

Universidad De San Carlos De Guatemala

Centro Universitario De Santa Rosa

Sección Nueva Santa Rosa

Instituto De Investigaciones Agronómicas CUNSARO –IIACUNSARO-

Trabajo De Graduación

**INFORME FINAL DEL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO,
DIAGNOSTICO, SERVICIOS E INVESTIGACIÓN EJECUTADOS EN COOPERATIVA
INTEGRAL DE AHORRO Y CRÉDITO NUEVO SENDERO R.L., ASOCIADA A LA
FEDERACIÓN DE COOPERATIVAS AGRÍCOLAS DE PRODUCTORES DE CAFÉ DE
GUATEMALA, R.L. (FEDECOCAGUA, R.L.), ALDEA CHAPAS, NUEVA SANTA
ROSA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.**

Ponente: Angel Eduardo Melgar Rodríguez, Registro Académico: 201443214

Código Único de Identificación: 2911 74531 0604

Asesor: M.Sc. Ing. Agr. Oscar Roberto Zaldaño Hernández

Guatemala, Septiembre 2020.

Universidad De San Carlos De Guatemala -USAC-

Centro Universitario De Santa Rosa -CUNSARO-

Sección Nueva Santa Rosa

**DIAGNÓSTICO, SERVICIOS E INVESTIGACIÓN EJECUTADOS EN COOPERATIVA
INTEGRAL DE AHORRO Y CRÉDITO NUEVO SENDERO, ASOCIADA A LA
FEDERACIÓN DE COOPERATIVAS AGRÍCOLAS DE PRODUCTORES DE CAFÉ DE
GUATEMALA, R.L (FEDECOCAGUA, R.L.), ALDEA CHAPAS, NUEVA SANTA
ROSA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.**

Trabajo De Graduación

**Presentado A La Honorable Consejo Directivo Del Centro Universitario De Santa Rosa
-CUNSARO- De La Universidad De San Carlos De Guatemala**

Por

Angel Eduardo Melgar Rodríguez

En El Acto De Investidura Como

Ingeniero Agrónomo

En Sistemas De Producción Agrícola

En El Grado Académico De Licenciado

Guatemala, Septiembre 2020

Universidad De San Carlos De Guatemala -USAC-

Centro Universitario De Santa Rosa -CUNSARO-

Sección Nueva Santa Rosa

Instituto De Investigaciones Agronómicas CUNSARO -IIACUNSARO-

Rector Magnifico

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos

Consejo Directivo Del Centro Universitario De Santa Rosa

Presidente Del Consejo Directivo: M.A. Ing. Cristiam Armando Aguirre Chinchilla

Secretario Del Consejo Directivo: Lic. José Luis Aguirre Pumay

Representante De Docentes: Lic. Walter Armando Carvajal Diaz

Representante De Docentes: Lic. Acel Edgardo Lone Ayala

Representante De Egresados: Licda. Claudia Maricela Gonzales Linares

Representante Estudiantil: Bachiller Héctor Edmundo Pablo Solís

Representante Estudiantil: Lic. Fredy Rolando Lemus López

Guatemala, Septiembre 2020

Coordinación Académica

Lic. José Luis Aguirre Pumay
Secretario Centro Universitario

Lic. Eddy René Mejía García
Coordinador Licenciatura En Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y Notario, Cuilapa

Lic. Carlos Humberto Ordoñez Choc
Coordinador Técnico y Licenciatura en Administración de Empresas, Cuilapa

M.A. Lic. Amelia Raquel Sopony Pérez
Coordinadora Turismo

Lic. Elman Erik Gonzales Ramos
Coordinador PEM y Licenciatura en Pedagogía, Cuilapa

Lic. Juan Alberto Martínez
Coordinador PEM y Licenciatura en Pedagogía, Chiquimulilla

Lic. Alex Edgardo Lone Ayala
Coordinador Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales Abogado y Notario, Chiquimulilla

Lic. Héctor Antonio Arriaza Álvarez
Coordinador Técnico y Licenciatura en Administración de Empresas, Chiquimulilla

Lic. Selvin Minray Guevara
Coordinador PEM y Licenciatura en Pedagogía Taxisco

Ing. Jorge Luis Roldan Castillo
Coordinador Agronomía Nueva Santa Rosa

Lic. Obdulio Rosales Dávila
Coordinador Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales Abogado y Notario Nueva Santa Rosa

Guatemala, Septiembre 2020

NOTA:

Para efectos legales únicamente el sustento es responsable del contenido del presente trabajo.

Dictamen -02-2019

Nueva Santa Rosa, 28 de noviembre de 2019

M.Sc. Ingeniero
Cristiam Armando Aguirre Chinchilla
Director y Coordinador General de Exámenes de Graduación
Centro Universitario de Santa Rosa
Presente

Hago de su conocimiento que el estudiante
Angel Eduardo Melgar Rodríguez

Con Registro académico 201443214 y código único de identificación 2911745310604

Ha realizado las correcciones sugeridas al trabajo de:

Ejercicio Profesional Supervisado Tesis

Titulado: Informe Final del Ejercicio Profesional Supervisado, diagnostico, servicios e investigación ejecutados en Cooperativa Integral de Ahorro y Crédito Nuevo Sendero R.L, asociada a la Federación de Cooperativas Agrícolas de Productores de Café de Guatemala, R.L. (FEDECOCAGUA, R.L.), Aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala. C.A.

De acuerdo a las siguientes calificaciones aprobadas en cata etapa regulada por el normativo vigente del Ejercicio Profesional Supervisado.

I. Inducción y Planificación	20 puntos
II. Ejecución de Servicios	25 puntos
III. Ejecución de Investigación	20 puntos
IV. Elaboración y evaluación de Informes	<u>25 puntos</u>

aprobado Ejercicio Profesional Supervisado con la calificación **90 puntos**.

Por lo que se **dictamina favorable** para que pueda continuar con la fase siguiente para su graduación a nivel Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



M.Sc. Ing. Oscar Roberto Zaldano Hernández
Supervisor-Docente -EPSA-



**USAC
CUNSAO**
Universidad de San Carlos de Guatemala

- DIRECCION CENTRO UNIVERSITARIO -



DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA –CUNSAO- DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,

Cuilapa, ocho de Septiembre de dos mil veinte

Orden de Impresión 06/2020

Con vista en los dictámenes favorables que anteceden y a solicitud de la Coordinación de Exámenes de Graduación, “NORMATIVO PARA EL DESARROLLO DEL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO DE LA CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA” del Centro Universitario de Santa Rosa, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se autoriza la IMPRESION del trabajo del Ejercicio Profesional Supervisado Diagnóstico, Servicios E Investigación Ejecutados En Cooperativa Integral De Ahorro y Crédito Nuevo Sendero R.L., Asociada A La Federación De Cooperativas Agrícolas De Productores de Café De Guatemala, R.L. (FEDECOCAGUA,R.L.), Aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala, C.A., del estudiante: Angel Eduardo Melgar Rodríguez, identificado con el registro académico 201443214, y con el Documento Personal de Identificación, Código Único de Identificación número: 2911 74531 0604.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

MA. Ing. Civil. ~~Cristian Armando Aguirre Chinchilla~~

Director –CUNSAO-



Guatemala, Septiembre de 2020

Honorable Consejo Directivo
Honorable Tribunal Examinador
Centro Universitario de Santa Rosa -CUNSARO-
Sección Nueva Santa Rosa
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 realizado en: Cooperativa integral de ahorro y crédito nuevo sendero R.L., asociada a la Federación de Cooperativas Agrícolas de Productores de Café de Guatemala, R.L. (FEDECOCAGUA, R.L.), aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala, C.A. de febrero a noviembre 2019; como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente:

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

ANGEL EDUARDO MELGAR RODRIGUEZ

ACTO QUE DEDICO

A Dios:

Primeramente, a Dios por iluminarme en todo mi camino espiritual en el estudio y en mi vida. Por socorrerme y darme sabiduría y ayudarme a enfrentar todos los obstáculos que se me presentaron a lo largo de mi carrera. Por brindarme la sabiduría necesaria para poder salir adelante en mi estudio de prácticas supervisadas de la carrera de agronomía.

A Mis padres

Por haberme dado esta vida tan preciada a su lado además de brindarme su apoyo incondicional y de haberme enseñado a superar los obstáculos que se me presentaron a lo largo de mi trayectoria hacia un mejor futuro e inculcarme los valores que como una persona de bien debo poseer además de brindarme siempre sus conocimientos en aquellas dudas que se me presentaron en mi formación como profesional.

A mi abuela

Por estar siempre apoyándome moral y psicológicamente siempre que lo necesitaba además de haberme brindado esa amistad y confianza que me hacía sentir de su parte para poder lograr mis metas que siempre me propuse.

A mis hermanos

Por brindarme su amistad, confianza y hacerme sentir muy alegre a lado de ellos viviendo los mejores momentos en mi vida además de apoyarme en mi carrera de cierta forma en la que eran como mis maestros personales recalcándome los valores de la vida.

A mi familia

Por ser un ejemplo a seguir como una persona de bien, emprendedora y competitiva, para lograr todos aquellos objetivos que me he planteado a corto mediano y largo plazo

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, le agradezco a Dios por haberme regalado el don de vivir, por haberme brindado la sabiduría y los conocimientos necesarios para poder afrontar todos los obstáculos que tuve que afrontar a lo largo de mi trayectoria hacia una vida como un profesional

A mis padres, que con su demostración de padres ejemplares me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos. Además de enseñarme a valorar las oportunidades que se nos presentan en la vida y no desaprovecharlas

A mis tíos por transmitirme sus conocimientos y sabiduría para poder atender las dudas que se me presentaba a lo largo de mi trayectoria como un profesional.

A la Escuela Nacional Central de Agricultura y Universidad San Carlos de Guatemala por haberme transmitido los conocimientos más importantes en mi formación como un profesional. Además de haberme formado en mi disciplina y carácter de responsabilidad que me serán de mucha utilidad en mi vida laboral.

A mi asesor por haberme brindado su apoyo, comprensión, orientación y corregir mis errores para poder realizar el presente trabajo de graduación.

A la Federación de Cooperativas Agrícolas de productores de café de Guatemala R.L. Por haberme permitido desarrollar mi estudio de prácticas supervisadas dentro de las instalaciones de la Cooperativa Integral de Ahorro y Crédito R.L. uniendo lazos de amistad entre todo el personal, además de haberme apoyado en diferentes actividades que permitieron la realización de este trabajo.

Índice

CAPITULO I: Diagnóstico Realizado En Cooperativa Integral De Ahorro Y Crédito Nuevo Sendero, Asociada A La Federacion De Cooperativas Agricolas De Productores De Café De Guatemala, R.L (Fedecocagua, R.L.), Aldea Chapas, Nueva Sant A Rosa, Santa Rosa, Guatemala, C.A.....		1
1.1	Introducción.....	2
1.2	Marco referencial.....	3
1.2.1	Localización.....	3
1.2.2	Ubicación.....	4
1.2.3	Vías de acceso	4
1.2.4	Condiciones climatológicas.....	5
1.2.5	Flora y fauna.....	5
1.3	Planteamiento/Descripción de la problemática.....	6
1.3.1	Roya del café	6
1.3.2	Manejo de sombra	6
1.3.3	Diversificación de cultivos	7
1.3.4	Implementación de prácticas de conservación de suelos.....	7
1.3.5	Uso seguro de agroquímicos y equipo de protección.....	7
1.3.6	Establecimiento de variedades que presenten mejor calidad del fruto.....	8

1.4	Objetivos.....	8
1.4.1	Objetivo general.....	8
1.4.2	Objetivos específicos.....	8
1.5	Metodología y recursos.....	9
1.5.1	Visitas de campo.....	9
1.5.2	Entrevistas.....	9
1.5.3	Priorización del problema.....	9
1.5.4	Árbol de problemas.....	9
1.6	Propuesta de análisis de la información.....	11
1.7	Cronograma.....	12
1.8	Referencias.....	13
1.9	Anexos.....	14
CAPITULO II: Servicios Prestados En Cooperativa Integral De Ahorro Y Credito Nuevo Sendero R.L., Asociada A La Federacion De Cooperativas Agricolas De Productores De Café De Guatemala, R.L (Fedecocagua, R.L.), Aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala, C.A.....		
2.1.	Presentación.....	16
2.2.	Marco referencial.....	17
2.3.	Objetivo general.....	18
2.4.	Plan de ejecución.....	19

2.4.1. Capacitación a caficultores asociados a cooperativa Nuevo Sendero R.L. sobre la diversificación de cultivos.....	19
2.4.1.1. Introducción.....	19
2.4.1.2. Objetivos específicos.....	19
2.4.1.3. Metodología.....	20
2.4.1.4. Resultados.....	20
2.4.1.5. Conclusiones.....	21
2.4.2. Proyecto forestal y frutal de Purprojet/Fedecocagua a socios de cooperativa Nuevo Sendero R.L.....	22
2.4.2.1. Introducción.....	22
2.4.2.2. Objetivos específicos.....	22
2.4.2.3. Metodología.....	23
2.4.2.4. Resultados.....	23
2.4.2.5. Conclusiones.....	26
2.4.3. Establecimiento de parcela demostrativa con tres variedades de cafeto.	26
2.4.3.1. Introducción.....	26
2.4.3.2. Objetivos específicos.....	27
2.4.3.3. Metodología.....	27
2.4.3.4. Resultados.....	29
2.4.3.5. Conclusiones.....	31
2.5. Referencias.....	32

CAPITULO III: Efecto De La Aplicación De Hidrocloruro Polihexametileno De Guanidina (PHMGH), Para El Control De Roya Del Cafeto (Hemileia Vastatrix Berkeley & Broome), En Casillas, Santa Rosa, Guatemala.....	33
3.1 Resumen.....	34
3.2 Abstract.....	35
3.3 Introducción.....	36
3.4 Definición del problema.....	37
3.5 Justificación.....	38
3.6 Marco teórico.....	39
3.4.1. Cultivo de cafeto.....	39
3.4.2. Origen y distribución del cafeto.....	39
3.4.3. Resumen histórico del cultivo de cafeto en Guatemala.....	40
3.4.4. Importancia económica.....	41
3.4.5. Clasificación taxonómica del cafeto.....	41
3.4.6. Variedad Catuaí.....	41
3.4.7. Roya del cafeto (Hemileia vastatrix Berkeley & Broome).....	42
3.4.8. Clasificación taxonómica.....	43
3.4.9. Origen y distribución de la roya.....	43
3.4.10. Importancia y pérdidas causadas.....	44
3.4.11. Sintomatología de la roya.....	44

3.4.12. Ciclo biológico de la roya.....	45
3.4.12.1. Diseminación.....	45
3.4.12.2. Germinación.....	45
3.4.12.3. Penetración.....	46
3.4.12.4. Colonización.....	46
3.4.12.5. Esporulación.....	47
3.4.13. Hidrocloruro polihexametileno de guanidina (PHMGH).....	47
3.4.13.1. Propiedades físicas y químicas del Hidrocloruro polihexametileno de guanidina (PHMGH)	47
3.4.14. Instrucciones de uso y manejo.....	48
3.4.14.1. Control.....	48
3.4.14.2. Modo de acción.....	49
3.4.14.3. Mecanismo de acción.....	49
3.4.15. Antecedentes.....	50
3.5. Marco referencial.....	51
3.5.1. Localización.....	51
3.5.2. Ubicación.....	51
3.5.3. Vías de acceso	52
3.5.4. Condiciones climatológicas.....	52
3.5.5. Zona de vida	53
3.5.6. Suelo.....	53

3.5.7.	Fuentes hídricas	53
3.6.	Objetivos	53
3.6.1.	Objetivo general	53
3.6.2.	Objetivos específicos.....	53
3.7.	Metodología.....	54
3.7.1.	Diseño experimental.....	54
3.7.2.	Tratamientos	54
3.7.3.	Unidad experimental.....	55
3.7.3.1.	Parcela Bruta.....	55
3.7.3.2.	Parcela neta	55
3.7.4.	Distribución espacial de los tratamientos	55
3.7.5.	Delimitación de tratamientos.....	56
3.7.6.	Aplicación de los tratamientos	56
3.7.7.	Frecuencia de aplicación y lecturas de severidad e incidencia.....	57
3.7.8.	Variables a medir.....	57
3.7.9.	Medición de severidad de roya.....	58
3.7.10.	Medición de incidencia de roya.....	59
3.8.	Materiales y recursos	59
3.8.1.	Material experimental.....	59
3.8.2.	Equipo de aplicación	60

3.8.3. Fungicida orgánico	60
3.9. Resultados y discusión.....	60
3.9.1. Incidencia.....	60
3.9.1.1. Análisis de varianza de la incidencia de roya en cafeto.....	60
3.9.1.2. Progreso de la enfermedad.....	63
3.9.1.3. Historial de incidencia de roya del cafeto.....	64
3.9.1.4. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)	65
3.9.2. Severidad	66
3.9.2.1. Análisis de varianza severidad.....	66
3.9.2.2. Progreso de la enfermedad (Severidad)	68
3.9.3. Severidad e incidencia	69
3.10. Conclusiones	70
3.11. Recomendaciones.....	71
3.12. Referencias.....	72
3.13. Anexos.....	79

Índice de figuras

Figura 1: Localización aldea Chapas, Nueva Santa Rosa.....	3
Figura 2: Ruta de acceso hacia aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala.	4
Figura 3: Historial de precios del café año 2015 a 2019.....	14
Figura 4: Localización aldea Chapas Nueva Santa Rosa.....	17
Figura 5: Atención a dudas y comentarios de caficultores sobre el tema.	21

Figura 6: Registro de los asistentes a la capacitación.	21
Figura 7: Inicio de la capacitación dirigida a socios caficultores.	21
Figura 8: Recepción de plantas frutales.	24
Figura 9: Recepción de plantas frutales.	24
Figura 10: Especies forestales Coníferas.	24
Figura 11: Especies forestales latifoliadas.	24
Figura 12: Monitoreo en entrega de especies frutales.	25
Figura 13: Monitoreo en entrega de especies forestales.	25
Figura 14: Entrega de plantas forestales.	25
Figura 15: Entrega de plantas frutales.	25
Figura 16: Trazo de los distintos distanciamientos.	29
Figura 17: Delimitación de la parcela.	29
Figura 18: Diseño de la parcela demostrativa.	30
Figura 19: Trasplante de cafeto a campo definitivo.	30
Figura 20: Preparación del suelo.	30
Figura 21: Localización Finca Santa Inés, Aldea San Juan Bosco, Casillas, Santa Rosa.	51
Figura 22: Ruta de acceso hacia Aldea San Juan Bosco, Casillas, Santa Rosa, Guatemala.	52
Figura 23: Distribución espacial de los tratamientos y repeticiones.	55
Figura 24: Parcela experimental neta.	56
Figura 25: Escala de severidad de roya en cafeto.	58
Figura 26: Progreso de la incidencia durante los 90 días de la investigación.	63
Figura 27: Cuadro comparativo con base a muestreos diarios (sitios al azar) realizado por el equipo de monitoreo de ANACAFE.	64

Figura 28: Progreso de la severidad durante los 90 días de la investigación.....	68
Figura 29: Comportamiento del progreso de incidencia y severidad de la enfermedad en el periodo de investigación.....	69
Figura 30: Diagrama del ciclo de vida de <i>Hemileia vastatrix</i> Berk. & Br. y factores que lo afectan.....	79
Figura 31: Identificación de bandolas.....	81
Figura 32: Identificación de tratamientos	81
Figura 33: Lectura de incidencia y severidad de <i>H. vastatrix</i>	81
Figura 34: Preparación de mezcla para aplicación de diferentes dosis de PHMGH y testigo relativo.....	82
Figura 35: Fase de aplicación	82
Figura 36: Pantalla de polietileno utilizada para evitar deriva entre los distintos tratamientos. ..	82
Figura 37: Tratamiento 7 con un 70.90 % de incidencia de roya.	82
Figura 38: Tratamiento 2 con un 7.12 % de incidencia de roya.	82

Índice de tablas

Tabla 1: Matriz de priorización de problemas identificados en parcelas de asociados en aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa.....	11
Tabla 2: Cronograma de actividades para la realización del diagnóstico en parcelas de café en aldea Chapas asociadas a cooperativa Nuevo Sendero.....	12
Tabla 3: Cantidad de plantas Entregadas	26
Tabla 4: Distanciamientos de siembra.....	28
Tabla 5: Dimensiones del ahoyado.....	28

Tabla 6: Propiedades físicas y químicas del PHMGH.....	48
Tabla 7: Enfermedades que controla.....	49
Tabla 8: Descripción de los tratamientos.....	54
Tabla 9: Distribución de colores de cinta pro tratamiento.....	56
Tabla 10: Variables del análisis de varianza.....	60
Tabla 11: Análisis de varianza para la variable incidencia de roya del cafeto.	61
Tabla 12: Comparación de prueba múltiple de medias tukey para la variable incidencia.....	62
Tabla 13: Área bajo la curva progreso de la enfermedad.	65
Tabla 14: Variables del análisis de varianza.....	66
Tabla 15: Análisis de varianza para la variable severidad.....	67
Tabla 16: Comparación de prueba múltiple.....	68
Tabla 17: Porcentaje promedio de los niveles de incidencia durante la investigación.....	79
Tabla 18: Datos para la elaboración del ABCPE y para el grafico del progreso de incidencia de roya	80
Tabla 19: Porcentaje promedio de los niveles de severidad durante la investigación	80
Tabla 20: Progreso de la severidad de roya	80
Tabla 21: Costo de las diferentes dosis (tratamientos) por hectárea.....	81

RESUMEN

El programa Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), es la etapa final de formación profesional como requisito previo al acto de investidura como Ingeniero Agrónomo, en el cual se integran los conocimientos, destrezas y valores adquiridos durante la carrera. Dicho programa se realizó en la Cooperativa Integral de ahorro y crédito Nuevo Sendero R.L. en Nueva Santa Rosa bajo la inspección de la Federación de Cooperativas Agrícolas de Productores de Café de Guatemala, R.L. (FEDECOCAGUA R.L.), derivado de este se elaboró el presente trabajo integrado por 3 fases: 1) Diagnóstico 2) Informe de servicios 3) Proyecto de investigación.

