

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*)  
EN PRODUCCIÓN ORGÁNICA; JACALTENANGO, HUEHUETENANGO.**

TESIS DE GRADO

**LENNY ABRAHAM MONTEJO MONTEJO**

CARNET 16655-10

QUETZALTENANGO, SEPTIEMBRE DE 2018  
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*)  
EN PRODUCCIÓN ORGÁNICA; JACALTENANGO, HUEHUETENANGO.**

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**LENNY ABRAHAM MONTEJO MONTEJO**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO

QUETZALTENANGO, SEPTIEMBRE DE 2018  
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

**NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
ING. OTONIEL GARCÍA CIFUENTES

**TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**  
ING. LEONEL ABRAHAM ESTEBAN MONTERROSO  
ING. MIGUEL MANUEL OSORIO LÓPEZ  
LIC. JOSE ARMANDO DE LEÓN SANDOVAL

## **AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO**

DIRECTOR DE CAMPUS:	P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.
SUBDIRECTORA ACADÉMICA:	MGTR. NIVIA DEL ROSARIO CALDERÓN
SUBDIRECTORA DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	MGTR. MAGALY MARIA SAENZ GUTIERREZ
SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO:	MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ
SUBDIRECTOR DE GESTIÓN GENERAL:	MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ

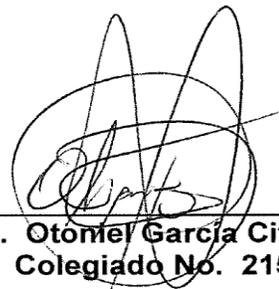
Quetzaltenango, 27 de Agosto de 2016

Honorable Consejo  
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Universidad Rafael Landívar

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he revisado el informe Final de Tesis del estudiante: **Lenny Abraham Montejo Montejo**, con carné **No.1665510**, titulado: **“EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*) EN PRODUCCIÓN ORGÁNICA; JACALTENANGO, HUEHUETENANGO”**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de Facultad, previo a su autorización de impresión.

Deferentemente



Ing. Otomel Garcia Cifuentes  
Colegiado No. 21556



**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante LENNY ABRAHAM MONTEJO MONTEJO, Carnet 16655-10 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 06172-2018 de fecha 22 de septiembre de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*) EN PRODUCCIÓN ORGÁNICA; JACALTENANGO, HUEHUETENANGO.**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 25 días del mes de septiembre del año 2018.



**MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar**

## **Agradecimientos**

**A:** Dios, por el maravilloso regalo de vida, por mi familia por del don de la inteligencia, sabiduría y discernimiento.

Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación profesional.

Ing. Otoniel García Cifuentes, por la valiosa asesoría durante la ejecución y documentación de la presente investigación.

Ing. Marco Antonio Abac Yax, por su apoyo profesionalismo y dedicación a su trabajo como coordinador de la FCAA.

## **Dedicatoria**

- A Dios:** Ser omnipotente y fuente de vida que nos da la victoria.  
La luz en mi caminar, ¡A él sea la gloria por siempre!
- A mis Padres:** Celso Baltazar Montejo Hurtado y Paula Antonia Montejo Montejo; por su amor, apoyo incondicional y motivación.
- Esposa e Hijos:** Ramona de Jesús Hurtado de Montejo, Heycel Lupita Montejo Hurtado, Jazmín Azucena de Jesús Montejo Hurtado y Daniel Baltazar Montejo Hurtado; por el apoyo, el cariño, el amor, por ser mi motivación.
- A mis Hermanos:** Mary, Susana, Rony y Lobeli; por sus consejos y palabras de motivación.

## Índice

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>2</b>
2.1. FUNGICIDAS.....	2
2.1.1 Caldo bordelés.....	2
2.1.2. Caldo sulfocálcico.....	2
2.1.3. Te de árbol.....	2
2.2. ROYA DEL CAFETO.....	3
2.2.1. Clasificación taxonómica.....	3
2.2.2. Enfermedades causadas por Basidiomycetos.....	3
2.2.3. Roya.....	4
2.2.4. Roya del cafeto.....	4
2.2.5. Importancia económica de la roya del café en Guatemala.....	6
2.3. CULTIVO DE CAFÉ.....	9
2.3.1. Origen.....	9
2.3.2. Clasificación botánica.....	9
2.3.3. Morfología y anatomía funcional del cafeto.....	10
2.3.4. Especies y variedades de café.....	14
2.3.5. Principales variedades de café en Guatemala.....	14
2.3.6. Poda del cafeto.....	14
2.3.7. Deshijes.....	16
2.3.8. Clima y suelo.....	17
2.3.9. Importancia económica del cultivo de café en Guatemala.....	20
2.3.10. La producción orgánica del café.....	22
2.4. INVESTIGACIONES RELACIONADAS AL TEMA.....	25
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....</b>	<b>30</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>32</b>
4.1. GENERAL.....	32

4.2.	ESPECÍFICOS.....	32
<b>5.</b>	<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>33</b>
5.1.	HIPÓTESIS ALTERNA.....	33
<b>6.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>34</b>
6.1.	LOCALIZACIÓN.....	34
6.2.	MATERIAL EXPERIMENTAL.....	34
6.2.1.	Fungicidas.....	34
6.3.	FACTORES A ESTUDIAR.....	35
6.4.	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	35
6.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	36
6.6.	MODELO ESTADÍSTICO.....	36
6.7.	UNIDAD EXPERIMENTAL.....	37
6.8.	CROQUIS DE CAMPO.....	37
6.9.	MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	38
6.9.1.	Trazo de la unidad experimental.....	38
6.9.2.	Cuidados culturales del cultivo.....	38
6.9.3.	Preparación de fungicidas.....	38
6.9.4.	Aplicación de tratamientos.....	40
6.9.5.	Muestreo.....	40
6.9.6.	Cosecha.....	40
6.10.	VARIABLES DE RESPUESTA.....	40
6.10.1.	Incidencia de la enfermedad (%).....	40
6.10.2.	Severidad de la enfermedad.....	41
6.10.3.	Eficacia de control.....	42
6.10.4.	Rendimiento kg/ha.....	42
6.11.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	42
6.11.1.	Análisis estadístico.....	42
6.11.2.	Análisis económico.....	43

<b>7.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>44</b>
7.1.	INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD (%)......	44
7.2.	SEVERIDAD.....	51
7.3.	EFICACIA DE CONTROL.....	56
7.4.	RENDIMIENTO.....	57
7.5.	RENTABILIDAD.....	59
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>9.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>10.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>63</b>
<b>11.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 1.	Perdida por reducción de 15% de la producción cafetalera ciclo 2012-13, exportable 2011-.12.....8
Cuadro 2.	Escala para la evaluación de la severidad de la enfermedad.....8
Cuadro 3.	Rendimiento regional promedio de café cosecha 2010-11 y 2011-12..... 21
Cuadro 4.	Total de productores de café en Guatemala.....21
Cuadro 5.	Descripción de los tratamientos evaluados en la eficacia de tres fungicidas para el control de roya ( <i>Hemileia vastatrix</i> ) en producción orgánica de café; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....35
Cuadro 6.	Escala de daño utilizado para la determinación de la severidad, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café, en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015..... 41
Cuadro 7.	Análisis de varianza para el porcentaje de Incidencia de la enfermedad después de la primera aplicación (muestreo 2) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café ( <i>Hemileia vastatrix</i> ) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015..... 44
Cuadro 8.	Análisis de varianza para el porcentaje de incidencia de la enfermedad después de la segunda aplicación (muestreo 3) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café ( <i>Hemileia vastatrix</i> ), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015..... 45
Cuadro 9.	Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de incidencia muestreo 3, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café ( <i>Hemileia vastatrix</i> ), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015..... 45

Cuadro 10.	Análisis de varianza para el porcentaje de Incidencia de la enfermedad después de la tercera aplicación (muestreo 4) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	46
Cuadro 11.	Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de incidencia muestreo 4, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	46
Cuadro 12.	Análisis de varianza para el porcentaje de Incidencia de la enfermedad después de la cuarta aplicación (muestreo 5) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	47
Cuadro 13.	Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de incidencia muestreo 5, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	47
Cuadro 14.	Análisis de varianza para el porcentaje de Incidencia de la enfermedad 72 días después de finalizada la aplicación de tratamientos (muestreo 6) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	48
Cuadro 15.	Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de incidencia muestreo 6, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	48
Cuadro 16.	Análisis de varianza para el porcentaje de severidad de la enfermedad después de la primera aplicación (muestreo 2)	

	en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	51
Cuadro 17.	Análisis de varianza para el porcentaje de severidad de la enfermedad después de la segunda aplicación (muestreo 3) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	52
Cuadro 18.	Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de severidad muestreo 3, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	52
Cuadro 19.	Análisis de varianza para el porcentaje de severidad de la enfermedad después de la tercera aplicación (muestreo 4) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	53
Cuadro 20.	Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de severidad muestreo 4, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	53
Cuadro 21.	Análisis de varianza para el porcentaje de severidad de la enfermedad después de la cuarta aplicación (muestreo 5) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	54
Cuadro 22.	Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de severidad muestreo 5, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	54

Cuadro 23.	Análisis de varianza para el porcentaje de severidad de la enfermedad 72 días después de la cuarta aplicación (muestreo 6) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	55
Cuadro 24	Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de severidad muestreo 6, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	55
Cuadro 25.	Porcentaje de eficacia para la incidencia de la enfermedad 72 días después de la cuarta aplicación (muestreo 6) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	56
Cuadro 26.	Porcentaje de eficacia para la severidad de la enfermedad 72 días después de la cuarta aplicación (muestreo 6) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	57
Cuadro 27.	Análisis de varianza del rendimiento kg/ha, de café pergamino, obtenido en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	58
Cuadro 28.	Rentabilidad por hectárea, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	59
Cuadro 29.	Resumen de variables de datos transformados en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1.	Curva epidemiológica de la roya anaranjada del cafeto.....22
Figura 2.	Croquis de la parcela bruta y parcela neta utilizada en el experimento evaluación de fungicidas para el control de roya del café, en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015..... 37
Figura 3.	Croquis de la distribución de los tratamientos en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café, en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015..... 37
Figura 4.	Comportamiento de la incidencia de la roya del café ( <i>Hemileia vastatrix</i> ), en la evaluación de fungicidas, en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015..... 49

## Resumen

La presente investigación consistió en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, ejecutada en el año 2015, en la que se analizó el porcentaje de incidencia y severidad de la enfermedad y la eficacia de los tratamientos: caldo bordelés, caldo sulfocalcico y te de árbol, además un testigo absoluto; el método experimental utilizado fue bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; la unidad experimental constó de una parcela neta de 41.6 metros cuadrados, integrada por 16 plantas, y parcelas brutas de 166.4 metros cuadrados integradas por 64 plantas, haciendo un total de 16 unidades experimentales, con un área total de 2,662.40 metros cuadrados. Se realizaron cuatro aplicaciones por tratamiento iniciando en el mes de mayo y a cada 30 días, se realizaron seis muestreos iniciando en el mes de mayo a cada 30 días (0, 30, 60, 90, 120 y 192 días) previos y posteriores a las aplicaciones de tratamientos; los resultados obtenidos muestran incidencia, severidad y eficacia, se acepta la hipótesis alternativa, ya que a partir de la segunda aplicación de los tratamientos (muestreo tres) se encontró diferencia significativa y altamente significativa entre los tratamientos y el testigo; para la variable de rendimiento, se rechaza la hipótesis alterna y la rentabilidad es negativa, siendo el caldo bordelés el que más se acerca al punto de equilibrio con -39.62% de rentabilidad y el testigo con -69.92% de rentabilidad.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el año 2012, 193 mil 200 hectáreas, equivalentes al 70 % del parque cafetalero de Guatemala, fue afectada por el hongo *Hemileia vastatrix* (roya). Para el periodo de producción cafetalero, 2012/2013 se ha sufrido una reducción del 15 % en la producción nacional, equivalente a 31, 818.18 toneladas de café en oro que se dejan de producir a causa de la roya, esto significa una pérdida de miles de empleos y el país deja de percibir US\$ 372 millones de dólares en conceptos de divisas por exportación de café, históricamente el producto más importante para la economía guatemalteca. (ANACAFÉ, 2013)

En la región Huista del departamento de Huehuetenango, por su ubicación geográfica, altitud y clima, se produce café de alta calidad (estrictamente duro), en la que se han identificado tres organizaciones (asociaciones y cooperativa) que se dedican a la producción y exportación de café orgánico certificado, atendiendo a 716 productores, con 524.08 ha, cuyas áreas han sido afectadas por la roya del cafeto.

Siendo esta enfermedad reciente en la región, no se ha realizado evaluación referente a los efectos de los fungicidas para el control de roya del cafeto, tomando en cuenta las condiciones y particularidades del área, es por ello que se ha optado por la evaluación de tres productos fungicidas de carácter alternativo aceptados en la producción orgánica de café y que son accesibles para el productor, siendo estos el caldo bordelés, caldo sulfocálcico y te de árbol (producto comercial, aceite de *Melaleuca alternifolia*) para el control de roya en el municipio de Jacaltenango, Huehuetenango.

En el presente estudio se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. La variedad de café para esta evaluación fue catuaí de 12 años de edad, se realizaron cuatro aplicaciones por tratamiento, con una frecuencia de 30 días entre cada una (0, 30, 60, 90, Días). Por medio de muestreos se obtuvieron datos que han permitido evaluar la eficacia del control, así como la incidencia y severidad de la enfermedad ante los efectos de los fungicidas mencionados y los efectos de cada tratamiento en el rendimiento de la producción orgánica de café.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. FUNGICIDAS

#### 2.1.1 Caldo bordelés

Fungicida a base de sulfato de cobre (caldo bordelés al 1%). Durante varios siglos muchas sales de cobre han sido utilizadas para controlar en los cultivos numerosas enfermedades producidas por hongos; para el caso del café aplicar una parte de caldo más una parte de agua por aspersión directamente al follaje. El caldo es para uso inmediato es decir para uso el mismo día en que se realiza la mezcla, en café controla roya, ojo de gallo, mal de hilachas y manchas de hierro, no aplicar a plantaciones recién germinadas y en etapa de floración. (Izurieta, 2008).

#### 2.1.2. Caldo sulfocálcico

Caldo mineral con propiedades fungicidas fabricado a base de cal agrícola (cal dolomítica), y azufre en polvo; los cuales son preparados a base de cocción de la cual se genera un caldo y una pasta para ser almacenados o para realizar aplicaciones el mismo día; las dosis dependen del cultivo en el caso del cafeto, se aplica un litro por bomba de asperjar de 16 litros. (ANACAFÉ, 2013)

#### 2.1.3. Te de árbol

Fungicida botánico aceite de *Melaleuca alternifolia*; producto comercial con solventes: parafina líquida y alcohol etílico.

Es un fungicida botánico con amplio espectro de control con actividad protectante y sistémica que actúa principalmente rompiendo la pared y la membrana celular de los hongos, sin embargo tienen más de 100 componentes que actúan en varios sitios de las células de los mismos. (ANACAFÉ, 2013).

En el caso del café (*Coffea arabica*) utilice en acción preventiva una concentración de punto tres por ciento (tres cc/L de agua) (0.75 L/ha) y en acción curativa punto cinco por ciento (cinco cc/L de agua (80 cc/ bomba de 16 litros)). (ANACAFÉ, 2013).

*Melaleuca alternifolia*: es una especie de arbusto de la familia mirtaceae, originaria de Australia no reportada para Guatemala; de las hojas y ramas se le extrae mediante destilación aceite esencial color ámbar pálido, con olor fuerte característico cuyo principales componentes químicos son alcoholes y sesquiterpénicos; las moléculas terpinen-4-ol y 1,8-cineol, presentes en el aceite esencial del árbol del té, parecen haber mostrado actividad antimicótica.

## **2.2. ROYA DEL CAFETO**

### **2.2.1. Clasificación taxonómica**

Según Agrios (2002), la clasificación taxonómica es como se describe a continuación:

Reino: Mycetae (fungi)  
División: Eumycota  
Subdivisión: Basidiomycotina  
Clase: Hemibasidiomycetes  
Orden: Uredinales  
Género: *Hemileia*  
Especie: *vastatrix*

### **2.2.2. Enfermedades causadas por Basidiomycetos**

Los Basidiomicetos son hongos que producen sus esporas sexuales denominadas basidiosporas, sobre una estructura tubular o en forma de clava denominada basidio. La mayoría de los hongos carnosos, incluyendo a setas comunes, los bajines y los hongos de repisa son basidiomicetos, sus basidios son estructuras unicelulares y en forma de clava que producen cuatro basidiosporas externas sobre pedículos cortos denominados esterigmas. Estos basidiomicetos pertenecen a la clase de los Hymenomycetes, la cual incluye la mayoría de los hongos de la descomposición de la madera y algunos hongos de la pudrición de las raíces, en la otra clase denominada Hemibasidiomycetes, el basidio tiene septos que lo dividen en cuatro células, cada una de los cuales produce una basidiospora. A dicho basidio a menudo se le denomina

proicelio. Los Heibasidiomycetes incluyen dos grupos de fitopatógenos muy comunes y destructivos; las royas y los carbonos (Agrios, 2002).

### **2.2.3. Royas**

Las royas de las plantas, ocasionadas por Basidiomycetes del orden Uredinales, se encuentran entre las enfermedades de las plantas más destructivas, han ocasionado hambre y arruinado la economía de grandes áreas y países enteros. Se conocen mejor debido a los efectos devastadores que despliegan sobre los cultivos de granos, especialmente trigo, avena, cebada, pero también atacan en hortalizas tales como el frijol y el esparrago, cultivos mayores como el algodón y la soya, así como plantas de ornato como el clavel y el antirrino y han ocasionado pérdidas considerables en arboles como el pino, manzano y cafeto (Agrios, 2002).

Las royas atacan principalmente a las hojas, tallos y en ocasiones a los frutos y flores. Por lo común las infecciones causadas por las royas tienen el aspecto de numerosas manchas rojizas, anaranjadas, amarillas o incluso de color blanco que ocasionan el rompimiento de la epidermis, la formación de hinchamientos e incluso de agallas. La mayoría de las infecciones por royas son estrictamente manchas locales, pero algunas pueden extenderse internamente (Agrios, 2002).

