

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
CARRERA DE AGRONOMIA TROPICAL**

TRABAJO DE GRADUACION



Evaluación de tres programas de fungicidas y dos programas de fertilización para el control de *Hemilieia vastatrix* en finca Helvetia, El Palmar, Quetzaltenango

Trabajo de graduación presentado al Honorable Consejo Directivo del Centro Universitario de Sur Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala

**Previo a conferirse el título de:
INGENIERO AGRÓNOMO
En el grado académico de Licenciado**

**EDWIN LAWRENSE MADRIGALES ROJAS
CARNÉ: 9030650**

ASESOR Y REVISOR
Ing. Agr. Martín Salvador Sánchez

Mazatenango. Noviembre de 2013

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE**

Autoridades

Dr. Carlos Estuardo Gálvez Barrios	Rector
Dr. Carlos Guillermo Alvarado Escobar	Secretario General

Miembros del Consejo Directivo del CUNSUROC

Lic. José Alberto Chuga Escobar	Presidente
---------------------------------	------------

Representantes Docentes

Dra. Alba Ruth Maldonado de León	Secretaria
Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril	Vocal

Representantes graduados del CUNSUROC

Licda. Mildred Griselda Hidalgo Mazariegos	Vocal
--	-------

Representantes estudiantiles

Br. Cristian Ernesto Castillo Sandoval	Vocal
P.E.M. Carlos Enrique Jalel de los Santos	Vocal

AUTORIDADES DE COORDINACIÓN ACADÉMICA

Coordinador Académico

Dr. Luis Gregorio San Juan Estrada

Coordinador Carrera de Administración de Empresas

Msc. Rafael Armando Fonseca Ralda

Coordinador de Trabajo Social

Dr. Ralfi Obdulio Pappa Santos

Coordinador de carreras de Pedagogía

Msc. Nery Edgar Saquimux Canastuj

Coordinadora Carrera de Ingeniería en Alimentos

Msc- Gladys Floriselda Calderón Castilla

Coordinador Carrera de Agronomía Trópic

Msc. Erick Alexander España Miranda

Encargado de Gestión Ambiental Local

Msc. Celso Gonzáles Morales

Encargado Carrera de Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y Notario

Lic. Henry Estuardo Ayala Dardón

**Encargada Carrera de Técnico Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la
Comunicación**

Llcda. Paola Marisol Rabanales

Encargado de Pedagogía Plan Sábado

Lic. Antonio Gamboa Gutiérrez

Coordinador Área Social Humanística

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

DEDICATORIA

A JEHOVA DIOS

Por ser la fuente de toda sabiduría y guiarme e iluminarme en todo el tiempo, logrando culminar una parte muy importante de mi formación profesional

A MIS PADRES

Victor Madrigales

Martha del Rosario Rojas

Por ser el apoyo más grande e importante durante toda mi vida estudiantil. Este logro sea una muestra de agradecimiento por contar siempre con ustedes.

A MIS HERMANOS:

Dr. Marvin Antonio Madrigales Rojas

Dra. Lorena Candelaria Madrigales Rojas

Gracias por estar siempre apoyándome en todo el transcurso de la carrera. El empuje de ustedes fue esencial para la obtención de éste logro.

A MI ESPOSA E HIJOS

Por ser el motivo de superación en la vida.

A MIS AMIGOS:

Por todo el tiempo compartido y el apoyo incondicional en todos los momentos que hemos compartido.

AGRADECIMIENTOS

AL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE

Por ser la entidad educativa en donde obtuve mi formación profesional.

A MI ASESOR;

Ing. Agr. Martín Salvador Sánchez Cruz

Muchas gracias Ingeniero por compartir sus conocimientos y brindarme el apoyo necesario para alcanzar ésta meta.

AL ING. AGRÓNOMO HÉCTOR GRAMAJO

Por ser uno de los pilares donde se fundamenta éste logro. Muchas gracias por la motivación y toda la ayuda brindada para el desarrollo final de ésta etapa, su ayuda y consejos fueron vitales.

A LOS DOCENTES DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA TROPICAL

Por compartir sus valiosos conocimientos en el trayecto de la carrera.

AL ING. AGRÓNOMO JORGE RUBÉN SOSOF VASQUEZ

Muchas gracias por toda la ayuda y colaboración recibida en esta etapa y desde que comenzamos la carrera de Agronomía.

AL DR. MYNOR OTZOY ROSALES

Por la amistad y motivación recibida en todo el trayecto de la carrera. Fueron muy provechosos sus consejos y recomendaciones.

