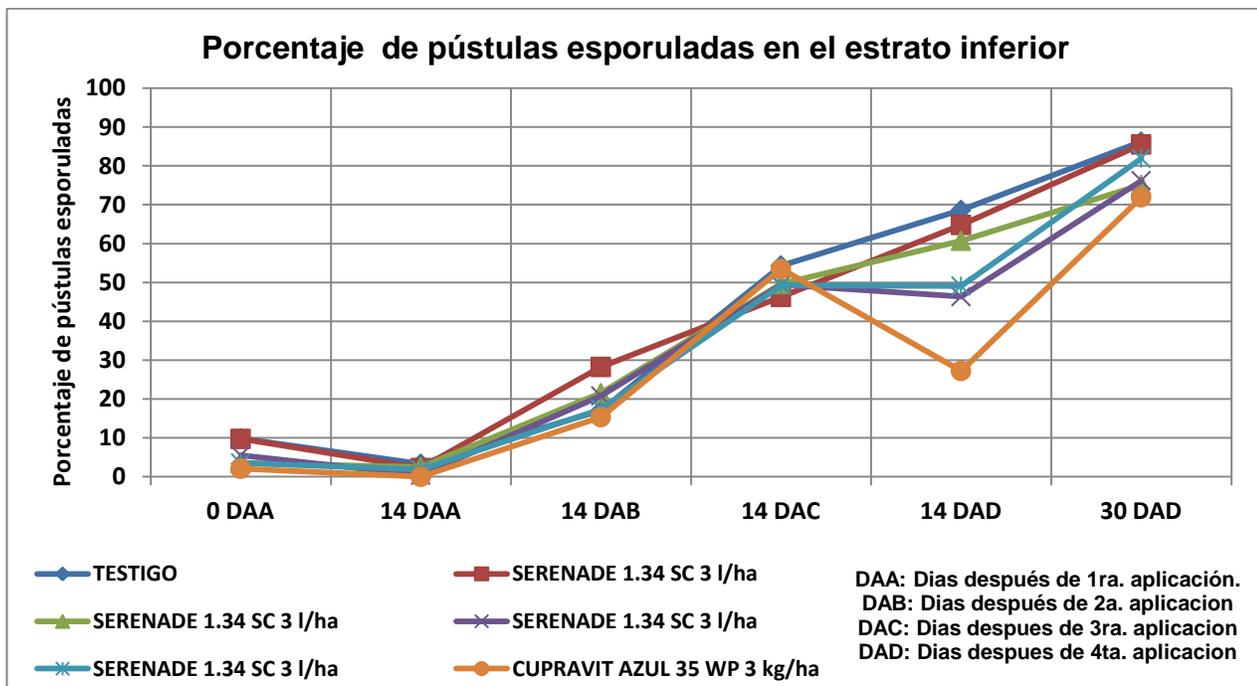


FIGURA 11 Porcentaje de pústulas esporuladas en el estrato inferior

Catorce días después de la cuarta aplicación (14 DAD) se empieza a ver el efecto residual de los tratamientos, el tratamiento que presenta mayormente dicho efecto es el testigo comparativo, Cupravit Azul 35 WP 3 kg/ha, por ser un fungicida de naturaleza química (preventivo), con un porcentaje de 28, mientras Serenade 1.34 SC 7 litros/hectárea presenta un porcentaje de 45.

2.8.8 Porcentaje del promedio de pústulas esporuladas en el estrato superior y en el estrato inferior

La figura 12 muestra el promedio de las pústulas esporuladas en los dos estratos de la planta de café. El porcentaje máximo de pústulas esporuladas fue de 45 representado por el tratamiento testigo y Serenade 1.34 SC 3 litros/hectárea, mientras que el mínimo porcentaje fue de 2 representado por el tratamiento comparativo, Cupravit Azul 35 WP 3 l/ha, durante todo el periodo de la investigación.

Como se observa en la figura 12, los mejores tratamientos fueron: Serenade 1.34 SC 7 l/ha, desde los catorce días después de la primera aplicación (14 DAA) hasta los sesenta días después de la primera aplicación (14 DAD), luego el tratamiento que también presentó resultados positivos fue Serenade 1.34 SC 5 l/ha y Cupravit Azul 35 WP 3 l/ha, respectivamente.

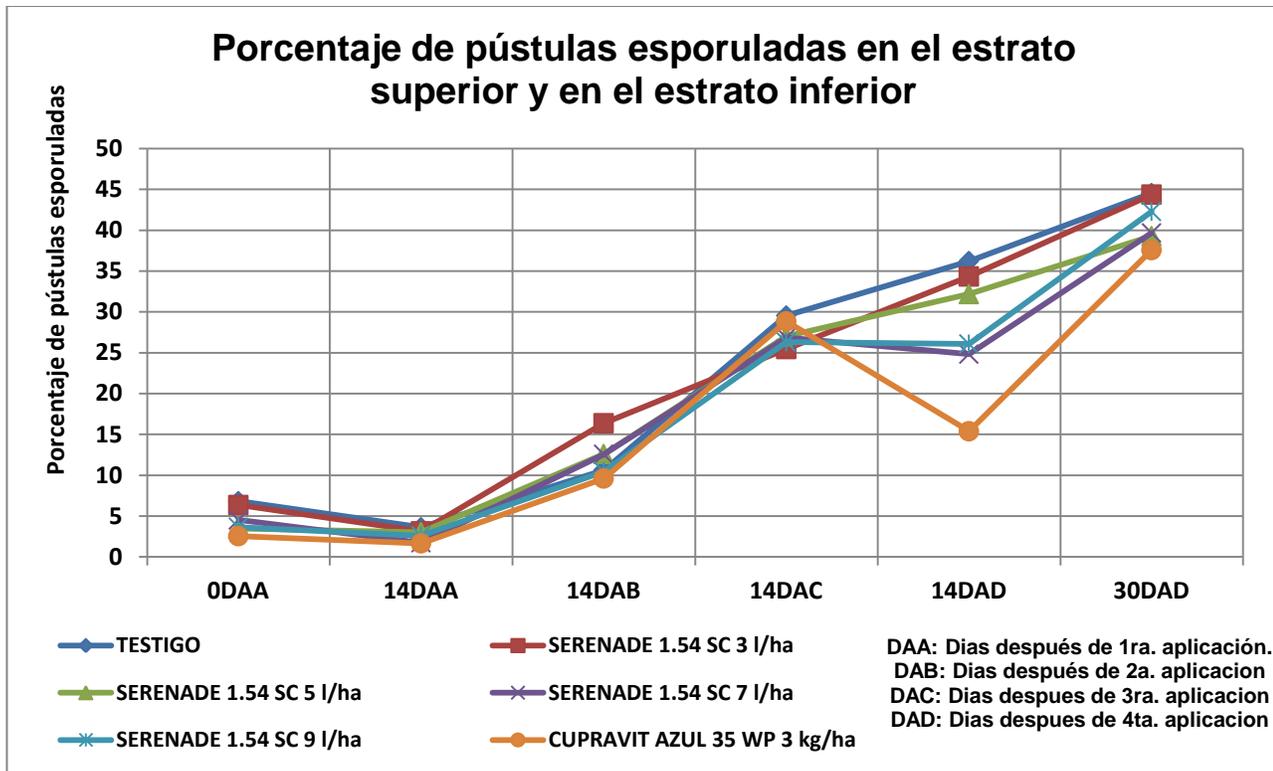


FIGURA 12 Porcentaje del promedio de pústulas esporuladas en el estrato superior y en el estrato inferior.

Catorce días después de la cuarta aplicación (14 DAD), el tratamiento que presentó mejores resultados fue Cupravit Azul 35 WP 3 kg/ha con 15% de pústulas esporuladas, debido a su residualidad química, luego Serenade 1.34 SC 7 I/ha y Serenade 1.34 SC 9 I/ha con 25 y 26%, respectivamente.

Serenade 1.34 SC 7 I/ha mostró el mejor control de pústulas esporuladas que los demás tratamientos con Serenade a diferentes dosis.