### **2.2.4. Roya del cafeto**

Indudablemente la enfermedad más destructiva del café, la cual daña a los árboles y disminuye su producción al ocasionar la caída prematura de sus hojas infectadas. La roya del cafeto ha ocasionado pérdidas devastadoras en todo los países productores de café de Asia y África. Ataca a todas las especies de café, pero es más severa en (*Coffea arabica*). En 1970, esta enfermedad apareció por primera vez en el hemisferio occidental, en Brasil, y rápidamente se ha extendido a los países de Centro y Sudamérica, productores de café más importantes del mundo, donde todos los cafetos comerciales son susceptibles a roya (Agrios, 2002).

Los síntomas de la enfermedad aparecen en forma de manchas polvorientas de color amarillo naranja en el envés de la hoja. Al principio, las manchas son redondas y pequeñas y tienen un diámetro de casi cinco milímetros, pero con frecuencia coalescen y forman grandes manchas que pueden ser diez veces más grandes. La parte central de la mancha se seca, posteriormente empardese y debido a ello, la hoja cae prematuramente, los árboles infectados producen frutos pequeños y de baja calidad, y las infecciones sucesivas y defoliaciones ocasionan su muerte (Agrios, 2002).

El hongo (*Hemileia vastatrix*), vive principalmente en forma de micelio, uredias y uredosporas que en los trópicos, donde el café y el hongo desarrollan, se perpetua en las hojas que infectan continúa y sucesivamente. En ocasiones, este hongo produce teliosporas que al germinar forman basidiosporas, pero estas últimas no infectan al cafeto y hasta la fecha no se ha encontrado hospedero alterno. Debido a esto, se ha quedado que todas las infecciones que sufre el cafeto se deben a las uredosporas. Estas esporas son fácilmente diseminadas por el viento, la lluvia y quizá por los insectos. Requieren de un alto nivel de humedad y quizá también de rocío para poder germinar e infectar el cafeto.

Cuando las condiciones son favorables, germinan y entran a las hojas a través de los estomas de la superficie del envés en menos de doce horas. El micelio se desarrolla entre las células de la hoja y envía haustorios hacia el interior de ellas. Por lo general, las hojas jóvenes son más susceptibles a la infección que las ya maduras, de ahí que sobre la superficie del envés de la hoja aparezcan nuevos uredios en el término de diez a veinticinco días después de que se produjo la infección, dependiendo de las condiciones climáticas (Agrios, 2002).

Una vez que se desarrollan las uredias, en cualquier momento puede producirse la caída prematura de las hojas infectadas; una sola uredia es suficiente para ocasionar la caída de una hoja. Las hojas nuevas son afectadas una vez que se ha desprendido el follaje más viejo. La caída prematura de las hojas debilita a los árboles y da como

resultado una menor producción, muerte descendente severa de las ramillas e incluso la muerte de dichos arboles (Agrios, 2002).

El control de la roya del cafeto es difícil, pero pueden obtenerse resultados satisfactorios con fungicidas de cobre tales como el caldo bórdeles, los oxiclорuros de cobre y el óxido cuproso. Los fungicidas deben aplicarse antes y durante la temporada de lluvias a intervalos de dos a tres semanas o menos, dependiendo de las condiciones del tiempo y de la severidad del ataque por el hongo (Agrios, 2002).

Recientemente algunos fungicidas sistémicos, tienen un efecto curativo sobre las pústulas uredinales en desarrollo, se ha utilizado en forma de aplicaciones alternadas con los fungicidas de cobre para el control de esta enfermedad. La poda adecuada de los árboles, una buena selección del lugar y el uso de las variedades resistentes podrían ayudar a disminuir las pérdidas causadas por la roya. Sin embargo, cabe decir que en algunas regiones nuevas razas del patógeno que son virulentas para las nuevas variedades resistentes del hospedante (Agrios, 2002).

### **2.2.5. Importancia económica de la roya del café en Guatemala**

La roya del café detectada en Guatemala en 1980, presenta en los últimos años un repunte establecimiento en zonas de mayor altitud mostrando altos niveles de agresividad sobre las plantas de café; se observaron inicialmente afecciones de roya en zonas bajas y media altitud, con restricciones para su desarrollo a mayores altitudes por condiciones climáticas (Miranda, 2013).

Sin embargo en estos últimos años, paradójicamente el mismo clima y su variabilidad, parecen ser el principal factor que ha inducido los fuertes ataques de roya en cafetales de mayor altitud en Guatemala. La misma situación ha sido reportada en Colombia, en el resto de Centroamérica, México y el Caribe (Miranda, 2013).

Entre los factores que influyen en el desarrollo o curva de la enfermedad están: la acumulación de la enfermedad, variaciones de temperatura cercanas a los 22 °C,

mojado foliar, variaciones bruscas del ambiente, alta carga fructífera, edad de la planta, época de cosecha, fertilización deficiente y el inóculo primario (cuya mayor fuente es el inóculo residual) (Miranda, 2013).

## **a). Diseminación**

### **Esporas**

- Liberación (salpicaduras por lluvia)
- Dispersión (personas e insectos a pequeña y mediana distancia, viento y lluvia a grandes distancias)
- Se depositan sobre la hoja.

### **Infección**

- Germinación seis horas
- Penetración (a través de estomas), en condiciones óptimas 24 a 48 horas, en presencia de agua líquida
- Incubación (primeros síntomas) en condiciones óptimas tres a cuatro semanas
- Esporulación (signos o lesiones), en condiciones óptimas de cuatro a cinco semanas
- Una lesión producirá esporas por un periodo de cuatro a cinco meses
- Se reinicia la diseminación de esporas. Datos recientes de investigación en Colombia señalan pérdidas provocadas por roya de 28 a 30 % de la producción acumulada de cuatro cosechas (Miranda, 2013).

## **b). Pérdida de la producción provocada por la roya**

Anacafé realizó una relación de pérdidas de producción, disminución de divisas y empleo utilizando como año base el ciclo 2011-2012, en ese ciclo fueron exportados 218.18 millones de kilogramos oro, a precio promedio de USD 205.63 (46 kg oro) y un valor de divisas USD 987 millones. Las reducciones son afectadas doblemente por las disminuciones de la producción exportable y del precio internacional (Miranda, 2013).

Cuadro 1. Pérdida por reducción de 15% de producción cafetalera ciclo 2012-13 exportable, ciclo 2011-12

<b>Rubro</b>	<b>Perdida 15%</b>
Producción exportable	4.1
Jornales (millones)	-10.3
Empleos	-71,527
Divisas (USD 150/(46 kg))	-372

(Miranda, 2013).

### **c). Productores afectados**

De acuerdo al muestreo realizado en la segunda quincena de noviembre 2012, el 70 % de la superficie del cultivo tenía presencia de roya, con índices variables de incidencia y severidad. Se estima entonces una cantidad de 63,000 productores afectados en niveles diferenciados según la región. La altitud deja de ser un referente y parecen ser condiciones micro-climáticas la que influye en la agresividad de la roya sobre los cafetos. Se observan marcadas diferencias de agresividad en similares altitudes (1,300 a 1,600 msnm) dependiendo de la región (Miranda, 2013).

### **d). Niveles de incidencia**

Para evaluación de la roya se realizó un muestreo de 1,608 unidades productivas o fincas, distribuidas en todo el país, determinando el impacto de la enfermedad a través de la escala siguiente:

Cuadro 2. Escalas para la evaluación de la severidad de la enfermedad

<b>Categoría</b>	<b>Nivel de daño</b>	<b>Descripción</b>
1	Sin daño	Presente pero no afecta producción y vigor de la planta
2	Bajo	Defoliación leve, perdida cosecha menor o igual al 5%
3	Intermedio	Defoliación $\pm$ 50%, perdida cosecha menor o igual al 20%
4	Alto	Defoliación mayor 50%, perdida cosecha mayor al 20%

(Miranda, 2013).

Por la dinámica de la enfermedad y la fenología del cultivo, a medida que avanza la cosecha, se observa un corrimiento paulatino hacia la categoría superior de daño (Miranda, 2013).

## **2.3. CULTIVO DE CAFÉ**

### **2.3.1. Origen**

El café se origina en África en diferentes regiones geográficas y climáticas. Como grupo botánico está constituido por más de 100 especies de una gran “familia” conocida como el género *Coffea*. De acuerdo a la región y clima de origen se desarrollaron diferentes tipos de cafetos, con condiciones genéticas diversas (tamaño, forma de planta y fruto, resistencia de plagas y enfermedades, sabor de la bebida etc.). De este centenar, dos se cultivan comercialmente: (*Coffea arabica*), integrada por diferentes variedades de arábica y (*Coffea canephora*) formada por diferentes grupos de robusta (ANACAFÉ, 2013).

En el caso de Latinoamérica, las variedades tradicionales de arábica provienen de semilla de unas pocas plantas del centro de origen en Etiopía. Estas variedades son típica y borbón, y las variedades que se derivan de ellas por cruzamientos espontáneos o dirigidos y mutaciones naturales: caturra, mundo nuevo, catuaí, pache, villa sarchí, pacas, maragogipe, etc., lo que explica la estrecha base genética de todas ellas, las cuales no tiene en su genética resistencia a enfermedades y plagas, incluida la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) (ANACAFÉ, 2013).

### **2.3.2. Clasificación botánica**

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rubiales
Familia:	Rubiaceae
Género:	<i>Coffea</i>
Especies:	<i>arabica</i> , <i>canephora</i> y <i>liberica</i> .

(Monroig, 2012).

### **2.3.3. Morfología y anatomía funcional del cafeto**

#### **a). Raíz**

El sistema radicular está formado por una raíz principal, llamada pivotante; raíces axiales o de sostén; raíces laterales y raíces absorbentes o raicillas. La pivotante o clavo profundiza a un máximo de 0.5 a 0.6 metros, juntamente con las raíces axiales realizan la función de sostén. El 80 a 90% de las raíces pequeñas son responsables de la absorción del agua y de los nutrientes, estas se encuentran en los primeros 0.30 metros de profundidad. La raíz también puede almacenar reservas en forma de almidón y azúcares solubles (ANACAFÉ, 2006).

Existen entre las raíces y la parte aérea del cafeto una interacción nutricional. Las raíces dependen de las hojas para obtener alimentos derivados del proceso de fotosíntesis y de hormonas para su crecimiento y desarrollo. Por su lado los órganos aéreos dependen de las raíces para obtener el agua, algunos aminoácidos y los elementos minerales, contenido en el suelo de forma natural que generalmente son completados a través de la aplicación de fertilizante (ANACAFÉ, 2006).

#### **b). Tallo y bandolas**

La planta de café tiene dos tipos de crecimientos en la parte aérea:

Vertical (ortotrópico): crecimiento del tallo principal a través de su punto de crecimiento terminal o meristemo. Cuando la planta tiene seis o siete pares de hojas (generalmente en el almácigo) produce el primer par de ramas o cruz, desarrollada a partir de una yema denominada “cabeza de serie”, situada encima del último par de hojas originado. Luego, seguirá ramificándose conforme continúe el crecimiento vertical. El crecimiento entre un nudo y otro, se denomina entrenudo y su longitud es una característica diferencial entre las variedades de porte bajo (entrenudos cortos) y las de porte alto (entrenudos más largos). En la axila de cada par de hojas del tallo, existe un grupo de yemas laterales en serie o seriadas, a partir de las cuales se desarrollan los hijos brotes

verticales. Estas yemas son frecuentemente estimuladas y brotan cuando se poda o agobia la planta, lo que requiere labores de deshije posteriormente. (ANACAFÉ, 2006).

Horizontal (plagiotrópico): entre las estructuras morfológicas del tallo y las ramas se encuentran las yemas laterales, conocidas también como yemas seriadas. Las yemas de las bandolas son, básicamente de naturaleza vegetativa y la mayoría va a diferenciarse para formar yemas florales, después de recibir estímulos climáticos. A partir de las yemas, también puede formarse el crecimiento de ramas secundarias, ya que generalmente no hay yemas cabezas de serie sobre las bandolas. En el campo, la planta tiene un crecimiento acelerado en los primeros cinco o seis años que luego será más lento. (ANACAFÉ, 2006).

El crecimiento en altura se marca en los primeros tres años, después habrá un mayor desarrollo de ramas secundarias y terciarias, donde va a concentrarse una producción reciente, hasta concluir su primer ciclo de producción comercial. Si la planta no es renovada, por medio de podas, la cosecha se encuentra en el limitado crecimiento nuevo de las bandolas y en la parte superior de la planta, declinando la producción por la predominancia del tejido lignificado, que no es productivo. (ANACAFÉ, 2006).

### **c). Hojas**

La formación de todas las hojas se inicia en el ápice del tallo y las ramas, en ella se realiza la producción de muchos alimentos y hormonas, con las cuales la planta crece, se desarrolla y produce cosecha. Las hojas sirven de vehículo para absorber el carbono atmosférico y la energía radiante del sol, así como la liberación de agua en forma de vapor a través de los estomas. La epidermis de las hojas posee ceras en su cutícula, dando protección contra la pérdida de agua interna. (ANACAFÉ, 2006).

### **d). Desarrollo de la floración**

Las yemas que dan origen a las inflorescencias están, básicamente, distribuidas en formas axiales sobre las bandolas, a nivel de la base de las hojas en cada nudo, con un promedio de 12 flores por nudo. Inicialmente las yemas son de naturaleza vegetativa y

por estímulos de días cortos, entre los meses de octubre y diciembre se transforman paulatinamente en yemas productivas o florales. Estando formadas las yemas florales, los botones crecen lentamente durante unos dos meses, hasta alcanzar un tamaño de 5 a 8 milímetros y detienen su crecimiento, iniciando un periodo de reposo que puede durar semanas. Reciben el nombre de botones maduros y únicamente bajo estas condiciones, podrán salir de su letargo y brotar. Se consideran inmaduros los botones de un tamaño menor de cuatro milímetros. (ANACAFÉ, 2006).

La lluvia o irrigación, luego de un periodo seco, hace que los botones continúen su crecimiento rápidamente hasta su apertura en flores, aproximadamente de 8 a 10 días después de la lluvia. Este fenómeno parece estar controlado por la presencia de dos sustancias reguladoras del crecimiento en el botón floral, el ácido abscísico que inhibe el crecimiento y el ácido giberélico que lo promueve. Se estima que 10 mm de lluvia son necesarios para estimular la floración. Por este efecto de la lluvia la temperatura ambiental descende, lo que también podría estar relacionado con la estimulación floral. La apertura de las flores o antesis ocurre durante las primeras horas de la mañana; en el segundo día empiezan a marchitarse y a partir del tercer día se desprenden los pétalos y los estambres. (ANACAFÉ, 2006).

Las flores individuales son completas, hermafroditas y auto fértiles, los cafetos de todas las variedades de (*Coffea arabica*) tienen un alto porcentaje de autofecundación, estimando un 91 a 96%, con una polinización cruzada que no excede el 9%. Esto es favorecido por que antes de abrirse la flor, algunas anteras ya han liberado polen internamente. Como resultado de la unión del grano de polen con los dos óvulos (dentro del ovario) se formara un fruto que contendrá normalmente dos semillas. (ANACAFÉ, 2006).

#### **e) Crecimiento del fruto**

Luego que los óvulos han sido “polinizados”, el ovario fecundado o “pequeño fruto” empezara a crecer, en las primeras 6 o 7 semanas, el fruto crece muy lentamente, alcanzando un tamaño de 3 a 4 milímetros. Un mes y medio después de la floración el

fruto inicia un crecimiento acelerado, que continúa hasta los tres meses y medio. En esta etapa, el pergamino se forma y se lignifica, definiéndose el crecimiento que tendrá el grano. Un déficit hídrico en este periodo puede provocar el secamiento y purga en frutos tiernos. (ANACAFÉ, 2006).

Continúa un estado de crecimiento lento y el “llenado” del grano o endospermo. En esta fase, el fruto consume la mayor cantidad de nutrientes. Si se enfrentará en un periodo de sequía muy acentuado, entre el tercer y cuarto mes post floración, podría presentarse problemas de grano negro. Entre el cuarto y sexto mes el grano se endurece, forma la pulpa y alcanza su madurez fisiológica como fruto “sazón”, que ha obtenido su máximo crecimiento. Finalmente, el fruto llega a su madurez de corte, como promedio sobre el octavo mes después de la floración. (ANACAFÉ, 2006).

#### **f) Semilla y germinación**

La mayor parte de la semilla la constituye el endospermo, que es de consistencia dura y color verdoso. El embrión que formará la futura planta se localiza dentro de la semilla a nivel de la base, con la apariencia de una pequeña “pelota” de aproximadamente cuatro milímetros de largo y una tonalidad “crema” que trasluce; dentro de la semilla se encuentra la película plateada, que es visible cuando se seca luego en pergamino (endospermo). (ANACAFÉ, 2006).

Para que el embrión se desarrolle, es necesario que la semilla esté madura y se tenga buenas condiciones de humedad y temperatura. Al colocarse la semilla en el suelo, la misma absorbe agua hinchándose y el embrión empieza a crecer. Inicialmente, brota la radícula o raicilla saliendo del pergamino, curvándose hacia abajo. El tallo o hipocotilo crece y levanta los cotiledones aun envueltos dentro del pergamino, que luego se desintegra abriendo la “mariposa”, nombre con el que se conoce en Guatemala a esta fase del la planta. Hasta este momento el embrión se ha nutrido de las reservas contenidas en el grano (almidón, otros azúcares) de aquí en adelante la planta deberá sintetizar sus propios alimentos. En el extremo del tallito, donde se une con los dos

cotiledones, se localizan los puntos de crecimiento que continuarán formando el follaje de la planta. (ANACAFÉ, 2006).

#### **2.3.4. Especies y variedades de café**

En Guatemala se cultivan básicamente variedades de las especies (*Coffea arabica*), que es la más difundida en el mundo con un aporte del 70-75% de la producción mundial. En Latinoamérica se cultivan diversas variedades desarrolladas a partir de las primeras introducciones, donde algunas son el resultado de la mutación, hibridaciones naturales o artificiales

Otra especie es (*Coffea canephora*), como robusta, la variedad más importante. En general la variedad robusta ha mostrado resistencia y/o tolerancia a plagas y enfermedades (nematodos y royas). Para Guatemala, este café representa únicamente el 0.1% del café exportado. Hay otras especies cultivadas en pequeñas escalas en algunos países africanos o de interés para programas de fitomejoramiento, como *C. eugenioides* y *C. salvatrix*. (ANACAFÉ, 2006).