Índice General

	Página
I Introducción.	1
II Planteamiento del Problema.	2
III Justificación.	3
IV Marco Teórico.	4
4.1 Marco Conceptual.	4
1.1 El cultivo de <i>C. arabica</i>	4
1.2 Clasificación taxonómica de <i>Hemileia vastatrix</i>	5
1.3 Patogénesis.	6
1.4 Sintomatología.	6
1.5 Historia de <i>H. vastatrix</i>	8
1.6 Técnicas de combate contra <i>H. vastatrix</i>	9
1.7 Ciclo del <i>H. vastatrix</i> para su control.	9
1.8 Épocas de control de <i>H. vastatrix</i> en el Sur-occidente de Guatemala	12
1.9 Control químico de <i>H. vastatrix</i>	13
1.10 Tipos de fungicidas.	14
1.11 Modo de acción de los fungicidas.	15
1.12 Inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (IBE).	15
1.13 Tecnología de aplicación.	16

1.14 Fertilizaciones en las plantaciones de <i>C. arabica</i>	16
1.15 Requerimientos Nutricionales de <i>C. arabica</i>	17
1.16 Densidad de siembra.	18
1.17 Formas de Aplicación.	18
1.18 Nutrimientos Recomendados (Dosis, Tiempo y Cantidad de Aplicación).	22
4.2 Marco Referencial.	24
2.1 Localización y descripción del área de estudio.	24
2.2 Ubicación Geográfica.	24
2.3 Ubicación del municipio de El Palmar y de finca Helvetia.	25
2.4 Zona De Vida.	26
2.5 Suelo.	26
2.6 Precipitación.	27
V Objetivos.	28
VI Hipótesis.	29
VII Materiales y Métodos.	31
1. Material vegetativo.	31
2. Productos utilizados conformación de programas fitosanitarios	31

2.1 Conformación de programas de fungicidas.	33
2.2 Conformación de programas nutricionales.	33
2.3 Factores a estudiar.	35
2.4 Tratamientos.	36
2.5 Diseño experimental.	37
2.6 Modelo estadístico.	37
2.7 Unidad experimental.	38
2.8 Croquis de campo.	39
2.9 Manejo del experimento.	40
2.10 Variables respuestas.	40
2.11 Análisis de la información.	40
2.12 Determinación de incidencia.	40
2.13 Colecta de muestras.	41
2.14 Recursos utilizados.	41
2.15 Determinación de Severidad.	41
2.16 Manejo Agronómico en el experimento.	42
2.17 <i>Control de malezas.</i>	42
2.18 Análisis Económico.	42

VIII Presentación y Discusión de resultados.	44
1.1 Determinación de incidencia y severidad	44
1.2 Incidencia de <i>H. vastatrix</i> en el área de estudio.	44
1.3 Análisis De Covarianza para la incidencia.	46
1.4 Prueba de Tukey.	47
1.5 Severidad de <i>H. Vastatrix</i> en el área de estudio.	48
1.6 Prueba de Tukey Severidad.	51
1.7 Análisis de Varianza de producción por planta.	51
1.8 Pruebas de Tukey Producción.	52
1.9 Costo de aplicación.	53
1.10 Análisis de Relación Costo/Beneficio	55
IX Conclusiones.	59
X Recomendaciones.	61
XI Bibliografía.	62
IX Anexos.	65

Índice de Cuadros

Contenido	Página
1. Clasificación taxonómica del café	5
2. Clasificación taxonómica de <i>H. vastatrix</i>	6
3. Productos y dosis para controlar <i>H. vastatrix</i>	11
4. Regiones y épocas de aplicación de fungicidas.	13
5. Plan de fertilizaciones en plantaciones de café.	18
6. Plan de fertilizaciones alternativo	18
7. Plan único de fertilización.	18
8. Aplicación de fertilizantes en plantación adulta	19
9. Cantidad de nutrientes que retira del suelo <i>C. arabica</i>	20
10. Requerimientos nutricionales para una planta de 3 años kg/Mz . . .	20
11 Nivel adecuado de nutrimentos foliares	21
12. Eficiencia de nutrientes en suelos de países centroamericanos . . .	24
13. Productos utilizados en el experimento para la conformación de programas de control de <i>H. vastatrix</i>	31
14. Programas fitosanitarios para el control <i>H. vastatrix</i>	32
15 Productos utilizados como fuente de elementos nutricionales	33
16. Programas de fertilización.	34
17. Niveles del factor A (programas fitosanitarios) evaluados	35
18 Niveles del factor B (programas nutricionales evaluados	36

19	Número de tratamientos a evaluar	36
20.	Tratamientos a evaluar en la investigación	36
21.	Comportamiento de la incidencia de <i>H. vastatrix</i> en el área de estudio..	45
22.	Análisis de covarianza para la incidencia	46
23	Prueba de Tukey Factor A para la incidencia	47
24.	Prueba de Tukey factor B para la incidencia	48
25.	Severidad de <i>H. vastatrix</i> en el área de investigación.	49
26.	Covarianza para la severidad	50
27.	Prueba de Tukey para severidad	51
28.	Análisis de varianza para la producción	51
29.	Prueba de Tukey para la producción Factor A.	52
30.	Prueba de Tukey para la producción Factor B	52
31.	Dosis y productos usados	53
32.	Costo de aplicación por cada fungicida.	54
33.	Dosis y costo de fertilizantes por Mz.	54
34.	Presupuesto de café en producción en Finca Helvetia – 2013	55
35.	Producción en kg/Hc por tratamiento e ingreso bruto obtenido en cada uno de ellos	56
35.	Relación costo/beneficio de los 12 tratamientos evaluados en la investigación.	57