2.9 CONCLUSIONES

- Serenade 1.34 SC es un producto de carácter biológico que de acuerdo a la investigación realizada en el cultivo de café en la Finca el Platanar, Acatenango, Chimaltenango, mostro eficacia sobre el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*).
- Los días de actividad de control sobre la roya de café (*Hemileia vastatrix*) de Serenade 1.34 SC son de 5 a 7 días, debido a la baja residualidad del producto.
- De acuerdo a las graficas obtenidas durante el transcurso de la investigación se llevo a la conclusión de que la mejor dosis en que se puede aplicar Serenade 1.34 SC para el manejo de roya de café (*Hemileia vastatrix*) es de 7 l/ha.
- Serenade 1.34 SC actúa como producto preventivo por su bajo efecto de choque y baja residualidad en la planta, pero principalmente por ser producto de control biológico no puede controlar la enfermedad y solamente la maneja por un tiempo de aproximadamente 5 a 7 días.

2.10 RECOMENDACIONES

- Incluir Serenade 1.34 SC a dosis de 7 l/ha en los programas de manejo de Roya de café, incluyendo café orgánico, siempre y cuando la incidencia sea menor al 20 % ya que por ser un controlador biológico no tiene alta eficacia sobre la enfermedad de roya de café (*Hemileia vastatrix*).
- Evaluar Serenade 1.34 SC en diferentes épocas de aplicación y diferentes altitudes.
- Utilizar Serenade 1.34 SC 7 l/ha con intervalo de aplicación de 5 a 7 días.
- Utilizar Serenade 1.34 SC con Severidad de la enfermedad menor a 10%.
- Realizar un análisis económico para ver si es rentable la aplicación de Serenade 1.34 SC 7 l/ha en un plan de prevención de roya en el cultivo de café.

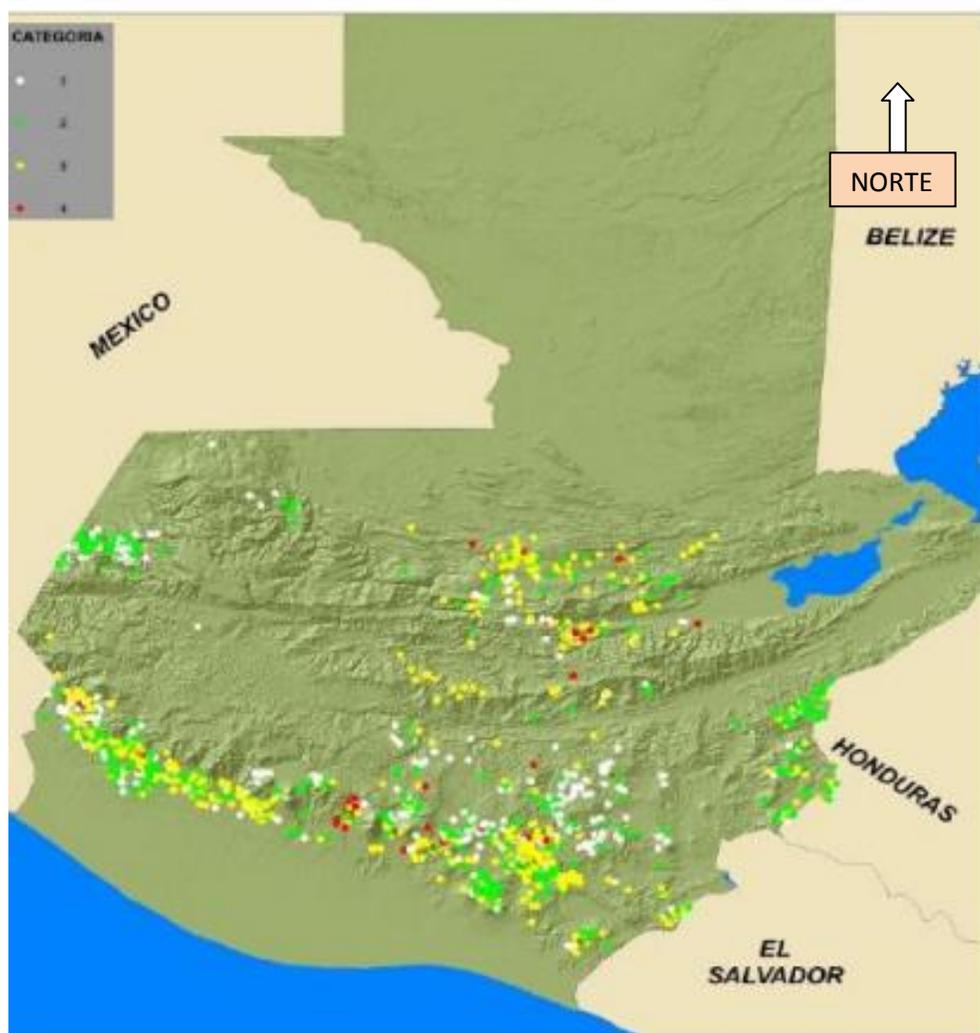
2.11 BIBLIOGRAFÍA

1. Agricultura Orgánica.CO. 2013. Subtilin (en línea). Palmira, Colombia. Consultado 28 mayo 2014. Disponible en http://www.controlbiologico.com/ep_bacillus_subtilis.htm
2. ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café, GT). 2006. Acatenango obtiene la denominación de origen por su café (en línea). Guatemala. Consultado 20 feb 2014. Disponible en http://www.anacafe.org.gt/glifos/index.php?title=13NOT:BL_Acatenango_obtiene_denominacion_origen
3. Arcila Pulgarin, J. 2013. Crecimiento y desarrollo de la planta de café: capítulo 2 (en línea). *In* Sistemas de producción de café en Colombia. Colombia, CENICAFE. p. 22-24. Consultado 20 ene 2014. Disponible en <http://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>
4. BAYER, GT. 2009. Clasificación de los fungicidas (diapositivas). Guatemala. 20 diapositivas.
5. Bayer Centroamérica y El Caribe, CO. 2014. Serenade ® 1.34 SC agente microbial para el control de enfermedades (en línea). Colombia. Consultado 20 ago 2014. Disponible en <http://www.bayercropscience-ca.com/index.php>
6. Cenicafe.org. 2011. Ensayos de control biológico de la roya del café (en línea). Colombia. Consultado 4 ene 2015. Disponible en <http://www.cenicafe.org/es/index.php/forums/viewthread/20/>
7. Chamalé, V; Rosales, J. 2013. Roya impacta en economía local (en línea). Prensa Libre, Guatemala, Julio 3. Consultado 20 mar 2014. Disponible en http://www.prensalibre.com/chimaltenango/Roya-impacta-economia-local_0_878312200.html
8. Comisión Pastoral de Movilidad Humana, GT. 2013. La roya del café sus efectos directos en la pérdida de empleo y emigración (en línea). *In* Conferencia Episcopal de Guatemala (2013, GT). Guatemala. Consultado 20 ene 2014. Disponible en <http://www.movilidadhumana.com/wp-content/uploads/2013/09/Boletin-2.-La-Roya-y-sus-efectos-en-el-desempleo-y-emigracion-Gt.pdf>