#### **2.3.5. Principales variedades de café en Guatemala**

Dentro de las variedades más utilizadas en Guatemala se encuentran: típica, borbón, caturra, catuaí, pache común, pache colis, pacamara, catimor, mundo nuevo, maragogype y robusta. (ANACAFÉ, 2006).

#### **2.3.6. Poda del cafeto**

Está demostrado que el café no produce sobre madera vieja, esto resulta normal, pues esta planta, dadas sus formas de crecimiento, con la edad va disminuyendo su espacio de producción. (ANACAFÉ, 2006).

López (2006), menciona en su artículo “Estrategias para incrementar el niveles de producción en las plantaciones de café”, que debe hacerse un diagnóstico por secciones o lotes de las plantaciones, el cual debe de incluir: Estado de las plantaciones de café, estado de las plantaciones de sombra, calidad del suelo, manejo

de tejido productivo, maleza e historial de producción. Dentro del cual menciona dos alternativas para la generación de nuevos tejidos productivos: siembra de almácigo y manejo de tejidos (podas). La alternativa de generación de tejidos productivos es por medio de podas, estas deben podarse entre unos 20 -25 por ciento de las plantaciones.

Fundamentalmente tres son los objetivos que se persiguen por medio de la poda: cambiar el hábito de crecimiento del cafeto, a fin de que se adapte a ciertas exigencias del cultivador; mantener un balance del tejido productivo, proporcionar buenas cosechas, pero no sobre producciones. El cafeto es de tendencia bienal o bianual, de manera que lo que se persigue es mantener el equilibrio entre el tejido para atenuar en lo posible, las fluctuaciones de la cosecha; al podar correctamente, se permite la entrada de luz a las plantaciones lo que genera menos posibilidades del ataque de algunas enfermedades fungosas como la roya del café, es decir que se propicia el saneamiento agronómico. (López, 2006).

El cafeto tiene un hábito de producción cíclico; generalmente, después de una cosecha muy buena viene otra cosecha regular o baja. Las cosechas muy abundantes dejan a las plantas agotadas y cuando se produce una más, el árbol no forma tejido productivo sino descansará y no habrá otra producción regular hasta que la planta haya recobrado su vigor y pueda generar ramas productivas nuevamente (López, 2006).

#### **a) Época de poda**

Las recomendaciones normales para efectuar podas se ha dado siempre indicando que debe realizarse después de la cosecha.

En trabajos experimentales realizados en ANACAFÉ, se ha demostrado que la mejor época para podar está comprendida entre final de cosecha hasta 30 días después, así mismo, los ciclos de crecimiento del cafeto evidencia que estos empiezan a crecer en Guatemala de octubre a diciembre, continuando sus dos tipos de crecimiento en enero, febrero y marzo para alcanzar su máximo en abril y mayo, generando tejido nuevo poco susceptible a la roya del café, en la entrada de lluvia (ANACAFÉ, 2006).

### **b) Instrumentos necesarios para podar**

Los instrumentos de poda deben estar perfectamente limpios y bien afilados antes de empezar los trabajos, para el efecto son necesarios: machetes de poda (cutas) serruchin de dientes finos (cola de zorro) y una cuchilla. Es importante también el uso de motosierra para las explotaciones mayores. (ANACAFÉ, 2006).

### **c) Técnicas para ejecutar los cortes**

Los cortes deben realizarse con una ligera inclinación con relación al tallo a botar. Siempre antes de cortar cualquier rama debe quitársele peso, suprimiendo la parte superior. Las heridas no deben quedar con la superficie rugosa, situación que se justifica en zonas con temperatura y humedad relativa elevadas. Los cortes deben hacerse hacia fuera de la planta con tallos múltiples y nunca hacia dentro, para que el agua de lluvia resbale hacia donde no cause daño. (ANACAFÉ, 2006).

### **c) Sistemas de poda**

Existen varios sistemas de poda, siendo los más adaptables a nuestro sistema de cultivo los siguientes: agobios, poda selectiva (podar por planta), poda de bloques (recepta o descope compactos), poda por surcos (recepta o descope), podas de recepta en ciclos alternos (adaptable a descopes) y sistema del uno al cuatro y del uno al cinco. (ANACAFÉ, 2006).

### **2.3.7. Deshijes**

Las recepas de café hechas correctamente y efectuadas en épocas y alturas adecuadas, tiene como resultado una buena producción de brotes, pero ésta respuesta puede verse afectada si no se hace el deshije en forma técnica y oportuna. Deben dejarse un número de 2 a 3 y hasta 4 brotes, dependiendo de la distancia de siembra del cafetal recepado, a fin de que no se moleste uno a otro. Es preferible dejar los brotes elegidos que queden en forma opuesta para evitar demasiado contacto y diseminación de enfermedades fungosas como la roya. (ANACAFÉ, 2006).

El deshije debe efectuarse de 4 a 6 meses después de la recepa, dependiendo del desarrollo de los brotes. En caso de cafetales con problemas de phoma, el deshije se debe hacer hasta 12 meses después de efectuada la poda. En los “descopes” el deshije es muy importante. Por ningún motivo deben dejarse más de tres brotes para el “segundo piso”, así se tenga una plantación con uno, dos o tres ejes o tallos verticales, ya que siempre debe tenerse presente, que lo que más interesa en este trabajo es la multiplicación de las ramas bajas, que es donde se sacará la mayor producción en los cafetos. (ANACAFÉ, 2006).

### **2.3.8. Clima y suelo**

Las plantas y los patógenos requieren de condiciones mínimas para poder desarrollarse y efectuar sus actividades, de manera clara comparten condiciones ambientales que predominan tanto en la atmosfera como en el suelo y estas pueden influir considerablemente en el desarrollo de una enfermedad. Los factores del medio ambiente son: la temperatura, la humedad, la luz, los nutrientes y el pH del suelo (Agrios, 2002).

#### **a). Factores climáticos**

El café en El Salvador, se cultiva desde los 500 metros sobre el nivel del mar hasta 2,365 msnm, aunque el rango de altura que ofrece mejores condiciones climáticas para obtener buena calidad y alta producción, está comprendida entre los 800 a 1,500 msnm. Los factores ambientales que inciden de forma importante en la producción de café son la temperatura, la humedad relativa, la precipitación, la luminosidad, la nubosidad, la presencia de vientos, la falta de lluvias oportunas entre otros. (Padilla, 2005).

La temperatura promedio para obtener una abundante cosecha y una excelente calidad de café oscila entre 19 °C a 22 °C con extremos de 18 y 23 °C a temperaturas arriba de 23 °C el crecimiento es rápido, la fructificación es temprana; sin embargo hay limitaciones para que esta sea buena al igual que la calidad de taza y el tamaño del fruto. La frecuencia de formación de flores anormales estériles y muy pequeñas se

asocia a la variación brusca de temperatura durante el día y la noche, condiciones similares propician el desarrollo de roya del café. (Padilla, 2005).

Otra de las características de los cafetales con temperatura promedio de 24 °C es la presencia de floraciones múltiples. Esto es más problemático con precipitaciones fuera de tiempo. Otro problema frecuente que se presenta en temperatura alta es la bienalidad acentuada, que consiste en la variabilidad en la producción de un año a otro. (Padilla, 2005).

Las lluvias son importantes para la producción de café, ya que influyen tanto en la cantidad, como en la calidad del café producido; la precipitación promedio anual en las áreas productoras de café en El Salvador varía de 1,000 mm a 3,800 mm por año. Debido a su ubicación geográfica, están bien definidas dos estaciones época lluviosa (mayo-octubre) y época seca (octubre-mayo) (Padilla, 2005).

El café producido en áreas con precipitación promedio anual de 1,200 a 1,800 mm bien distribuida, garantiza buena producción y buena calidad, precipitaciones arriba de 3,000 mm por año favorece el desarrollo de enfermedades fungosas (como la roya del café) y la pérdida de nutrientes del suelo. El rango de humedad relativa que favorece la producción de café es de 70 a 90 % en época seca o lluviosa. (Padilla, 2005).

### **Vientos**

Otro factor que afecta la producción, propicia la diseminación de hongos como la roya, lesiona las hojas, causa defoliación, pueden botar flores y frutos, quiebran ramas de café y árboles de sombra, contribuyen a la pérdida de agua del suelo por incremento en la evaporación y la transpiración etc. (Padilla, 2005).

### **Luz**

La luminosidad, que afecta el crecimiento vegetativo de la plantación de café, se compone de la radiación y de la cantidad de horas luz. La acumulación de materia seca es afectada al disminuir los procesos fotosintéticos debido a la falta de radiación solar.

La incidencia de la luz solar en la plantación se ve afectada por la nubosidad, la cual se ve incrementada en la estación lluviosa principalmente en el mes de septiembre. La fotosíntesis se reduce también debido a la disminución de la respiración inducida por la falta de humedad en el suelo; la disminución en horas luz propicia la generación de hongos. (Padilla, 2005).

## **b) Suelo**

El cafeto crece y se produce en suelos de diferentes formaciones geológicas y bajo condiciones climática variables en el mundo. En el cultivo de café de forma orgánica, no hay que considerar el suelo como un simple medio de sostén de la planta y reservorio de agua y nutrientes. Se debe considerar como un medio vivo variable en tiempo y en localidades, en el cual hay interacción de factores bióticos y abióticos; es decir, es un ecosistema que forma parte del otro mayor. El contenido de materia orgánica en el suelo es un factor muy importante. (Padilla, 2005).

El café prefiere suelos sueltos, ligeros, profundos, ricos en materia orgánica, con buen drenaje, externo e interno, buena permeabilidad, con capacidad de retención de humedad, con un potencial de hidrogeno de 5.5 a 6.5. El suelo adecuado para el café es el franco. Un alto porcentaje de la plantación de café se encuentra en suelo con topografía bastante accidentada; esta situación exige la implementación de prácticas de conservación de suelos (Padilla, 2005).

El pH en el suelo, puede generar el debilitamiento del hospedante debido a una nutrición desbalanceada, puede afectar la incidencia y severidad de una enfermedad; la nutrición afecta la velocidad de crecimiento y la rapidez de las plantas para defenderse del ataque por patógenos, sin embargo es posible que la forma del nitrógeno (amonio o nitrato) disponible lo que afecte la severidad (Agrios, 2002).

### **2.3.9. Importancia económica del cultivo de café en Guatemala**

#### **a). Superficie total del cultivo**

En Guatemala se cultiva el café en 276,000 hectáreas, distribuida en 207 municipios de un total de 340 (61% de los municipios con café). El 60% de las plantaciones tiene más de 15 años, considerando que la vida económica de una plantación se sitúa alrededor de 25 años. Lo que refleja para Guatemala una indiscutible importancia socio-económica como generadora de empleo y divisas, donde 90,000 productores y más de 500,000 trabajadores, y sus familias, dependen directamente de esta actividad, con un enfoque multiplicador en la economía de todas las regiones productoras (Miranda, 2013).

#### **b). Producción**

Poco más de 90 % de la producción se exporta a diferentes destinos. En la actualidad se estima un consumo local de 18,181.81 toneladas oro. Los datos de exportación de ANACAFÉ son una fuente confiable, cada embarque es autorizado por esta entidad con información sobre tipo de café y destino. La estadística oficial hace referencia a “producción exportable” (Miranda, 2013).

#### **c). Valor de la producción**

El valor de la producción, es referido a la producción exportable para las últimos cuatro cosechas como: 2008- 2009, 561.4 millones de dólares; 2009-2010, 691.0 millones de dólares; 2010-2011, 1200.0 millones de dólares y para la producción 2011-2012, 960.0 millones de dólares (Miranda, 2013).

#### **d). Rendimiento**

Los datos de rendimiento nacional se presentan para los periodos 2008 a 2012 corresponden a 17.8, 17.4, 17.8, 18.9 sacos de 46 kg oro por hectárea. A nivel nacional se observan diferencias entre regiones por la edad promedio de sus plantaciones y condiciones climáticas prevalecientes; la región de Huehuetenango y Quiché, Zacapa y Chiquimula, son las regiones relativamente más jóvenes y tienen el mayor rendimiento promedio. (Miranda, 2013).

Cuadro 3. Rendimiento regional promedio cosecha 2010-11 y 2011-12

<b>Región</b>	<b>Departamentos</b>	<b>46 kg oro/ ha</b>	<b>46 kg pergamino/ha</b>
I	San Marcos y Quetzaltenango	11.4	14.3
II	Retalhuleu, Suchitepéquez y Sololá	13.7	17.1
III	Escuintla, Sacatepéquez, Chimaltenango, Guatemala, el Progreso	14.9	18.6
IV	Santa Rosa, Jutiapa y Jalapa	12.6	15.7
V	Huehuetenango y Quiche	24.0	30.0
VI	Alta Verapaz y Baja Verapaz y parte de Izabal	13.7	17.1
VII	Zacapa Chiquimula, parte de Izabal	37.8	47.1

(Miranda, 2013).

**e). Número de productores involucrados**

En total son 90,000 productores quienes están involucrados en el cultivo del café.

Cuadro 4. Total de productores de café en Guatemala

<b>Región</b>	<b>Departamentos</b>	<b>Total productores</b>
I	San Marcos y Quetzaltenango	11,843
II	Retalhuleu, Suchitepéquez y Sololá	10,208
III	Escuintla, Sacatepéquez, Chimaltenango, Guatemala, el Progreso	12,072
IV	Santa Rosa, Jutiapa y Jalapa	19,299
V	Huehuetenango y Quiche	14,075
VI	Alta Verapaz y Baja Verapaz y parte de Izabal	16,707
VII	Zacapa Chiquimula, parte de Izabal	5,796
	<b>Total</b>	<b>90,000</b>

(Miranda, 2013).

### f). Ubicación Geográfica

La distribución del área cafetalera en el territorio nacional, abarca 207 municipios de un total de 340 (61% de los municipios con café)

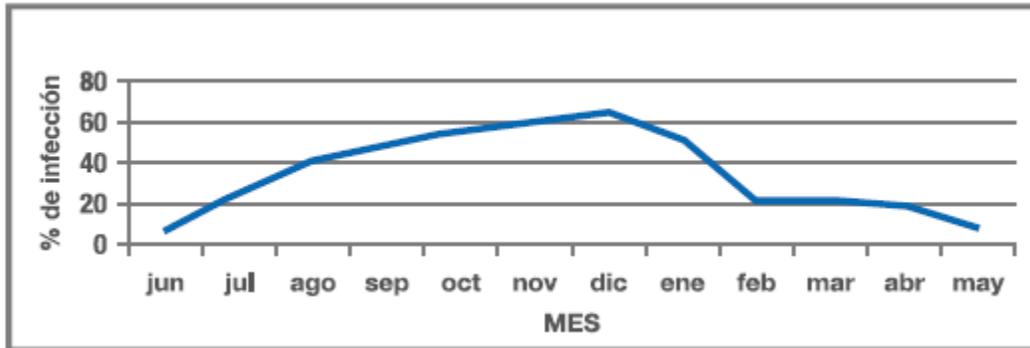


Figura 1. Curva epidemiológica de la roya anaranjada del café. (ANACAFÉ, 2013).

### 2.3.10. La producción orgánica del café

La producción orgánica de café busca la compatibilidad de las técnicas tradicionales y prácticas de manejo de la agricultura ecológica (agroecología), está tiene como base el manejo y uso exclusivo de los recursos naturales: suelo, agua, aire, flora y fauna, de tal forma que la relación entre los elementos sea equilibrada y armoniosa y fomenta, además, la diversidad biológica, garantizando la sostenibilidad de la producción en el tiempo, al igual que un incremento de la misma. (Padilla, 2005).

La agricultura ecológica busca el desarrollo económico del productor, con prácticas agronómicas ecológicamente sanas, pretenden hacer un uso intensivo de la mano de obra, disminuir la dependencia de insumos producidos fuera del predio agrícola o región geográfica, y reducir los riesgos de intoxicación por plaguicidas para el trabajo agrícola y el consumidor, ya que se renuncia por completo al uso de insumos químicos o sintéticos.

Por lo tanto, las prácticas orgánicas no se constituyen como un paquete conjunto bien definido de técnicas de manejo, más bien, son una variedad de opciones tecnológicas utilizadas con el objeto de reducir costos, intensificar las interacciones biológicas y benéficas de los procesos naturales protegiendo la salud del ser humano y del medio

ambiente, los beneficios de las practicas orgánicas son claros. Permiten la conservación de los suelos y de su fertilidad, disminuyen la contaminación de las aguas, protegen la vida salvaje y la biodiversidad evitan la utilización de elementos no renovables y mejoran la calidad del producto. (Padilla, 2005).

El control de maleza se realiza de forma mecánica o manual. El control de plagas y enfermedades se hace principalmente a través de prácticas culturales, con la aplicación de preparaciones, caldos o extractos vegetales con el uso de parasitoides, depredadores, microorganismos benéficos y trampas o cebos a base de feromonas. (Padilla, 2005).

No se permite el uso de productos sintetizados químicamente, como fertilizantes químicos, plaguicidas o herbicidas. Se reduce dentro de lo razonable, el uso de insumos externos a la finca de café. Tampoco es permitido el uso de derivados del petróleo como vehículo de extractos vegetales o microorganismos benéficos y no se puede utilizar organismos manipulados mediante ingeniería genética. (Padilla, 2005).

La agricultura orgánica dependerá más de la mano de obra y de la experiencia que del capital o los insumos importados, contribuyendo así a la generación de empleo en la comunidad y evitando la fuga de divisas. (Padilla, 2005).

ACODIHUE (2009), menciona que el café orgánico es un sistema sostenible de producción que tiene como fundamento la conservación y mejoramiento de la fertilidad del suelo, con técnicas e insumos compatibles con el medio ambiente y la conservación de la biodiversidad vegetal y animal, en el cual no se utiliza químicos como plaguicidas, herbicidas, y fertilizantes químicos los cuales se reemplazan por métodos naturales o con mínimo riesgo para la salud de los seres vivos y que preservan el medio ambiente. Todo de acuerdo con la reglamentación vigente y según verificación de los organismos certificados. Que producir café orgánico certificado representa al productor ingresos adicionales importantes que lo ayudan a mantener y mejorar un nivel de vida que le permite sobrevivir con su familia.