El informe de diagnóstico se basa en un análisis de problemas encontrados dentro de las parcelas con cultivo de café, de los socios caficultores de Cooperativa Integral de ahorro y crédito Nuevo Sendero R.L, en Aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa. Para la identificación de las principales problemáticas se llevaron a cabo visitas de campo, entrevistas a socios caficultores. Con la información obtenida se procedió a identificar los problemas de mayor relevancia y su priorización a través de una matriz que determina el orden de los problemas según el grado de importancia.

En el capítulo II se describe el informe de servicios ejecutados durante el programa de EPS, los cuales fueron: 1) Capacitación a caficultores asociados a Cooperativa Nuevo Sendero R.L sobre la diversificación de cultivos. 2) Proyecto forestal y frutal de Purprojet/Fedecocagua a socios de Cooperativa Nuevo Sendero R.L. 3) Establecimiento de parcela demostrativa con tres variedades de cafeto.

De acuerdo a la matriz de priorización de problemas, el principal problema encontrado de acuerdo a su grado de importancia fue: La presencia del hongo fitopatógeno roya del café

(*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome), el cual fue determinante para llevar a cabo el proyecto de investigación el cual consistió en estudiar el efecto de la aplicación de hidrocloreto polihexametileno de guanidina (PHMGH), para el control de roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br), en Casillas, Santa Rosa, Guatemala. Según los resultados obtenidos en dicho proyecto de investigación, la aplicación de PHMGH de 3,500 ppm, reduce al 6.06 %, la incidencia de roya del café en la plantación de cafeto (*Coffea arabica* L.).

ABSTRACT

The Supervised Professional Exercise (EPS) program is the final stage of professional training as a prerequisite to the investiture act as an Agricultural Engineer, in which the knowledge, skills and values acquired during the degree are integrated. This program was carried out at the Nuevo Sendero R.L. in Nueva Santa Rosa under the inspection of the Federation of Agricultural Cooperatives of Coffee Producers of Guatemala, R.L. (FEDECOCAGUA R.L.), derived from this, this work consisting of 3 phases was prepared: 1) Diagnosis 2) Service report 3) Research project.

The diagnostic report is based on an analysis of problems found within the coffee-growing plots of the coffee-growing partners of the Cooperativa Integral de Ahorro y Crédito Nuevo Sendero R.L, in Aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa. For the identification of the main problems, field visits and interviews with coffee growers were carried out. With the information obtained, the most relevant problems were identified and prioritized by means of a matrix that determines the order of the problems according to the degree of importance.

Chapter II describes the report of services executed during the EPS program, which were: 1) Training for coffee farmers associated with Cooperativa Nuevo Sendero R.L on crop diversification. 2) Purprojet / Fedecocagua forestry and fruit project for members of Cooperativa Nuevo Sendero R.L. 3) Establishment of a demonstration plot with three varieties of coffee.

According to the problem prioritization matrix, the main problem found according to its degree of importance was: The presence of the coffee rust phytoparasite fungus (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). which was decisive to carry out the research project which consisted of studying the effect of the application of guanidine polyhexamethylene hydrochloride (PHMGH),

for the control of coffee rust (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome), in Casillas, Santa Rosa, Guatemala. According to the results obtained in said research project, the application of PHMGH of 3,500 ppm reduces to 6.06% the incidence of coffee rust in the coffee plantation (*Coffea arabica* L.).

CAPITULO I

Diagnóstico Realizado En Cooperativa Integral De Ahorro Y Crédito Nuevo Sendero, Asociada A La Federación De Cooperativas Agrícolas De Productores De Café De Guatemala, R.L (Fedecocagua, R.L.), Aldea Chapas, Nueva Sant A Rosa, Santa Rosa, Guatemala, C.A.

1.1 Introducción

El presente diagnóstico se realizó en la aldea Chapas, municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, involucrando a los distintos productores de café asociados a la cooperativa integral de ahorro y crédito Nuevo Sendero, la cual se encuentra asociada a la Federación de Cooperativas Agrícolas de Productores de Café de Guatemala R.L (FEDECOCAGUA, R.L.). Esta federación asiste a los caficultores con: asistencia técnica, supervisión sobre las actividades productivas y de manejo (Fedecocagua, 2018). Los principales problemas que están afectando a los caficultores son: incidencia de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk & Broome), conservación de suelos inapropiada, manejo inadecuado en el cultivo establecido y deficiente mantenimiento de sombra para el mismo, dichos factores afectan en la disminución de la producción del mismo.

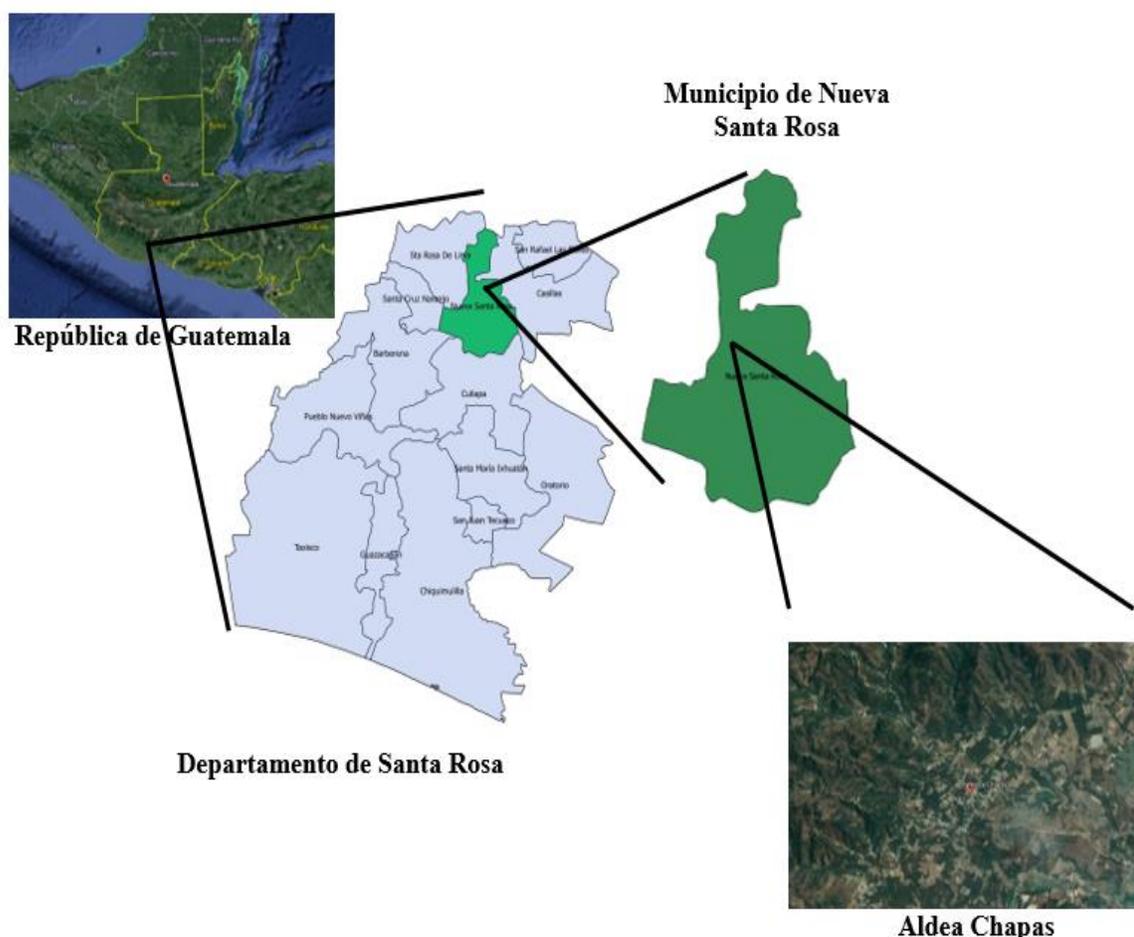
Otras problemáticas que se observan en las parcelas de café de los asociados presentan un enfoque de monocultivo razón por la cual no se presenta la diversificación de los cultivos. Sin tomar en cuenta que se pueden implementar algunos cultivos frutícolas dentro de las parcelas y que además sirvan como un aporte de sombra. Además, algunos de los asociados no acceden a prestarle importancia al uso seguro de agroquímicos y equipo de protección, provocando situaciones de riesgo para la integridad de su salud y la posibilidad de generar un impacto negativo sobre los recursos bióticos y medio ambiente en general.

1.2 Marco referencial

1.2.1 Localización

El presente diagnóstico fue realizado en la Cooperativa Integral de Ahorro y Crédito Nuevo Sendero, aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, involucrando a 19 asociados pertenecientes a dicha comunidad. La aldea Chapas se encuentra localizada bajo coordenadas geográficas latitud norte $14^{\circ}26'9.75''$ y longitud oeste $90^{\circ}17'3.56''$ a una altura sobre el nivel del mar de 1050 (msnm) (Google Earth, 2018).

Figura 1: Localización aldea Chapas, Nueva Santa Rosa.



Fuente: Google earth, 2018.

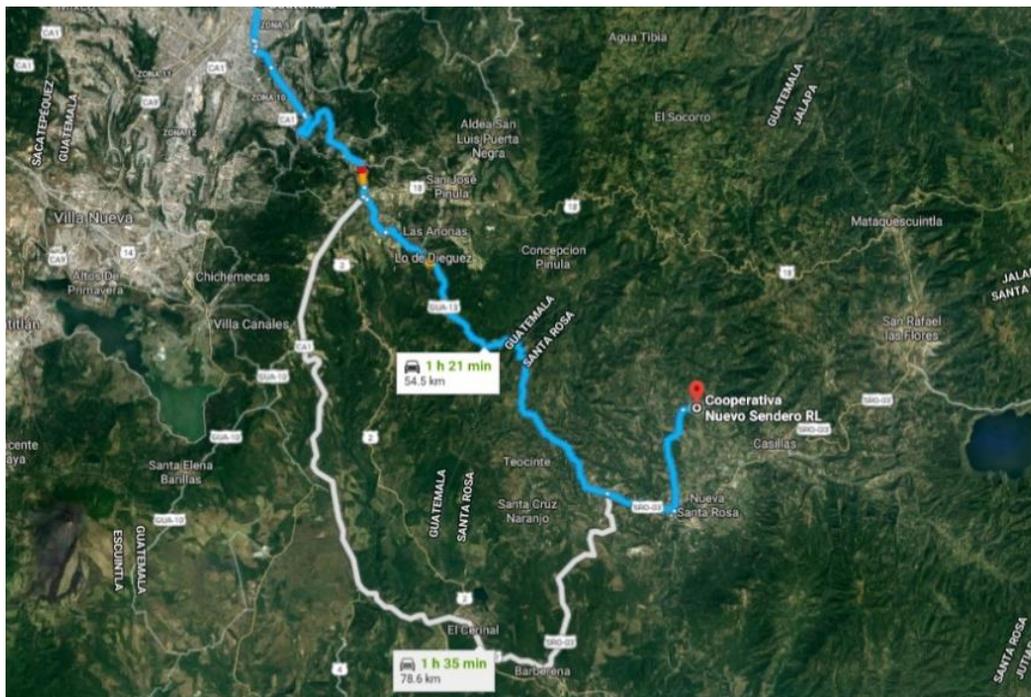
1.2.2 Ubicación

La aldea Chapas se encuentra ubicada al sur oriente del país colindando al norte con el municipio de Casillas y San José Pínula, al sur con el municipio de Santa Rosa de Lima y Nueva Santa Rosa, al este con Casillas y Nueva Santa Rosa, al oeste con San José Rinconcito. La aldea Chapas se encuentra a una distancia de 78.60 kilómetros de la ciudad capital vía Barberena y vía Fraijanes a 54.50 kilómetros.

1.2.3 Vías de acceso

De acuerdo a Gonzáles para el acceso hacia aldea Chapas desde la ciudad capital de Guatemala se toma la ruta Interamericana Oriente CA1 posteriormente se debe dirigir hacia el municipio de Santa Rosa de Lima a través de la ruta RD SRO 03 o bien por la ruta alterna RD SRO 13 y a la altura del kilómetro 72 se debe virar a la izquierda con dirección a aldea Chapas (Ver figura 2), (Gonzales, comunicación personal, 08 de marzo de 2019).

Figura 2: Ruta de acceso hacia aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala.



Fuente: Google maps, 2018.

1.2.4 Condiciones climatológicas

Según la clasificación de Holdridge la aldea Chapas se encuentra dentro de la zona de vida bosque húmedo subtropical templado (MAGA, 2019). El clima de la región se caracteriza por ser templado, con temperaturas entre 18°C a 30°C. La intensidad lumínica presente en la localidad es de 800 a 1800 joules por centímetro cuadrado, con una precipitación media anual de 957.1 mm. La humedad relativa está basada según la época del año en verano se presenta una humedad promedio de 61.35 % y en época de invierno hasta un 83.53 % (ANACAFE, 2019).

1.2.5 Flora y fauna

Según CONAP (2004), la flora presente en la Aldea Chapas se caracteriza por su alta diversidad, las especies que representan mayor importancia en la localidad debido a su mayor número de individuos son: Amate (*Ficus insípida* Willd), Anona (*Anona cherimola* Mill), Cedro (*Cedrella olerata* L), Ciprés (*Cupressus sp.* L), Coyol (*Acrocomia mexicana* Lodd), Cuje (*Inga vera* Willd), Encino (*Quercus sp* Mill), Guachipilín (*Diphysa robinoides* Jacq), Guarumo (*Cecropia peltata* L), Guayabo (*Psidium guajaba* L), Palo de jiote (*Bursera simarouba* L), Matazano (*Casimiroa edulis* La llave & Lex), Nance (*Byrsonimia crassifolia* L), Paterna (*Inga paterna* Mart), Pino candelillo (*Pinus maximinoi* Moore), Pino de ocote (*Pinus oocarpa* Schiede), Roble (*Quercus sp* Mill), Sauce (*Salix alba* L).

De acuerdo a CONAP (2004), la diversidad de flora presente en esta región permite el albergue y fuentes de alimentación y desarrollo de diversas especies de animales las cuales se mencionan a continuación: Tacuazín (*Didelphis marsupialis* L), Conejo (*Oryctolagus cuniculus* L), Mapache (*Procyon cancriboros* Cuvier), Gato de monte (*Dasyurus viverrinus* Shaw), Ratón (*Ratus norvegicus* Berkenhout), Ardilla (*Scirus sp*), Godorniz (*Coturnix sp.* Garsault), Gavilán

(*Accipinte bicolor* L), Zopilote (*Caragys atratus* Bechstein), Coral (*Lampropeltis triangulum* La cepedede), Falso coral (*Oxyhopus petolarius* L), Cascabel (*Crotalus durissus* L),

1.3 Planteamiento/Descripción de la problemática

Entre la problemática identificada se pueden observar seis aspectos que están afectando a los asociados en sus parcelas por lo que se describen a continuación de acuerdo a la priorización de los mismos:

1.3.1 Roya del café

La roya de café (*Hemileia vastatrix* Berk & Broome), es el principal problema y es la prioridad de los asociados conocer y combatir esta enfermedad del cafeto (*Coffea arabica* L.), dicha enfermedad fue detectada por primera vez en Guatemala en 1980, para el año 2018 este agente fitopatógeno ya está presente en zonas de mayor altitud (2,000 msnm), mostrando mayor severidad en el ataque de esta enfermedad (MAGA, 2018).

1.3.2 Manejo de sombra

La segunda problemática que se observa es el manejo de sombra, de la cual los caficultores desconocen su importancia de esta práctica para rentabilizar el sistema productivo del café y reducir el desarrollo de agentes fitopatógenos. Dicha labor es una práctica que debe ser manejada de tal forma que permita la ventilación dentro del cultivo, en algunas parcelas se observa un ineficiente uso de podas, como el descope en los árboles utilizados para este fin.

Las especies utilizadas actualmente para sombra se caracterizan por ser caducifolias, este tipo de árboles no son recomendados para brindar sombra al cultivo, razón por la cual en la época de verano el cultivo sufra de estrés hídrico, por la penetración de los rayos del sol al suelo aumentando la evaporación (Melgar, 2019).

1.3.3 Diversificación de cultivos

Según Investigating (2019), en el año 2019 el cultivo de café ha presentado cifras récord en la baja de los precios (ver gráfica 1), esta situación ha generado pérdidas económicas en el sector cafetalero, por tal razón los caficultores se ven en la necesidad de implementar otras técnicas que permitan obtener ingresos además del cultivo de café, pero la situación se presenta con el agravante que los caficultores presentan la típica producción de monocultivo, quienes actualmente no cuentan con un sistema de diversificación de cultivos que les sirva como un medio alternativo de beneficios económicos.

1.3.4 Implementación de prácticas de conservación de suelos

La conservación de suelos es una práctica necesaria para evitar los efectos de degradación del mismo, entre ellos se implica la disminución de la fertilidad del suelo, elevación de la acidez, salinidad, alcalinización, deterioro de la estructura del suelo, erosión eólica e hídrica, pérdida acelerada de la materia orgánica y de biodiversidad (FAO, 2019).

La degradación química, física y biológica del suelo se ve afectada por los factores anteriormente mencionados, lo cual tiene efectos negativos sobre la capacidad productiva del suelo. (Mofeno-Seceña, 2015).

1.3.5 Uso seguro de agroquímicos y equipo de protección

El uso seguro de agroquímicos representa gran importancia para la salud y el cuidado del medio ambiente por que al no implementarse generan problemas como: riesgos para la salud humana, desequilibrio del control natural por parte de agente benéficos presente en la naturaleza, desarrollo de resistencia de los agentes fitopatógeno hacia los plaguicidas, contaminación del medio ambiente, Incremento en costos de producción. En la agricultura tradicional los pequeños agricultores desconocen la importancia del uso de equipo de protección personal al momento de

realizar aplicaciones de agroquímicos poniendo en riesgo la integridad de su salud generando posibles intoxicaciones o problemas crónicos a futuro (Pacheco, 2017).

1.3.6 Establecimiento de variedades que presenten mejor calidad del fruto.

En Guatemala los caficultores se enfocan en cultivar variedades de café que se caractericen por presentar altos rendimientos en la producción sin tomar en consideración la calidad del mismo. Dicho enfoque no permite establecerse en mercados selectivos que permitan acceder a mejores precios comparado con el mercado convencional (Velazques, 2018) .

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar la problemática de los productores de café asociados a la Cooperativa Integral de Ahorro y Crédito Nuevo Sendero miembro de FEDECOCAGUA, R.L. de la aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa.

1.4.2 Objetivos específicos

Identificar la principal problemática que afecta a los productores de café del área de aldea Chapas asociados a la cooperativa.

Proporcionar asesoría técnica que permita garantizar la calidad del producto y hacer mejoras en la competitividad de sus asociados con las exigencias del mercado.