9. Deguate.com. 2009. Historia del café en Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 11 mar 2014. Disponible en <http://www.deguate.com/artman/publish/cultura-platillos-bebidas-guatemala/historia-del-cafe-en-guatemala.shtml#.UyuK36h5OgY>
10. ElCafetalito.com. 2011. El cultivo (en línea). Guatemala. Consultado 2 ene 2015. Disponible en: <http://www.elcafetalito.com/proceso.html>
11. Guerra Castillo, BD. 2004. Experiencias del manejo de las enfermedades fungosas presentes en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en finca de pequeños caficultores en la aldea La Montaña, Moyuta, Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 16 p.
12. Hidalgo, J. 2012. Características químicas toxicológicas de algunos fungicidas (entrevista). Guatemala, Bayer, Departamento de Desarrollo e Investigación.
13. Holt, JR; Ludica, CA. 2014. Description of the phylum basidiomycota (Moore 1980) (en línea). US, Systematic Biology. Consultado 27 mayo 2014. Disponible en <http://comenius.susqu.edu/biol/202/fungi/basidiomycota/default.htm>
14. Infoagro.com. 2013. El cultivo del café (en línea). España. Consultado 10 mar 2014. Disponible en <http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cafe4.htm>
15. López Portillo, RJ. 2006. Caracterización de tres variedades de café (*Coffea arabica*) en tres zonas ecológicas del país. Trabajo de Graduación Ing. Agr. Guatemala, USAC. 62 p.
16. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Primera aproximación al mapa de clasificación de los suelos de la república de Guatemala a escala 1:250,000 –memoria técnica- (en línea). Guatemala. Consultado 09 ene 2015. Disponible en http://www.sigmaga.com.gt/pdfs_sigmaga/001-%20DOC%20MAPA%20CLASIF%20TAXONOMICA%20MEMORIA%20TECNICA.pdf
17. _____. 2013. Información roya de café (en línea). Guatemala. Consultado 14 mar 2014. Disponible en http://web.maga.gob.gt/wp-content/uploads/img/roya/acceso_informacion-roya_del_cafe.pdf
18. Marroquín, M. 2015. Roya de café en Guatemala (en línea). Guatemala, FAUSAC, Gestor de Documentos, Fitopatología. Consultado 3 ene 2015. Disponible en http://fausac.usac.edu.gt/GPublica/index.php/Roya_del_Caf%C3%A9_en_Guatemala

19. Medina Castañeda , VM. 2013. Evaluación de ingredientes activos para el control de plagas y enfermedades, en cultivos hortícolas, rosa y café, en los departamentos de Sacatepéquez, Chimaltenango y Santa Rosa, Guatemala, C.A. Trabajo de Graduación Ing. Agr. Guatemala, USAC. 80 p.
20. Monroig Inglés, MF. 2014. Descripción morfológica del café (en línea). Puerto Rico, Ecos del Café. Consultado 12 mar 2014. Disponible en <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id53.htm>
21. Mora, G. 2008. Epidemiología vegetal. Guatemala, Universidad Rafael Landívar. p. 56-65.
22. Muñoz, R. 2014. Manejo del cultivo de café (entrevista). Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, Finca El Platanar.
23. OIRSA, MX. 2014. Guía de campo para la identificación de síntomas de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) (diapositivas). México, OIRSA, Programa Regional de Apoyo al Control de la Roya del Café. 17 (diapositivas). Consultado 20 ene 2014. Disponible en http://amecafe.org.mx/downloads/Ficha%20Identificaci%C3%B3n%20s%C3%ADntomas%20Roya%20Caf%C3%A9_OIRSA_Versi%C3%B3n1_Julio%20de%202013.pdf
24. Ramírez, E; Álvarez, J; Fajardo, O. 2013. Manejo fitosanitario de la roya del café (diapositivas) (en línea). Guatemala, VISAR / MAGA, Departamento de Vigilancia Epidemiológica. Consultado 20 mar 2014. Disponible en <http://visar.maga.gob.gt/visar/manfroya.pdf>
25. RedCafe.org. 2014. Cultivo del café (en línea). Costa Rica. Consultado 20 mar 2014. Disponible en <http://www.redcafe.org/cultivo.htm>
26. SINAVER (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria, MX). 2013. Ficha técnica roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome) (en línea). México. Consultado 27 mar 2014. Disponible en <http://amecafe.org.mx/downloads/FichaT%C3%A9cnicaRoyadelCafeto.pdf>
27. SQM.com. 2014. Café (en línea). Chile. Consultado 13 mar 2014. Disponible en <http://www.sqm.com/es-es/productos/nutricionvegetaldeespecialidad/cultivos/cafe.aspx>
28. Subero, L. 2011. La roya del cafeto (en línea). Perú, InfoCafes. Consultado 20 ago 2014. Disponible en <http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/136.pdf>

2.12 ANEXOS



MAPA DE SEVERIDAD DE LA ROYA EN 1,608 PUNTOS DE MUESTREO EN GUATEMALA

193,200 HECTÁREAS DE CULTIVO INFECTADA (de 276,000 hectáreas de cultivo de café en Guatemala)

CATEGORIAS

1	Sin daño	Aunque presente, no afecta producción y vigor de las plantas
2	Bajo	Defoliación leve, pérdida cosecha menor o igual a 5%
3	Intermedio	Defoliación +/- 50%, pérdida cosecha menor o igual a 20%
4	Alto	Defoliación > 50%, pérdida cosecha mayor a 20%

Fuente: Centro de Investigaciones en Café -CEDICAFE-, Asociación Nacional del Café -ANACAFE-

ANEXO 1 Mapa de Guatemala mostrando los niveles de severidad de roya (9).



7 **CAPÍTULO III**

INFORME DE SERVICIOS PROFESIONALES REALIZADOS EN BAYER S.A.

7.1 PRESENTACIÓN

“La agricultura en Guatemala está en evolución y prueba de ello es el uso de nuevas tecnologías y formas de cultivo. Bayer CropScience está a la vanguardia y cuenta con productos de acuerdo con estos cambios, y sus actuales investigaciones harán que durante los próximos años se vean aparecer nuevos grupos químicos”.

El Ejercicio Profesional Supervisado tiene dentro de su programa el desarrollo de servicios profesionales en las empresas o comunidades donde se encuentra el estudiante de EPS.

Los servicios se realizaron posteriormente al diagnóstico, se planificaron de acuerdo a los problemas encontrados en el mismo. El diagnóstico se realizó en el municipio de Acatenango, Chimaltenango y los servicios se realizaron en el departamento técnico de BAYER, fueron dos servicios en el desarrollo del EPS.

7.2 ÁREA DE INFLUENCIA

El departamento de Desarrollo Agronómico de BAYER S.A, realiza investigación en la república de Guatemala, el área asignada por el departamento de desarrollo agronómico de BAYER para realizar los servicios profesionales fue en el departamento de Chimaltenango, principalmente en el municipio de Acatenango.

El primer servicio se realizó en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con muestras tomadas de la Finca El Platanar y Anexos del municipio de Acatenango, Chimaltenango.

El segundo que consistió en realizarse también en el municipio de Acatenango, Chimaltenango, debido a que es una zona productora del cultivo de café de exportación.

7.3 OBJETIVOS GENERAL

- Desarrollar servicios profesionales al departamento de Desarrollo Técnico de BAYER S.A, en la investigación de nuevos ingredientes activos de tipo insecticida y fungicida y colaborar con nuevos estudios en la Finca El Platanar y Anexos.

7.4 SERVICIOS REALIZADOS

7.4.1 Evaluación de el uso de *Bacillus subtilis* para el manejo o control de roya de café (*Hemileia vastatrix*) en hojas del cultivo de café (*Coffea arabica*) bajo condiciones de laboratorio.

7.4.1.1 Definición del problema

Evaluar los productos en el campo es importante, porque se analiza su comportamiento en condiciones naturales, también es importante tomar en cuenta el análisis de laboratorio ya que en este se controlan las variables que pueden influir en los datos y por ende en los resultados.

En laboratorio es más fácil darse cuenta del cambio que sufre la especie de interés durante el transcurso del tiempo de la investigación, por ello es importante realizar las investigaciones a nivel de campo y laboratorio.

7.4.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar la eficacia de la bacteria *Bacillus subtilis* sobre la enfermedad roya de café producida por *Hemileia vastatrix* en hojas de café (*Coffea arabica*) bajo condiciones de laboratorio de microbiología, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Determinar la dosis de Serenade 1.34 SC de mayor eficacia para el manejo de roya de café en hojas de café.
- Determinar el tratamiento de mayor eficacia de los tratamientos evaluados.

7.4.1.3 Metodología

Localización del experimento

La evaluación del experimento se realizó en el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en donde se manifestaron condiciones controladas como la temperatura, humedad, luz, etcétera.

CUADRO 12 Tratamientos a evaluar.