### **a). Principio de la agricultura orgánica**

La agricultura orgánica es un sistema de “agricultura sostenible” que independiente mente de los conceptos que se le dé, busca el equilibrio armónico entre el desarrollo agropecuario y los componentes del ecosistema; se basa en dos principios fundamentales siendo la primera el mantenimiento de la fertilidad del suelo partiendo del convencimiento que el suelo es un ente vivo, en donde millones de seres permiten el desarrollo de las plantas por medio de su propia supervivencia y proceso de síntesis de la materia orgánica y mineral existente; el segundo principio fundamental la existencia y reconocimiento de una biodiversidad donde millones de seres vivos comparten la naturaleza en un perfecto equilibrio. (Izurieta, 2008).

La agricultura orgánica sostiene que una vez alcanzado este estado de complementariedad, las producciones pueden acercarse a las formas naturales sin la necesidad de utilizar formas artificiales y sintéticas que al contrario de lo natural solo ocasionan más problemas de lo que pretende resolver; esta escuela incluye la aplicación de preparados obtenidos de los mismos elementos naturales que se incorporan al suelo o se rocían sobre las plantas de acuerdo a un principio similar a la homeopatía. (Izurieta, 2008).

Los principios de la agricultura orgánica si bien pueden variar de una escuela a otra o de una percepción filosófica local, a nivel internacional, se han tomado dos fuentes como norma general; los establecidos por el codex alimentarius para la producción, procesamiento, etiquetado y comercialización de los alimentos producidos orgánicamente y, la federación internacional de movimientos de la agricultura orgánica (IFOAM); para el primero, “la agricultura orgánica es un sistema de manejo holístico de la producción que promueve y mejora la salud del ecosistema, la actividad biológica del suelo. (Suquilanda, 2003)

La agricultura orgánica se basa en el uso mínimo de insumos externos y evita los fertilizantes y plaguicidas sintéticos. Las prácticas de la agricultura orgánica no pueden garantizar que los productos estén completamente libres de residuos producidos por la

contaminación general del medio ambiente. No obstante se utilizan métodos para reducir al mínimo la contaminación del aire, suelo y el agua. Los manipuladores, procesadores y comerciantes minoristas de alimentos orgánicos se rigen por normas que mantienen la integridad de los productos orgánicos. El objetivo general de la agricultura orgánica es optimizar la salud y la productividad de las comunidades interdependientes del suelo, las plantas, los animales y las personas; mientras que la IFOAM, establece cuatro principios éticos básicos de la agricultura orgánica como salud, ecológica, equidad y precaución. (Suquilanda, 2003)

#### **2.4. INVESTIGACIONES RELACIONADAS AL TEMA**

A nivel Guatemala se han realizado estudios para el control de roya en las áreas de mayor incidencia en el país, en la finca San Jerónimo Miramar, Patulul Suchitepéquez, se realizó un análisis de la eficacia de 7 fungicidas para el control de roya en plantación de variedad de pache de 22 años de edad, en una temperatura anual promedio de 26 grados centígrados, precipitación pluvial de 3244 mm. Se evaluaron Caldo Bordelés, Oxiclورو de cobre, Nativo, Alto 10 SL, caporal, Duett y Silvacur, siendo los fungicidas con menores índices de infección Alto 10 SL (9.79%), Duett (10.6%), seguidos de caporal (18.6%) y silvacur (22.3%); los otros fungicidas como nativo (44.8%), oxiclورو de cobre (61.4%), caldo bordelés (68%) presentan niveles de infección estadísticamente más elevados y el testigo terminó en 71.2%. (Campos, *et al.*, 2013)

Según Orozco (2015), en las memorias del seminario científico internacional, menciona que el manejo de la roya del café se ha integrado, considerando las prácticas culturales en el manejo del cultivo de café, métodos biológicos, resistencia genética y la protección con el uso de fungicidas protectantes y sistémicos; de los fungicidas de contacto, el cobre es recomendado cuando la intensidad de la roya es baja, dosis entre 2.5 y 3.2 kg/ha. El caldo vicoso es otra alternativa; los fungicidas sistémicos, las estrobilurinas y triazoles, la dosis varían según el producto comercial. Se registró contaminación de granos de café por aplicaciones tardías a base de triazoles en periodos 2012-2013

Según Peñate (2012), en la revista “El Cafetal” en el tema enfermedades fungosas, menciona que para producir café, es necesario el manejo integrado como: fertilización, manejo de malezas, poda de árboles de sombra, manejo de tejido productivo, aplicaciones foliares de fertilizantes, insecticidas, fungicidas entre otros; el manejo integrado de enfermedades se dirige a aprovechar y orientar estas prácticas más allá de su función básica, favoreciendo la aireación y penetración de luz a los cafetales. La roya afecta únicamente el área foliar de la planta, ya que su estructura de reproducción se producen en la parte de abajo de las hojas, estos datos técnicos determinan la correcta dirección de la aplicación de fungicidas recomendados para su control. El apareamiento de la enfermedad no es espontaneo, debe de provenir de una fuente inicial o inóculo, este hecho es importante para decidir los métodos de renovación de tejidos; en el caso de la roya, debe de recuperarse una mayor cobertura del envés de la hoja, por tanto concluye que se ha determinado que el mayor daño se genera a partir de la época lluviosa; sin embargo la época seca es el momento de prevenirlas iniciando su control antes del establecimiento de las lluvias.

Según Anzueto (2013), en la revista “El Cafetal”, en el tema “Variedades de café resistentes a la roya”, menciona que el café se originó en África, botánicamente más de 100 especies del género *Coffea*. De este centenar, dos se cultivan comercialmente: (*Coffea arabica*) y (*Coffea canephora*) (variedades de robusta). En el caso de Latinoamérica las variedades tradicionales de arábica son típica y borbón y las variedades que se derivan de ellas por cruzamientos espontáneos o dirigidos y mutaciones naturales: caturra, mundo nuevo, catuaí, pache, villa sarchí, pacas, maragogipe, entre otros, con estrecha base genética, las cuales no tiene en su genética resistencia a enfermedades y plagas, incluida la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). La roya del cafeto, al igual que el café, también es originaria de África. Por tanto se concluye en base a un informe de 1861, sobre la presencia en ese continente de una enfermedad en cafetos silvestres, afectando algunas plantas pero no de manera epidémica. En esta zona predominarían cafetos con algunos niveles de resistencia natural propiciando que la roya pase por desapercibido. Por ello se ha generado un híbrido denominado timor resistente pero de sabor diferente en taza.

Campos, Gento, Santos, Reyes y Jacinto (2013) en su estudio “Análisis sobre eficiencia de fungicidas contra roya del cafeto”, realizado en San Jerónimo Miramar, Patulul, Suchitepéquez, mencionan que, el potencial de daño de roya del café, la convierte en la enfermedad más temida de la caficultora mundial, debido al origen de las variedades de las especies arábica, como borbón, caturra, catuaí, pache, típica, se conoce que todas ellas son altamente susceptibles a la roya; las acciones de control de la enfermedad han girado en torno al uso de fungicidas cúpricos y sistémicos, por lo tanto concluye que para lograr buenos resultados en la aplicación de la estrategia química deben de considerarse aspectos como: muestreo, época de aplicación, calidad de aplicación, capacitación de personal y calibración de equipo de aspersión, además del control químico es vital la integración de otras prácticas como nutrición, manejo, renovación de cafetales, regulación de sombra y a mediano plazo el uso de variedades resistentes en las zonas más críticas.

Campos (2013), en su estudio “Análisis de cinco fungicidas de contacto para el control de roya del café”, en la finca “Las Nubes”, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez; mencionan que los fungicidas de contacto conocidos como preventivos o protectantes, actúan formando una capa protectora sobre el envés de las hojas del cafeto, con el fin de evitar la germinación de las esporas de la roya y la invasión de estas a su tejido interno; Utilizó para su estudio el diseño experimental bloques completos al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones, se realizaron cuatro aplicaciones por tratamiento con una frecuencia de 30 días. Por medio de muestreo se evaluó la eficacia del control expresada a través del porcentaje de hojas infectadas por roya; sus conclusiones son: los fungicidas de contacto no tienen propiedades curativas y por la que en la partes de las hojas que fueron infectadas antes de las aspersiones, la enfermedad seguirá avanzando, en los fungicidas de contacto más conocidas para el control de la roya se encuentran los óxidos e hidróxidos de cobre, existiendo además de estos otros preparados a base de sales inorgánicas, más recientemente se encuentran en el mercado productos fungicidas de origen botánico.

Según Dardón (2013), en su artículo de prensa libre titulado “Crean opciones orgánicas para combatir roya”, menciona que Mario René Velásquez, mediano caficultor de Amatlán, asegura que la roya era desconocida para él hasta que apareció en su plantación de cinco mil cafetos. En busca de soluciones, decidió probar la sustancia denominada sulfocálcico, que había empleado con éxito en el tratamiento de otros hongos en árboles frutales; El sulfocálcico resulta de la mezcla de cal, agua y azufre, que al llevarse a ebullición produce un líquido rojo ladrillo, después de una semana de aplicarlo por medio de aspersión, debajo de las hojas, el hongo (*Hemileia vastatrix*) empezó a desaparecer. Argentina Berganza, productora de café en Jalapa y agrónoma con especialización en medicina natural, explica que la enfermedad de la roya se da principalmente porque los cafetos están sometidos a mucho “estrés” y necesitan estar bien nutridos para hacer frente por sí mismos a la enfermedad. Berganza también aplicó por aspersión en su plantación afectada por la roya un producto botánico resultado de la combinación, cocción y fermentación de 70 plantas como el ajo, semillas oleaginosas y varias especies de chile altamente picante, que bautizó como Aryalgua. En las primeras dos aplicaciones se ven resultados y al transcurrir ocho días de la primera aspersión se quita la espora producida por la roya. Berganza agrega que ese producto es fungicida, bactericida e insecticida al mismo tiempo, así como un abono foliar que restituye la vitalidad del cafeto; La conclusión de estos experimentos es que todos los productos descritos anteriormente, se deben aplicar por aspersión directamente al envés de la hoja (parte inferior), debido a que en este lugar se localiza el 80 por ciento de las estomas o poros de las hojas, que es por donde la planta puede absorber los productos y que también constituye el área en la que se aloja el hongo de la roya.

Castillo (2013), en su artículo “Roya anaranjada del cafeto (*Hemileia vastatrix*) su comportamiento en México”, menciona que ante el inminente brote epidemiológico de la enfermedad mundialmente conocida como roya anaranjada detectado en el ciclo productivo (2012-2013), inicialmente en los estados de Chiapas, Puebla y Veracruz, causando severos daños y conjuntado con las crisis económica que prevalece desde su última caída desde hace tres años en la cadena agro industrial del café, en México;

Concluye que se hace necesario establecer esfuerzos científico-tecnológicos, así como económicos y gubernamentales para hacer frente a este problema relevante, de no concretarse esfuerzos, la enfermedad se convertirá en una seria amenaza que puede cambiar el rumbo y las perspectivas de la producción en México, toda vez que el panorama actual, ante los retos del cambio climático y el casi nulo manejo de la sanidad y nutrición del cultivo, hace que se den las condiciones ideales para un nuevo brote de la enfermedad, con mucha mayor severidad, que en 1981 cuando apareció por primera vez en México.

Según la Asociación de Cooperación al Desarrollo Integral de Huehuetenango "ACODIHUE" (2009), en su manual de café orgánico menciona que el café orgánico es un sistema sostenible de producción que tiene como fundamento la conservación y mejoramiento de la fertilidad del suelo, con técnicas e insumos compatibles con el medio ambiente y la conservación de la biodiversidad vegetal y animal, en el cual no se utiliza químicos como plaguicidas, herbicidas y fertilizantes los cuales se reemplazan por métodos naturales o con mínimo riesgo para la salud de los seres vivos y que preservan el medio ambiente. Todo de acuerdo con la reglamentación vigente y según verificación de los organismos certificadores. Concluye que producir café orgánico certificado representa al productor ingresos adicionales importantes que lo ayudan a mantener y mejorar un nivel de vida que le permite sobrevivir con su familia.

Según Félix (2016), las asociaciones y cooperativas agremiadas a ACODIHUE, no cuentan con una sistematización de las experiencias vividas en el control de roya del café en producción orgánica, pero relacionan la nutrición de la planta y la aplicación de productos como caldo sulfocalcio y caldo visosa para el control de roya, manifestando buenos resultados, claro está de la mano con prácticas agronómicas del cultivo, monitoreo de la enfermedad y aplicaciones correctas de los productos.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

La roya es una enfermedad del café, ocasionada por el hongo (*Hemileia vastatrix*), ataca principalmente plantaciones de las variedades caturra, catuaí, bourbón, típica, pache y otras susceptibles. En Guatemala, se le conoce desde 1980, afecta hojas maduras y cuando el ataque es severo puede también infectar hojas jóvenes, provocando una intensa caída de hojas y pérdidas en la producción, a la fecha no se conocen hospederos alternos. (ANACAFÉ, 2012).

Recientemente se ha identificado que las royas se manifiestan severamente en altitudes de 600 a 1,200 metros sobre el nivel del mar (msnm) y se relaciona con alta carga fructífera, falta de fertilización, uso inadecuado de fungicidas y variabilidad climática, entre otros factores que debilitan la planta. En Guatemala a partir del año 2011, se observó incremento de roya, en las regiones cafetaleras del país, bajo diferentes condiciones a lo observado con anterioridad. (ANACAFÉ, 2012).

En el año 2012, 193,200 hectáreas, equivalentes al 70 por ciento del parque cafetalero de Guatemala, fue afectada por el hongo (*Hemileia vastatrix*) (roya). Para el periodo de producción cafetalero, 2012/2013 se ha sufrido una reducción del 15 % en la producción nacional, equivalente a 31 818.18 toneladas oro que se dejan de producir a causa de la roya, esto significa pérdida de miles de empleos y el país deja de percibir US\$ 372 millones de dólares en conceptos de divisas por exportación de café, históricamente el producto más importante para la economía guatemalteca. (ANACAFÉ, 2013)

Los cambios en el clima y la falta de manejo adecuado de las plantaciones del cafeto, han generado el ambiente idóneo para el desarrollo de enfermedades incluso en aquellas zonas con mayor altitud, tal es el caso del municipio de Jacaltenango, Huehuetenango que se encuentra a una altitud media de 1,437 msnm, en el que se observó en el año 2013 una gran incidencia de (*Hemileia vastatrix*), provocando disminución en la producción.

En el municipio de Jacaltenango, región Huista de Huehuetenango y como en muchos otros lugares se han generado asociaciones y cooperativas de pequeños y medianos productores de café, con la finalidad de comercializar sus productos, teniendo una mayor aceptabilidad y precio en el mercado internacional los productos orgánicos certificados.

En virtud de la limitante establecida por referirse a un cultivo orgánico certificado y enfrentarse al ataque severo de roya, que provoca disminuciones drásticas en su producción, se tiene el acceso limitado a productos que hayan sido evaluados en la región, sean económicamente accesibles, ambientalmente viables (aceptables) y técnicamente efectivos y que puedan ser manejados o producidos por los pequeños productores con los recursos de las comunidades.

En la región no se ha realizado estudios que puedan sustentar la funcionalidad de un producto fungicida que sea aceptado en la producción orgánica; en fincas y otras regiones del país se han realizado estudios pero se considera que las diferencias climáticas, edáficas, condiciones socio-económicas y culturales propias de la región influyen y por lo tanto difieren en los resultados.

Por las razones anteriormente mencionadas, se ha optado por la evaluación de productos aceptados en la producción orgánica del café, de fácil acceso y que se han utilizado para el control de roya en otros cultivos y/o regiones y que son prometedores de presentar buenos resultados para disminuir o controlar los efectos de (*Hemileia vastatrix*) en plantaciones de café.

Con los resultados de esta investigación se proporciona una alternativa viable para el control de roya, a los 716 productores de café orgánico de las asociaciones y cooperativas de la región y mejorar la producción futura y con ello contribuir a mejorar la calidad de vida del agricultor cafetalero.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. GENERAL

Evaluar los efectos de fungicidas en el control de roya (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica de café; Jacaltenango, Huehuetenango

### 4.2. ESPECÍFICOS

Determinar la incidencia y severidad de roya del café (*Hemileia vastatrix*) sobre los tratamientos a evaluar; Jacaltenango, Huehuetenango.

Evaluar la eficacia de 3 fungicidas en el control de roya, en el cultivo de café; Jacaltenango, Huehuetenango.

Evaluar el efecto de 3 fungicidas en el rendimiento (kg/ha) de café; Jacaltenango, Huehuetenango

Analizar la rentabilidad de cada uno de los tratamientos evaluados.

## 5. HIPÓTESIS

### 5.1. HIPÓTESIS ALTERNA

Ha1. Al menos un fungicida reducirá la incidencia de roya (*Hemileia vastatrix*) en la producción orgánica de café.

Ha2. Al menos un fungicida reducirá la severidad de roya (*Hemileia vastatrix*) en la producción orgánica de café

Ha3. Al menos un fungicida aplicado mostrará ser eficaz para reducir la incidencia de roya (*Hemileia vastatrix*) en la producción orgánica de café

Ha4. Al menos un fungicida aplicado mostrará ser eficaz para reducir la severidad de roya (*Hemileia vastatrix*) en la producción orgánica de café

Ha5. Al menos un fungicida aplicado tendrá efectos en el incremento del rendimiento en la producción orgánica del café, afectada por roya.

Ha6. Al menos un fungicida evaluado mejorará la rentabilidad en la producción orgánica del café.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. LOCALIZACIÓN

El experimento se realizó en el municipio de Jacaltenango, Huehuetenango, estando ubicado al noroccidente a 365 km de la ciudad capital; con una altitud media de 1,437 msnm, a una latitud Norte de 15° 40' 48.72" y una longitud Oeste 91° 44' 11.70", ubicado en una zona de vida, Bosque Húmedo Sub tropical (templado) (Bh-s(t)), con una temperatura media anual de 24 grados centígrados. (Segeplan, 2010).