Concientizar a los asociados la importancia de la implementación de técnicas agrícolas que permitan conservar el medio ambiente.

Capacitar a los asociados sobre los beneficios de la diversificación de cultivos para disminuir la dependencia del cultivo de café.

1.5 Metodología y recursos

Para la identificación de las problemáticas más relevantes que afectan a los caficultores asociados a la cooperativa se procedió a realizar las siguientes actividades:

1.5.1 Visitas de campo

Este proceso se llevó a cabo identificando cada una de las problemáticas presentes en las parcelas productivas. En las visitas se realizó un recorrido dentro de las plantaciones de la aldea a modo de poder observar de forma circunstanciada las condiciones actuales en las que se encuentra la parcela.

1.5.2 Entrevistas

Se identificaron a socios caficultores líderes para la realización de entrevistas y así conocer las necesidades y problemas que afrontan como productores de café.

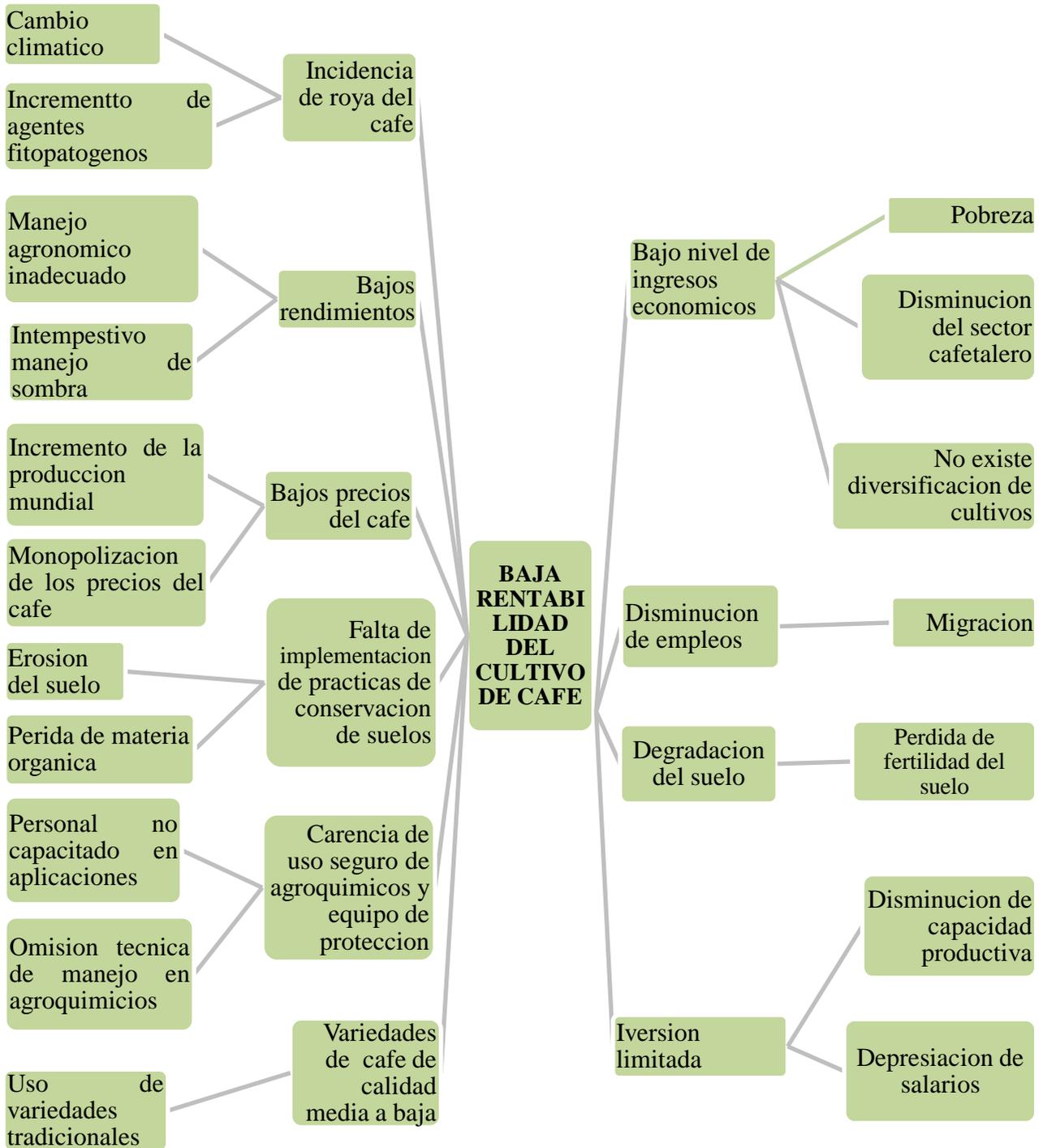
1.5.3 Priorización del problema

Para la priorización de los problemas identificados se realizó una matriz de priorización de problemas en la cual se determinaron los niveles de importancia de cada problemática por medio de los siguientes evaluadores: pérdidas económicas, daños al ambiente y personas afectadas por el problema.

1.5.4 Árbol de problemas

El presente árbol de problemas se elaboró en base a un problema central el cual posee por un lado sus causas y por otro sus efectos. Dentro de las causas se priorizaron: la incidencia de roya del cafeto, bajos rendimientos, bajos precios del café, falta de implementación de prácticas de conservación de suelos, carencia de uso seguro de agroquímicos, variedades de café de calidad media a baja.

Los principales efectos que se enmarcan en el árbol de problemas se encuentran: Bajo nivel de nivel de ingresos económico, disminución de empleos, degradación del suelo, inversión limitada.



1.6 Propuesta de análisis de la información

Para el análisis de la información se utilizó la técnica de matriz de priorización, la cual es una herramienta para definir el orden de los problemas según el grado de importancia. En la primera columna se describen las principales problemáticas identificadas, en las columnas adyacentes se colocan algunas categorías para determinar el nivel de importancia de cada una de las problemáticas asignando un valor de ponderación a cada una de las categorías (Vásquez, 2005).

Tabla 1: *Matriz de priorización de problemas identificados en parcelas de asociados en aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa.*

Problemas	Pérdidas económicas (1 – 10)	Daños al ambiente (1-10)	Personas afectadas por el problema (1-10)	Prioridad
Roya del café	10	6	10	26 (A)
Manejo inapropiado de sombra	6	8	8	22 (C)
Diversificación de cultivos	8	6	10	24 (B)
Deficiente implementación de prácticas de conservación de suelos	5	9	8	22 (C)
Uso seguro de agroquímicos y equipo de protección	1	10	10	21 (D)
Uso de variedades de mejor calidad	7	1	8	16 (E)

Problemas priorizados de acuerdo al análisis anterior:

A: Roya del café

B: Diversificación de cultivos

C: Manejo inapropiado de sombra

C: Deficiente implementación de prácticas de conservación de suelos

D: Uso seguro de agroquímicos y equipo de protección

E: Uso de variedades de mejor calidad

1.7 Cronograma

A continuación, se presenta el cronograma de actividades, en el cual se describe el tiempo necesario para la ejecución de cada una de las actividades realizadas para la elaboración del diagnóstico realizado:

Tabla 2: *Cronograma de actividades para la realización del diagnóstico en parcelas de café en aldea Chapas asociadas a cooperativa Nuevo Sendero.*

Actividad	Tiempo en semanas				
	1	2	3	4	5
Visitas de campo		■	■	■	
Entrevistas			■	■	■
Priorización de problemas				■	■
Elaboración de árbol de problemas				■	■
Redacción de diagnóstico				■	■

1.8 Referencias

ANACAFE. (08 de Marzo de 2019). Estaciones meteorológicas Asociación Nacional del Café.

Recuperado de

<http://meteorologia.anacafe.org/Clima/>

CONAP. (2004). Listado de flora y fauna Cooperativa Nuevo Sendero. Guatemala.

FAO. (2019). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Recuperado de

<http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/conservacion-del-suelo/es/>

Fedecocagua. (2018). Asistencia técnica. Recuperado de

<http://www.fedecocagua.com.gt/asistencia-tecnica/>

Google Earth. (2018). Mapa mundial. Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala.

Investing. (2019). Bolsa del café en Nueva York, futuros café C EE.UU. Recuperado de

<https://es.investing.com/commodities/us-coffee-c-historical-data>

MAGA. (2018). Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. Recuperado el 02 de

Marzo de 2019, de *Roya del café*: [https://www.maga.gob.gt/wp-](https://www.maga.gob.gt/wp-content/uploads/img/roya/acceso_informacion-roya_del_cafe.pdf)

[content/uploads/img/roya/acceso_informacion-roya_del_cafe.pdf](https://www.maga.gob.gt/wp-content/uploads/img/roya/acceso_informacion-roya_del_cafe.pdf)

MAGA. (2002 de Octubre de 2019). Mapas de zonas de vida según Holdridge. Recuperado de

<https://www.maga.gob.gt/mapas/>

Mofeno-Seceña, J. C.-T.-S. (2015). Scielo. Actitud de cafeticultores sobre el manejo y

conservación de suelos del Sitio Ramsar, Cascadas de Texolo. *Agricultura, sociedad y*

desarrollo. Recuperado de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722015000400553

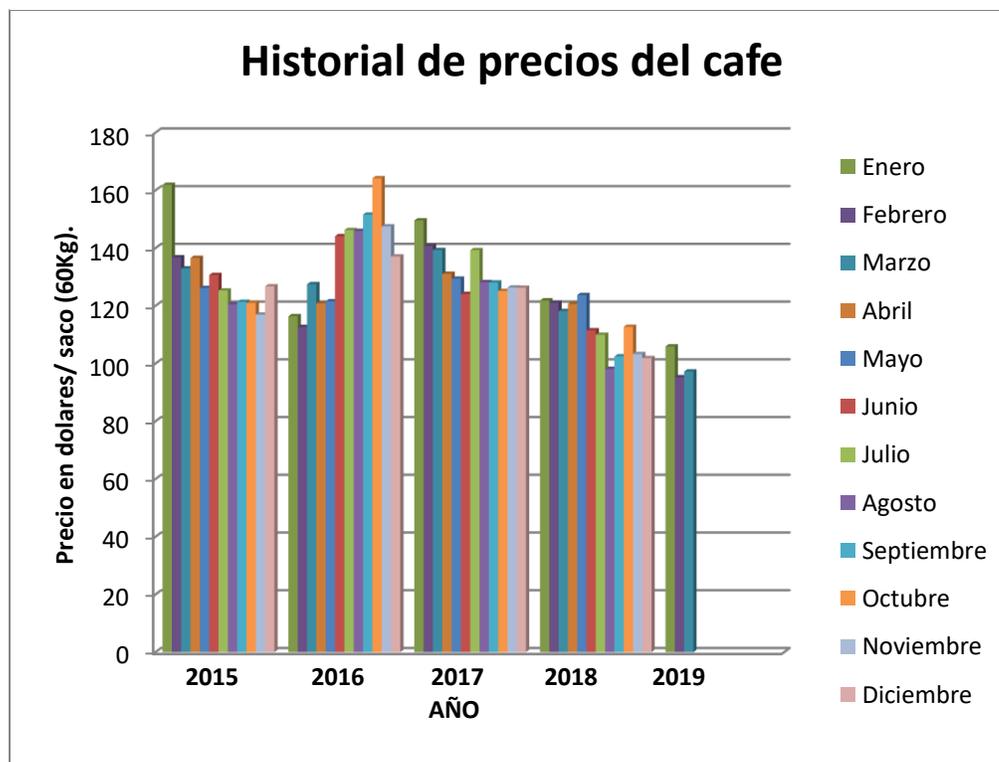
Pacheco, R. (2017). INTA. Manual de uso de agroquimicos. Recuperado de <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-manual-uso-agroquimicos-frutihorticola.pdf>

Vásquez, P. (Agosto de 2005). Tesis Fausac. Informe final de Diagnóstico, Investigación y Servicios, de la Finca San Sebastián, San Miguel Dueñas, Sacatepéquez. . Guatemala.

Velazques, R. (Diciembre de 2018). ANACAFE. Guia de variedades de cafe. Guatemala, Guatemala.

1.9 Anexos

Figura 3: *Historial de precios del café año 2015 a 2019.*



Fuente: (Investiging, 2019)

CAPITULO II

**Servicios Prestados En Cooperativa Integral De Ahorro Y Crédito Nuevo Sendero R.L.,
Asociada A La Federación De Cooperativas Agrícolas De Productores De Café De
Guatemala, R.L (Fedecocagua, R.L.), Aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa,
Guatemala, C.A.**

2.1.Presentación

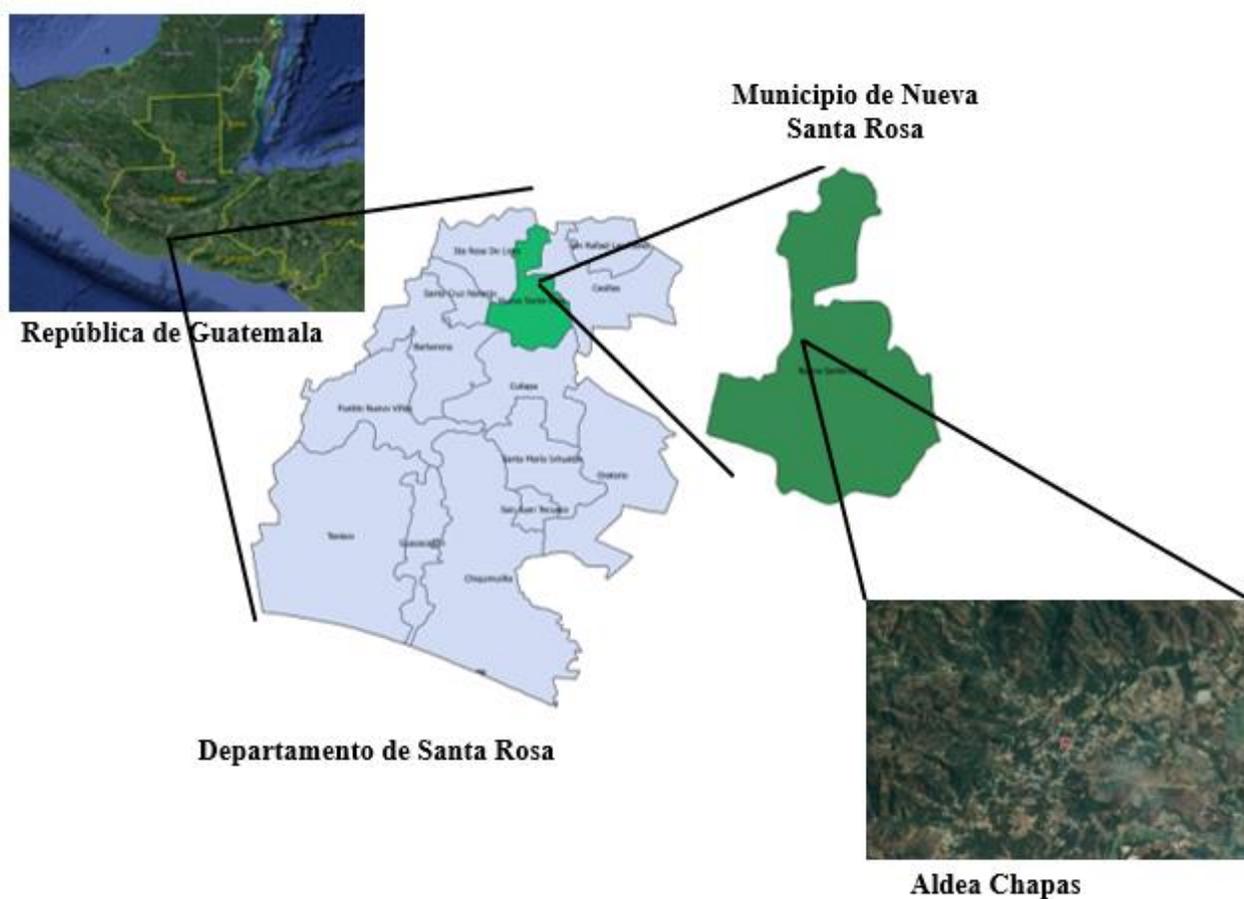
Durante el tiempo designado al Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se deben de realizar una serie de actividades denominadas servicios, las cuales deben de beneficiar a la empresa, finca o comunidad en la cual se está llevando a cabo dicha práctica. Dentro de los servicios realizados en Cooperativa Nuevo Sendero R.L. ubicada en aldea Chapas; Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala se encuentran: Capacitación a caficultores asociados a cooperativa Nuevo Sendero R.L. sobre la diversificación de cultivos; Proyecto forestal y frutal de Purprojet/Fedecocagua a socios de cooperativa Nuevo Sendero R.L.; Establecimiento de parcela demostrativa con tres variedades de cafeto.

El primer servicio titulado “Capacitación a caficultores asociados a cooperativa Nuevo Sendero R.L.” obedece a la necesidad de promover la diversificación de cultivos, donde se presentaron temas de vital importancia como: Que es la diversificación de cultivos, Beneficios de esta técnica, pasos para el establecimiento de este sistema, implementación de una parcela agroforestal, ventajas de un sistema agroforestal y recomendaciones para la diversificación de cultivos. Dicha capacitación se impartió con el fin de incentivar a los caficultores a implementar esta técnica agronómica la cual se relaciona con el segundo servicio titulado “Proyecto forestal y frutal de Purprojet/Fedecocagua a socios de cooperativa Nuevo Sendero R.L.” en el cual se llevó a cabo la coordinación y entrega de 28,600 plantas forestales y 3900 frutales para los socios caficultores interesados en dicho proyecto, con la finalidad de implementar la diversificación de cultivos como una técnica agrícola para la obtención de una nueva fuente de ingresos económicos y de contribuir a la conservación del medio ambiente. En el tercer servicio se estableció la parcela demostrativa con tres variedades de cafeto siendo estas: Marsellesa, H1, Sarchimor. Estableciendo un área total por variedad de: 1,054.14 m².

2.2. Marco referencial

El área asignada por Fedecocagua R.L. para la ejecución de los servicios profesionales fue en Cooperativa Nuevo sendero R.L. la cual se encuentra en aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala. Localizada bajo las coordenadas geográficas latitud norte $14^{\circ}26'9.75''$ y longitud oeste $90^{\circ}17'3.56''$ a una altura sobre el nivel del mar de 1050 (msnm), (Google Earth, 2018).

Figura 4: Localización aldea Chapas Nueva Santa Rosa.



Fuente: Google earth, 2018.

2.3.Objetivo general

Desarrollar servicios profesionales en Cooperativa Nuevo Sendero R.L. como parte del equipo técnico de Fedecocagua al servicio de los asociados caficultores, ejecutando las siguientes actividades: Capacitación sobre la diversificación de cultivos; Entrega de plantas forestales y frutales; Establecimiento de parcela demostrativa con tres variedades de café.

2.4. Plan de ejecución

2.4.1. Capacitación a caficultores asociados a cooperativa Nuevo Sendero R.L. sobre la diversificación de cultivos.

2.4.1.1. Introducción

La diversificación de cultivos es un sistema de producción agrícola en donde se establece una variedad de cultivos en una misma área, con la finalidad de no depender únicamente del mercado de un solo producto y de esta manera poder generar una alternativa de producción e ingresos económicos (Velasquez A., 2019). La deficiente diversificación de cultivos en Guatemala se ejemplifica al reducido número de cultivos que acaparan el mercado de exportación, considerando a la nación como un país productor de caféto (*Coffea arabica* L.), donde se cultiva alrededor de 276,000 hectáreas distribuidas a nivel nacional (MAGA, 2012), de las cuales para la cosecha 2017-2018 se produjeron 4.3 millones (sacos de 46 Kg.), de café oro (ANACAFE, 2019), posicionando al café en el segundo lugar del volumen total exportado del país y en el sector agrícola posicionándolo en el primer lugar (BANGUAT, 2019). Por ello promover a los agricultores en la diversificación de cultivos es una alternativa para la obtención de ingresos económicos, por medio de la implementación de nuevos cultivos y nuevas tecnologías. Pudiendo ser implementados como un nuevo modelo de producción o bien como un sistema de producción en asocio con los actuales modelos de siembra como lo es el caso de la caficultura.

2.4.1.2. Objetivos específicos

Capacitar a los asociados de cooperativa Nuevos Sendero R.L. en técnicas de diversificación de cultivos.

Incentivar a los caficultores para la ejecución de técnicas de diversificación de cultivos como una fuente alterna de ingresos económicos.