Tratamientos	Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis	Modo de acción
T1	Testigo relativo			
T2	Serenade 1.34 SC	<i>Bacillus subtilis</i>	3 l/ha. (4.10 x10 ¹⁰ ufc)	Contacto
T3	Serenade 1.34 SC	<i>Bacillus subtilis</i>	5 l/ha. (4.10 x10 ¹⁰ ufc)	Contacto
T4	Serenade 1.34 SC	<i>Bacillus subtilis</i>	7 l/ha. (2.05 x10 ¹¹ ufc)	Contacto
T5	Serenade 1.34 SC	<i>Bacillus subtilis</i>	9 l/ha. (1.43 x10 ¹² ufc)	Contacto
T6	Cupravit Azul 35 WP	Hidróxido de Cobre	3 kg/ha.	Contacto

Distribución de los tratamientos

Para distribuir los tratamientos aleatoriamente se utilizó la fórmula de Rango en el programa de Excel.

CUADRO 13 Aleatorización de tratamientos.

Repetición 2	Repetición 1	Repetición 3
T3	T1	T6
T4	T6	T2
T1	T2	T3
T2	T5	T4
T5	T3	T5
T6	T4	T1

Diseño experimental

Debido a la naturaleza del ensayo para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño completamente al azar con 4 repeticiones y 6 tratamientos incluyendo un testigo relativo.

Unidad experimental

La unidad experimental estuvo conformada por bandejas de plástico transparente con tapaderas individuales cada una. El área de las bandejas fue de 22cm x 14.5cm, con una capacidad de 64 oz. En cada unidad experimental se colocaron 5 hojas de café; de las cuales 3 estaban infectadas por *Hemileia vastatrix* y 2 hojas estaban totalmente sanas. Se utilizaron 24 unidades experimentales

- **Tipo de aplicación:**

Se realizó una única aplicación a las plantas de café en el campo para que la cobertura de la hoja fuera como normalmente se aplica en las plantas en el momento de una aplicación de fungicida. Luego se colectaron 20 hojas de cada tratamiento y se separaron cada 5 en una bandeja.

El volumen de agua que se utilizó para esta aplicación fue de 520 L/ha

- **Momento y frecuencia de muestreo:**

Asumiendo que las hojas dentro de la bandeja, con buena hidratación y condiciones adecuadas tuvieran una vida fuera de la plantación de 15 días o más, los muestreos se realizaron cada 48 horas, teniendo un total de 7 muestreos.

- **Manejo del experimento**

Cada 24 horas se aplicó agua en cada una de las bandejas para mantener la humedad necesaria para que las hojas se mantuvieran hidratadas y generar las condiciones del hongo y bacteria en evaluación.

Se realizó la distribución de los tratamientos en el área asignada para el experimento.

Las bandejas estuvieron debidamente identificadas con el tratamiento y la repetición que correspondía.

7.4.1.4 Variables de respuesta

Las variables de respuesta que se utilizaron para la investigación fueron las siguientes:

- **Incidencia**

Para medir esta variable, se observaron las hojas completas para observar presencia de la enfermedad o no, siendo una hoja sana.

- **Severidad de *Hemileia vastatrix*, en hoja completa de café.**

Se realizó con un programa epidemiológico en donde se tomó una escala de 4 clases. Para muestrear esta variable se tomaron las 5 hojas de cada bandeja. Las clases se evaluaron tal y como está representada en la escala de severidad realizada por LANREF (Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria), que se presenta en la figura 13.

Clase	Daño en la Hoja área foliar afectada
0	Sano, sin síntomas visibles
1	1-5 %
2	6-20%
3	21-25%
4	>50%

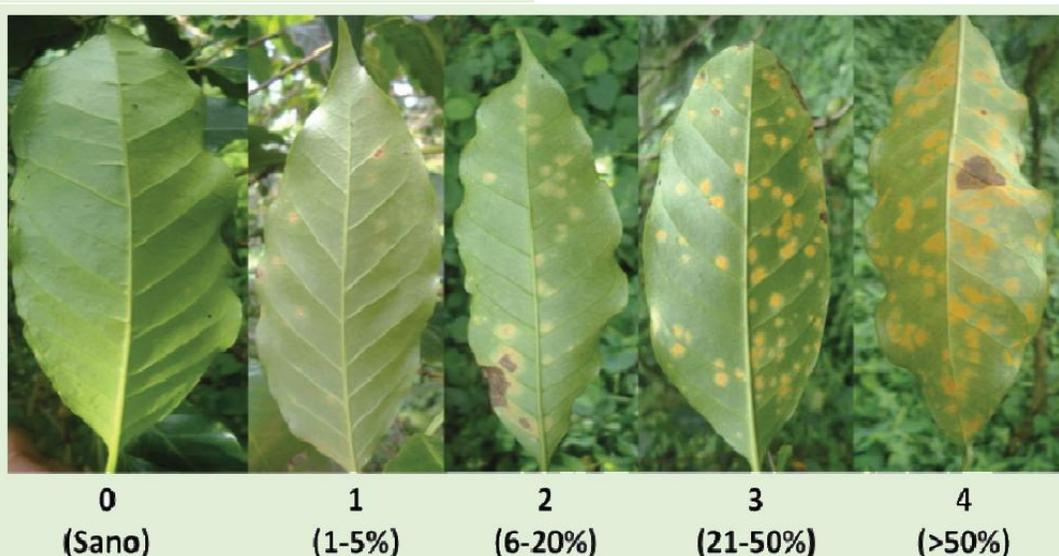


FIGURA 13 Escala de severidad de roya en la planta (OIRSA)

- **Número de pústulas esporuladas**

Esta variable se midió para cada hoja presente en las bandejas. Se observó el envés de la hoja y se contó el número de pústulas presentes, posteriormente se separaron

contando las que no estaban esporuladas y las que si estaban esporuladas. Se analizaron 20 hojas por tratamiento para su análisis posterior.

CUADRO 14 Boleta de muestreo o toma de datos

FECHA: _____ HORA: _____ NÚMERO DE TRATAMIENTO Y REPETICION _____					
NÚMERO DE HOJA	NÚMERO DE PÚSTULAS	NÚMERO DE PÚSTULAS NO ESPORULADAS	NÚMERO DE PÚSTULAS ESPORULADAS	INCIDENCIA	PORCENTAJE DE SEVERIDAD
1					
2					
3					
4					
5					

Fuente. Elaboración propia

7.4.1.5 Resultados

Incidencia de roya sobre las hojas de café en condiciones de laboratorio

Se utilizó esta variable como la más importante en la medición de la roya de café en las hojas, a nivel de laboratorio. En el campo, se observa la planta completa y a criterio propio se define la incidencia.

Porcentaje de incidencia de roya de café en hojas de café a nivel laboratorio

En la figura 14 se observó que a los 2 días después de la aplicación de los tratamientos el único que presentó resultados favorables es Serenade 1.34 SC a dosis de 9 litros/hectárea, a los 5 días después de la aplicación mostró aumento de incidencia de la enfermedad, llegando a los 9 días con esa misma dirección, mientras los demás tratamientos mantienen el nivel de incidencia. A los 12 días después de la aplicación el tratamiento que aumenta el porcentaje de incidencia es Serenade 1.34 SC a 5 litros/hectárea. En el último muestreo se incrementó la incidencia en la mayoría de

tratamientos, solamente Serenade 1.34 SC a dosis de 5 y 9 litros/hectárea mantienen en el porcentaje. Se muestra claramente que el tratamiento de Serenade 1.34 SC 7 l/ha, muestra los mejores resultados.