En el municipio de Jacaltenango se encuentran cuatro series de suelos (Nentón, Coatán, Quixal y Jacaltenango), el área de estudio se encuentra en la serie de suelo Coatán, siendo esta de origen caliza, que se caracterizan por ser suelos de textura arcillosa, color café muy oscuro a casi negro en la superficie y subterráneos de color café rojizo oscuro; son de característicos carbonatos neocomiono-camapanianos. Su fisiografía se cataloga como tierras altas sedimentarias y su paisaje como montañas y laderas de los Cuchumatanes. (Segeplan, 2010).

### 6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

La investigación se realizó en plantación de café (*Coffea arabica*) orgánico, variedad catuaí, con 12 años de edad. El cafeto es un arbusto de crecimiento continuo, que presenta un característico dimorfismo en sus ramas, (ramas ortotrópicas y ramas plagiotrópicas), la variedad de café catuaí, es de porte bajo, resultado del cruce de mundo nuevo y caturra, el color del fruto es rojo o amarillo según la línea, vigor vegetativo bueno, silueta casi cilíndrica; la copa aunque más angosta que la base no es punta sino un cono comprimido, el fruto no se desprende fácilmente de la rama. Es susceptible a royas. (Monroig, 2012).

#### 6.2.1. Fungicidas

##### a). Caldo bordeles

Caldo mineral a base de sulfato de cobre, con una concentración al 1%, utilizado en la agricultura orgánica para el control de numerosas enfermedades producidas por hongos; es una mezcla que se aplica directamente al follaje.

### b). Caldo sulfocálcico

Caldo mineral a base de azufre en polvo, el cual es preparado a base de cocción para generar el producto a aplicar directamente al follaje, este tiene las propiedades para ser almacenado, para el caso del café se aplica un litro por bomba de asperjar de 16 litros.

### c). Té de árbol

Fungicida botánico aceite de *Melaleuca alternifolia*; producto comercial con solventes: parafina líquida y alcohol etílico, las moléculas terpinen-4-ol y 1,8-cineol, presentes en el aceite esencial es antimicótico; se aplicó al follaje a razón de 80 cc/bomba de 16 L

## 6.3. FACTORES A ESTUDIAR

El factor estudiado es el efecto que los fungicidas tienen sobre la roya del café en producción orgánica.

## 6.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

En la investigación se evaluó los efectos de tres fungicidas para el control de roya en producción orgánica de café, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; los tratamientos y las dosis por cada uno de ellos, se describen en el cuadro a continuación.

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos evaluados en la eficacia de tres fungicidas para el control de roya (*Hemileia vastatrix*) en la producción orgánica de café; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

Tratamientos	Nombre	Ingrediente activo	Dosis
T1	Caldo bordelés	Sulfato de cobre + Cal hidratada	8.64 kg/ha 12.56 kg/ha
T2	Caldo sulfocálcico	Azufre + óxido de calcio	19 L/ha
T3	Té de árbol	Aceite de <i>Melaleuca alternifolia</i>	1 L/ha
T4	Testigo absoluto		--

Se optó por la evaluación de estos tratamientos ya que son aceptados en la producción orgánica y son de fácil acceso para los agricultores cafetaleros de la región.

## **6.5. DISEÑO EXPERIMENTAL**

De acuerdo a las características de la investigación y propias del terreno se optó por el diseño en bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones ya que toma en cuenta los tres principios básicos de la experimentación: repetición, aleatorización y control local.

Según López (2008), este diseño es conveniente cuando se logra determinar una gradiente de variabilidad en un sentido, que está influyendo sobre los tratamientos, como ejemplo: el grado de inclinación del terreno, dirección del viento, gradiente de temperatura etc. Los bloques se construyen perpendiculares a la dirección de la gradiente de variabilidad.

## **6.6. MODELO ESTADÍSTICO**

El modelo asociado a este diseño (bloques completos al azar) experimental es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + E_{ij}$$

Siendo:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta observada o medida en el  $i$ -ésimo tratamiento y el  $j$ -ésimo bloque.

$\mu$  = media general de la variable de respuesta

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\beta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque

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

## 6.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental constó de una parcela neta que de acuerdo al marco de plantación (1.3\*2 m) las parcelas netas fueron de 5.2 metros, de ancho por 8 metros de largo (41.6 metros cuadrados, integrando 16 plantas) y tomado en cuenta el efecto de borde se trabajó parcelas brutas cuyas dimensiones fueron de 10.4 metros de ancho por 16 metros de largo (166.4 metros cuadrados, integrando 64 plantas), se establecieron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones haciendo un total de 16 unidades experimentales, con un área total del experimento de 2,662.40 metros cuadrados; la descripción de unidad experimental se ejemplifica a continuación:

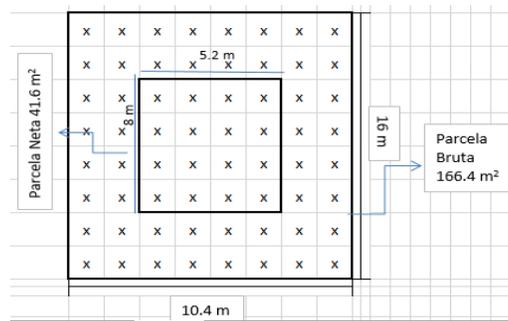


Figura 2. Croquis de la parcela bruta y parcela neta utilizada en el experimento evaluación fungicidas para el control de roya del café, en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

## 6.8. CROQUIS DE CAMPO

El ensayo se realizó en 2,662.40 metros cuadrados, en cuatro bloques, cuatro repeticiones y 16 unidades experimentales, como se muestra a continuación

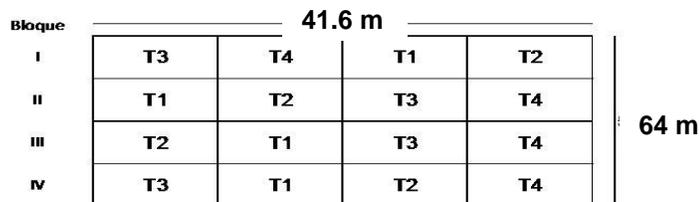


Figura 3. Croquis de la distribución de los tratamientos en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café, en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.

## **6.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **6.9.1. Trazo de la unidad experimental**

Se realizó en el terreno previo seleccionado para el estudio, mediante la utilización de una cinta métrica delimitando las parcelas y los bloques con estacas para su identificación.

### **6.9.2. Cuidados culturales del cultivo**

Durante el periodo de ejecución del experimento se realizaron todas aquellas actividades que el cultivo necesita y que normalmente son aplicadas en las parcelas de cafetales; como limpia, fertilización, poda y deshijes, con el cuidado que estas fueron aplicadas de la misma forma, intensidad y frecuencia en todas las unidades experimentales.

### **6.9.3. Preparación de fungicidas**

#### **a) Caldo bordelés**

Fungicida a base de sulfato de cobre, (caldo bordelés al 1%), durante varios siglos muchas sales de cobre han sido utilizadas para controlar en los cultivos numerosas enfermedades producidas por hongos.

#### **Materiales y equipo**

220 g de sulfato de cobre, 320 g de cal agrícola (cal dolomítica), 20 litros de agua, dos recipientes plásticos, una pala de madera y un clavo o grapa.

#### **Procedimiento**

En un recipiente se mezcló 220 g de sulfato de cobre en cinco litros de agua y se mezcló; en otro recipiente se agregó los 320 g de cal agrícola, en 15 litros de agua y se mezcló; luego se mezclaron los dos productos.

#### **Dosis de aplicación**

Se aplicó ocho litros de la mezcla por bomba (de 16 litros) en aspersión directamente al follaje, equivalente a 157 L/ha, volumen de agua (corresponde al sulfato de cobre 8.64

kg/ha, y cal hidratada 12.56 kg/ha). El caldo se preparó para uso el mismo día y en mezcla con adherente.

### **b) Caldo sulfocálcico**

Fungicida a base de azufre preparado mediante cocción en el que se genera un caldo mineral y una pasta.

Material y equipo: 500 gramos de cal agrícola (cal dolomítica), un kilogramo de azufre en polvo, cinco litros de agua, un recipiente metálico, una pala de madera, un recipiente plástico o de vidrio para envasar, se colocó al fuego.

Procedimiento: Cuando el agua estaba hirviendo se agregó el azufre y la cal simultáneamente (se mezcló una parte de cal por dos de azufre), se movió constantemente durante una hora, una vez que se tornó color rojo vino, se retiró del fuego, dejándolo reposar para enfriar y envasar.

Dosis de aplicación: Se aplicó un litro por bomba (de 16 litros) y se aplicó directamente al follaje mezclando con adherente.

### **c) Te de árbol**

Fungicida botánico (comercial) de aceite de *Melaleuca alternifolia*; al ser un producto comercial se siguieron las instrucciones del fabricante.

Se agito bien en el envase antes de usarlo, se tuvo el cuidado de no aplicar durante las horas de mayor temperatura en el día o en épocas del año mayores a 35 °C, se mezcló en el tanque con agua limpia hasta la mitad de la capacidad, seguidamente se completó el volumen de agua requerido. Se agitó para obtener una mezcla homogénea antes de realizar la aspersión.

Se utilizó una dosis de 0.5 por ciento (Cinco cc/L de agua (80 cc/ bomba de 16 litros) se mezcló con adherente.

#### **6.9.4. Aplicación de tratamientos**

Previo a la aplicación de los tratamientos se calibró el equipo de aspersión. Tomando en cuenta el comportamiento de la enfermedad, la fisiología del cultivo, la relación entre ambos y el comportamiento del clima (entrada de lluvias), se realizaron 4 aplicaciones a partir del mes de mayo y con una frecuencia de 30 días (0, 30, 60, 90 días).

La aplicación se hizo de forma terrestre, utilizando una bomba de espalda de 16 litros, con boquilla de cono lleno, las aplicaciones se realizaron en horarios de 7 a 10 de la mañana.

#### **6.9.5. Muestreo**

Esta actividad se realizó en distintos momentos iniciando en el mes de mayo, con la finalidad de determinar la incidencia y severidad de la enfermedad; después de cada aplicación de los tratamientos y una última a los 72 días, después de terminadas las aplicaciones, la muestra, se conformó por un total de 160 hojas por unidad experimental representativas para su evaluación, tomadas de forma aleatoria en los distintos estratos de las plantas (Parte baja, media y alta en los cuatro puntos cardinales) que a su vez se tomaron de 16 plantas (diez por planta).

#### **6.9.6. Cosecha**

Se realizó cuando los frutos alcanzaron su madurez, por lo que se efectuaron cuatro actividades de recolección de fruto maduro (incluyendo repela y pepena), por cada unidad experimental se realizó la medición de peso en kg del café recolectado en uva, con la ayuda de una balanza comercial, después se realizó la conversión, a café pergamino para determinar diferencias en el rendimiento del café.

### **6.10. VARIABLES DE RESPUESTA**

#### **6.10.1. Incidencia de la enfermedad (%)**

La incidencia, es el número de hojas enfermas sobre el total de unidades evaluadas, se evaluó previa a cada aplicación de los tratamientos iniciando en el mes de mayo; se utilizó un total de 160 hojas de muestra para su evaluación, tomadas de forma aleatoria

en los distintos estratos de las plantas (Parte baja, media y alta, en los cuatro puntos cardinales) que a su vez fueron tomadas de 16 plantas (diez por planta), y se aplicó la siguiente fórmula.

$$\%IR: \frac{\text{Hojas infectadas con la enfermedad por sitio}}{\text{Total hojas de la muestra}} \times 100$$

### 6.10.2. Severidad de la enfermedad

Se refiere al porcentaje de daño sobre la estructura a evaluar, este parámetro fue tomado en las mismas hojas en las cuales se analizó la incidencia, mediante la utilización de escalas categóricas que permiten aglutinar las estructuras de evaluación por grado de daño para determinar posteriormente su valor en porcentaje, cada hoja evaluada se calificó en base a la escala de daño como se muestra en el cuadro 6; (gráficamente ver anexo 4).

Cuadro 6. Escala de daño utilizado para la determinación de la severidad, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café, en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

Grado	Descripción
0	Sano o sin síntomas visibles
1	1-5% de AFA (área foliar afectada)
2	6-20% de AFA
3	21-50% de AFA
4	>50% de AFA

(Cámara proclutivos ANDI, 2015)

En virtud de que la severidad se midió como un efecto en base a escalas o categorías, se aplicó las fórmulas de Townsend-Heuberger, la cual se detalla a continuación:

Porcentaje de infestación =  $\frac{\sum(n \cdot v)}{N \cdot V} \cdot 100$  en donde:

n = número de unidades en cada categoría

N= número total de unidades de muestreo

v= valor de cada categoría

V= valor de cada categoría más alta

### **6.10.3. Eficacia de control**

Esta variable se refiere al efecto que cada tratamiento tiene en la reducción de la enfermedad, se calculó para incidencia y severidad atendiendo a infestaciones heterogéneas, mediante la fórmula de Henderson-Tilton (%) la cual se describe a continuación.

Porcentaje de eficacia =  $[1-(Ca/Ta)*(Td/Cd)]*100$  donde:

Ta= infestación en parcela tratada antes de aplicar el tratamiento

Ca= infestación en parcela testigo antes de aplicar el tratamiento

Td= infestación en parcela tratada después de aplicar el tratamiento

Cd= infestación en parcela testigo después de aplicar el tratamiento.

### **6.10.4. Rendimiento kg/ha**

Se realizó tomando en cuenta los datos obtenidos en la cosecha, kg de café uva por cada tratamiento, realizando una conversión, utilizando un factor de 4.5 para convertirlo a café pergamino por hectárea por tratamiento (que es la presentación más común remunerada en la región para su análisis económico) realizando también un análisis comparativo entre lo que debería producir y lo obtenido en base a rentabilidad.

## **6.11. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **6.11.1. Análisis estadístico**

El análisis de cada una de las variables evaluadas, se realizó por medio de un análisis de varianza (ANDEVA), para un diseño bloques completos al azar, utilizando para ello el programa estadístico llamado “paquete de diseños experimentales FAUANL”, versión dos punto cinco da la Universidad de Nuevo León, México, ingresados previamente en una hoja Microsoft Excel.

Cuando en el análisis de varianza se encontró significancia en la fuente de variación de tratamientos se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey, con un nivel de significancia del 5%, por medio de la cual se determinó los mejores tratamientos evaluados.

#### **6.11.2. Análisis económico**

Se realizó un análisis de costo basado en la rentabilidad de los tratamientos, como criterio de decisión, se consideraron todos los rubros o gastos realizados en el proceso, clasificándolos en costos directos e indirectos para un posterior análisis y comparación económica entre tratamientos.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015; por deberse a que se evaluaron organismos vivos, han reflejado un alto coeficiente de variación por lo que se realizó transformación de datos, los cuales se especifican en cada una de las variables respuesta.

### 7.1. INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD (%)

Como parte de los resultados obtenidos mediante muestreos previos y después de finalizada la aplicación de tratamientos, se obtuvieron los siguientes resultados; cabe mencionar que por el comportamiento de la enfermedad (organismos vivos) se han obtenido coeficientes de variación superiores al 20% por lo que se realizó transformación de datos; se han incluido en anexos los datos de campo y transformados respecto a cada uno de los análisis de varianza presentados para la incidencia (ver anexo 5 al 14).

Cuadro 7. Análisis de varianza para el porcentaje de Incidencia de la enfermedad después de la primera aplicación (muestreo 2) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C	F.t. (5,1%)	
Tratamiento	3	37.3146	12.4382	2.7742 NS	3.863	6.992
Bloque	3	9.7723	3.2574	0.7265	3.863	6.992
Error	9	40.3513	4.4835			
Total	15	87.4382				

C.v. = 25.83 NS= No significativo; \*\* =Altamente Significativo; \* = Significativo.

En el cuadro anterior se muestra el análisis de varianza respecto a la incidencia de la enfermedad después de la primera aplicación, en la cual no se refleja diferencia significativa entre los tratamientos al 5 y 1 % de significancia.

El coeficiente de variación del experimento que se muestra en el cuadro siete, se considera alto ya que es el resultado de evaluación en el comportamiento de dos organismos vivos.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el porcentaje de incidencia de la enfermedad después de la segunda aplicación (muestreo 3) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>F.V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C</b>	<b>F.t. (5,1%)</b>	
Tratamiento	3	138.0348	46.0116	8.2295**	3.863	6.992
Bloque	3	38.0524	12.6841	2.2686	3.863	6.992
Error	9	50.3197	5.5911			
Total	15	226.4069				

C.v.= 18.55; NS= No significativo; \*\* =Altamente Significativo; \* = Significativo.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza sobre la variable del efecto de los tratamientos en el porcentaje de incidencia, muestra que existe una diferencia altamente significativa para los tratamientos ya que el valor de F calculada es mayor que el valor de F tabla al 5 % de significancia, por lo que se realizó la prueba de Tukey cuyos resultados se muestran a continuación.

Cuadro 9. Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de incidencia muestreo 3, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>	<b>Media Real</b>
Testigo (T4)	17.1935	A	8.7525
Caldo Sulfocalcico (T2)	12.7973	A B	5.315
Caldo Bordelés (T1)	12.0188	A B	2.345
Te de árbol (T3)	8.98	B	0.625

Tukey= 5.22

En el cuadro nueve, la prueba de Tukey, que el T<sub>4</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>1</sub> tienen un comportamiento similar; el T<sub>2</sub>, T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> tienen comportamiento similar y el T<sub>4</sub> y T<sub>3</sub> muestran una diferencia significativa ya que están en grupos diferentes.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el porcentaje de Incidencia de la enfermedad después de la tercera aplicación (muestreo 4) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.

<b>F.V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C</b>	<b>F.t. (5,1%)</b>	
Tratamiento	3	185.1345	61.7115	5.2665*	3.863	6.992
Bloque	3	361.2601	120.4200	10.2767	3.863	6.992
Error	9	105.4601	11.7178			
Total	15	651.8546				

C.v.= 19.56 NS= No significativo; \*\* =Altamente Significativo; \* = Significativo.

En el cuadro anterior se refleja que en la tercer aplicación de los tratamientos muestran una diferencia significativa ya que el factor calculado es superior a el factor de la tabla al 0.5 % de confiabilidad por los que se ha realizado un análisis con la prueba de Tukey.