2.4.1.3. Metodología

- Se convocó a todos los asociados caficultores de Cooperativa Nuevo Sendero R.L. a una reunión en el salón parroquial de aldea Chapas para impartir la capacitación sobre la diversificación de cultivos.
- Se llevó a cabo el registro de los caficultores que participaron en dicha capacitación.
- Como parte de la capacitación se dio a comprender a los caficultores que es la diversificación de cultivos y como implementarla.
- Los temas que se impartieron durante la capacitación fueron los siguientes:
 - Que es la diversificación de cultivos
 - Beneficios de la diversificación de cultivos
 - Implementación de técnicas de diversificación de cultivos
 - Implementación de una parcela agroforestal
 - Recomendaciones para la implementación de diversificación en café.

2.4.1.4. Resultados

Se llevó a cabo la capacitación dirigida hacia 90 socios caficultores que participaron de cooperativa Nuevo Sendero R.L. en aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, sobre la diversificación de cultivos, en donde se trataron temas como: Que es la diversificación de cultivos; Beneficios de la diversificación de cultivos; Como establecer la diversificación de cultivos; Ventajas de la diversificación de cultivos; recomendaciones para la implementación de diversificación de cultivos en asocio con cafeto (*C.arabica* L.).

Figura 6: Registro de los asistentes a la capacitación.



Figura 7: Inicio de la capacitación dirigida a socios caficultores.



Figura 5: Atención a dudas y comentarios de caficultores sobre el tema.



2.4.1.5. Conclusiones

Se capacito a un total de 90 socios caficultores de cooperativa Nuevos Sendero R.L. en técnicas de diversificación de cultivos.

Se promovió la iniciativa de implementar la diversificación de cultivos en los socios caficultores a través de su inscripción en el proyecto forestal y frutal Purporjet/Fedecocagua.

2.4.2. Proyecto forestal y frutal de Purprojet/Fedecocagua a socios de cooperativa Nuevo Sendero R.L.

2.4.2.1.Introducción

La pérdida de cobertura forestal en Guatemala, ha producido una alteración en el ciclo hidrológico, dando como resultado una disminución en la retención de humedad en los suelos, provocando la disminución de agua en los mantos freáticos dando como consecuencia la falta de abastecimiento de agua a la población. La disminución de las áreas forestales se debe a que la tasa neta de deforestación en Guatemala se encuentra en un 1.5 %, debido a la tala inmoderada de árboles, lo que ha provocado una seria disminución de los recursos naturales tanto flora como fauna (MARN, 2018).

El establecimiento de árboles como una fuente de sombra para el cultivo de café o bien en zonas de reforestación son prácticas que sirven como parte de recuperación de los bosques del país, contribuyendo de esta manera a la conservación del medio ambiente. La donación de árboles forestales y frutales, tiene un impacto positivo tanto a nivel de conservación del medio ambiente como en el establecimiento de sistemas agroforestales que permitan obtener una diversificación de ingresos económica.

2.4.2.2.Objetivos específicos

Realizar la entrega de plantas forestales como parte del proyecto forestal impulsado por PurProjet (PurProjet es una empresa financiada por Nespresso con la finalidad de brindar ayuda a las cooperativas de productores de café con el sello de certificación Nespresso que desarrollan un café de alta calidad a través de la implementación de sistemas agroforestales.) /Fedecocagua, para generar servicios ambientales y contribuir al desarrollo económico de los asociados caficultores.

Contribuir en la donación de plantas forestales y frutales como parte de la iniciativa de diversificación de cultivos.

2.4.2.3. Metodología

- Se realizó un listado de los asociados caficultores certificados a cooperativa Nuevo Sendero interesados en adquirir planta forestal y frutal
- Posteriormente se realizó una convocatoria a dichos caficultores para la entrega de las plantas.
- Luego se coordinó el envío de las plantas del vivero hacia el beneficio de café de cooperativa Nuevo Sendero ubicado en Aldea Chapas para concretar la entrega a los caficultores.

2.4.2.4. Resultados

Se llevó a cabo la recepción de las plantas forestales y frutales, las cuales fueron ubicadas para su entrega en el beneficio de café de cooperativa Nuevo Sendero R.L. en aldea Chapas Nueva Santa Rosa. Las especies tanto forestales como frutales que se recibieron fueron:

- Caoba (*Swietenia macrophylla* K.)
- Cedro (*Cedrela odorata* L.)
- Ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill)
- Matiliguatate (*Tabebuia rosea* Bertol)
- Nogal (*Junglas guatemalensis* L.)
- Palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose)
- Pino (*Pinus maximinoi* H.E. Moore)
- Aguacate hass (*Persea americana* Mill Var. Hass)
- Aguacate Booth 8 (*Persea americana* Mill Var. Booth 8)

- Limón (*Citrus latifolia* Tanaka Var. Persa)
- Macadamia (*Macadamia integrifolia* M. & B.)
- Mandarina (*Citrus tangerina* Tanaka)
- Naranja (*Citrus sinensis* Osbeck Var. Valencia)

Figura 8: *Recepción de plantas frutales.*



Figura 9: *Recepción de plantas frutales.*



Figura 11: *Especies forestales latifoliadas.*



Figura 10: *Especies forestales Coníferas.*



Posteriormente se convocó a cada uno de los caficultores registrados anteriormente, para la entrega de las plantas (Ver tabla 3). Donde la cantidad de plantas frutales se determinó en base al total de plantas forestales, es decir que, del total de plantas forestales, el 15 % de esa cantidad correspondía al número de plantas frutales. Beneficiando a un total de 36 socios caficultores.

Figura 13: *Monitoreo en entrega de especies forestales.*



Figura 12: *Monitoreo en entrega de especies frutales.*



Figura 14: *Entrega de plantas frutales.*



Figura 15: *Entrega de plantas forestales.*



En la siguiente tabla se describen las cantidades totales entregadas por cada especie tanto forestal como frutal:

Tabla 3: *Cantidad de plantas Entregadas*

Especie	Cantidad
Caoba	2750
Cedro	2750
Ciprés	5500
Matilisguate	600
Nogal	500
Palo Blanco	6000
Pino	9500
Macadamia	1000
Aguacate Hass	400
Aguacate Booth	500
Limón	750
Naranja	750
Mandarina	500
TOTAL	32500

2.4.2.5. Conclusiones

Se llevo a cabo la entrega de 28,600 plantas forestales y 3900 plantas frutales hacia los socios caficultores integrantes del proyecto Purprojet/Fedecocagua.

Se contribuyo en la donación de plantas forestales y frutales para un total de 36 socios caficultores.

2.4.3. Establecimiento de parcela demostrativa con tres variedades de cafeto.

2.4.3.1. Introducción

El establecimiento de la parcela demostrativa se realizó con la finalidad de observar el comportamiento de tres variedades de cafeto (H1, Marsellesa y Sarchimor), bajo las condiciones edafoclimáticas de la región. La ejecución de dicha parcela se atribuye a los altos índices de roya que se ha presentado, debido a la susceptibilidad de las variedades que actualmente se manejan y

aún no han sido renovadas. La implementación de la parcela demostrativa se realizó con la finalidad de demostrar a los caficultores cuál de las variedades en cuestión representara una mayor adaptación, resistencia y rendimiento bajo las condiciones de la región norte del municipio de Santa Rosa. La variedad H1 se caracteriza por poseer un sistema radicular fuerte, el tamaño de la planta es de porte medio (2.15 metros de altura), posee una estructura compacta de forma cónica u el eje principal con entrenudos cortos, bandolas largas de hasta 88 centímetros, con entrenudos cortos en promedio de 4.60 centímetros entre sí. En cuanto a la variedad Marsellesa posee un sistema de producción precoz, empieza a producir a los 18 meses después de siembra. Las bandolas son largas de más de un metro, con entrenudos cortos, con una producción promedio de 64 quintales de café pergamino por hectárea. Sarchimor es una variedad bien adaptada a altitudes medias que van desde los 700 a los 1300 msnm. Se caracteriza por su resistencia a la roya del cafeto (*H. vastatrix* Berk. & Br), su producción da inicio al tercer año después de la siembra, su productividad promedio es de 69 quintales de café pergamino por hectárea (Velasquez R. , 2019).

2.4.3.2.Objetivos específicos

Establecer una parcela demostrativa con tres variedades de café con diferentes distanciamientos y profundidades de siembra.

Implementar el diseño en la implementación de una parcela demostrativa con tres variedades de café, con diferentes distanciamientos y profundidades de siembra.

2.4.3.3.Metodología

- Se llevó a cabo la medición del terreno en el que se establecería la parcela demostrativa.
- Se realizó un diseño de la parcela con sus respectivas dimensiones.

- Se realizó un cálculo de la cantidad total de plantas de cafeto que se utilizarían para el establecimiento de la parcela en base al área y el distanciamiento.
- Con la ayuda de una cinta métrica se marcaron tres tipos de distanciamiento por cada uno de los tres bloques cada uno conformado por las variedades de cafeto (Ver figura 17), H1, Marsellesa y Sarchimor, los cuales fueron se describen en la siguiente tabla:

Tabla 4: *Distanciamientos de siembra.*

Bloque	Variedad	Distanciamiento entre planta	Distanciamiento entre surco
I	H1	1.5 metros	2 metros
	Marsellesa	1.5 metros	2 metros
	Sarchimor	1.5 metros	2 metros
II	H1	1.75 metros	2 metros
	Marsellesa	1.75 metros	2 metros
	Sarchimor	1.75 metros	2 metros
III	H1	1.25 metros	2 metros
	Marsellesa	1.25 metros	2 metros
	Sarchimor	1.25 metros	2 metros

- De igual forma que en los distintos distanciamientos se trabajaron diferentes profundidades del agujero de siembra, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5: *Dimensiones del ahoyado*

Bloque	Variedad	Ahoyado		
		Ancho (cm)	Largo (cm)	Profundidad (cm)
I	H1	30	30	30
	Marsellesa	30	30	30
	Sarchimor	30	30	30
II	H1	40	40	40
	Marsellesa	40	40	40
	Sarchimor	40	40	40
III	H1	40	40	40
	Marsellesa	40	40	40
	Sarchimor	40	40	40

- El establecimiento de las plantas se llevó cabo mediante el trasplante del pilón el cual estaba contenido dentro de un tubete de 250 cm³.
- Al momento del trasplante se realizó una leve compactación alrededor del pilón para evitar dejar cámaras de aire en el sistema radicular.

2.4.3.4.Resultados

Para el establecimiento de la parcela primero se delimitaron los distanciamientos entre plantas y entre surco, esto con la ayuda de una cinta métrica de 100 metros de longitud. Para la identificación de la ubicación de cada uno de los agujeros para la siembra se realizó una marca en el suelo con la ayuda de un azadón en el lugar correspondiente a la medida procedente de los distanciamientos de siembra.

Figura 17: *Delimitación de la parcela.*

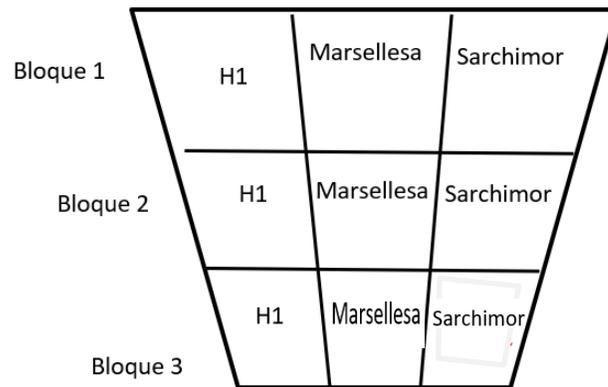


Figura 16: Trazo de los distintos distanciamientos.



Como se aprecia en la figura 18, se delimitaron tres bloques dentro de la parcela cada uno con tres variedades distintas y tres distanciamientos por bloque:

Figura 18: *Diseño de la parcela demostrativa*



Las variedades de café establecidas fueron H1, Marsellesa Sarchimor en un área total de 3162.5 m² dentro de los cuales están distribuidas nueve sub parcelas cada una con 351.38 m². Dichas variedades se caracterizan por su resistencia a la roya del cafeto y de adaptarse a las condiciones de altura sobre el nivel del mar, en la que se estableció la parcela.

El trasplante se realizó manualmente de tal forma que la base del pilón quedara dos centímetros por debajo del nivel del suelo. Al momento del trasplante a los costados del pilón se realizó una compactación del suelo para evitar cámaras de aire que puedan servir como fuente de condiciones óptimas para el desarrollo de hongos en la raíz.

Figura 20: *Preparación del suelo.*



Figura 19: *Trasplante de cafeto a campo definitivo.*



2.4.3.5. Conclusiones

Se llevo a cabo el establecimiento de una parcela demostrativa con las variedades de café: H1, Marsellesa y Sarchimor. Dichas variedades fueron establecidas con tres diferentes distanciamientos: 1.5 m entre planta por 2 m entre surco; 1.75 m por 2 m; 1.25 m por 2 m. en los distanciamientos de 1.75 m por 2 m y 1.25 m por 2m se trabajó una profundidad de siembra de 40 cm, mientras que para las plantas establecidas en los distanciamientos de 1.5 m por 2 m se trabajó un a profundidad de siembra de 30 cm.

Se coordino el diseño de la parcela demostrativa, la cual se conformó por 3 bloques cada uno dividido en 3 secciones, de las cuales cada una correspondía a una variedad respectivamente.

2.5. Referencias

ANACAFE. (2019). Proyeccion de volumen de cafe a exportar cosecha 2018-2019. Caficultores proyectan exportar 4.5 millones de quintales en nueva cosecha (18-19). Guatemala: Prensa libre.

BANGUAT. (Junio de 2019). Banco de Guatemala, nota al comercio exterior a junio 2019. Recuperado de https://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/estaeco/ceie/CG/2019/nota_comercio_mensual.htm&e=143802

Google Earth. (2018). Mapa mundial. Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala.

MAGA. (2012). Ministerio de Agricultura Ganaderia y Alimentacion. Recuperado de https://www.maga.gob.gt/wp-content/uploads/img/roya/acceso_informacion-roya_del_cafe.pdf

MARN. (2018). Evaluacion preliminar de los factores causantes del uso de la tierra, causas y agentes de deforestacion y degradacion de bosques en Guatemala. Recuperado de <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/10094.pdf>

Velasquez, A. (s.f.). Fundacion FDV, diversifiacion de cultivos y conservacion de suelos. Recuperado de <http://fundacionfdv.org/site/pdfs/Diversificacion%20de%20cultivos.pdf>

Velasquez, R. (Marzo de 2019). ANACAFE, Guia de variedades de café. Recuperado de <https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%A1da-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf>

CAPITULO III

**Efecto De La Aplicación De Hidrocloruro Polihexametileno De Guanidina (PHMGH),
Para El Control De Roya Del Cafeto (*Hemileia Vastatrix* Berkeley & Broome), En
Casillas, Santa Rosa, Guatemala.**

3.1 Resumen

El cultivo de café en Guatemala es uno de los principales en el sector agrícola, cultivando un área de 276,000 hectáreas a nivel nacional, posicionándolo en el sexto lugar de los principales productos de exportación del país, con un 7.32 % de las exportaciones totales, exportando en la cosecha 2018-2019 4.63 millones de quintales oro, lo cual representó un ingreso de US\$663.6 millones en divisas. Debido a su importancia económica del café en Guatemala es importante atender las problemáticas que afecten su producción, una de ellas es la enfermedad ocasionada por el hongo fitopatógeno roya del café (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome), el cual para el año 2013 ocasionó pérdidas económicas de US\$28.3 millones. Por tal razón es de suma importancia ejercer técnicas de control para la roya del café una de ellas es el uso de fungicidas orgánicos los cuales no representan peligro toxicológico para la salud humana y el medio ambiente. El uso de productos orgánicos como el Hidrocloruro Polihexametileno de Guanidina (PHMGH), representan una alternativa para el control de la enfermedad, además de abrir brechas de comercio internacional donde se limita o restringe el uso de productos químicos para la producción del café especialmente para los de producción orgánica.

En la evaluación del efecto de la aplicación de hidrocloreto polihexametileno de guanidina (PHMGH), para el control de roya del café se determinó que, bajo las condiciones en la región del municipio de Casillas, Santa Rosa, el PHMGH demostró que con una dosis de 3,500 ppm representó el control efectivo para la roya del café.

Palabras clave: Incidencia; Severidad; Hongo fitopatógeno; Fungicida orgánico; Café.

3.2 Abstract

The cultivation of coffee trees in Guatemala is one of the main crops in the agricultural sector, cultivating an area of 276,000 hectares nationwide, positioning it in sixth place among the main export products of the country, with 7.32% of total exports, exporting in the 2018-2019 harvest, 4.63 million quintals of gold, which represented an income of US \$ 663.6 million in foreign currency. Due to the economic importance of coffee in Guatemala, it is important to address the problems that affect its production, one of them is the disease caused by the plant pathogen fungus coffee rust (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome), which for the year 2013 caused economic losses of US \$ 28.3 million. For this reason, it is of utmost importance to exercise control techniques for coffee rust. One of them is the use of organic fungicides, which do not represent a toxicological danger to human health and the environment. The use of organic products such as Guanidine Polyhexamethylene Hydrochloride (PHMGH) represent an alternative for the control of the disease, in addition to opening international trade gaps where the use of chemical products for coffee production is limited or restricted, especially for those of organic production.

In the evaluation of the effect of the application of guanidine polyhexamethylene hydrochloride (PHMGH), for the control of coffee rust, it was determined that, under conditions in Casillas, Santa Rosa, the PHMGH showed that with a dose of 3,500 ppm represented the effective control for coffee rust.

Keywords: Incidence; Severity; Phytopathogenic fungus; Organic fungicide; Coffe tree.

3.3 Introducción

Guatemala como país productor de cafeto (*Coffea arabica* L.), cultiva alrededor de 276,000 hectáreas distribuidas a nivel nacional (MAGA, 2012), de las cuales para la cosecha 2017-2018 se produjeron 4.3 millones (Sacos de 46 Kg.), de café oro (ANACAFE, 2019). Pero estos niveles de producción se ven amenazados por varios factores, entre los cuales se encuentra: El ataque de enfermedades como es el caso de la roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome), considerada uno de los problemas patológicos importantes del cultivo de *C. arabica* L., presentando para el año 2014 disminuciones en la producción de hasta el 18% (PROMECAFE, 2016). Debido a la importancia económica que esta enfermedad representa, se tiene monitoreo y vigilancia epidemiológica de la enfermedad a través del centro de investigaciones en café (CEDICAFÉ), de la Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ), por medio del programa de monitoreo y vigilancia de *H. vastatrix* Berk. & Br., realizando mensualmente muestreos para determinar los niveles de incidencia de esta enfermedad.

Desde el año 2012, cuando alcanzó altos niveles de infección de hasta un 80 % a nivel nacional (Morales, 2019), el reto de mantener la enfermedad controlada ha llevado a los productores a implementar diferentes métodos de control como lo son: Cultural (podas, manejo de sombra, fertilización adecuada y oportuna, control de malezas), y aplicación de fungicidas (ANACAFE, 2019). Sin embargo, en la implementación de técnicas agrícolas de control para el manejo de *H. vastatrix* Berk. & Br., se han utilizado fungicidas químicos, su uso descontrolado ha afectado el medio ambiente y la salud humana. Por tal razón estudiar productos alternativos como los de origen orgánico para el control de dicho agente patógeno resultan de utilidad para la conservación del medio ambiente y la salud humana.

3.4 Definición del problema

La roya del cafeto es una enfermedad producida por el hongo *H. vastatrix* Berk. & Br., la cual desde 1980 se encuentra presente en América Central, sin embargo, no había presentado altos niveles de infección hasta el año 2012 cuando se desarrollaron proporciones epidémicas de dicho agente fitopatógeno poniendo en riesgo la producción nacional. Esta problemática tuvo su aumento por los siguientes aspectos: cambio climático, el uso de variedades susceptibles, mal manejo agronómico del cultivo, deficiente implementación de métodos de control de la enfermedad (Foote, 2014). *H. vastatrix* está considerada como una enfermedad importante en los países productores de cafeto, porque ha ocasionado pérdidas económicas considerables a nivel mundial, incluyendo a Guatemala que reporto en el año 2014, una disminución del 18 % de su producción (PROMECAFE, 2016).