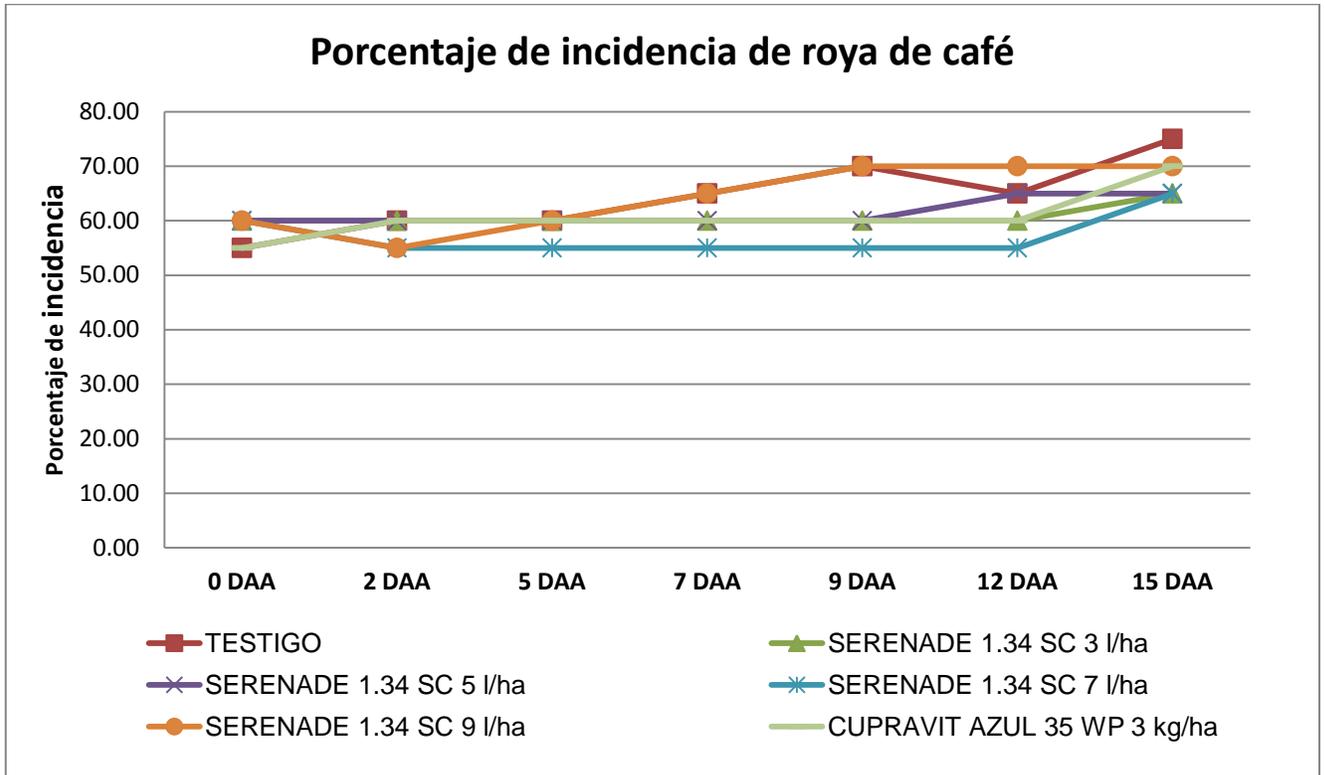


FIGURA 14 Incidencia de roya sobre las hojas de café en condiciones de laboratorio.

Severidad de roya sobre las hojas de café en condiciones de laboratorio

Al igual que en el campo, la severidad de la enfermedad también se tomó en condiciones de laboratorio, para poder saber el avance de la enfermedad en estas condiciones. Se utilizó una escala de 5 clases en donde indicaba la condición de las hojas de café.

En la figura 15 se observa el porcentaje de severidad que tomaron las hojas de café en condiciones de laboratorio. Se muestra Serenade 1.34 Sc a dosis de 9, 7, 5 y 3 litros/hectárea, presentan una disminución de severidad de la enfermedad, esto presente a los 2 días después de la aplicación. 5 días después de la aplicación se observó que Serenade 1.34 SC a dosis de 9 y 5 litros/hectárea aumenta la severidad de la enfermedad, luego en todos los tratamientos aumentan la severidad de la enfermedad, esto a los 7 días

después de la aplicación. Serenade 1.34 SC a dosis de 9 l/ha continua aumentando la severidad, mientras los demás tratamientos disminuyen. A los 12 días Cupravit 35 WP a 3 kg/ha y Serenade 1.34 SC a dosis de 3 litros/hectarea se mantienen en severidad, mientras en los demás tratamientos disminuyen. Y por último en todos los tratamientos aumentan la severidad de la enfermedad.

El testigo relativo presenta la misma tendencia que los otros tratamientos durante el transcurso de la investigación.

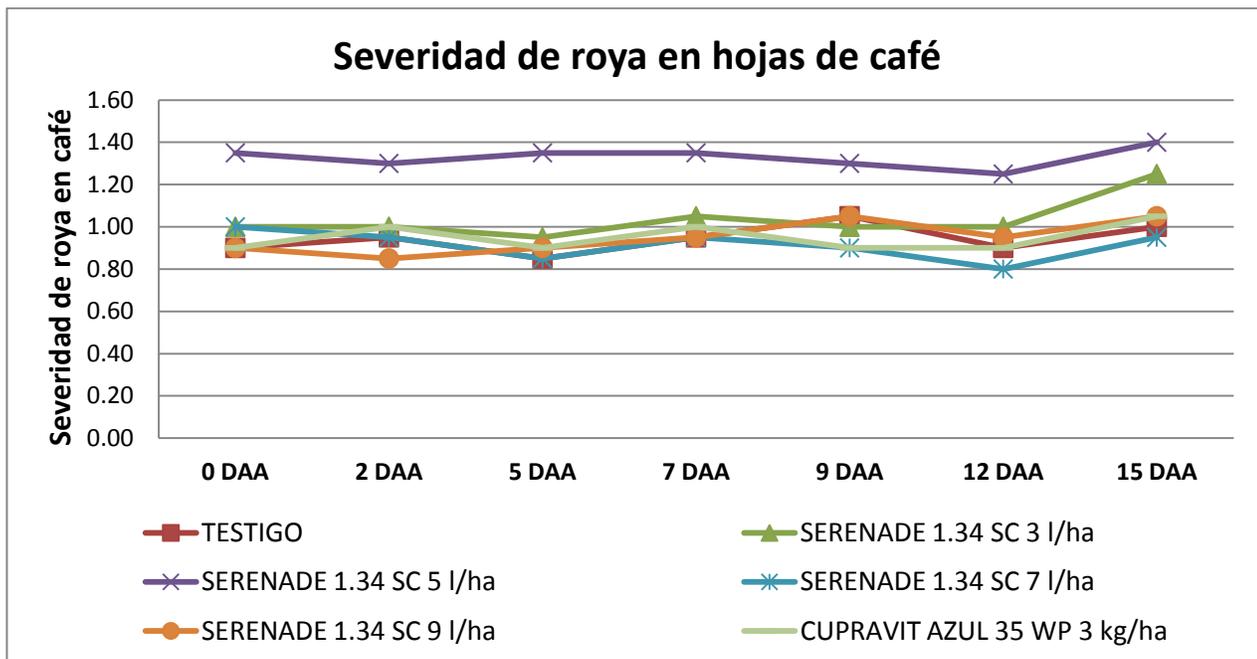


FIGURA 15 Porcentaje de severidad en hojas de roya en condiciones de laboratorio.

Pústulas esporuladas de *Hemileai vastatrix* en hojas de café en condiciones de laboratorio

En la figura 16 se puede observar que el número de pústulas se comporta de una manera variable, siendo esta; en el segundo día después de la aplicación (2DAA), el aumento de las pústulas esporuladas se presentó en todos los tratamientos, sin excepción, en el quinto día después de la aplicación (5DAA) se puede observar que solo el tratamiento de Serenade 1.34 SC a 9 l/ha sigue aumentando, respecto a la variable pústulas esporuladas

por hoja de café. En el muestreo realizado a los 7 días después de la aplicación (7DAA) todos los tratamientos aumentan las pústulas esporuladas. A los 9 días después de la aplicación (9DAA) se puede observar que los tratamientos Serenade 1.34 SC a dosis 9 y 7 l/ha empiezan a descender respecto a la variable pústulas esporuladas. A los 12 días después de la aplicación todos los tratamientos presentan disminución de pústulas esporuladas, mientras que a los 15 días después de la aplicación (15DAA) solamente el tratamiento da resultados de aumento en la variable pústulas esporuladas.