Cuadro 11. Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de incidencia muestreo 4, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>	<b>Media Real</b>
Testigo (T4)	23.3738	A	15.91
Caldo Bordelés (T1)	15.9420	AB	8.2825
Caldo Sulfocalcico (T2)	15.5268	B	7.815
Te de árbol (T3)	15.1631	B	8.285

Tukey= 7.5651

Según cuadro 10, hay una diferencia significativa y en el cuadro 11, se ve que el comportamiento es similar, solo el tratamiento cuatro y el tratamiento tres se comportan diferente.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el porcentaje de Incidencia de la enfermedad después de la cuarta aplicación (muestreo 5) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>F.V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C</b>	<b>F.t. (5,1%)</b>	
Tratamiento	3	370.4545	123.4848	6.0552*	3.863	6.992
Bloque	3	234.4967	78.1656	3.8329	3.863	6.992
Error	9	183.5396	20.3933			
Total	15	788.4908				

C.v. 24.98; NS= No significativo; \*\* =Altamente Significativo; \* = Significativo.

En el cuadro anterior se refleja que en la cuarta y última aplicación de los tratamientos muestran una diferencia significativa ya que el factor calculado es superior a el factor de la tabla al 0.5 % de confiabilidad por los que se ha realizado un análisis con la prueba de Tukey.

Cuadro 13. Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de incidencia muestreo 5, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>	<b>Media Real</b>
Testigo (T4)	26.0932	A	19.690
Caldo Sulfocalcico (T2)	17.3461	A B	10.470
Te de árbol (T3)	15.2342	B	6.095
Caldo Bordelés (T1)	13.6342	B	5.937

Tukey= 9.98

En el cuadro 13, se muestran los niveles de diferencia significativa de Tukey, observando dos grupos, con una aparente diferencia entre las medias de tratamientos, enmarcando una diferencia estadística entre el tratamiento cuatro y tratamiento uno, siendo el caldo bordelés el que tiene una tendencia superior; después de cuatro aplicaciones el caldo bordelés ha mostrado mejores resultados.

Cuadro 14. Análisis de varianza para el porcentaje de Incidencia de la enfermedad 72 días después de finalizada la aplicación de tratamientos (muestreo 6) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

F.V.	G.L	S.C.	C.M.	F.C	F.t. (5,1%)	
Tratamiento	3	1249.1292	416.3764	4.7207*	3.863	6.992
Bloque	3	467.8046	155.9349	1.7679	3.863	6.992
Error	9	793.8181	88.2020			
Total	15	2510.7518				

C.v.= 24.22; NS= No significativo; \*\* =Altamente Significativo; \* = Significativo.

En el cuadro anterior se puede observar que en la aplicación de los tratamientos 72 días después, existe una diferencia significativa ya que el factor calculado es mayor que el factor de la tabla al 5 % de confiabilidad por lo que se realizó análisis de prueba de medias mediante Tukey.

Cuadro 15. Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de incidencia muestreo 6, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

Tratamiento	Media	Grupo Tukey	Media Real
Testigo (T4)	51.92	A	61.25
Caldo Sulfocalcico (T2)	41.71	A B	44.97
Te de árbol (T3)	31.73	A B	28.44
Caldo Bordelés (T1)	29.77	B	24.84

Tukey= 20.7554

En el cuadro 15, se muestran los niveles de diferencia significativa de Tukey, observando dos grupos, con una diferencia entre las medias de tratamientos, enmarcando una diferencia estadística entre el tratamiento cuatro y tratamiento uno, siendo el caldo bordelés el que tiene una tendencia superior; después de cuatro aplicaciones el caldo bordelés ha mostrado mejores resultados

Según los datos obtenidos, la aplicación de productos (como caldo bordelés, caldo sulfocalcico y te de árbol) para el control de roya del café, en la producción orgánica, pueden evitar una defoliación desmedida, pero no se debe desatender que el comportamiento de las enfermedades fungosas, obedecen a los desequilibrios ambientales enmarcados por mayor humedad y plantas débiles por falta de agua y nutrientes, por lo que las aplicaciones de tratamientos deben de ir acompañadas de la aplicación correcta de prácticas agronómicas como manejo de tejidos (podas y de sombra) así como una adecuada fertilización.

Para lograr una mejor explicación del comportamiento observado en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café, en producción orgánica, en el municipio de Jacaltenango, Huehuetenango, se plantea el siguiente grafico que muestra la diferencia entre tratamientos por bloque en cada muestreo realizado.

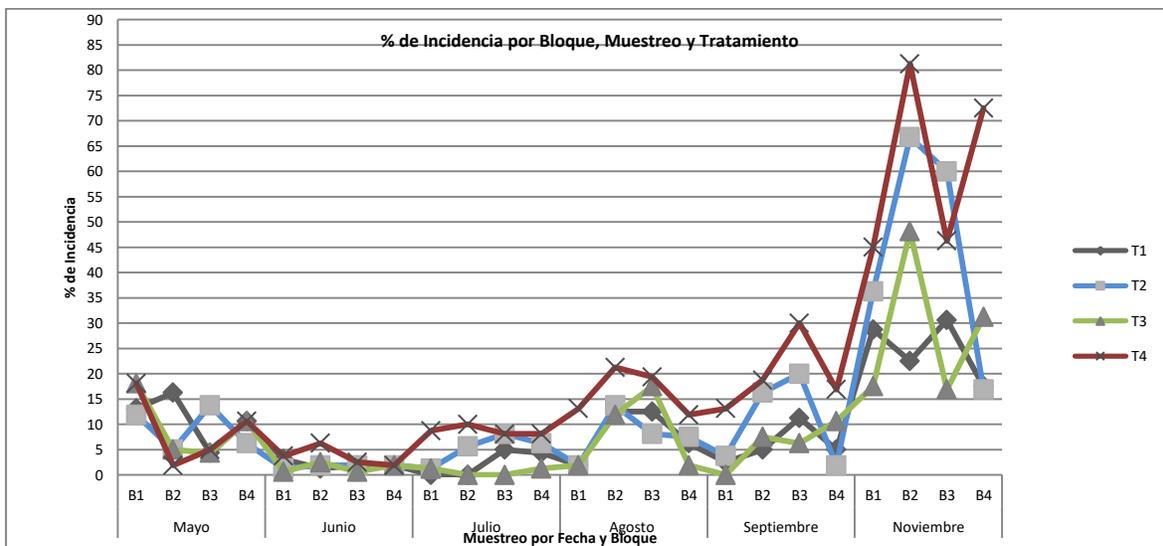


Figura 4. Comportamiento de la incidencia de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), en la evaluación de fungicidas, en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.

En la imagen anterior, se muestra el comportamiento que se observó en la evaluación, siendo los tratamientos caldo bordelés (T1), Caldo sulfocalcico (T2), Te de árbol (T3) y (T4) el testigo absoluto, muestra que el porcentaje de incidencia inicial (previo a la aplicación de los tratamientos) se encontró en un rango de 10 a 20 % (indicando que la enfermedad se encuentra bien distribuida en el área de estudio, condición necesaria para una evaluación objetiva); siendo parte del comportamiento de la enfermedad que en el periodo seco, la incidencia es baja y al acentuarse el periodo lluvioso se incrementa; el efecto inicial de cada tratamiento fue disminuir la incidencia en las primeras dos aplicaciones.

En el grafico se puede apreciar el comportamiento normal de la curva epidemiológica de la roya del café, ya que en los meses de poca agua no es muy notoria teniendo su cúspide o mayor grado de infección en los meses de noviembre y diciembre.

El efecto observado en los tratamientos de caldo sulfocalcico y te de árbol, fue que provocaron una especie de quemadura en el tejido foliar del área afectada por el hongo, lo que provocó una disminución de este en las plantas (ver anexo 2), lo que evito que la hoja infectado continuara realizando fotosíntesis (redujo el área efectiva fotosintética); por otra parte el caldo bordelés, provoco una defoliación de hojas infectadas, y una respuesta inmediata de la planta para su renovación foliar.

Al intensificarse la lluvia, se incrementó la humedad relativa en las plantaciones, el efecto de este fenómeno meteorológico generó, que en el borde quemado de las hojas, en los tratamientos de té de árbol y caldo sulfocalcico, resurgiera la infección del hongo (ver anexo 2), incrementando la incidencia de la enfermedad en el área de los tratamientos tal y como se muestra en la figura 4; no así en el área del tratamiento del caldo bordelés, en el que la infección se generó de manera moderada en las hojas bajas y/o de mayor edad, sin infectarse los brotes nuevos.

En el grafico (figura 4) también se puede observar que en el segundo muestreo, posterior a la primer aplicación, la incidencia baja en todos los tratamientos incluyendo el testigo absoluto (sin aplicación), pudiendo explicar este fenómeno como un descenso

natural de la roya como consecuencia de la caída de hojas enfermas y viejas, así como el nuevo crecimiento vegetativo del café.

## 7.2. SEVERIDAD.

La enfermedad y los niveles productivos, generan desgaste fisiológico en la planta, provocando que la severidad sea mayor en los años consecuentes, afectando el vigor, la producción y la rentabilidad de manera progresiva; debido al comportamiento de dos organismos vivos el coeficiente de variación de datos originales es alto por lo que se procedió a realizar transformación de datos mediante raíz cuadrada; en anexos se presentan los datos de campo y transformados para cada uno de los análisis de varianza presentados para severidad (ver anexo 15 al 24).

Cuadro 16. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad de la enfermedad después de la primera aplicación (muestreo 2) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>F.V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C</b>	<b>F.t. (5,1%)</b>	
Tratamiento	3	0.2651	0.0884	3.3853 NS	3.863	6.992
Bloque	3	0.1227	0.0409	1.5671	3.863	6.992
Error	9	0.2350	0.0261			
Total	15	0.6228				

C.v. 16.31; NS= No significativo; \*\* =Altamente Significativo; \* = Significativo

En el cuadro anterior se muestra el análisis de varianza en el porcentaje de severidad que presenta la enfermedad después de la primera aplicación de los tratamientos en la que es evidente que no hay una diferencia estadística significativa entre los tratamientos.

En el segundo muestreo, posterior a la primer aplicación, la incidencia y severidad baja en todos los tratamientos incluyendo el testigo absoluto (sin aplicación), pudiendo

explicar este fenómeno como un descenso natural de la roya como consecuencia de la caída de hojas enfermas y viejas, así como el nuevo crecimiento vegetativo del café.

Cuadro 17. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad de la enfermedad después de la segunda aplicación (muestreo 3) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>F.V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C</b>	<b>F.t. (5,1%)</b>	
Tratamiento	3	4.7708	1.5903	12.8330**	3.863	6.992
Bloque	3	0.4662	0.1554	1.2540	3.863	6.992
Error	9	1.1153	0.1239			
Total	15	6.3523				

C.v.= 25.08; NS= No significativo; \*\* =Altamente Significativo; \* = Significativo

En el cuadro anterior se refleja que en la segunda aplicación de tratamientos (muestreo 3), hay una diferencia altamente significativa para los tratamientos evaluados ya que el factor calculado es superior a el factor de la tabla al 1 % de confiabilidad por los que se ha realizado un análisis con la prueba de Tukey.

Cuadro 18. Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de severidad muestreo 3, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>
Testigo (T4)	2.1308	A
Caldo Sulfocalcico (T2)	1.6948	A B
Caldo Bordelés (T1)	1.0693	B C
Te de árbol (T3)	0.7200	C

Tukey= 0.7779

En el cuadro 18, se muestran los niveles de diferencia significativa de Tukey, observando tres grupos, en los que se diferencia entre las medias de tratamientos dos

(caldo sulfocalcico) y el tratamiento tres (te de árbol) siendo este el que presenta una tendencia superior; también existe diferencia enmarcada por los tratamientos caldo bordeles, te de árbol y el testigo, por lo que se puede inferir que la aplicación de caldo bordeles y te de árbol en la segunda aplicación, han disminuido la severidad de la enfermedad.

Cuadro 19. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad de la enfermedad después de la tercera aplicación (muestreo 4) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>F.V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C</b>	<b>F.t. (5,1%)</b>	
Tratamiento	3	4.0872	1.3624	7.7695**	3.863	6.992
Bloque	3	2.7341	0.9114	5.1974	3.863	6.992
Error	9	1.5782	0.1754			
Total	15	8.3994				

C.v.= 19.83; NS= No significativo; \*\* =Altamente Significativo; \* = Significativo

En el cuadro anterior se refleja que en la tercera aplicación de tratamientos (muestreo 4), existe una diferencia altamente significativa para los tratamientos evaluados ya que el factor calculado es superior a el factor de la tabla al 1 % de confiabilidad por los que se ha realizado un análisis con la prueba de Tukey.

Cuadro 20. Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de severidad muestreo 4, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>
Testigo (T4)	2.9815	A
Caldo Bordelés (T1)	1.8740	B
Caldo Sulfocalcico (T2)	1.8632	B
Te de árbol (T3)	1.7282	B

Tukey= 0.9256

En el cuadro 20, se muestran los niveles de diferencia significativa de Tukey, observando dos grupos, con una diferencia estadística significativa entre las medias de los tratamientos lo que indica que al realizar tres aplicaciones consecutivas con intervalos de 30 días; los productos evaluados tienen efectos positivos en la disminución de la severidad.

Cuadro 21. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad de la enfermedad después de la cuarta aplicación (muestreo 5) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

F.V.	G.L	S.C.	C.M.	F.C	F.t. (5,1%)	
Tratamiento	3	10.5935	3.5312	13.0853**	3.863	6.992
Bloque	3	4.6116	1.5372	5.6963	3.863	6.992
Error	9	2.4287	0.2699			
Total	15	17.6338				

C.v.= 23.54; NS= No significativo; \*\* =Altamente Significativo; \* = Significativo

En el cuadro anterior se refleja que en la cuarta y última aplicación de tratamientos (muestreo 5), existe una diferencia altamente significativa para los tratamientos evaluados ya que el factor calculado es superior a el factor de la tabla al 5 % de confiabilidad por los que se ha realizado un análisis con la prueba de Tukey.

Cuadro 22. Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de severidad muestreo 5, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

Tratamiento	Media	Grupo Tukey
Testigo (T4)	3.5553	A
Caldo Sulfocalcico (T2)	2.1418	B
Te de árbol (T3)	1.5854	B
Caldo Bordelés (T1)	1.5439	B

Tukey= 1.1481

En la prueba de Tukey del cuadro 22, se observan dos grupos, con diferencia estadística significativa, lo que indica que en la cuarta aplicación no se disminuye la severidad de la enfermedad, pero en comparación con el testigo se evita el incremento desmedido de la severidad de la enfermedad.

Cuadro 23. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad de la enfermedad 72 días después de la cuarta aplicación (muestreo 6) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>F.V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C</b>	<b>F.t. (5,1%)</b>	
Tratamiento	3	34.9502	11.6501	15.1898**	3.863	6.992
Bloque	3	5.6222	1.8741	2.4435	3.863	6.992
Error	9	6.9027	0.7670			
Total	15	47.4750				

C.v= 19.83; NS= No significativo; \*\* =Altamente Significativo; \* = Significativo

En el cuadro anterior se refleja que 72 días después de la última aplicación de tratamientos (muestreo 6), existe una diferencia significativa para los tratamientos evaluados afectando la severidad de la enfermedad ya que el factor calculado es superior a el factor de la tabla al 5 % de confiabilidad por los que se ha realizado un análisis con la prueba de Tukey.

Cuadro 24. Prueba de Tukey al 5%, para el porcentaje de severidad muestreo 6, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>
Testigo (T4)	6.7663	A
Caldo Sulfocalcico (T2)	4.5317	B
Te de árbol (T3)	3.4627	B
Caldo Bordelés (T1)	2.9022	B

Tukey= 1.9355

En el cuadro 24, se muestran los niveles de diferencia estadística significativa de Tukey, observando dos grupos, entre las medias de los tratamientos lo que indica que a partir de realizar cuatro aplicaciones consecutivas con intervalos de 30 días; los productos evaluados tienen efectos positivos en el incremento de la severidad 72 días después de la última aplicación; pero que sin embargo entre los tratamientos no hay diferencias estadísticas por lo que se recomienda tomar en cuenta los costos de producción por cada tratamiento evaluado.

### 7.3. EFICACIA DE CONTROL

Determinado a través de la fórmula de Henderson-Tilton (%), para el porcentaje de incidencia y severidad, por la heterogeneidad de las medias.

Cuadro 25. Porcentaje de eficacia para la incidencia de la enfermedad 72 días después de la cuarta aplicación (muestreo 6) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.

Tratamientos	I	II	III	IV	Total	Media
1	11.78	96.80	24.40	75.86	208.84	52.21
2	-22.94	69.11	52.83	60.40	159.40	39.85
3	61.11	77.73	58.34	56.90	254.07	63.52
Total	49.96	243.63	135.56	193.16	622.31	
Media	16.65	81.21	45.19	64.39		

En el cuadro anterior se refleja la eficacia de los tratamientos 72 días después de la última aplicación, de forma general el tratamiento que muestra mejor resultado para la disminución de la incidencia es el té de árbol, con un promedio de 63.52%, seguido por caldo bordeles con 52.21 %; siendo el caldo sulfocalicico el que menor resultado ha presentado con un promedio de 39.85% de eficacia.

Cuadro 26. Porcentaje de eficacia para la severidad de la enfermedad 72 días después de la cuarta aplicación (muestreo 6) en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.

Tratamientos	I	II	III	IV	Total	Media
1	58.97	98.12	69.33	87.63	314.05	78.51
2	-41.84	77.43	72.95	77.81	186.34	46.59
3	71.60	85.26	86.73	69.83	313.41	78.35
Total	88.73	260.81	229.00	235.26	813.80	
Media	29.58	86.94	76.33	78.42		

En el cuadro anterior se refleja el porcentaje de eficacia de los tratamientos ante la severidad de la enfermedad, 72 días después de la última aplicación, los tratamientos de té de árbol y caldo bordelés muestran un promedio similar en su eficacia de control de 78%, y el caldo sulfocalcico el que menor resultado ha presentado con una media de 46.59 %; en la comparación de eficacia para incidencia y severidad ha sido el mismo comportamiento del efecto de los tratamientos, en el que la diferencia entre cada uno de ellos no es significativa, por lo que se recomienda tomar en cuenta otros factores como la rentabilidad.