La enfermedad *H. vastatrix* Berk. & Br., por ser un hongo biotrofo se caracteriza por alimentarse de células vivas en el área foliar de las plantas reduciendo la capacidad productiva de las mismas. En la actualidad el uso excesivo de agroquímicos para el control de este hongo fitopatógeno genera resistencia del patógeno hacia el agente de control además de provocar daños al medio ambiente y la salud humana. Según Chocoj (2020) debido a que el café es uno de los productos de exportación que se envía a todo el mundo, principalmente a Europa en donde los países no toleran que se apliquen productos que ponen en riesgo la salud humana y el medio ambiente es necesario utilizar alternativas de medidas de control que mantengan frenadas a las estructuras de los hongos y que el rendimiento del café sea adecuado. Entre la gama de opciones se encuentran los productos orgánicos, los cuales representan una opción viable en el control de la enfermedad como además de no ser nocivos para el medio ambiente y la salud humana (Guist, 2015).

3.5 Justificación

En Guatemala los efectos de *H. vastatrix* Berk. & Br., y el cambio climático han reducido fuertemente la rentabilidad del cultivo de café, ocasionando pérdidas económicas para el año 2013 de 28.3 millones de dólares (OIC, 2013). Según ANACAFE (2019), en diciembre de 2018, la incidencia promedio de roya en Guatemala fue de 19.35 % y al finalizar enero de 2019 la incidencia presentó un aumento al 27.6 %. Además, los bajos precios del café en el mercado, están influyendo en la mínima o nula ejecución de prácticas agronómicas importantes para el desarrollo del café, repercutiendo en incrementos de la incidencia de la enfermedad. Controlar la misma a través de alternativas de origen orgánico, al alcance del caficultor, beneficiará en reducir pérdidas relacionadas con esta enfermedad, con lo que se mantendrá o mejorará la calidad y cantidad de la producción como también contribuirá en la preservación del medio ambiente. Por tal razón es de importancia evaluar otras alternativas como los productos de origen orgánico entre los cuales se encuentra Hidrocloruro Polihexametileno de Guanidina (PHMGH), para el control de *H. vastatrix* Berk. & Br., que puede ser aplicados en diferentes dosis para observar su efectividad en el control de dicha enfermedad (Bionovelus, 2019). Este producto es una alternativa para el combate de esta enfermedad, por lo cual los resultados de esta investigación son necesarios para el expediente de gestión del registro ante el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA).

3.6 Marco teórico

3.4.1. Cultivo de cafeto

El cafeto es un arbusto perenne que pertenece a la familia de las rubiáceas y al género *Coffea*, alcanza entre 2 a 4.5 metros de altura, cuyo ciclo de vida en condiciones comerciales alcanza de 20 a 25 años dependiendo de las condiciones climáticas o sistema de cultivo. Bajo sistemas de producción, la planta comienza a producir frutos al primer año de edad, alcanza su máxima productividad entre los 6 y 8 años de edad. La planta puede continuar con su actividad productiva hasta el final de su ciclo de vida, pero con niveles de productividad bajos (Archila, 2007). Dicho cultivo presenta hojas opuestas de color verde brillante con márgenes lisos. Sus flores se caracterizan por ser de color blanco las cuales crecen en grupos en los nudos de las ramas o bandolas. Los frutos que produce son drupas de color rojo con un diámetro que varía de 0.7 cm a 1.5 cm (Botanical, 2019).

3.4.2. Origen y distribución del cafeto

C. arabica L., es originario de Etiopia en la región que circunda el lago Tana en África. Su clasificación como grupo botánico está constituida por más de cien especies de una gran familia pertenecientes al género *Coffea*. Según las condiciones climáticas y la región de origen se desarrollan diferentes tipos de cafeto, con características genéticas diversas como: porte y forma de la planta, tamaño y color de fruto, resistencia a enfermedades, tolerancia a plagas, sabor de bebida, adaptabilidad, productividad. De este centenar de especies, dos se cultivan comercialmente, *C. arabica* L. integrada por diferentes variedades y *Coffea canephora* L. formada por diferentes grupos de robusta (ANACAFE, 2018).

Los primeros países en cultivar el cafeto de forma comercial fueron Arabia y Egipto, aproximadamente en el siglo XVI. Para el siglo XVII el café estaba cobrando importancia a nivel

mundial es entonces que los turcos llevan el café a Europa, posteriormente en Viena el café cobro mayor importancia y la bebida adquirió popularidad. Debido a la demanda de café que se generaban los holandeses, fueron los primeros en hacer grandes plantaciones en Java para competir con el monopolio Turco-Árabe. Más tarde Luis XVI envió unos granos para cultivo en Martinica, y fue por donde finalmente ingreso a América (Echeverri, 2005).

3.4.3. Resumen histórico del cultivo de cafeto en Guatemala

Según Cuadras (2010), para el año de 1760 los padres jesuitas introdujeron el cafeto a Guatemala, como una planta ornamental para jardinería en la ciudad de Antigua Guatemala. En la época del año 1800 el cultivo de cafeto (*C. arabica* L.), se asentó en el país como una actividad productiva y comercial. En 1889 el sector cafetalero de Guatemala obtuvo un importante reconocimiento a nivel mundial ya que era premiado como el mejor café del mundo en la exposición internacional de Paris, Francia. Debido a la importancia que represento dicho cultivo en el país, los gobiernos liberales de 1898 a 1931 impulsaron el cultivo de cafeto (*C. arabica* L.), para ello confiscaron las propiedades de la iglesia y muchas tierras comunales. Obligando a los indígenas a trabajar en las fincas cafetaleras, norma que fue revocada en el gobierno de Jorge Ubico (1931 – 1944).

Según Wagner (2018), la aclimatación de los cafetos en Guatemala fue uno de los pilares para el inicio de una industria prolifera, sin embargo, en el país la producción progreso lentamente, ya que hasta mediados del siglo 19 el café se usaba más como medicina que como bebida.

La primera exportación de café en Guatemala se realizó en el año de 1854, exportando un volumen de 4,370 Kg a un precio de diez dólares estadounidenses por kilogramo. Veintiséis años más tarde, el café se convirtió en el cultivo más importante del país y generaba un 80 % del valor total de las exportaciones (Wagner, 2018).

3.4.4. Importancia económica

De acuerdo con datos del Banco de Guatemala BANGUAT (2019), para el 2018 el cafeto (*C. arabica* L.), representó un ingreso por exportaciones cercano a los \$679, 922,809.00, un 6.18 % del total de las exportaciones del país, siendo el tercer producto agrícola de exportación, luego de los derivados de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*L.), y banano (*Musa paradisiaca* L.). Los principales destinos para el café guatemalteco son: Estados Unidos (44 %), Japón (13 %) y Canadá (10 %) (USAID, 2016).

3.4.5. Clasificación taxonómica del cafeto

Según Alvarado & Rojas (2007), la clasificación taxonómica del Cafeto (*C. arabica* L.), fue determinada por Carlos Linneo la cual es la siguiente:

Reino: Plantae
 División: Magnoliophyta
 Clase: Magnoliopsida
 Orden: Gentianales
 Familia: Rubiaceae
 Género: *Coffea*
 Especie: *Coffea arabica* L.

3.4.6. Variedad Catuaí

Según ANACAFE (2018), esta variedad es el resultado del cruzamiento artificial de las variedades Mundo Novo y Caturra, realizado en Brasil. La introducción de Catuaí a Guatemala se realizó alrededor de 1970. Posee una buena adaptación en altitudes que van de los 600 a 1675 msnm en la zona central, oriental, parte de la costa sur y norte del país. Dicha variedad se

caracteriza por ser de porte bajo, pero un poco más alta que caturra, con una altura promedio de 2.25 m, las ramas laterales forman un ángulo cerrado de 45 grados con el tallo principal, con entrenudos cortos. Las hojas nuevas o brotes son de color verde claro, las hojas adultas tienen una forma redondeada y de color verde oscuro. Es una variedad muy vigorosa, que desarrolla mucho crecimiento lateral con ramas secundarias (World coffe, 2019).

Esta variedad produce frutos de color rojo y amarillo, predominando en la caficultura de Guatemala la variedad de frutos rojos, el grano presenta un tamaño mediano, posee una alta capacidad de producción. En condiciones óptimas de clima, suelo y nutrición, podría llegar a producir 3634.00 Kg (79 quintales), de café pergamino por hectárea. Requiere de un manejo adecuado y oportuno de las diferentes actividades agronómicas, especialmente lo que se refiere a la nutrición y control de roya debido a su alta susceptibilidad (MarcadorDePosición5).

3.4.7. Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome)

H. vastatrix Berk. & Br., es la más severa enfermedad del cultivo desde que fue reportada en 1869. La roya del cafeto se caracteriza por causar lesiones de color amarillo-naranja en la superficie del envés de las hojas, introduciéndose a través de las estomas provocando los siguientes daños: deterioro de la fotosíntesis, defoliación prematura y la iniciación floral reducida (MAGA, 2013). La enfermedad ha causado pérdidas en la producción y en las áreas de cultivo en países de Asia, África y América. Es provocada por el hongo fitoparásito *H. vastatrix* Berk. & Br. este se caracteriza por ser un parasito obligado y puede crecer solamente en los tejidos de la planta hospedera (Harr, 1977). El cual pertenece a la subdivisión de los basidiomicetos, del orden uredinales, familia pucciniaceae.

3.4.8. Clasificación taxonómica

Según Berkeley & Broome (1869), la clasificación taxonómica de la roya del cafeto (*H. vastatrix* Berk & Br.), es la siguiente (Avelino J. , 2013):

Reino: Fungí
 Phylum: Basidiomycota
 Subphylum: Urediniomycotina
 Clase: Urediniomycetes
 Orden: Uredinales
 Familia: Chaconiaceae
 Género: Hemileia
 Especie: *Hemileia vastatrix* Berk & Br.

3.4.9. Origen y distribución de la roya

El primer reporte de la presencia de la roya del cafeto (*H. vastatrix* Berk. & Br.), atacando cultivos se dio en 1869 en el continente de Asia específicamente en Sri Lanka. En ese mismo año aparece en India y fue descrita por Miles Joseph Berkeley, un especialista británico en hongos, quien describió al hongo responsable de la enfermedad y le dio el nombre científico de *Hemileia vastatrix* (Laughlin, 2015).

En los continentes de Asia y África producto del ataque de esta enfermedad se dieron devastaciones de las plantaciones de cafeto (*C. arabica* L.), lo cual marco una etapa importante para los productores de América cuando se detecta la presencia de la roya en Brasil, en el estado de Bahía en 1970 (Laughlin, 2015). Posteriormente la roya se disemina en Guatemala en el año de 1980, a partir del año 2012 empieza a aumentar los niveles de incidencia de la roya en el país

provocando una serie de alertas epidemiológicas ya que se presentó en zonas con altitudes de 1219 a 1524 msnm (ANACAFE, 2013).

3.4.10. Importancia y pérdidas causadas

El hongo fitopatógeno *H. vastatrix* es el responsable de causar la enfermedad más destructiva del café (*C. arabica* L.), y la de mayor importancia económica a nivel mundial, debido a que esta enfermedad provoca la caída prematura de las hojas, lo cual repercute en la disminución de la capacidad fotosintética así como el debilitamiento de las plantas enfermas y en condiciones de altos niveles de incidencia (>50 %) puede ocasionar muerte progresiva en bandolas hasta provocar la muerte definitiva de la planta (APS, 2011). Dichos efectos pueden causar pérdidas de producción del 10 al 40 %, mientras que con un nivel de incidencia de 68 % se han reportado pérdidas de hasta un 48 %, además se ha constatado que la roya acentúa el ritmo bianual de la producción (Avelino J. , 2013).

Según Mora (2016), el cultivo de café (*C. arabica* L.), se considera como uno de los productos de carácter agrícola más importantes en el comercio internacional debido a su alto nivel de consumo una mínima reducción en el rendimiento o un ligero aumento en los costos de producción de este cultivo por el efecto de la roya (*H. vastatrix* Berk. & Br.), puede generar un gran impacto en los caficultores.

3.4.11. Sintomatología de la roya

Los síntomas iniciales de *H. vastatrix* Berk. & Br., se dan a través de lesiones cloróticas, inicialmente con decoloración de áreas de la hojas, especialmente hacia los márgenes, debido a que en esta zona por la fisiología de la hoja el agua tiende a acumularse, posteriormente la presencia de urediniosporas del hongo que se reconoce de forma visual con un aspecto polvoriento de color anaranjado ubicado en el envés de las hoja afectada (Edin, 2013).

Gradualmente el hongo aumenta el área foliar de infección al iniciarse la esporulación incrementando al sentido del tacto la sensación polvosa sobre la superficie de la hoja (Barquero, 2013).

3.4.12. Ciclo biológico de la roya

Según Avelino y Rivas (2013), el ciclo de vida de la roya del cafeto (*H. vastatrix* Berk. & Br.), consta de cinco etapas: diseminación, germinación, penetración, colonización y esporulación las cuales determinan la epidemiología de la enfermedad presentando un ciclo de vida que por lo general cubre 30 días, transcurrido el 75 % de ese tiempo (24 días), se inicia la formación de manchas de color amarillo pálido translucidas.

3.4.12.1. Diseminación

Las esporas que produce la roya del cafeto (*H. vastatrix* Berk. & Br.), son conocidas como uredosporas, se producen en grandes cantidades y son el medio más adecuado para perpetuar la enfermedad. Estas esporas pueden sobrevivir hasta 30 días, bajo condiciones secas y cálidas, sin embargo cuando en la superficie de las hojas permanece humedad, las esporas de la roya pueden sobrevivir hasta 60 días o bien germinar y penetrar las hojas perpetuando las infecciones sobre todo por la facilidad de su dispersión la cual se puede dar a través del viento, el agua, insectos y el hombre (CATIE, 2015).

3.4.12.2. Germinación

El proceso de germinación comienza con la deposición de las uredosporas en el envés de la hoja de cafeto (*C. arabica* L.), en esta etapa se determina como el inicio del proceso infeccioso en la planta, a pesar de que el hongo se establece y desarrolla a partir de sus propias reservas (Silva & Alvarez, 2003). Según (CATIE, 2015), para la germinación de las esporas se requiere

de la presencia de agua por al menos durante seis horas, temperaturas entre 21 a 25°C y condiciones de oscuridad. Para que pueda formarse el apresorio (Estructura adhesiva, achatada a partir de la cual se origina una hifa afilado que rompe la cutícula de una célula epidérmica del huésped por punción permitiendo la penetración del micelio para establecer la infección de un hongo fitoparásito), se requiere de un periodo de entre 3 a 8 horas. La etapa de germinación se inhibe con la presencia de luz y ausencia de agua entre 24 a 48 horas, debido a que, cuando se evapora o reduce la disponibilidad de agua en la hoja se detiene el proceso, ya que afecta el crecimiento de los tubos germinativos de la espora.

3.4.12.3. Penetración

Según Watson (1961), luego de germinar, el hongo penetra en las hojas a través de las estomas situados en el envés de las hojas maduras hasta la cámara sub-estomática, mediante una hifa, el hongo necesita de estomas bien formado para poder ingresar a la hoja, lo cual explica porque las hojas jóvenes con estomas incompletos son menos receptivas a la infección que hojas adultas. En esta etapa es cuando se establece la relación trófica patógeno-hospedero (Silva y Alvarez, 2003).

3.4.12.4. Colonización

Según Avelino & Rivas (2013), cuando el hongo ha penetrado al interior de la hoja, este desarrolla unas estructuras denominadas haustorio (Estructura que sirve para que los hongos fitoparasitos puedan absorber nutrientes de su hospedero.), los cuales entran en contacto directo con las células de la planta para extraer los nutrientes necesario para su crecimiento. Las células de cafeto parasitadas pierden su coloración verde y en ese momento se aprecian zonas cloróticas en la hoja que corresponden a la aparición de los síntomas de la enfermedad. El proceso donde

ocurre la formación de áreas cloróticas se denomina como periodo de incubación el cual varía entre 21 a 24 días al sol y entre 18 a 22 días a la sombra (Guzman, 2011).

3.4.12.5.Esporulación

Según CATIE (2015), transcurridos 30 días después de la colonización, el hongo está lo suficientemente maduro para diferenciarse en estructuras llamadas soros, que son las encargadas de producir nuevas uredosporas. El tiempo transcurrido desde la infección hasta la producción de esporas se denomina periodo de latencia. En esta etapa las hifas invaden la cámara sub-estomática y se produce un agrupamiento de células esporogénicas. Estas emergen por la apertura del estoma y forman el esporoforo e inicia la producción de uredosporas, a cada grupo emergido se le llama soro o pústula (Avelino & Rivas, 2013).

3.4.13. Hidrocloruro polihexametileno de guanidina (PHMGH)

3.4.13.1.Propiedades físicas y químicas del Hidrocloruro polihexametileno de guanidina (PHMGH)

El Hidrocloruro polihexametileno de guanidina (PHMGH) es un compuesto de carácter orgánico derivado de la guanidina el cual ha sido evaluado bajo los procedimientos de equivalencia de Mayacert (Entidad líder en la multi-certificación de los sistemas de productos agropecuarios, proceso e industrialización.), con los reglamentos NOP-USDA (National Organic Program, United States, Department of Agriculture), CEE 834/2007 y 889/2008 de la Unión Europea y notificación JAS 1605 del MAFF de Japón (MAYACERT, 2018). Las características físicas y químicas (Ver tabla 6), del producto se caracterizan por ser un compuesto puro de color blanco amarillo, cristalino, alcalino y de olor neutro. Dicho compuesto se forma a partir de la oxidación de la guanina y la podemos encontrar de manera natural en la orina como un producto normal del metabolismo de las proteínas (Bionovelus, 2015).

Tabla 6: *Propiedades físicas y químicas del PHMGH*

pH	6,5-6,5
Inflamabilidad (sólido, gas)	No es inflamable
Propiedades explosivas	No explosivo
Propiedades comburentes	No oxidante
Densidad relativa	1 kg/dm ³
Solubilidad en agua	Soluble
Liposolubilidad	No soluble

Fuente: Bionovelus, 2015.

3.4.14. Instrucciones de uso y manejo

El hidrocloreuro polihexametileno de guanidina (PHMGH), es un fungicida- bactericida de contacto de amplio espectro para el control de enfermedades fungosas y bacterianas de diversos cultivos (Ver tabla 7), Si la aplicación incluye fungicidas o insecticidas, estos deben de mezclarse por separado con el fin de obtener una mezcla homogénea. No debe mezclarse PHMGH con cloro, no es compatible con este producto. Por su estructura PHMGH tiende a tener una ligera reacción alcalina. Disuelva completamente la cantidad del producto a utilizar en un recipiente y luego deposite en el tanque de mezcla que contenga agua hasta un medio o un tercio del total. Complete el volumen de agua y agite hasta que la mezcla se homogénea. Cuando valla a realizar mezclas con otros productos es necesario hacer una prueba previa (Bionovelus, 2019).

3.4.14.1.Control

En la siguiente tabla se describen las enfermedades que el PHMGH controla en los distintos cultivos que se mencionan en dicha tabla:

Tabla 7: Enfermedades que controla.

CULTIVO	ENFERMEDADES A CONTROLAR	DOSIS
Cucurbitáceas	Mildiu (<i>Erydiphe spp</i>), Cenicillas (<i>Oidium spp.</i>)	4 – 8 ml L ⁻¹ de agua
Solanáceas	Moho gris (<i>Botrytis cinérea</i>), Mildiu (<i>Pseudoperonospora sp.</i>), Cenicilla (<i>Oidium sp.</i>), Tizón temprano (<i>Alternaria Solani</i>), <i>Ralstonia solanacearum</i> , Peca bacteriana (<i>Pseudomonas syringae</i>), Cancer bacteriano (<i>Clavibacter michiganensis</i>).	6 – 10 ml L ⁻¹ de agua
Café	Roya (<i>Hemileia vastatrix Berk. & Br.</i>).	7 ml L ⁻¹ de agua
Berries	Botrytis, Penicillium.	4 – 8 ml L ⁻¹ de agua
Banano	Sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>).	5 - 12 ml L ⁻¹ de agua
Frutales	Monilinia (<i>Monilinia frutícola</i>), <i>Alternaria</i> , <i>Colletotrichum</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Erwinia amylovora</i> .	6 – 12 ml L ⁻¹ de agua

Fuente: (Bionovelus, 2019)

3.4.14.2.Modo de acción

El modo de acción es la característica mediante la cual el fungicida llega al organismo objeto de control, en este caso el producto actúa del modo contacto de amplio espectro (Bionovelus, 2019).