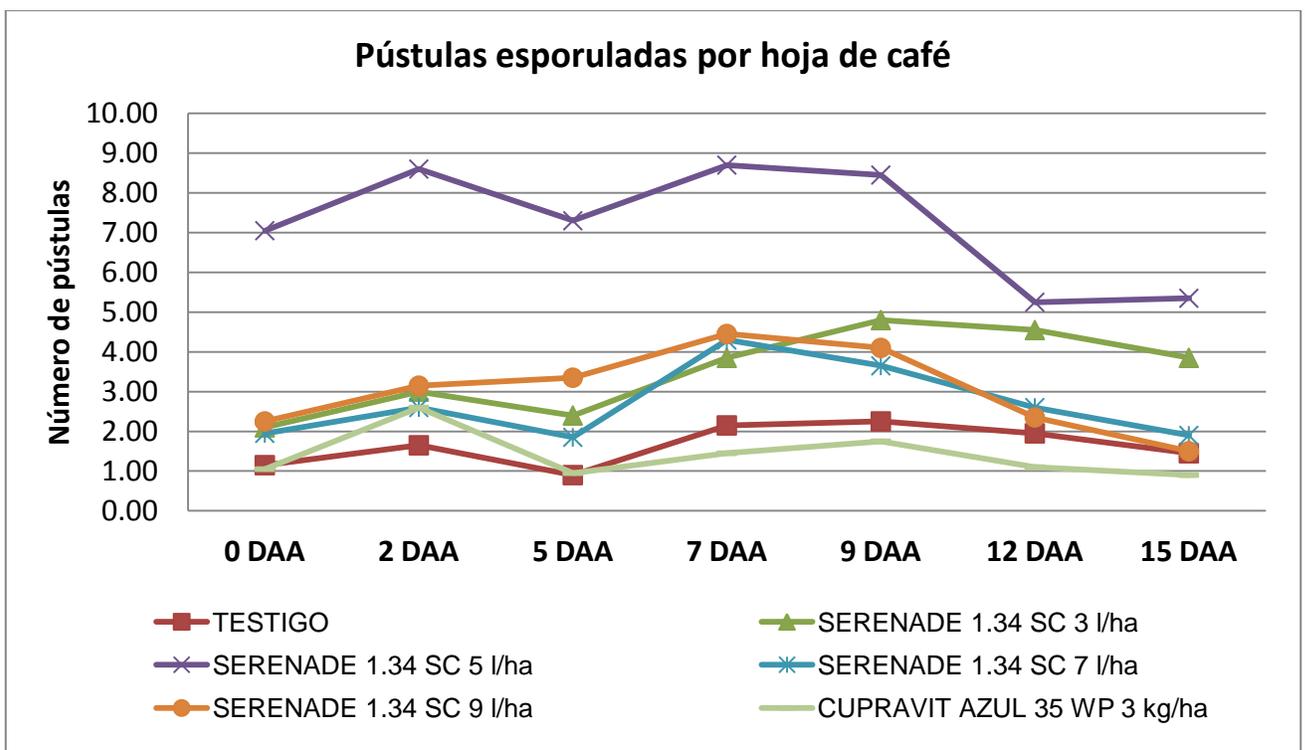


FIGURA 16 Pústulas esporuladas de *Hemileai vastatrix* en hojas de café en condiciones de laboratorio

7.4.1.6 Conclusiones

- Analizar el comportamiento de cada uno de los tratamientos sobre la roya de café (*Hemileia vastatrix*) bajo condiciones de laboratorio es importante ya que tanto la bacteria (*Bacillus subtilis*) y la roya de café (*Hemileia vastatrix*) sufren un proceso de cambios que no se observan tan fácilmente y detalladamente en el campo.
- De acuerdo a la gráfica realizada de la variable incidencia de roya de café sobre hojas de café bajo condiciones de laboratorio, indica que Serenade 1.34 SC a 7 l/ha mostró los mejores resultados, ya se mantuvo en una misma dirección sin aumentar ni disminuir la incidencia.
- Serenade 1.34 SC a dosis de 7 l/ha demuestra un buen manejo de la roya de café (*Hemileia vastatrix*) utilizado como producto preventivo o de contacto.
- En la variable severidad de la roya de café se observa que Serenade 1.34 SC a dosis de 7 l/ha presenta los mejores resultados manteniéndose a un mismo nivel considerable de dicha variable.

7.4.2 Análisis de la sostenibilidad del suelo en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en la Finca El Platanar y Anexos, Acatenango, Chimaltenango.

7.4.2.1 Definición del problema

La sostenibilidad del suelo permite mantenerlo como un recurso del cual se obtengan beneficios a largo plazo sin que se produzca su degradación (3).

La sostenibilidad del suelo cuenta con fundamentos como la calidad del suelo y la salud del cultivo. Entre la calidad del suelo entran varios componentes que se deben analizar en el lugar en donde se requiere determinar la sostenibilidad del suelo, estos son; la estructura y textura del suelo, la compactación e infiltración, la profundidad del suelo, el estado de residuos, el color, olor y materia orgánica, la retención de humedad, el desarrollo de raíces, la cobertura del suelo, la erosión y la actividad biológica.

Mientras los componentes que se estudian en el fundamento de la salud del cultivo son; la apariencia, el crecimiento del cultivo, la resistencia o tolerancia a estrés como la sequia, lluvias intensas, plagas, etc., incidencia de enfermedades, la competencia por malezas, el rendimiento actual o potencial, la diversidad genética, la diversidad vegetal, la diversidad natural circundante y el sistema de manejo.

Es importante para la finca conocer el estado actual del suelo en donde trabajan su cultivo, en este caso el café, ya que depende de ello, así serán los resultados de producción y rendimiento del cultivo.

7.4.2.2 Objetivos específicos

- Dar a conocer a la Finca El Platanar y Anexos, Acatenango, Chimaltenango, el estado actual de la sostenibilidad del suelo en el cultivo del café (*Coffea arabica*) para que tomen en cuenta el manejo y mejoras que deben de hacer para obtener los mejores resultados en la producción.
- Determinar los fundamentos de la sostenibilidad del suelo en la Finca El Platanar y Anexos, Acatenango, Chimaltenango.

7.4.2.3 Metodología

Área experimental

El estudio de la sostenibilidad del suelo se realizó en la Finca El Platanar, Acatenango, Chimaltenango, en el suelo del cultivo de café.

Toma de datos

Para la determinación de la sostenibilidad del suelo en la Finca El Platanar y Anexos, Acatenango, Chimaltenango, se utilizaron tres criterios, cada uno expuesto por una persona conocedora del mismo, transmitiendo su opinión para cada uno de los componentes.

La primer persona que trabajo la encuesta es el encargado de la Finca El Platanar y Anexos, ya que él se mantiene al tanto de toda la información y área del cultivo de café. El nombre de la persona encargada es Rolando Muñoz.

El segundo criterio fue tomado del Ing. Agr. Wener Ochoa, Asesor de EPS, quien conoce del tema.

El tercer criterio fue por parte de la epesista en turno, Silvia Guist. Se estuvo muy de cerca en el área de estudio y se observó el comportamiento de los fundamentos de la sostenibilidad del suelo, como lo son la calidad del suelo y la salud del cultivo.

Teniendo los tres criterios se realizó un promedio, para poder trasladarlo al programa Excel[®], para el análisis y conclusión de los resultados. La grafica que se utilizo para la explicación de los resultados fue el llamado “Tela de Araña”, en donde es más fácil la comprensión de los resultados.

A continuación se presenta la encuesta promedio de cada uno de los componentes de los dos fundamentos de la sostenibilidad, cabe destacar que los tres criterios fueron muy similares ya que el suelo presentó características muy evidentes.

CALIDAD DE SUELO**CUADRO 15** Estructura y textura

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Suelo aterronado, pegajoso, Forma barro	5
5	Suelo suelto con pocos gránulos que se rompen al aplicar presión suave	
10	Suelo friable y granular, los agregados, mantienen la forma después de aplicar presión suave, aún humedecidos	

CUADRO 16 Compactación e infiltración

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Compacto, se anega	10
5	Presencia de capa compacta delgada, agua infiltra lentamente	
10	Suelo no compacto, agua infiltra fácilmente	

CUADRO 17 Profundidad del suelo

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Subsuelo casi expuesto	10
5	Suelo superficial delgado (Menos de 10 cm.)	
10	Suelo superficial más profundo (Más de 10 cm.)	