#### 7.4. RENDIMIENTO

Las enfermedades fungosas que afectan el área foliar de la planta, disminuyen el área fotosintética afectando los procesos fisiológicos y el vigor de la planta; el rendimiento es inversamente proporcional a la incidencia y severidad de la enfermedad; el efecto de tres periodos productivos consecutivos afectados por la roya ha disminuido drásticamente el vigor de las plantas y por tanto el rendimiento.

El efecto de la roya y una baja fertilidad de los suelos, también afecta el rendimiento, cuando existe la necesidad de corregir pH en más de 1 grado y niveles de fertilidad no se pueden mejorar en un ciclo productivo; en el experimento, como se muestra en

anexo 25, se pudo observar una diferencia notable en el rendimiento entre los tratamientos, pero que sin embargo se produjo una alta variabilidad (coeficiente de variación) producido por la respuesta de cada planta a los tratamientos y el efecto de la enfermedad, lo que no produjo estadísticamente una diferencia significativa.

En el rendimiento por cada tratamiento se obtuvo resultados, siendo el sobresaliente, el caldo bordelés (T1), con 0.22 toneladas de café pergamino por hectárea, seguido del caldo sulfocálcico (T2) con 0.20 toneladas de café pergamino por hectárea, en tercer lugar el té de árbol (T3) con 0.14 toneladas de café pergamino por hectárea y el testigo absoluto al que no se le aplicó un tratamiento para el control de roya únicamente produjo 0.06 toneladas de café pergamino por hectárea, para una mejor interpretación se realizó un análisis de varianza como se describe a continuación, debido al efecto de ser un organismo vivo, se generó un alto coeficiente de variación por lo que se realizó transformación de datos con  $\sqrt{x+3/8}$ ; en anexos se ha incluido datos de campo y datos transformados (ver anexo 25 y 26)

Cuadro 27. Análisis de varianza del rendimiento t/ha, de café pergamino, obtenido en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.

<b>F.V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C</b>	<b>F.t. (5,1%)</b>	
Tratamiento	3	0.0279	0.0093	2.4927 (NS)	3.863	6.992
Bloque	3	0.0043	0.0014	0.3816	3.863	6.992
Error	9	0.0336	0.0037			
Total	15	0.0659				

C.v.=8.41%; NS= No significativo; \*\* =Altamente Significativo; \* = Significativo

En el cuadro anterior se observa el análisis de varianza obtenido para el rendimiento, en el cual se refleja que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, cabe mencionar que el alto coeficiente de variabilidad provocado por el ataque de roya y otros factores ambientales y edáficos han generado que la variabilidad en mención

genera que estadísticamente no haya diferencia significativa en rendimiento por cada tratamiento aplicado.

## 7.5. RENTABILIDAD.

Tomando en cuenta los beneficios de estar asociado a una cooperativa o asociación cafetalera, se ha realizado un análisis de la rentabilidad por cada tratamiento aplicado, objeto de estudio, haciendo una proyección por hectárea, siendo este el propósito primordial para el productor de pequeñas áreas de café, en el municipio de Jacaltenango, Huehuetenango.

Cuadro 28. Rentabilidad por hectárea, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

Tratamiento	Rentabilidad/ha.
Caldo Bordelés (T1)	-39.62
Caldo Sulfocalcico (T2)	-41.70
Te de árbol (T3)	-59.21
Testigo (T4)	-69.92

El efecto de la enfermedad en los años anteriores ha tenido efectos negativos en los niveles de producción, por tanto la rentabilidad encontrada en el cuadro anterior es negativa en todos los tratamientos evaluados, siendo el caldo bordelés el que más se acerca al punto de equilibrio con -39.62%, el caldo sulfocalcico por ser el más barato en su fabricación pero los efectos en el rendimiento son más bajos con un -41.70%, seguido por el té de árbol con una rentabilidad de -59.21%, esto en virtud del alto costo de adquisición, al no aplicar producto alguno para el control de roya la pérdida es mayor, en este caso una rentabilidad para el testigo absoluto de -69.92%; debido a la baja productividad.

Cuadro 29. Resumen de variables de datos transformados en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.

Tratamientos	1	2	3.1	3.2	4	5
1	29.77	2.90	52.21	78.51	0.77	-39.62
2	41.71	4.53	39.85	46.59	0.76	-41.70
3	31.73	3.46	63.52	78.35	0.72	-59.21
4	51.92	6.77			0.66	-69.92

1. % de incidencia (sexto muestreo); 2. % de severidad (sexto muestreo); 3.1. % de eficacia para incidencia (sexto muestreo); 3.2. % de eficacia para severidad (sexto muestreo); 4. Rendimiento t/ha; 5. Rentabilidad.

En el cuadro anterior, se muestra un resumen de los promedios de los datos transformados de las variables analizadas del sexto muestreo, en el que se observa que los tratamientos caldo bordelés (T1) y Té de árbol (T3), muestran un efecto similar en el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), siendo en su efecto no significativo pero que la diferencia se arraiga en la rentabilidad del tratamiento tres por su alto costo de producción.

Al realizar aplicaciones consecutivas en varios periodos productivos se podría bajar la incidencia y severidad de la enfermedad e ir recuperando la vigorosidad de las plantas, mejorar la producción y por ende la rentabilidad, caso contrario al no aplicar producto para el control de roya la incidencia, la severidad será mayor y el efecto de ello la pérdida total de la planta será inminente.

En la región Huista, además de generar un beneficio económico, los agricultores cultivan sus áreas como cultivos o producciones de nostalgia, lejos de ser rentables cultivan por subsistencia, por tradición, fuentes de empleo en carencia de otra actividad económica viable.

## 8. CONCLUSIONES.

No se encontraron diferencias significativas entre los productos evaluados para el control de la incidencia de la enfermedad, pero se marca una tendencia favorable el tratamiento 3 (té de árbol) con relación al testigo; se rechaza la hipótesis alternativa 1.

Si se obtuvo un control en la severidad de la enfermedad, a partir de la tercera y cuarta aplicación de tratamientos evaluados, siendo la única diferencia entre productos aplicados y el testigo, mas sin embargo se rechaza la hipótesis alternativa dos, en virtud de que no se redujo la severidad inicial de la enfermedad.

Los tratamientos aplicados no redujeron la incidencia y severidad de la enfermedad pero no permitieron el incremento desmedido de la misma, esto en base al comportamiento de los tratamientos y el testigo absoluto.

Los productos evaluados demostraron eficacia para el control de roya del café siendo el té de árbol y el caldo bordelés los de mayor control tanto en incidencia como en la severidad de la enfermedad, el caldo sulfocalcico no supero el 50% de eficacia por lo que se acepta la hipótesis alterna tres.

El caldo bordelés, el caldo sulfocalcico y té de árbol, evaluados para el control de roya del café, en producción orgánica, en el municipio de Jacaltenango, 2015 no han presentado diferencia significativa en el rendimiento (t/ha) en el área en estudio por lo que se rechaza la hipótesis alternativa 4.

La rentabilidad ha sido negativa, siendo el caldo bordelés el que más se acerca al punto de equilibrio y el té de árbol el mayor costo ha presentado; el estudio reflejo que la aplicación de productos para el control de roya puede tener efectos en la rentabilidad ya que el testigo reporto una rentabilidad de -69.92 %.

## **9. RECOMENDACIONES**

Se recomienda la evaluación de productos como el caldo bordelés y te de árbol en la producción orgánica como fungicidas protectantes no de control ya que en el estudio no redujeron la incidencia y severidad pero si han demostrado eficacia para el control.

En virtud de los resultados obtenidos y del porcentaje inicial de la enfermedad (10 al 20%) se recomienda realizar aplicaciones antes del mes de mayo o con un porcentaje de incidencia menor al indicado.

Se recomienda la aplicación de tratamientos en varios periodos productivos (2 a 4 años) para recuperar el follaje y vigor de las plantas, esto con la finalidad de mejorar los niveles de producción e incrementar la rentabilidad, en plantaciones de café afectadas por la roya en años anteriores.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACODIHUE (2009). Manual de café orgánico. Huehuetenango, Guatemala. 79p.

Agrios, G.N. (2002). Fitopatología. 4da. Ed. Edit. Limusa. México. 819 pp.

ANACAFÉ (2006). Guía Técnica de Caficultura. Guatemala

ANACAFÉ (2012). Módulo de caficultura moderna, manejo de tejido y manejo de sombra. Guatemala.

ANACAFÉ (2013). Caficultura libre de roya; Revista el cafetal. 35ava. Ed. Guatemala.

Anzuetto, F. (2013). Variedades de café resistentes a la roya. Guatemala.

Cámara Procultivos, ANDI. (2015). Manual para elaboración de protocolos para ensayos de eficacia con PQUA. Bogotá, D.C. Colombia. 110 p.

Campos, G. (2013). Evaluación de cinco fungicidas de contacto para el control de roya del café. Finca “las nubes”, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. Guatemala

Campos, G.; Gento, J.; Santos, D.; Reyes, J. y Jacinto, R. (2013). Análisis sobre eficiencia de fungicidas contra roya del cafeto. San Jerónimo Miramar, Patulul, Suchitepéquez, Guatemala

Castillo, G. (2013). Roya anaranjada del cafeto (*Hemileia vastatrix*) su comportamiento en México. México D.F.

Dardón, B. (2013). Crean opciones orgánicas para combatir roya. Prensa libre, Guatemala. GT, Feb. 24: 8-9.

Félix, C. (2016). Manejo y control de roya del café en producción orgánica (entrevista). Guatemala. ACODIHUE.

Izurieta, F. (2008). Manual de agricultura orgánica “verdes gotas de vida”. Fundación para el desarrollo alternativo “FUNDAR”. Isla Santa Cruz. Ecuador 55p.

López, J. (2006). Estrategias para incrementar el nivel de producción en plantaciones de café. El cafetal. Pp 6-7

López, E. (2008). Diseño y análisis de experimentos. Guatemala.

Miranda, J. (2013). El impacto de la roya del café en el país. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación “MAGA”. Guatemala.

Monroig, M. (2012). Descripción Botánica del Cafeto. Homepage 24 (en línea) Consultado el 4 de ag. 2014. Disponible en

Nazareno, A. (2000). Productividade e qualidade. Lavras, Brasil, UFLA. 84 p.

Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, FAO (2011). FAO enseña a combatir plagas y enfermedades con sustancias naturales. FAO/Agro-noticias, homepage 3 (en línea). Santiago de Chile. Consultado 4 de sep. 2014 disponible en <http://www.rlc.fao.org/.../fao-ensena-a-combatir-plagas-y-enfermedades-con-s>

Orozco, M. (2015). Manejo agroecológico de la roya del café. In Memorias del seminario científico internacional. FAO. Panamá. p. 26-34.

Padilla, C. (2005). Manual de caficultora orgánica. Fundación para la Innovación Tecnológica Agropecuaria “FIAGRO”. El Salvador. 74p

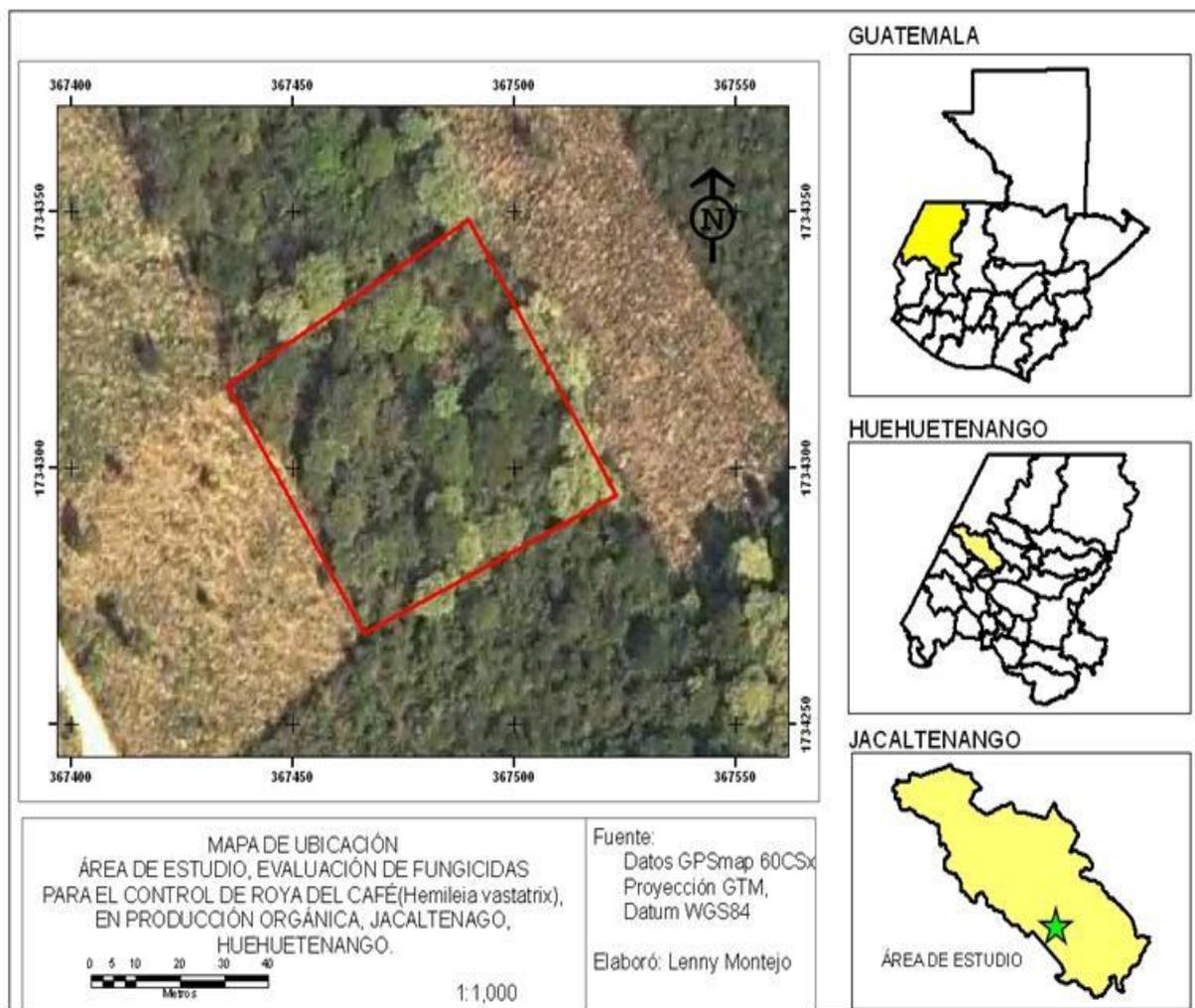
Peñate, L. (2012). Manejo integrado de la roya y el ojo de gallo. Guatemala

Ramírez, J. (1996). Estudios de sistemas de poda de café por hileras y por lotes. *Agronomía Costarricense* 20(2): 167-172

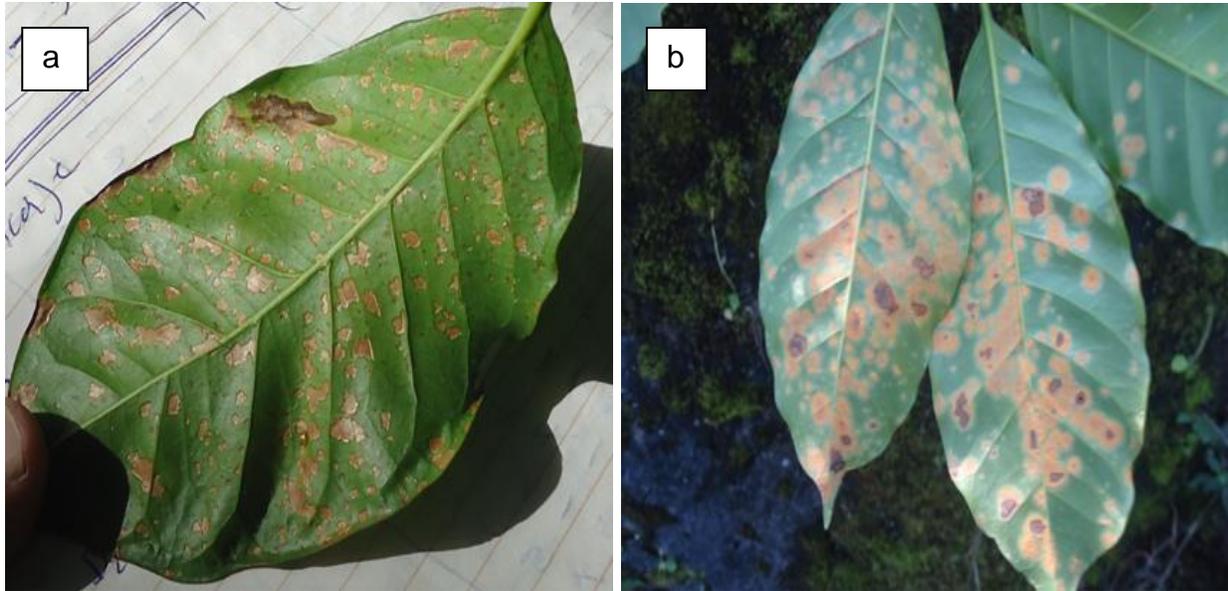
Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia "Segeplan". (2010). Plan de desarrollo Jacaltenango, Huehuetenango. Guatemala. 120 p.

Suquilanda, M. (2003). Agricultura orgánica alternativa tecnológica del futuro. Quito, Ecuador. 140 p

## 11. ANEXOS



Anexo 1. Mapa de ubicación del experimento evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.