3.4.14.3.Mecanismo de acción

Actúa alterando la distribución de la carga en la membrana del hongo con lo que se altera la permeabilidad celular y las funciones de la membrana entre las que se encuentran: el ciclo del ácido cítrico; el intercambio mitocondrial del ATP; las reacciones de fosforilación oxidativa; síntesis de lípidos (Nij, 2019).

3.4.15. Antecedentes

De acuerdo a la investigación realizada por Nij (2017), en el monitoreo y la evaluación del efecto del hidrocloreto polihexametileno de guanidina (PHMGH), luego de 118 días después de la aplicación del producto para el control de roya del café (*H. vastatrix* Berk. & Br.), en la región de Honduras, los resultados obtenidos fueron la determinación de la importancia de establecer intervalos de aplicación entre 30 a 35 días para reducir los niveles de incidencia sobre el control de dicha enfermedad. Además, en dicha evaluación se determinó que el uso de este producto no es compatible con productos como adherentes y/o surfactantes, debido a la reacción ácida que estos productos generan en la mezcla. Dicha incompatibilidad se debe a la estructura del PHMGH el cual tiende a tener una ligera reacción alcalina.

Según Pérez (2015), en su investigación sobre el control de roya en café (*H. vastatrix* Berk. & Br.), utilizando productos de carácter orgánico versus control químico en la región de El Barreal de Heredia, Costa Rica, en una plantación de café (*C. arabica* L.), variedad caturra de tres años de edad donde se tomaron muestras iniciales de la incidencia y severidad de esta enfermedad en la plantación y luego se realizaron dos muestreos más de incidencia y severidad finalizando la última toma de datos en la segunda semana del mes de octubre. En cada uno de los muestreos para la toma de datos utilizaron las tablas diagramáticas para la determinación de daños en severidad de esta enfermedad. Demostrando que no existieron diferencias significativas entre los métodos de control químicos y el método de control orgánico.

De acuerdo a la evaluación realizada por Guist (2015), con diferentes dosis de *Bacillus subtilis* E. (Cepa QST 713) 1.34 SC para el control de la roya de café (*H. vastatrix* Berk. & Br.), en el cultivo de café (*C. arabica* L.), en finca El Platanar y anexos, Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, C.A. las dosis que evaluó fueron de 3, 5,7 y 9 L Ha⁻¹

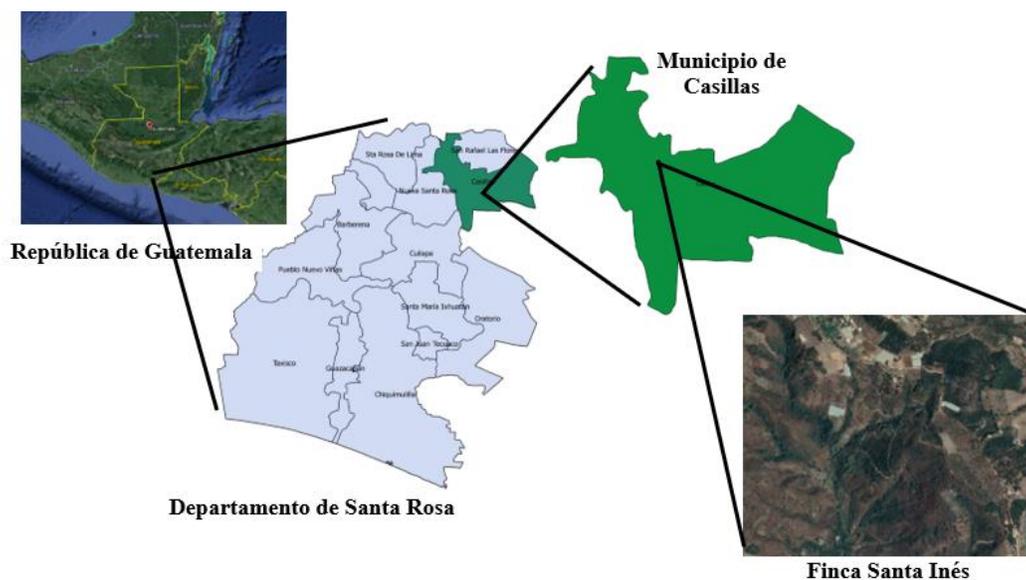
respectivamente, demostrando que la mejor dosis en que se puede aplicar *B. subtilis*, para el manejo de roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome), es de 7 L Ha⁻¹.

3.5. Marco referencial

3.5.1. Localización

La investigación se llevará a cabo en la finca Santa Inés la cual está ubicada en Aldea San Juan Bosco, Casillas, Santa Rosa. En las coordenadas geográficas 14°26'54.42" latitud norte y 90° 12'50.77" longitud oeste, a una altura de 1436 msnm (Earth, 2018).

Figura 21: Localización Finca Santa Inés, Aldea San Juan Bosco, Casillas, Santa Rosa.



Fuente: Google earth, 2018.

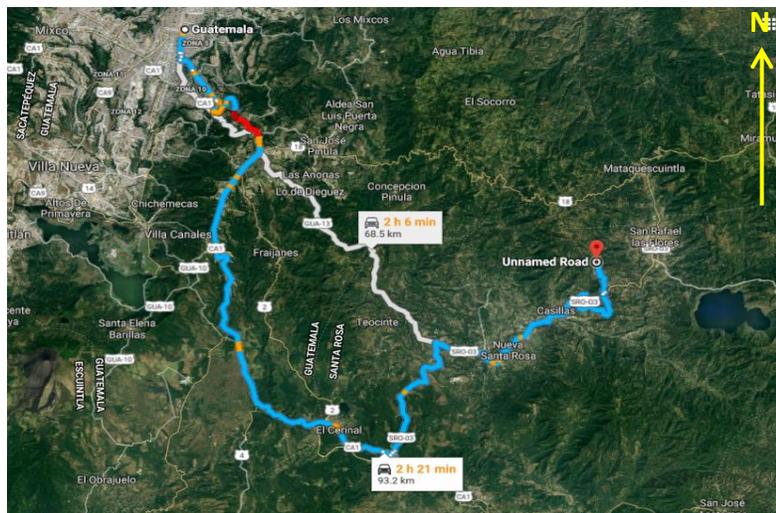
3.5.2. Ubicación

La finca Santa Inés se encuentra ubicada dentro del perímetro de Aldea San Juan Bosco colindando al norte con el municipio de Mataquescuintla, Jalapa, al sur con aldea Las Minas y el municipio de Casillas, Santa Rosa, al este con aldea Los Pocitos y aldea Barrera, y al oeste con aldea El Izote. El ingreso a la finca se encuentra a 89.5 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala (Melgar, 2019).

3.5.3. Vías de acceso

Según Melgar, para el acceso hacia finca Santa Inés aldea San Juan Bosco desde la ciudad capital de Guatemala se toma la ruta Interamericana CA-1 Oriente, a la altura del kilómetro 54 jurisdicción de Barberena, Santa Rosa, se debe tomar la ruta RD-SRO 03 hacia Mataquescuintla, Jalapa hasta el ingreso de la finca en el kilómetro 89.5 de dicha ruta. O a través de la ruta alterna RD-SRO 13 la cual inicia a la altura del kilómetro 16.5 de la ruta interamericana CA-1 Oriente hacia aldea Amberes, Santa Rosa de Lima, incorporándose a la ruta RD-SRO 03 (Melgar, comunicación personal, 22 de marzo de 2019).

Figura 22: Ruta de acceso hacia Aldea San Juan Bosco, Casillas, Santa Rosa, Guatemala.



Fuente: Google Maps, 2018.

3.5.4. Condiciones climatológicas

La zona se caracteriza por presentar una temperatura media anual de 25°C; con una mínima de 22°C y una máxima de 26°C. La intensidad de luz que se presenta en la época de invierno es de 800 a 900 watts/m² y en la época de verano es de 1300 watts/m² con una precipitación media anual de 1300 a 1500 mm. La humedad relativa oscila entre 40 % a 60 %. Se presenta un porcentaje de nubosidad entre un 20 % a 30 % para la época seca y en la época de lluvia se

presenta un 50 % a 70 % (Mendoza, comunicación personal, 25 de marzo de 2019). La velocidad promedio del viento en la región norte de Santa Rosa anualmente es de 2.63 Km/hr, presentando máximas de 45.06 km/hr y mínimas de 0 km/hr.

3.5.5. Zona de vida

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge (1983), el área donde se establecerá la investigación se encuentra dentro de la zona de bosque húmedo subtropical templado (MAGA, 2002).

3.5.6. Suelo

El suelo del área utilizada para el establecimiento de la investigación, se caracteriza por ser del tipo franco arcilloso, con un pH de 6.15 considerado como levemente ácido (Melgar, 2019).

3.5.7. Fuentes hídricas

Actualmente la finca se abastece de agua por medio de tres nacimientos, los cuales están ubicados dentro del área de la misma (Melgar, 2019).

3.6. Objetivos

3.6.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de hidrocloreto polihexametileno de guanidina (PHMGH), sobre el control de la roya del café (*H. vastatrix* Berk. & Br.), bajo condiciones de campo en aldea San Juan Bosco, Casillas, Santa Rosa.

3.6.2. Objetivos específicos

Determinar la dosis de hidrocloreto polihexametileno de guanidina con mayor efectividad en el control de roya de *H. vastatrix* Berk. & Br.

Establecer los niveles de incidencia de la roya con la aplicación de diferentes dosis de hidrocloreuro polihexametileno de guanidina.

Definir los niveles de severidad de la roya con la aplicación de diferentes dosis de hidrocloreuro polihexametileno de guanidina.

3.7. Metodología

3.7.1. Diseño experimental

El diseño experimental implementado fue: Bloques al azar, donde se evaluaron siete tratamientos con cuatro repeticiones. Se utilizó dicho diseño debido a que en el terreno se presenta una gradiente de variabilidad en la pendiente del 20 %.

3.7.2. Tratamientos

En la siguiente tabla se describen cada uno de los tratamientos evaluados en la investigación la cual consistió en cinco tratamientos cada uno con diferentes dosis de PHMGH, un testigo relativo y un testigo absoluto:

Tabla 8: Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Dosis
1	1,750 ppm de PHMGH (25 %) L ⁻¹ de agua
2	3,500 ppm de PHMGH (25 %) L ⁻¹ de agua
3	7,000 ppm de PHMGH (25 %) L ⁻¹ de agua
4	8,750 ppm de PHMGH (25 %) L ⁻¹ de agua
5	10,500 ppm de PHMGH (25 %) L ⁻¹ de agua
6	Testigo relativo 1,562.5 ppm (Cyproconazole, Azoxystrobin) (28 %) L ⁻¹ de agua
7	Testigo absoluto

3.7.3. Unidad experimental

3.7.3.1. Parcela Bruta

La parcela bruta se refiere al número de plantas que hay en el área total de la unidad experimental, cuyo tamaño es de 10.80 m largo por 9 m de ancho (97.2 m²). El distanciamiento de siembra de la plantación es de 1.80 m entre surco por 1.20 m entre planta, dando como resultado una densidad de 35 plantas por parcela bruta (Ver figura 22).

3.7.3.2. Parcela neta

La parcela neta se refiere a la densidad de plantas que hay en el área donde se realizara el muestreo, cuyo tamaño es de 6 m de largo por 1.8 m de ancho (10.80 m²).

3.7.4. Distribución espacial de los tratamientos

Se delimitaron 28 parcelas (Ver Figura 22), considerando que la parcela bruta contenía cinco surcos y 9 plantas cada una, mientras que la parcela neta estaba conformada por un surco de cinco plantas en total (Ver figura 23).

Figura 23: *Distribución espacial de los tratamientos y repeticiones.*

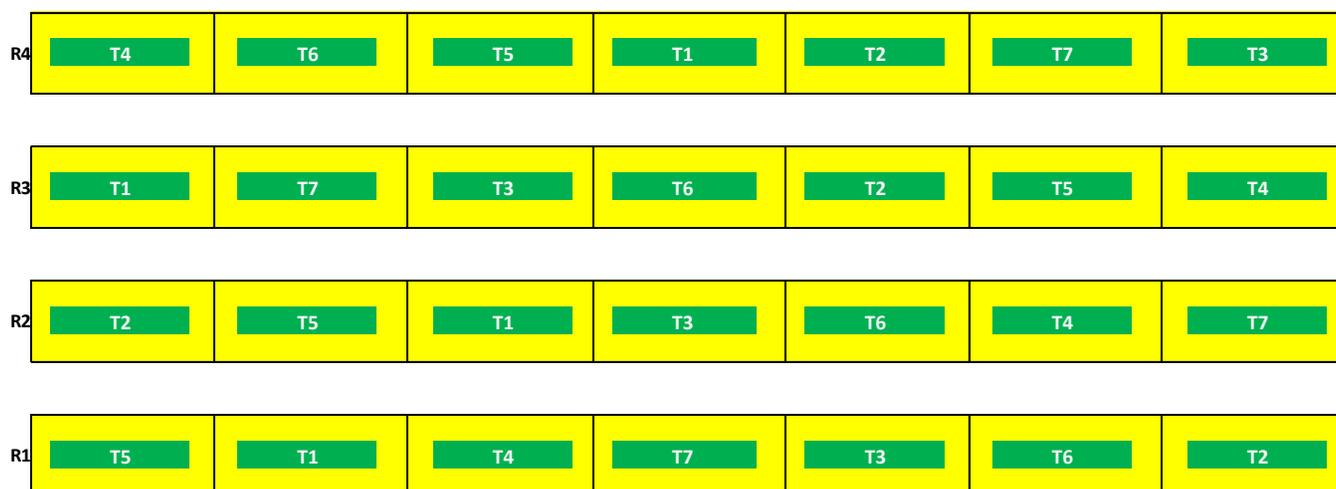
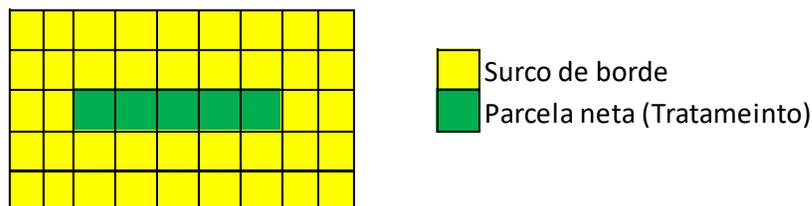


Figura 24: Parcela experimental neta

3.7.5. Delimitación de tratamientos

La delimitación de las parcelas se realizó colocando en las plantas de cada tratamiento cintas de distintos colores (Ver tabla 9). Además, cada parcela se identificó con un rotulo que indique el número de tratamiento y repetición. Cada parcela se conformaba por un área de 97.2 m² contemplando un área total de la investigación de 2,721.60 m².

Tabla 9: Distribución de colores de cinta pro tratamiento.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7
Color de cinta	Celeste	Verde	Amarillo	Naranja	Blanco	Rojo	Lila

3.7.6. Aplicación de los tratamientos

La aplicación de los tratamientos se realizó con una aspersora manual con un volumen de descarga de 0 a 0.8 L min⁻¹, y una capacidad de 18 L (Royal condor, 2019). La aplicación fue dirigida hacia el follaje, específicamente en el envés de las hojas con el fin de generar un contacto directo de la mezcla con el hongo fitopatógeno. Previo a la aplicación se realizó una calibración del equipo para determinar el volumen de mezcla a utilizar por tratamiento dando como resultado un volumen de 10 L de mezcla por tratamiento, utilizando un total de 60 L de agua por cada aplicación. Al momento de realizar las aplicaciones en los distintos tratamientos, en cada uno de ellos se contaba con una pantalla o cortina plástica móvil de 2 m de alto por 5 m de ancho, para evitar la deriva del producto de un tratamiento a otro. Dicha pantalla era

movilizada por dos personas al momento de realizar las aplicaciones y así evitar el arrastre de las aplicaciones entre tratamientos.

3.7.7. Frecuencia de aplicación y lecturas de severidad e incidencia

Tomando como base la investigación realizada por Nij (2017), se realizaron tres aplicaciones en cada uno de los tratamientos, con intervalos de treinta días. Las lecturas de incidencia y severidad de roya en cafeto se realizaron con una frecuencia de quince días. Realizando la primera lectura previo a la primera aplicación en donde se determinaron los niveles de incidencia y severidad de *H. vastatrix* Berk. & Br. presente en las plantas de *C. arabica* L. previo a las aplicaciones, posteriormente se realizaron las lecturas cada quince días.

3.7.8. Variables a medir

Las variables respuesta a medir en la investigación fueron:

a. Incidencia de roya

La incidencia de una enfermedad en este caso *H. Vastatrix*, representa el porcentaje o número de plantas u órganos afectados por el agente fitopatógeno (Piero, Evaluacion y medicion de las enfermedades de la plantas, 2010).

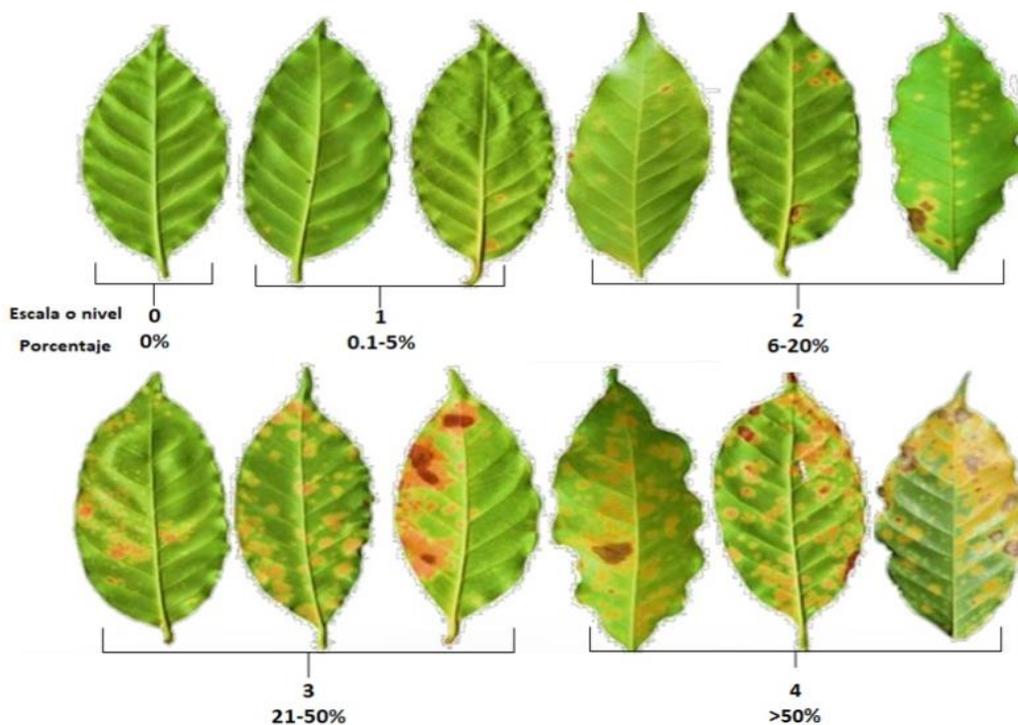
b. Severidad de roya

La severidad es una estimación visual en la cual se establecen grados de infección de una enfermedad en una determinada planta se determina a través del porcentaje de área de la planta u órgano cubierta con síntomas del agente fitopatógeno (Piero, 2010).

3.7.9. Medición de severidad de roya

Para realizar las lecturas de severidad en planta se muestrearon las cinco plantas de cada tratamiento eligiendo tres bandolas por planta, una del estrato inferior, medio y superior respectivamente (SENASA, 2003). En la ejecución de dicha lectura se utilizó una escala de evaluación de la enfermedad (Ver figura 25), proporcionada para el área de Guatemala por el centro agronómico tropical de investigación y enseñanza -CATIE- (Calderon, Anzueto, & Mora, 2013).

Figura 25: Escala de severidad de roya en cafeto.



Fuente: CATIE, 2013.

Posteriormente a las lecturas de severidad se determinó el porcentaje de severidad de roya por tratamiento utilizando la siguiente fórmula proporcionada por el servicio nacional de sanidad agraria del Perú (SENASA, 2003):

$$\% \text{ Severidad} = \frac{(N_0 * 0) + (N_1 * 1) + (N_2 * 2) + (N_3 * 3) + (N_4 * 4)}{N * 5} * 100$$

Dónde:

N: Número total de hojas evaluadas en cada parcela.

N₀: Número total de hojas con valor 0 de la escala.

N₁: Número total de hojas con valor 1 de la escala.