CUADRO 18 Estado de residuos

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Residuo orgánico presente que no se descompone o muy lentamente	1
5	Aun persiste residuo del año pasado en vías de descomposición	
10	Residuos en varios estados de descomposición, pero residuos viejos bien descompuestos	

CUADRO 19 Color, olor y materia orgánica

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Suelo de color pálido, con olor malo o químico, y no se nota presencia de materia orgánica o humus	10
5	Suelo de color café claro o rojizo, sin mayor olor y con algo de materia orgánica o humus	
10	Suelo de color café oscuro, con olor a tierra fresca, se nota presencia abundante de materia orgánica y humus	

CUADRO 20 Retención de humedad

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Suelo se seca rápido	10
5	suelo permanece seco en época seca	
10	Suelo mantiene algo de humedad en época seca	

CUADRO 21 Desarrollo de raíces

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Raíces poco desarrolladas, enfermas y cortas	10
5	Raíces de crecimiento algo limitado, se ven algunas raíces finas	
10	Raíces con buen crecimiento, saludables y profundas, con abundante presencia de raíces finas	

CUADRO 22 Cobertura de suelo

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Suelo desnudo	10
5	Menos de 50% del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva	
10	Mas del 50% del suelo con cobertura	

CUADRO 23 Erosión

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Erosión severa, se nota arrastre de suelo y canalillos	8.33
5	Erosión evidente pero baja	
10	No hay mayores signos de erosión	

CUADRO 24 Actividad biológica

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Sin signos de actividad biológica, no se ven lombrices o invertebrados (insectos, arañas, centípedos, etc.)	5
5	Se ven algunas lombrices y artrópodos	
10	Mucha actividad biológica, abundantes lombrices y artrópodos	

Promedio Calidad de Suelo	7.93
---------------------------	------

SALUD DEL CULTIVO**CUADRO 25** Apariencia

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Cultivo clorótico o descolorido, con signos severos de deficiencia de nutrimentos	5
5	Cultivo verde claro, con algunas decoloraciones	
10	Follaje verde intenso, sin signos de deficiencia	

CUADRO 26 Crecimiento del cultivo

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Cultivo poco denso, de crecimiento pobre. Tallos y ramas cortas y quebradizas. Muy poco crecimiento de nuevo follaje	5
5	Cultivo más denso, pero no uniforme, con crecimiento nuevo y con ramas y tallos aún delgados	
10	Cultivo denso, uniforme, buen crecimiento, con ramas y tallos gruesos y firmes	

CUADRO 27 Resistencia o tolerancia a estrés (sequía, lluvias intensas, plagas, etc.)

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Susceptibles, no se recuperan bien después de un estrés	10
5	Sufren en época seca o muy lluviosa, se recuperan lentamente	
10	Soportan sequía y lluvias intensas, recuperación rápida	

CUADRO 28 Incidencia de enfermedades

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Susceptible a enfermedades, más del 50 % de plantas con síntomas	1
5	Entre 20 y 45% de plantas con síntomas de leves a severos	
10	Resistentes, menos del 20% de plantas con síntomas leves	

CUADRO 29 Competencia por malezas

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Cultivos estresados dominados por malezas	5
5	Presencia media de malezas, cultivo sufre competencia	
10	Cultivo vigoroso, se sobrepone a malezas, o malezas chapeadas no causan problemas	

CUADRO 30 Rendimiento actual o potencial

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Bajo con relación al promedio de la zona	5
5	Medio, aceptable con relación al promedio de la zona	
10	Bueno o alto, con relación al promedio de la zona	

CUADRO 31 Diversidad genética

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Pobre, domina una sola variedad de café	5
5	Media, dos variedades	
10	Alta, más de dos variedades	

CUADRO 32 Diversidad vegetal

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Monocultivo sin sombra	5
5	Con solo una especie de sombra	
10	Con más de dos especies de sombra, e incluso otros cultivos o malezas dominantes	

CUADRO 33 Diversidad natural circundante

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Rodeado por otros cultivos, campos baldíos o carretera	5
5	Rodeado al menos en un lado por vegetación natural	
10	Rodeado al menos en un 50 % de sus bordes por vegetación natural	

CUADRO 34 Sistema de manejo

Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Monocultivo convencional, manejado con agroquímicos	1
5	En transición a orgánico, con sustitución de insumos	
10	Orgánico diversificado, con poco uso de insumos orgánicos o biológicos	

Promedio de Salud del Cultivo	4.7
-------------------------------	-----

7.4.2.4 Resultados

Calidad del suelo en el cultivo de café en Finca El Platanar y Anexos

En la figura 17 se pueden observar con claridad los componentes de la calidad del suelo, la grafica se califica en niveles de 1 a 10, en donde se define desde el nivel 1 como mala calidad, nivel 5 como calidad regular y nivel 10 como buena calidad del suelo.

Como se puede observar tiene una estructura y textura del suelo de regular calidad, donde el suelo es suelto con pocos gránulos que se rompen al aplicar presión suave.

En la compactación e infiltración se encuentra un suelo no compacto y el agua se infiltra fácilmente, esto lo hace de buena calidad.

La profundidad del suelo que se maneja es buena ya que es a una profundidad de más de 10 cm.

El estado de residuos si se encuentra de mala calidad ya que se observan residuos orgánicos que no se descomponen o muy lentamente.

El color, olor y materia orgánica se observaron de muy buena calidad, siendo estas características como lo es el suelo café oscuro, el olor a tierra fresca y la presencia abundante de materia orgánica y humus.

La retención de humedad también presenta buena calidad, porque el suelo mantiene algo de humedad en época seca.

El suelo no presenta problemas con el desarrollo de raíces ya que tienen buen crecimiento, están saludables y profundas y con abundante presencia de raíces finas.

La cobertura de suelo que presenta es más del 50%, siendo este dato de buena calidad.

La erosión del suelo está entre el rango del nivel 5 al nivel 10, esto hace que no se defina tan claramente, ya que se encontró erosión evidente pero baja y no hay mayores signos de erosión.

La actividad biológica que se maneja es de regular calidad, ya que se observaron algunas lombrices y artrópodos.

En promedio la calidad del suelo está en el nivel 7.93 dentro del rango del nivel regular y bueno, lo que significa que en algunos componentes falta mejorar.