Anexo 2. Efectos observados después de la aplicación por te de árbol y caldo sulfocalcico (a. después de la segunda aplicación, b. efecto observado en el quinto muestreo)



Anexo 3. Efecto provocado en el tercer muestro, por caldo bordelés



**Escala de severidad de roya (*Hemileia vastatrix*) en hojas de café: 0: sano;  
1: 1-5%; 2: 6-20%; 3: 21-50%; 4: >50%.**

Anexo 4. Escala grafica de los porcentajes para las categorías de severidad. (cámara procultivos ANDI, 2015)

Anexo 5. Datos de campo muestreo dos para el porcentaje de incidencia, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	3.13	1.25	1.88	1.88	8.14	2.03
2	1.25	1.88	1.88	1.88	6.89	1.72
3	0.63	2.5	0.63	1.88	5.64	1.41
4	3.75	6.25	2.5	1.88	14.38	3.59
Total	8.76	11.88	6.89	7.52	35.05	
Media	2.19	2.97	1.72	1.88		2.19

Anexo 6. Datos transformados ( $\arcseno(Y/100)^{1/2}$ ) muestreo dos para el porcentaje de incidencia, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	10.19	6.42	7.88	7.88	32.37	8.09
2	6.42	7.88	7.88	7.88	30.06	7.52
3	4.55	9.10	4.55	7.88	26.08	6.52
4	11.17	14.48	9.10	7.88	42.62	10.66
Total	32.33	37.87	29.41	31.52	131.14	
Media	8.08	9.47	7.35	7.88		8.19

Anexo 7. Datos de campo muestreo tres para el porcentaje de incidencia, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	0	0	5	4.38	9.38	2.34
2	1.25	5.63	8.13	6.25	21.26	5.31
3	1.25	0	0	1.25	2.5	0.62
4	8.75	10	8.13	8.13	35.01	8.75
Total	11.25	15.63	21.26	20.01	68.15	
Media	2.81	3.91	5.31	5.00		4.26

Anexo 8. Datos transformados ( $\arcseno(Y/100)^{1/2}$ ) muestreo tres para el porcentaje de incidencia, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	11.54	11.54	12.92	12.08	48.08	12.02
2	6.42	13.73	16.57	14.48	51.19	12.80
3	6.42	11.54	11.54	6.42	35.91	8.98
4	17.21	18.43	16.57	16.57	68.77	17.19
Total	41.58	55.23	57.59	49.54	203.95	
Media	10.40	13.81	14.40	12.39		12.75

Anexo 9. Datos de campo muestreo cuatro para el porcentaje de incidencia, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	1.88	12.5	12.5	6.25	33.13	8.28
2	1.88	13.75	8.13	7.5	31.26	7.81
3	1.88	11.88	17.5	1.88	33.14	8.28
4	13.13	21.25	17.38	11.88	63.64	15.91
Total	18.77	59.38	55.51	27.51	161.17	
Media	4.69	14.84	13.88	6.88		10.07

Anexo 10. Datos transformados ( $\arcseno(Y/100)^{1/2}$ ) muestreo cuatro para el porcentaje de incidencia, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	7.88	20.70	20.70	14.48	63.77	15.94
2	7.88	21.77	16.57	15.89	62.11	15.53
3	7.88	20.16	24.73	7.88	60.65	15.16
4	21.24	27.45	24.64	20.16	93.50	23.37
Total	44.89	90.08	86.64	58.41	280.02	
Media	11.22	22.52	21.66	14.60		17.50

Anexo 11. Datos de campo muestreo cinco para el porcentaje de incidencia, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	2.5	5.00	11.25	5.00	23.75	5.94
2	3.75	16.25	20.00	1.88	41.88	10.47
3	0.00	7.50	6.25	10.63	24.38	6.09
4	13.13	18.75	30.00	16.88	78.76	19.69
Total	19.38	47.50	67.50	34.39	168.77	
Media	4.84	11.87	16.87	8.59		10.54

Anexo 12. Datos transformados ( $\arcseno (Y/100)^{1/2}$ ) muestreo cinco para el porcentaje de incidencia, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	9.10	12.92	19.60	12.92	54.54	13.63
2	11.17	23.77	26.56	7.88	69.38	17.35
3	11.54	15.89	14.48	19.03	60.94	15.23
4	21.24	25.66	33.21	24.26	104.37	26.09
Total	53.04	78.25	93.85	64.09	289.23	
Media	13.26	19.56	23.46	16.02		18.08

Anexo 13. Datos de campo muestreo seis para el porcentaje de incidencia, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	28.75	22.5	30.63	17.5	99.38	24.84
2	36.25	66.75	60	16.88	179.88	44.97
3	17.5	48.13	16.88	31.25	113.76	28.44
4	45.00	81.25	46.25	72.5	245	61.25
Total	127.5	218.63	153.76	138.13	638.02	
Media	31.87	54.65	38.44	34.53		39.87

Anexo 14. Datos transformados ( $\arcseno (Y/100)^{1/2}$ ) muestreo seis para el porcentaje de incidencia, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	32.42	28.32	33.60	24.73	119.07	29.77
2	37.02	54.79	50.77	24.26	166.83	41.71
3	24.73	43.93	24.26	33.99	126.90	31.73
4	42.13	64.34	42.85	58.37	207.69	51.92
Total	136.30	191.37	151.48	141.35	620.50	
Media	34.076	47.843	37.870	35.337		38.781

Anexo 15. Datos de campo muestreo dos para el porcentaje de severidad, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	0.78	0.31	0.47	0.47	2.03	0.5075
2	0.31	0.78	0.47	0.47	2.03	0.5075
3	0.16	0.94	0.16	0.47	1.73	0.4325
4	1.25	1.88	0.94	0.47	4.54	1.135
Total	2.5	3.91	2.04	1.88	10.33	
Media	0.625	0.9775	0.51	0.47		0.6456

Anexo 16. Datos transformados ( $\sqrt{x+\frac{3}{8}}$ ) muestreo dos para el porcentaje de severidad, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	1.07	0.83	0.92	0.92	3.74	0.94
2	0.83	1.07	0.92	0.92	3.74	0.94
3	0.73	1.15	0.73	0.92	3.53	0.88
4	1.27	1.50	1.15	0.92	4.84	1.21
Total	3.91	4.55	3.72	3.68	15.85	
Media	0.98	1.14	0.93	0.92		0.99

Anexo 17. Datos de campo muestreo tres para el porcentaje de severidad, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	0	0	1.88	2.03	3.91	0.98
2	0.63	3.28	3.28	3.44	10.63	2.66
3	0.31	0	0	0.31	0.62	0.15
4	4.22	5	3.59	3.91	16.72	4.18
Total	5.16	8.28	8.75	9.69	31.88	
Media	1.29	2.07	2.18	2.42		1.99

Anexo 18. Datos transformados ( $\sqrt{x+\frac{3}{8}}$ ) muestreo tres para el porcentaje de severidad, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	0.61	0.61	1.50	1.55	4.28	1.07
2	1.00	1.91	1.91	1.95	6.78	1.69
3	0.83	0.61	0.61	0.83	2.88	0.72
4	2.14	2.32	1.99	2.07	8.52	2.13
Total	4.59	5.45	6.02	6.40	22.46	
Media	1.15	1.36	1.50	1.60		1.40

Anexo 19. Datos de campo muestreo cuatro para el porcentaje de severidad, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	0.78	5	5	2.81	13.59	3.39
2	0.78	5.94	3.28	3.44	13.44	3.36
3	0.78	3.91	6.88	0.78	12.35	3.08
4	8.59	11.41	7.34	7.03	34.37	8.59
Total	10.93	26.26	22.5	14.06	73.75	
media	2.73	6.56	5.62	3.51		4.61

Anexo 20. Datos transformados ( $\sqrt{x+\frac{3}{8}}$ ) muestreo cuatro para el porcentaje de severidad, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	1.07	2.32	2.32	1.78	7.50	1.87
2	1.07	2.51	1.91	1.95	7.45	1.86
3	1.07	2.07	2.69	1.07	6.91	1.73
4	2.99	3.43	2.78	2.72	11.93	2.98
Total	6.22	10.33	9.70	7.53	33.79	
media	1.55	2.58	2.43	1.88		2.11

Anexo 21. Datos de campo muestreo cinco para el porcentaje de severidad, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

Tratamientos	I	II	III	IV	Total	Media
1	0.63	1.88	3.91	2.19	8.61	2.15
2	2.19	7.34	10.31	0.47	20.31	5.07
3	0	2.81	3.44	3.59	9.84	2.46
4	8.13	11.09	21.25	10.31	50.78	12.69
Total	10.95	23.12	38.91	16.56	89.54	
Media	2.73	5.78	9.72	4.14		5.59

Anexo 22. Datos transformados ( $\sqrt{x+\frac{3}{8}}$ ) muestreo cinco para el porcentaje de severidad, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

Tratamientos	I	II	III	IV	Total	Media
1	1.00	1.50	2.07	1.60	6.18	1.54
2	1.60	2.78	3.27	0.92	8.57	2.14
3	0.61	1.78	1.95	1.99	6.34	1.59
4	2.92	3.39	4.65	3.27	14.22	3.56
Total	6.13	9.45	11.94	7.78	35.31	
Media	1.53	2.36	2.99	1.95		2.21

Anexo 23. Datos de campo muestreo seis para el porcentaje de severidad, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	9.84	8.91	8.91	5	32.66	8.165
2	22.66	34.84	24.38	5.47	87.35	21.84
3	8.13	19.53	7.34	13.28	48.28	12.07
4	30.63	66.25	40.78	47.5	185.16	46.29
Total	71.26	129.53	81.41	71.25	353.45	
Media	17.81	32.38	20.35	17.81		22.09

Anexo 24. Datos transformados ( $\sqrt{x+\frac{3}{8}}$ ) muestreo seis para el porcentaje de severidad, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
1	3.20	3.05	3.05	2.32	11.61	2.90
2	4.80	5.93	4.98	2.42	18.13	4.53
3	2.92	4.46	2.78	3.70	13.85	3.46
4	5.57	8.16	6.42	6.92	27.07	6.77
Total	16.48	21.61	17.22	15.35	70.65	
Media	4.12	5.40	4.30	3.84		4.42

Anexo 25. Datos de campo rendimiento t/ha, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

Tratamientos	I	II	III	IV	Total	Media
1	0.35	0.11	0.24	0.17	0.87	0.22
2	0.12	0.32	0.23	0.15	0.81	0.20
3	0.23	0.22	0.07	0.06	0.58	0.14
4	0.05	0.05	0.05	0.11	0.25	0.06
Total	0.74	0.70	0.58	0.48	2.52	
Media	0.19	0.18	0.15	0.12		0.16

Anexo 26. Datos transformados ( $\sqrt{x+3/8}$ ) rendimiento t/ha, en la evaluación de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.

Tratamientos	I	II	III	IV	Total	Media
1	0.85	0.70	0.78	0.74	3.07	0.77
2	0.70	0.84	0.78	0.72	3.04	0.76
3	0.78	0.77	0.67	0.66	2.88	0.72
4	0.65	0.65	0.65	0.69	2.65	0.66
Total	2.98	2.96	2.88	2.81	11.63	
Media	0.74	0.74	0.72	0.70		0.73

Anexo 27. Rentabilidad encontrada para el tratamiento uno caldo bordelés en la evaluación de fungicidas para el control de roya (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Concepto</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Cantidad / ha</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
I. Costos Directos				10459.08
1. Mano de obra				6500
Poda	Jornal	5	50	250
Deshije	Jornal	1	50	50
Limpias	Jornal	39	50	1950
Encajuelado	Jornal	25	50	1250
Fertilización Bocashi	Jornal	10	50	500
Fertilización Ácidos húmicos y Fulvicos	Jornal	5	50	250
Control Fitosanitario (aspersiones)	Jornal	6	50	300
Cosecha	Jornal	39	50	1950
2. Insumos				2419.08
Fertilizante bocashi	46 kg	100	15	1500
Ácidos húmicos y fulvicos	litros	3	55	165
Sulfato de Cobre	kg	8.64	60	518.4
Cal agrícola	kg	12.56	3	37.68
Adherente (regulador de PH)	litro	0.33	600	198
3. Equipo				360
Aspersor bomba de mochila 16 lits	unidad	1	250	250
Cubetas	unidad	2	15	30
Tijera podadora	unidad	1	30	30
Canastos para cosecha	unidad	2	25	50
4. otros gastos				1180
Arrendamiento de la tierra	Q./ha/año	1	600	600
Transporte	fletes	1	360	360
Análisis de suelo	análisis	1	220	220
II. Costos Indirectos				2522.95
Administración	Porcentaje	1	5%	522.954
Técnico	Salario	1	2000	2000
III. Costos totales				12982.03
IV. Ingresos				
Rendimiento (Pergamino)	46 kg	4.72	1300	6136
Leña	m3	22.7	75	1702.5
Total ingresos				7838.5
Rentabilidad				-39.6204

Anexo 28. Rentabilidad encontrada para el tratamiento dos caldo sulfocalsico en la evaluación de fungicidas para el control de roya (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Concepto</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Cantidad / ha</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
I. Costos Directos				10263
1. Mano de obra				6500
Poda	Jornal	5	50	250
Deshije	Jornal	1	50	50
Limpias	Jornal	39	50	1950
Encajuelado	Jornal	25	50	1250
Fertilización Bocashi	Jornal	10	50	500
Fertilización Ácidos húmicos y Fulvicos	Jornal	5	50	250
Control Fitosanitario (aspersiones)	Jornal	6	50	300
Cosecha	Jornal	39	50	1950
2. Insumos				2253
Fertilizante bocashi	46 kg	100	15	1500
Ácidos húmicos y fulvicos	litros	3	55	165
Caldo Sulfocalsico	litro	78	5	390
Adherente (regulador de PH)	litro	0.33	600	198
3. Equipo				330
Aspersor bomba de mochila 16 lits	unidad	1	250	250
Tijera podadora	unidad	1	30	30
Canastos para cosecha	unidad	2	25	50
4. otros gastos				1180
Arrendamiento de la tierra	Q./ha/año	1	600	600
Transporte	fletes	1	360	360
Análisis de suelo	análisis	1	220	220
II. Costos Indirectos				2513.15
Administración	Porcentaje	1	5%	513.15
Técnico	Salario	1	2000	2000
III. Costos totales				12776.15
IV. Ingresos				
Rendimiento (Pergamino)	46 kg	4.42	1300	5746
Leña	m3	22.7	75	1702.5
Total ingresos				7448.5
Rentabilidad		-41.70		

Anexo 29. Rentabilidad encontrada para el tratamiento tres te de árbol en la evaluación de fungicidas para el control de roya (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

<b>Concepto</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Cantidad / ha</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
I. Costos Directos				11633
1. Mano de obra				6500
Poda	Jornal	5	50	250
Deshije	Jornal	1	50	50
Limpias	Jornal	39	50	1950
Encajuelado	Jornal	25	50	1250
Fertilización Bocashi	Jornal	10	50	500
Fertilización Ácidos húmicos y Fulvicos	Jornal	5	50	250
Control Fitosanitario (aspersiones)	Jornal	6	50	300
Cosecha	Jornal	39	50	1950
2. Insumos				3623
Fertilizante bocashi	46 kg	100	15	1500
Ácidos húmicos y fulvicos	litros	3	55	165
Té de Árbol	litro	4	440	1760
Adherente (regulador de PH)	litro	0.33	600	198
3. Equipo				330
Aspersor bomba de mochila 16 lits	unidad	1	250	250
Tijera podadora	unidad	1	30	30
Canastos para cosecha	unidad	2	25	50
4. otros gastos				1180
Arrendamiento de la tierra	Q./ha/año	1	600	600
Transporte	fletes	1	360	360
Análisis de suelo	análisis	1	220	220
II. Costos Indirectos				2581.65
Administración	Porcentaje	1	5%	581.65
Técnico	Salario	1	2000	2000
III. Costos totales				14214.65
IV. Ingresos				
Rendimiento (Pergamino)	46 kg	3.15	1300	4095
Leña	m3	22.7	75	1702.5
Total ingresos				5797.5
Rentabilidad		-59.21		

Anexo 30. Rentabilidad encontrada para el tratamiento testigo absoluto, en la evaluación de fungicidas para el control de roya (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica, en Jacaltenango, Huehuetenango, 2015.

<b>Concepto</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Cantidad / ha</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
I. Costos Directos				9125
1. Mano de obra				6200
Poda	Jornal	5	50	250
Deshije	Jornal	1	50	50
Limpias	Jornal	39	50	1950
Encajuelado	Jornal	25	50	1250
Fertilización Bocashi	Jornal	10	50	500
Fertilización Ácidos húmicos y Fulvicos	Jornal	5	50	250
Cosecha	Jornal	39	50	1950
2. Insumos				1665
Fertilizante bocashi	46 kg	100	15	1500
Ácidos húmicos y fulvicos	litros	3	55	165
3. Equipo				80
Tijera podadora	unidad	1	30	30
Canastos para cosecha	unidad	2	25	50
4. otros gastos				1180
Arrendamiento de la tierra	Q./ha/año	1	600	600
Transporte	fletes	1	360	360
Análisis de suelo	análisis	1	220	220
II. Costos Indirectos				2456.25
Administración	Porcentaje	1	5%	456.25
Técnico	Salario	1	2000	2000
III. Costos totales				11581.25
IV. Ingresos				
Rendimiento (Pergamino)	46 kg	1.37	1300	1781
Leña	m3	22.7	75	1702.5
Total ingresos				3483.5
Rentabilidad		-69.92		

Anexo 31. Ejemplo numérico del cálculo de severidad determinado con la formula Townsend-Heuberger

Escala (V)	Infestación %	n
0	0	2
1	0.1 – 3	1
2	4 – 9	1
3	10 – 22	1
4	23 – 48	1
5	49 – 100	24
N		30

Porcentaje de infestación =  $\Sigma(n*v/N*V)*100$

$$\% \text{ de infestación} = \frac{(2*0+1*1+1*2+1*3+1*4+24*5)}{5*30} * 100 = \frac{(130)}{150} * 100 = 86.7\%$$

Anexo 32. Ejemplo numérico del cálculo de eficacia de control determinado con la formula Henderson-Tilton (%) para poblaciones heterogenias.

Variable medida	Tratamiento ensayo	Tratamiento testigo
Infestacion antes de tratamiento	Ta = 300	Ca = 500
Infestacion después de tratamiento	Td = 30	Cd = 600
% mortalidad parcelas tratada 300- 30 = 270 270/300=90%	Pt= 90 %	
% Cambio poblacional en testigo 600- 500= 100 100/500= 20%		Pck = +20%

Porcentaje de eficacia =  $[1-(Ca/Ta)*(Td/Cd)]*100$

$$\% \text{ de eficacia} = (1(500/600)*(30/300))*100 = 91.67 \%$$

Anexo 33. Fechas de muestreos y aplicación de tratamientos en la evaluación de fungicidas para el control de roya (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, 2015

1er. muestreo	2o. muestreo	3er. muestreo	4o. muestreo	5o. muestreo	6o. muestreo
1a. aplicación	2a. aplicación	3a. aplicación	4a. aplicación		
17/05/2015	16/06/2015	16/07/2015	16/08/2015	15/09/2015	26/10/2015