N₂: Número total de hojas con valor 2 de la escala.

N₃: Número total de hojas con valor 3 de la escala.

N₄: Número total de hojas con valor 4 de la escala.

3.7.10. Medición de incidencia de roya

Posteriormente a las lecturas de severidad en cada uno de los tratamientos de cinco plantas cada uno, se realizó un conteo del número de hojas infectadas con roya y el número total de hojas. Posteriormente se determinó el porcentaje de incidencia a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{Número de hojas infectadas con roya por tratamiento}}{\text{Total de hojas muestreadas por tratamiento}} * 100$$

3.8. Materiales y recursos

3.8.1. Material experimental

La variedad de *C. arabica* L., utilizada fue Catuaí (edad de la plantación: siete años), esta se caracteriza por ser una planta compacta de 2 m de altura, con un buen potencial de rendimiento de hasta 3634.00 Kg (79 quintales), pergamino por hectárea y de calidad estándar en Centroamérica, dicha variedad se caracteriza por su alta susceptibilidad a la roya del caféto (*H. vastatrix* Berk. & Br.), (World coffee, 2019).

3.8.2. Equipo de aplicación

Para la aspersion de cada uno de los tratamientos se utilizo una aspersora manual, con una capacidad de volumen de 18 L.

3.8.3. Fungicida orgánico

El producto utilizado fue el Hidrocloruro polihexametileno de guanidina (PHMGH), el cual es un fungicida de contacto de amplio espectro para el control de enfermedades fungosas y bacterianas de diversos cultivos. Su presentación es líquido concentrado soluble (SL), a una concentración del 25 %.

3.9. Resultados y discusión

3.9.1. Incidencia

Los datos obtenidos durante el periodo de noventa días se les efectuó un análisis de varianza (ANDEVA), con los cuales se trabajó con un promedio de las siete lecturas efectuadas cada quince días de donde se obtuvieron los niveles de incidencia de la enfermedad, realizadas durante la etapa de la investigación (Ver anexos tabla 17).

3.9.1.1. Análisis de varianza de la incidencia de roya en cafeto

En la tabla 10, de las variables del análisis de varianza se observa que la investigación posee un número de 28 unidades experimentales, siendo la variable dependiente, en este caso el porcentaje de incidencia de roya del cafeto. Los tratamientos evaluados poseen un coeficiente de variación del 10.68 %, el cual indica que la información o datos es confiable.

Tabla 10: *Variables del análisis de varianza*

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
Incidencia	28	0.99	0.99	10.68

Según el análisis de varianza aplicado a la variable incidencia obtenida durante la investigación se puede observar que el p-valor de la variable incidencia es menor a 0.0001, esto indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos, debido a que el p-valor es menor a 0.05. Por lo tanto, se determina que con un 95 % de confiabilidad si existen diferencias significativas entre los tratamientos en relación a los porcentajes de incidencia de la enfermedad roya del cafeto.

Tabla 11: *Análisis de varianza para la variable incidencia de roya del cafeto.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2413.93	9	268.21	216.03	<0.0001
Tratamientos	2409.38	6	401.56	323.43	<0.0001
Repeticiones	4.55	3	1.52	1.22	0.3306
Error	22.35	18	1.24		
Total	2436.28	27			

Como se puede observar en la tabla anterior de acuerdo al análisis de varianza demuestra que existen diferencias significativas entre tratamientos para la variable incidencia, por lo que se rechaza la hipótesis nula. En base a los resultados obtenidos se procedió a realizar una prueba múltiple de medias, para determinar a través de las medias de los tratamientos evaluados cuál de estos tiene mejor resultado, al disminuir el porcentaje de incidencia de roya del cafeto.

Tabla 12: *Comparación de prueba múltiple de medias tukey para la variable incidencia*

Tratamiento	Medias	n	Agrupaciones
6	4.93	4	A
2	6.06	4	A B
3	6.52	4	A B
4	6.60	4	A B
1	7.74	4	B
5	8.15	4	B
7	33.03	4	C

En la tabla 12, del análisis de prueba múltiple de medias de tukey para la variable incidencia, se observa que los valores de cada tratamiento van desde el 4.93 % hasta el 33.03 %. Demostrando que el tratamiento seis representa estadísticamente el nivel de menor incidencia. Respecto a los tratamientos dos, tres y cuatro correspondientes a las diferentes dosis del hidrocloreuro polihexametileno de guanidina se determinó que no representan diferencias estadísticas significativas entre si al encontrarse dentro de la misma agrupación de la prueba sin embargo estos últimos si representan diferencias estadísticas del tratamiento uno y cinco los cuales se encuentran dentro de la siguiente agrupación en la cual se demuestra un menor nivel de control de la enfermedad.

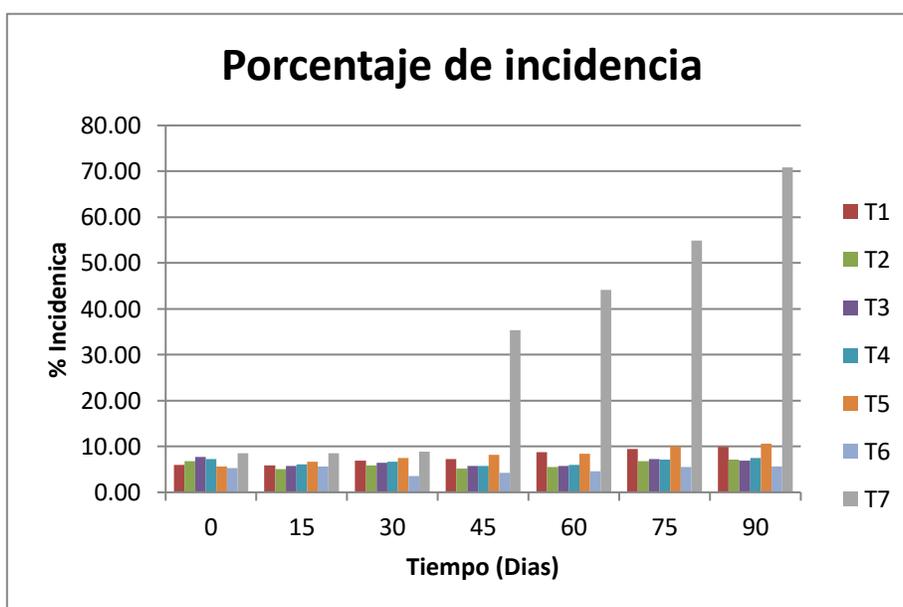
En base a dichos resultados, para las diferentes dosis de PHMGH el tratamiento dos representa la media más eficiente en el control de roya del cafeto con un valor de 6.06 %, además de ser el tratamiento con menor cantidad de producto utilizado (ver tabla 16), respecto a los tratamientos tres y cuatro, por lo tanto, se recomienda el uso de la dosis de 3500 ppm. Estos

resultados reflejan similitud con los ensayos de campo realizados por (Nij, 2017), donde el PHMGH mostraba la misma tendencia de control con una dosis de 3,500 ppm, en comparación a la recomendada por Bionovelus (2019), de 7,000 ppm, sin embargo, al elevar la dosis a 10,500 ppm, se incrementaron los niveles de incidencia de la enfermedad respecto a las dosis inferiores.

3.9.1.2. Progreso de la enfermedad

A través de la siguiente gráfica se puede observar el progreso de los niveles de incidencia de roya, en función de los noventa días de la investigación:

Figura 26: Progreso de la incidencia durante los 90 días de la investigación.



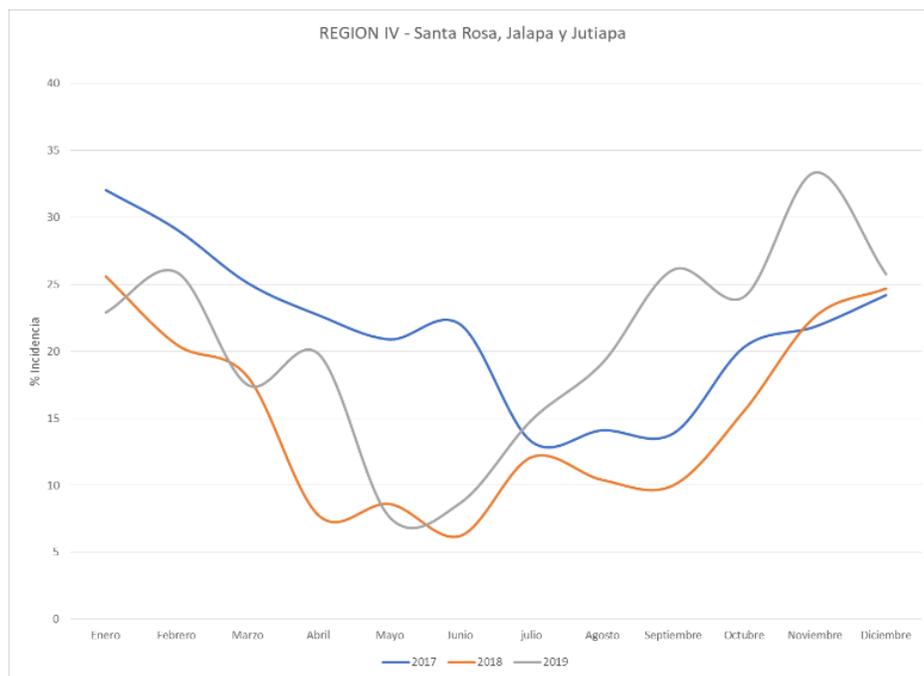
En la figura 26, se presenta el progreso de la incidencia de la enfermedad, en la cual se puede observar que los tratamientos dos, tres y cuatro presentaron un comportamiento similar en el porcentaje de incidencia promedio del: 6.06 %, 6.52 % y 6.60 % respectivamente (Ver tabla 13), mientras que los tratamientos uno y cinco tuvieron un incremento del 3.93 % y 5.01 % respectivamente, tomando como referencia la primer y última lectura en los niveles de incidencia

de la enfermedad. En cuanto al testigo absoluto presento un incremento constante del nivel de incidencia a partir de la cuarta lectura (45 días), alcanzando un incremento del 62.37 % (Ver tabla 13). En base a la gráfica anterior se determinó que el tratamiento con el control más eficiente en los niveles de incidencia de roya fue el número seis ya que presento un máximo del 5.6 % y un mínimo del 3.53 %.

3.9.1.3. Historial de incidencia de roya del cafeto

En la figura que se presenta a continuación se muestra el comportamiento del progreso de la enfermedad roya del cafeto durante el periodo 2017-2019 proporcionada por el equipo de monitoreo de ANACAFE (Chocoj, M. 2020).

Figura 27: Cuadro comparativo con base a muestreos diarios (sitios al azar) realizado por el equipo de monitoreo de ANACAFE



Fuente: Chocoj M. 2020

En la figura 27 se puede observar el comportamiento de la incidencia de roya en los años 2017, 2018 y 2019. En los cuales se observa que en los meses de mayo y junio dichos niveles

presentan un aumento en sus porcentajes llegando a noviembre con un 30 % y a diciembre en un 26% de incidencia (Chocoj M. 2020), este resultado indica que la roya del cafeto estuvo activa en el periodo de julio a octubre, época en la cual se realizó la evaluación de PHMGH.

3.9.1.4. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)

En la siguiente tabla se describen los valores del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), el cual es un método utilizado para comparar epidemias en base al desarrollo del patógeno en función del tiempo (López, 2000).

Tabla 13: *Área bajo la curva progreso de la enfermedad.*

ABCPE (Método Trapecio) Incidencia	
Epidemia	ABCPE total
T6	477.8
T2	584.9
T3	626.2
T4	638.9
T1	767.8
T5	813
T7	3403.7

Los resultados del cálculo de área abajo la curva de cada tratamiento presenta una diferencia en cada uno de ellos, sin embargo, el tratamiento seis presento el menor índice de incidencia seguido del tratamiento dos el cual representa la dosis de PHMGH con mayor eficiencia en el control de la roya del cafeto. Estos datos contribuyen a la sustentación de la información

obtenida del análisis de varianza realizado con la variable incidencia donde se determinó que el mejor tratamiento en la investigación es el número seis, mientras que en los tratamientos evaluados con las diferentes dosis de PHMGH el tratamiento dos presento un control más eficiente sobre el resto. Por otra parte, el tratamiento siete represento un alto valor de incidencia debido a la ausencia de control de la enfermedad demostrando la efectividad de los demás tratamientos con su respectivo control.

3.9.2. Severidad

Al igual que en la toma de datos para la variable incidencia durante el periodo de noventa días, se obtuvieron los datos para la variable severidad, con los cuales se trabajó con un promedio de las siete lecturas efectuadas cada quince días para realizar en análisis de varianza.

3.9.2.1. Análisis de varianza severidad

La variable severidad presento un coeficiente de variación del 11.11 % (Ver tabla 14), en las variables del análisis de varianza con un numero de 28 unidades experimentales. Este valor en el coeficiente de variación es aceptable, pues es inferior al límite establecido del 20 % (Sitún, 2007).

Tabla 14: *Variables del análisis de varianza*

Variable	N	R²	R² Ajustado	CV
Severidad	28	0.99	0.99	11.11

Según el análisis de varianza aplicado a la variable severidad obtenida durante la investigación se puede observar que el p-valor de la variable severidad es menor a 0.0001, esto indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos, debido a que el p-valor es

menor a 0.05. Por lo tanto, se determina que con un 95 % de confiabilidad si existen diferencias significativas entre los tratamientos en relación a los porcentajes de severidad de la enfermedad roya del cafeto.

Tabla 15: *Análisis de varianza para la variable severidad*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	266.62	9	29.62	268.22	<0.0001
Tratamientos	266.09	6	44.35	401.52	<0.0001
Repeticiones	0.53	3	0.18	1.61	0.2223
Error	1.99	18	0.11		
Total	268.61	27			

En base a los resultados obtenidos del análisis de varianza (ver tabla 15), en la fuente de variación de los tratamientos existen diferencias significativas entre los mismos para la variable de severidad, por lo que se rechaza la hipótesis nula, indicando que existen diferencias estadísticas significativas entre las medias de los tratamientos, por lo que se llevó a cabo una prueba múltiple de medias (ver tabla 16), donde se demostró el nivel de efectividad de cada tratamiento en el control de la severidad de roya en cafeto. Demostrando que el tratamiento seis es estadísticamente superior al resto de tratamientos en cuanto al control de la enfermedad mientras que, para las diferentes dosis de PHMGH, los tratamientos dos, tres y cuatro son estadísticamente iguales sin embargo el tratamiento dos por utilizar una menor cantidad del producto respecto a los tratamientos tres y cuatro representa la opción viable para el control de la enfermedad (Ver anexos tabla 21).

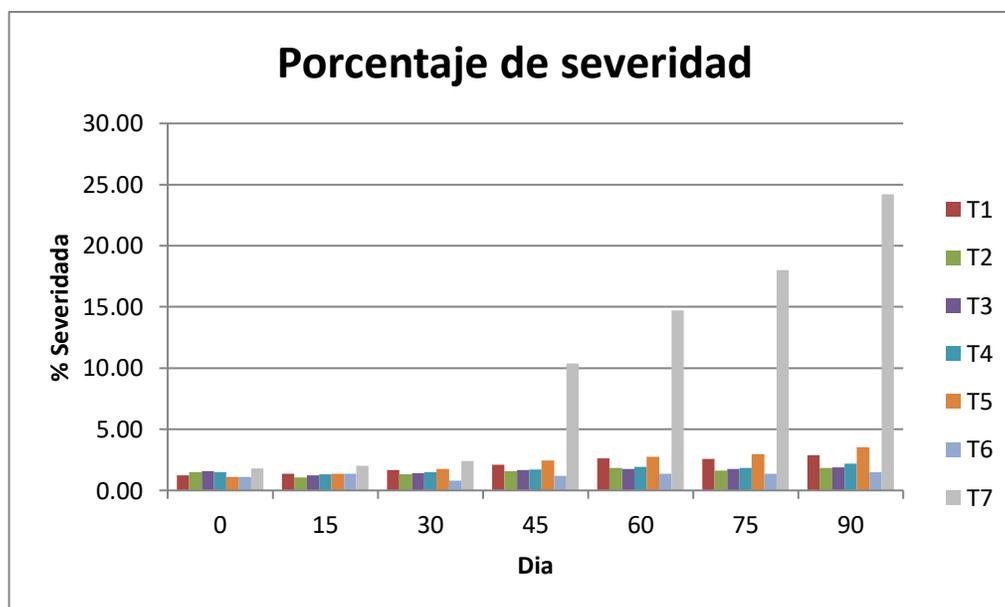
Tabla 16: Comparación de prueba múltiple de medias tukey para la variable severidad

Tratamiento	Medias	n	Agrupaciones
6	1.24	4	A
2	1.54	4	A B
3	1.6	4	A B
4	1.72	4	A B
1	2.06	4	B
5	2.28	4	B
7	10.5	4	C

3.9.2.2. Progreso de la enfermedad (Severidad)

A través de la siguiente gráfica se puede observar el progreso de los niveles de severidad de roya, en función de los noventa días de la investigación:

Figura 28: Progreso de la severidad durante los 90 días de la investigación.



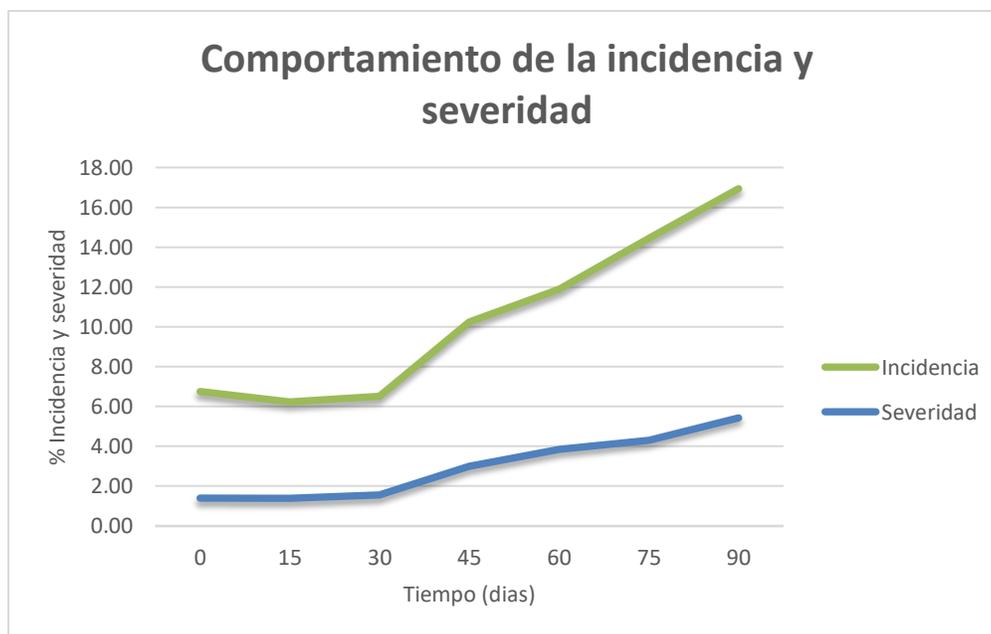
En la figura 28, se presenta el progreso del porcentaje de severidad de la enfermedad durante el periodo de noventa días de la investigación, en la cual se puede denotar que el tratamiento seis representa la media con tendencia a la baja en el porcentaje de severidad lo cual indica que es el

tratamiento efectivo para reducir los niveles de severidad de la enfermedad. En cuanto a las diferentes dosis de PHMGH, los tratamientos estadísticamente efectivos para el control de la enfermedad con el producto orgánico PHMGH fueron los tratamientos: dos, tres y cuatro con un porcentaje promedio de 1.54 %, 1.60 % y 1.72 % respectivamente (Ver anexos tabla 19), los cuales presentaron similitud en los valores de incidencia. En cuanto a los tratamientos uno y cinco el primero presentó un incremento en el nivel de severidad del 1.65 % tomando como base la primer y última lectura, y el quinto tratamiento presentó un incremento del 2.42 %. Y al igual que en el progreso de la incidencia los niveles de severidad presentaron un incremento significativo a partir de la cuarta lectura para el tratamiento siete.

3.9.3. Severidad e incidencia

A continuación, se muestra la gráfica 4, en la cual se demuestra el comportamiento de la incidencia y severidad durante el periodo de 90 días en la ejecución de la investigación:

Figura 29: *Comportamiento del progreso de incidencia y severidad de la enfermedad en el periodo de investigación.*



En la gráfica anterior se puede observar que las variables incidencia y severidad comparten similitud en la tendencia del progreso de la enfermedad en ambas variables, demostrando que tanto la incidencia como la severidad presentan una relación semejante en la distribución de sus datos.