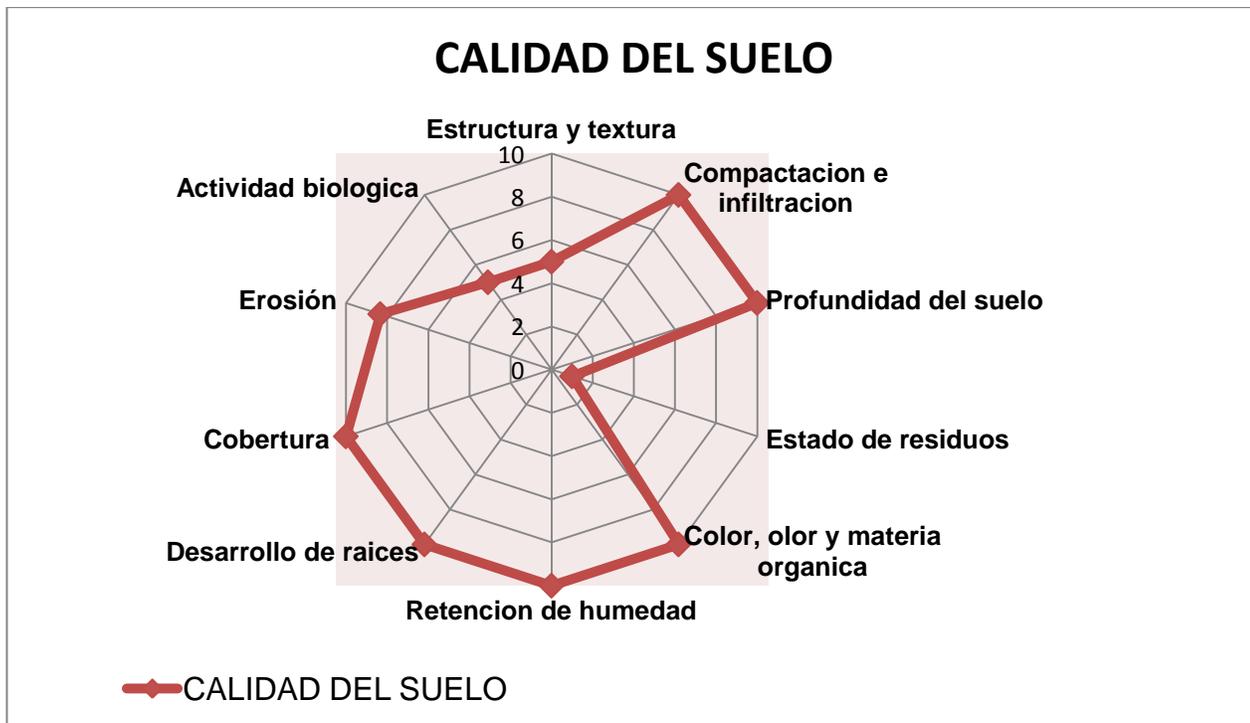


FIGURA 17 Calidad del suelo en el cultivo de café en Finca El Platanar y Anexos

Salud del cultivo

En la figura 18 se pueden apreciar los componentes de la salud del cultivo, al igual que los componentes de la calidad del suelo, también se utiliza el criterio de las personas que tuvieron contacto con la Finca El Platanar y Anexos durante el estudio de la sostenibilidad del suelo.

También se utiliza la ayuda del programa de Excel[®], con la grafica conocida como “tela de araña”.

El primer componente analizado es la apariencia que mostro el cultivo en el momento de la investigación; esta se colocó en la categoría de regular, ya que se ubico en el nivel 5, al igual que el crecimiento del cultivo.

La resistencia o tolerancia al estrés se clasifico en la categoría de buena salud del cultivo ya que se observó que los cultivos soportan sequias y lluvias intensas, y la recuperación es rápida.

En la incidencia de enfermedades se observó susceptibilidad alta de enfermedades, siendo esta más del 50 % de plantas con síntomas.

La presencia de malezas es media, es decir que el cultivo si sufre competencia, esto lo coloca en la categoría de salud del cultivo regular.

Mientras el rendimiento actual o potencial, es medio o aceptable con relación al promedio de la zona y la diversidad genética también es media habiendo dos variedades de café en la misma finca, categoría de regular salud.

La diversidad vegetal se expresa regular ya que solo se observó una sola especie de sombra, al igual que la diversidad natural circundante, que se estima que al rodear la finca al menos un lado es vegetación natural.

El sistema de manejo es de muy baja salud del cultivo ya que es monocultivo convencional, manejado con agroquímicos.

En promedio la salud del cultivo esa a nivel 4.7/10, esto quiere decir que esta mas bajo que regular, esto le da una pauta al productor de café de la finca que tiene que mejorar en muchos aspectos directamente del cultivo.

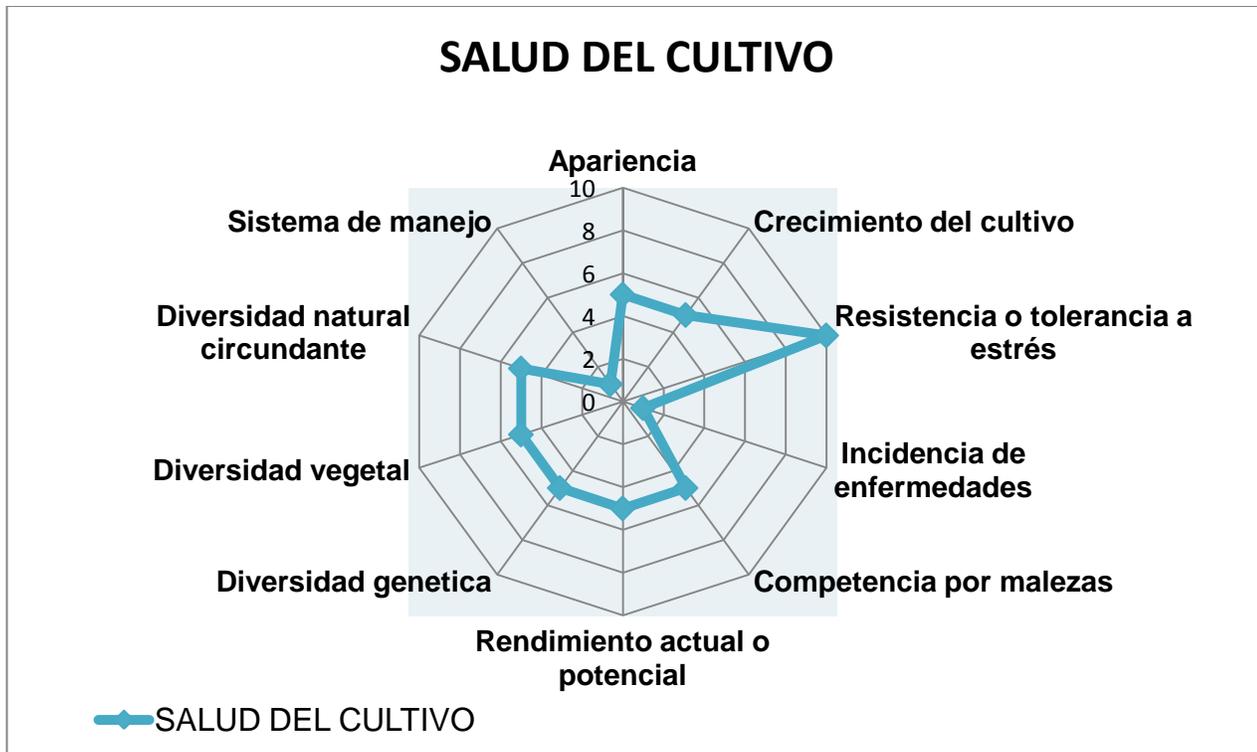


FIGURA 18 Salud del cultivo de café de la finca El Platanar y Anexos

7.4.2.5 Conclusiones

- El promedio los componentes de la calidad del suelo fue de 9.3 en la Finca El Platanar y Anexos, esto demuestra que está arriba del nivel de calidad regular y que el productor de dicha finca tiene que mejorar pocos aspectos, entre los que están más bajos, como lo es el estado de residuos, ya que este componente se encuentra en el nivel de baja calidad.
- En la salud del cultivo se pudo apreciar un nivel de 4.7, esto lo coloca en el rango de malo a regular, por lo que hay muchos aspectos que se deben mejorar para que el cultivo pueda estar con muy buena salud. Entre los aspectos que se deben

mejorar están la incidencia de enfermedades y el sistema de manejo que fueron los dos componentes que se encontraron en el nivel de salud bajo.

- Es importante que la Finca El Platanar y Anexos realice un análisis de sostenibilidad del suelo por lo menos cada dos años para saber la situación actual del suelo y del cultivo, para así mejorar aspectos que en el rendimiento o producción del cultivo este afectando. Sería bueno para el cultivo, el medio ambiente y el suelo de la finca y sus alrededores.

7.4.2.6 Bibliografía

1. ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café, GT). 2006. Guía técnica de caficultura, plagas y su control. Guatemala. p. 131-134.
2. FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) GUA. 2014. La Agenda de Desarrollo Post-2015 y los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Guatemala, Consultado 12 oct 2015. Disponible en <http://www.fao.org/post-2015-mdg/14-themes/land-and-soils/es/>
3. Muñoz, R. 2014. Manejo del cultivo de café (entrevista). Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, Finca El Platanar y Anexos.
4. Ochoa W. 2014. Asesoramiento de estudiantes de EPS (entrevista). Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, Finca El Platanar y Anexos.