En cuanto al cambio climático este representa una relación directa en la variación de los niveles de incidencia y severidad de la roya del cafeto, debido a la interacción que existe entre el agente fitopatógeno-ambiente y el hospedero (planta)-ambiente. Hoy en día las variaciones que se producen en las diferentes condiciones climatológicas debido al cambio climático repercuten directamente en el desarrollo del agente fitopatógeno permitiendo su inserción en zonas cafetaleras donde antes no se presentaban las condiciones favorables para su desarrollo.

3.10. Conclusiones

Se determinó en base al análisis de varianza con un 5 % de significancia, que las dosis de 3,500 ppm; 7,000 ppm; 8,750 ppm representaban estadísticamente un efecto similar en el control de la enfermedad roya del café sin embargo en base a un análisis de costo de las diferentes dosis se determinó que la dosis de 3,500 ppm representa el tratamiento con el control de menor costo económico por hectárea ($Q1,368.31 \text{ Ha}^{-1}$) (Ver anexos tabla 21).

Se estableció que el tratamiento dos (3,500ppm PHMGH), representa el menor nivel de incidencia respecto a las demás dosis, con un 6.06 % seguidamente de los tratamientos tres, cuatro, uno y cinco, los cuales presentaron los siguientes niveles de incidencia respectivamente: 6.52 %, 6.60 %, 7.74 %, 8.14 %. Respecto al tratamiento siete (Testigo absoluto), al no incluir ningún tipo de control el porcentaje de incidencia promedio fue del 33.03 %, esto demuestra el efecto en el control de *H. vastatrix* por parte de los demás tratamientos.

Se definió que la dosis de 3,500 ppm de PHMGH, presentó disminución del 1.54 % en los niveles de severidad de la enfermedad, seguido por los tratamientos: 7,000 ppm, 8750 ppm, 1750 ppm y 10,500 ppm, con valores promedios de severidad de 1.60 %, 1.72 %, 2.06 % y 2.28 % respectivamente. El no aplicar PHMGH presenta incremento de los niveles de severidad alcanzando un promedio de 24.19 %.

3.11. Recomendaciones

Se recomienda dar seguimiento al proceso de registro como insumo agrícola al Hidrocloruro polihexametileno de guanidina (PHMGH), en el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), como parte del cumplimiento de las normativas de registro de productos agrícolas en dicho ministerio.

Realizar una evaluación entre PHMGH siendo este un producto de carácter orgánico comparado ante un producto de origen biológico con el fin de determinar la efectividad en el control de *H. vastatrix*.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el proyecto de investigación y bajo las condiciones climáticas mencionadas en el capítulo III recomienda utilizar la dosis de 3500 ppm de PHMGH 25 SL, para el manejo de *H. vastatrix Berk. y Br.*

3.12. Referencias

- Alvarado, M., & Rojas, G. (2007). El cultivo y beneficiado de café. En M. A. Soto, & G. R. Cubero, *Taxonomía del café* (pág. 11). Costa Rica: Editorial Universidad a distancia.
- ANACAFE. (2013). Situación de Guatemala. In Taller Nacional sobre la roya del café. Presentación power point. Guatemala.
- ANACAFE. (2018). Boletín informativo Anacafe 2018. Guía de variedades del cultivo de café. Guatemala, Guatemala.
- ANACAFE. (2019). Recuperado el 26 de Marzo de 2019, de CEDICAFE:
<http://www.anacafe.org/uploads/file/d764ae9f10f448819d9039c5fb89a004/Boletin-Roya-Febrero-2019.pdf>
- ANACAFE. (08 de Marzo de 2019). Recuperado el 08 de Marzo de 2019, de Estaciones meteorológicas Asociación Nacional del Café: <http://meteorologia.anacafe.org/Clima/>
- ANACAFE. (2019). Proyección de volumen de café a exportar cosecha 2018-2019. Caficultores proyectan exportar 4.5 millones de quintales en nueva cosecha (18-19). Guatemala: Prensa libre.
- APS. (2011). The American Phytopathological Coffee rust (*Hemileia vastatrix*). Recuperado el 06 de Abril de 2019, de
<https://www.apsnet.org/edcenter/advanced/topics/Epidemiologia/Pages/ProgresoEnfermedad.aspx>
- Archila, F. M. (2007). Cenicafe. Recuperado el 05 de Abril de 2019, de Sistemas de producción de café en Colombia: <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/720>
- Avelino, & Rivas. (2013). La roya anaranjada del café. Recuperado el 06 de Abril de 2019, de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01071036>
- Avelino, J. (2013). La roya anaranjada del café. Recuperado el 13 de Abril de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/260789530_La_roya_anaranjada_del_cafeto

- BANGUAT. (2019). Banco de Guatemala. Recuperado el 13 de Abril de 2019, de Guatemala: valor (cif) de las importaciones y valor (fob) de las exportaciones:
http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/estaeco/comercio/sercom/2_POR_PRODUCTO/prod_mensDB001.HTM
- BANGUAT. (Junio de 2019). Banco de Guatemala. Recuperado el 31 de Agosto de 2019, de Nota al comercio exterior a junio 2019:
https://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/estaeco/ceie/CG/2019/nota_comercio_mensual.htm&e=143802
- Barquero, M. (2013). Cenicafe. Recuperado el 07 de Abril de 2019, de Recomendaciones para el combate de la roya del cafeto: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A11452e/A11452e.pdf>
- Bionovelus. (2015). MSDS -CR-10 "Coffe Rust Control". Treatment of diseases in Agricultural Crops. Phoenix, Arizona, United States of America.
- Bionovelus. (2019). Recuperado el 25 de Marzo de 2019, de Coffee rust control:
<https://bionovelus.com/fighting-coffee-rust/>
- Bionovelus. (2019). Recuperado el 25 de Marzo de 2019, de Coffee rust control:
<https://bionovelus.com/fighting-coffee-rust/>
- Bionovelus. (2019). Etiqueta producto comercial CR 10. Guatemala, Guatemala.
- Botanical. (2019). Recuperado el 28 de Abril de 2019, de Características de la planta del café :
<https://www.botanical-online.com/botanica/cafe-caracteristicas>
- Calderon, G., Anzueto, F., & Mora, G. (2013). CATIE-CIRAD-PROMECAFE-ANACAFE. Recuperado el 01 de Abril de 2019, de Estudio de las variaciones climáticas, monitoreo y sistemas de pronóstico de la roya del café en Guatemala:
<https://es.slideshare.net/tvmanejo/roya-del-caf-en-guatemala>
- CATIE. (2015). Prevención y control de la roya del café. Recuperado el 06 de Marzo de 2019, de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8186/Prevencion_y_control_de_la_roya_del_cafe.pdf

- Chocoj, M. (2020). Cuadro comparativo con base a muestreos diarios (sistos al azar), realizado por el equipo de monitoreo de ANACAFE. Guatemala. ANACAFE.
- CONAP. (2004). Listado de flora y fauna Cooperativa Nuevo Sendero. Guatemala.
- Cuadras, S. (2010). Forum Cafe. Recuperado el 05 de Abril de 2019, de Cafe de Guatemala: https://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/f-40_cafe_guatemala.pdf
- Earth, G. (2018). Us dept of State Geographer. San Juan Bosco Casillas Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala.
- Echeverri, D. B. (2005). Coffe for Cardiologists . Revista Colombiana de Cardiologia , 357-365.
- Edin, O. (2013). Recuperado el 07 de Abril de 2019, de Royas del cafeto: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/roya-del-cafeto>
- FAO. (2019). Organizacion de las naciones unidad para la alimentacion y la agricultura. Recuperado el 04 de 3 de 2019, de Portal de suelos de la FAO: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/conservacion-del-suelo/es/>
- Fedecocagua. (2018). (Opus tres s.a) Recuperado el 02 de Marzo de 2019, de Asistencia tecnica: <http://www.fedecocagua.com.gt/asistencia-tecnica/>
- Foot, W. (2014). Coffe and the press of migration. Forbes, 2.
- Google Earth. (2018). Mapa mundial. Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala.
- Guist, S. (2015). 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. Guatemala.
- Guzman, O. (2011). Cenicafe. Recuperado el 07 de Abril de 2019, de La roya del cafeto impacto, manejo y costos de control: <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot036.pdf>
- Harr, J. (1977). aspectos de su control. Basilea, Suiza, Sandoz, División Agro, Departamento de Investigaciones. Suiza.

- Investing. (2019). Recuperado el 04 de Marzo de 2019, de Futuros cafe C EE.UU.:
<https://es.investing.com/commodities/us-coffee-c-historical-data>
- Laughlin, D. (2015). Recuperado el 06 de Abril de 2019, de Origen, epidemias e impactos de la roya del cafe :
https://www.researchgate.net/publication/301625261_Preencion_y_control_de_la_roya_del_cafe-Manual_de_buenas_practicas_para_tecnicos_y_facilitadores
- Lopez, H. A. (2000). Descripción cuantitativa de las epidemias de las plantas . Colombia: Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín. .
- MAGA. (Octubre de 2002). Mapa de zonas de vida de Holdrige Republica de Guatemala. Guatemala. Recuperado el 09 de Marzo de 2019, de Ministerio deAgricultura GAnaderia y Alimentacion: <https://www.maga.gob.gt/mapas/>
- MAGA. (2012). Ministerio de Agricultura Ganaderia y Alimentacion. Recuperado el 08 de Abril de 2019, de https://www.maga.gob.gt/wp-content/uploads/img/roya/acceso_informacion-roya_del_cafe.pdf
- MAGA. (2013). Ministerio de agricultura y ganaderia de Costa Rica. Recuperado el 28 de Abril de 2019, https://www.maga.gob.gt/wp-content/uploads/img/roya/acceso_informacion-roya_del_cafe.pdf
- MAGA. (2018). Ministerio de Agricultrura Ganaderia y Alimentacion. Recuperado el 02 de Marzo de 2019, de Royas del cafe: https://www.maga.gob.gt/wp-content/uploads/img/roya/acceso_informacion-roya_del_cafe.pdf
- MAGA. (2002 de Octubre de 2019). Recuperado el 09 de Marzo de 2019, de Ministerio deAgricultura GAnaderia y Alimentacion: <https://www.maga.gob.gt/mapas/>
- MARN. (2018). Evaluacion preliminar de los factores causantes del uso de la tierra, causas y agentes de deforestacion y degradacion de bosques en Guatemala. Recuperado el 31 de Agosto de 2019, de <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/10094.pdf>
- MAYACERT. (Marzo de 2018). Confirmacion de compatibilidad para el uso en la agricultura organica. Guatemala.

- Mofeno-Seceña, J. C.-T.-S. (2015). Scielo. Recuperado el 04 de 03 de 2019, de Actitud de cafeticultores sobre el manejo y conservación de suelos del Sitio Ramsar, Cascadas de Texolo. Agricultura, sociedad y desarrollo:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722015000400553
- Mora, G. (2016). Senasa. Recuperado el 06 de Abril de 2019, de Roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome :
<http://www.cesaveson.com/files/docs/campanas/vigilancia/fichas2016/ROYAcafeto.pdf>
- Morales, A. (26 de Octubre de 2019). Porcentaje de infeccion de roya en Guatemala para el año 2012. (A. Melgar, Entrevistador)
- Nij. (2017). Evaluacion del efecto de cr-10 (phmgh) 118 dias despues de la aplicacion sobre el control de roya (*Hemileia vastatrix*) en cafe, Honduras. Honduras.
- Nij, E. (02 de Abril de 2019). Descripcion de características técnicas del producto. (A. Melgar, Entrevistador)
- OIC. (2013). Perdidas economicas por roya en cafe. Recuperado el 25 de Marzo de 2019, de
<http://www.ico.org/clr/elsalvador-22may.pdf>
- Pacheco, R. (2017). INTA. Recuperado el 09 de Marzo de 2019, de Manual de uso de agroquimicos: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-manual-uso-agroquimicos-frutihorticola.pdf>
- Perez, H. (2015). control de roya *hemileia vastatrix* berk. & br., en café *coffea arabica* l. var.caturra, en productos orgánicos versus control químico. costa rica.
- Piero, R. D. (2010). Recuperado el 18 de Junio de 2019, de Evaluacion y medicion de las enfermedades de la plantas: http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/cursometodosfito/10-EVALUACION_ENFERMEDADES.pdf
- PROMECAFE. (2016). EL impacto de la roya de cafe en el sector cafetalero de America Central. Few's net.

Royal condor. (Junio de 2019). Fumigadoras manuales para uso profesional. Recuperado el 12 de Julio de 2019, de <https://www.royalcondor.com>

SENASA. (2003). Recuperado el 01 de Abril de 2019, de Norma para la ejecución y remisión de información de actividades del programa manejo integrado de plagas y enfermedades del café:

https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/jer/SUB_DIR_CONTEP/1222.pdf

Silva, R., & Alvarez, Z. (2003). Estrategias de control de la roya del café con la aplicación de fungicida protector y sistémico en patrocínio minas Brasil. Recuperado el 06 de Abril de 2019, de

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002192X2003000400005&lng=es&tlng=es

Sitún, M. (2007). Investigación agrícola. Guatemala: ENCA.

USAID. (2016). El impacto de la roya de café en el sector cafetalero de América Central. Estados Unidos: Fews net .

vasques, P. (Agosto de 2005). Tesis Fausac. Informe final de Diagnóstico, Investigación y Servicios, de la Finca San Sebastián, San Miguel Dueñas, Sacatepéquez. . Guatemala.

Velasquez, A. (s.f.). Fundación FDV. Recuperado el 30 de Agosto de 2019, de <http://fundacionfdv.org/site/pdfs/Diversificacion%20de%20cultivos.pdf>

Velasquez, R. (Marzo de 2019). ANACAFE . Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de <https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%A1da-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf>

Velazques, R. (Diciembre de 2018). ANACAFE. Guía de variedades de café. Guatemala, Guatemala.

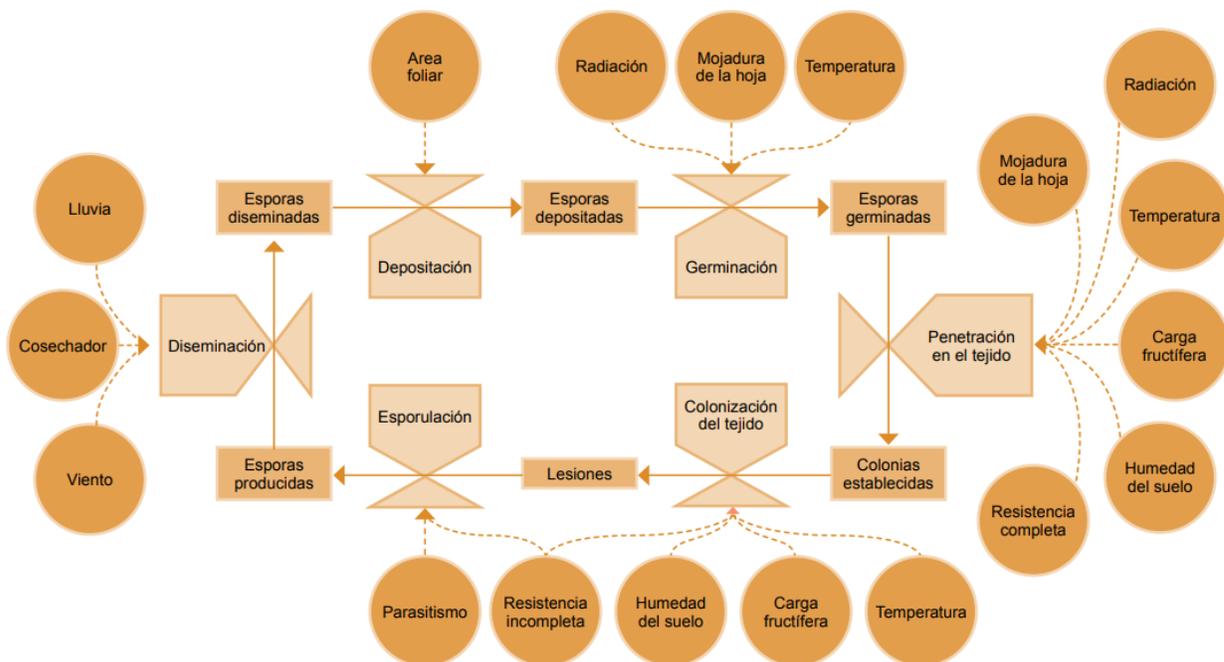
Wagner, R. (2018). Recuperado el 28 de Abril de 2019, de El cultivo de café en Guatemala: <http://www.forumdelcafe.com/noticias/cafe-guatemala>

Watson, R. (1961). Germination and penetration studies on coffee rust (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.). Kenya: Coffee Research station.

World coffee. (2019). Recuperado el 26 de Marzo de 2019, de Catalogo de variedades de café:
<https://varieties.worldcoffeeresearch.org/es/varieties/catuai>

3.13. Anexos

Figura 30: Diagrama del ciclo de vida de *Hemileia vastatrix* Berk & Br y factores que lo afectan.



Fuente: J. Avelino

Tabla 17: Porcentaje promedio de los niveles de incidencia durante la investigación

Repetición	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
1	7.65	7.10	6.26	6.94	8.30	4.52	31.49
2	7.77	4.50	5.79	7.26	8.93	5.38	35.70
3	8.19	6.71	7.20	7.82	7.95	5.95	31.93
4	7.35	5.92	6.82	4.39	7.40	3.86	32.98

Tabla 18: *Datos para la elaboración del ABCPE y para el gráfico del progreso de incidencia de roya*

Tiempo	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
0	5.99	6.80	7.74	7.27	5.62	5.32	8.53
15	5.87	5.11	5.77	6.04	6.66	5.59	8.58
30	6.92	5.82	6.40	6.63	7.47	3.53	8.91
45	7.29	5.22	5.76	5.73	8.12	4.29	35.32
60	8.71	5.55	5.79	5.98	8.46	4.61	44.09
75	9.49	6.77	7.25	7.09	10.04	5.57	54.87
90	9.92	7.12	6.91	7.48	10.63	5.60	70.90

Tabla 19: *Porcentaje promedio de los niveles de severidad durante la investigación*

Repetición	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
1	2.25	1.85	1.56	1.80	2.34	1.19	10.18
2	2.04	1.18	1.43	1.92	2.48	1.37	11.47
3	2.12	1.63	1.76	2.03	2.31	1.50	10.02
4	1.84	1.50	1.65	1.12	1.98	0.90	10.34

Tabla 20: *Progreso de la severidad de roya*

Tiempo	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
0	1.21	1.50	1.57	1.51	1.12	1.09	1.81
15	1.36	1.06	1.23	1.33	1.38	1.38	2.00
30	1.66	1.34	1.39	1.51	1.77	0.80	2.41
45	2.12	1.58	1.65	1.70	2.43	1.17	10.36
60	2.63	1.82	1.73	1.92	2.74	1.36	14.70
75	2.58	1.62	1.75	1.86	2.96	1.37	18.03
90	2.86	1.85	1.87	2.20	3.54	1.50	24.19

Tabla 21: Costo de las diferentes dosis (tratamientos) por hectárea.

Tratamiento	Dosis ml/lit Agua	Litros mezcla/Ha	Volumen ml de Phmgh/Ha	Costo Lt. Producto	Costo/Ha
1	1.75	282.92	495.11	Q355.00	Q175.77
2	3.50	282.92	990.23	Q355.00	Q351.53
3	7.00	282.92	1980.45	Q355.00	Q703.06
4	8.75	282.92	2475.57	Q355.00	Q878.83
5	10.50	282.92	2970.68	Q355.00	Q1,054.59
6	1.56	282.92	441.36	Q480.00	Q211.85
7	-	-	-	-	-

Figura 32: Identificación de tratamientos**Figura 31:** Identificación de bandolas**Figura 33:** Lectura de incidencia y severidad de *H. vastatrix*

Figura 34: Preparación de mezcla para aplicación de diferentes dosis de PHMGH y testigo relativo.



Figura 35: Fase de aplicación



Figura 36: Pantalla de polietileno utilizada para evitar deriva entre los distintos tratamientos.



Figura 37: Tratamiento 7 con un 70.90 % de incidencia de roya.



Figura 38: Tratamiento 2 con un 7.12 % de incidencia de roya.