Índice de figuras

	Página
1. Ciclo de desarrollo del <i>H. vastatrix</i>	10
2. Localización del departamento de Quetzaltenango.	26
3. Ubicación de finca Helvetia.	27
4. Dimensiones de las unidades experimentales.	38
5. Dimensiones generales del área experimental.	39
6. Distribución y aleatorización de tratamientos.	39
7. Tabla de severidad por roya en el café.	42
8. Reducción de Incidencia.	46
9. Reducción de Severidad.	49

ABSTRACT

The research that is presented below, was performed on Helvetia property, located on El Palmar, Quetzaltenango, in an area dedicated almost exclusively to growing of *C. arabica*; taking into account the importance of generating information enough for availability of the property itself and farmers who are in the same geographic area and that currently are being attacked too by *H. Vastatrix*, having reduced their production on 40% of all established plantation.

All treatments that were evaluated, consisted on application of Triazoles which are inhibitors of ergosterol, alternated with applications of Carbendazin which is an inhibitor of germ tube of the fungus in different concentrations. Next to these fungicides nitrogen fertilizers and two complete fertilizers (sodium, phosphorus and potassium) were applied; in order to help the recovery of the plant.

We reviewed: incidence, severity, and production of the plant before and after the implementation of the fungicides plans with fertilization programs, in addition to perform a relationship of the cost/benefit of each treatment to determine which is the most effective for the disease control and at the same time the most economical to apply, taking into account the increase in production.

Triazole-Carbendazin-Triazole treatment without application of any fertilizer was the one with better outcome, because it controlled more effectively the incidence and the severity of the disease; at the lowest cost of application. In addition to this treatment was obtained the higher margin percentage of production, reaching a 35.57% of profit to the calculation of the cost/benefit ratio.

Based on results obtained in this research is recommended to have established programs of diseases control in plantations to prevent higher levels of infestation that make difficult the control of the diseases, along with fertilization programs that help plants to be nutritionally balanced and more resistant to insects or any pathogens attack. It is better to apply preventive programs of disease control than curative programs for an infested area.

RESUMEN

La investigación que a continuación se presenta, tuvo como lugar de ejecución la finca Helvetia, ubicada en el municipio de El Palmar, Quetzaltenango, en un área dedicada casi en exclusividad al cultivo de *C. arabica*; tomando en cuenta la importancia de generar información para disponibilidad de la finca propiamente y de los agricultores que están en la misma área geográfica y que en la actualidad están siendo atacados *H. Vastatrix*, habiendo reducido su producción hasta un 40% de la totalidad de plantación establecida.

Todos los tratamientos que fueron evaluados estuvieron conformados por aplicaciones de Triazoles que son inhibidores del ergosterol, alternados con aplicaciones de Carbendazin que es un inhibidor del tubo germinativo del hongo en diferentes concentraciones. Junto a estos fungicidas se aplicaron fertiizantes nitrogenados y dos fertiizantes completos (N, P y K); con el fin de ayudar a la recuperación de la planta.

Las variables evaluadas fueron: incidencia, severidad y producción por planta antes y después de la aplicación de los planes de fungicidas junto a programas de fertilización, además de haber realizado una relación del costo/beneficio de cada tratamiento para determinar cual es el más efectivo para el control de la enfermedad y a la vez el más económico de aplicar, tomando en cuenta el incremento de la producción.

El tratamiento Triazol-Carbendazin-Triazol sin aplicación de ningún fertilizante fue el que mejor resultado tuvo en forma general porque controló de una manera más efectiva la incidencia y la severidad de la enfermedad en la plantación; al menor costo de aplicación. Además con éste tratamiento se obtuvo el mayor margen de porcentaje de producción, alcanzándose un 35.57% de ganancia al realizar el cálculo de la relación costo/beneficio.

En base a los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda tener establecidos programas de control de enfermedades en las plantaciones para evitar llegar a niveles de infestación donde hacen más difícil el control, junto con programas de fertilización que ayuden a las plantas a estar balanceadas nutricionalmente y ser más resistentes al ataque de cualquier patógeno o insecto. Es mejor aplicar programas preventivos de control y no esperar que la plantación sea infestada y poner en marcha programas curativos.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
II. MARCO TEÓRICO	¡Error! Marcador no definido.
Marco Conceptual	¡Error! Marcador no definido.
1.1. Producción agrícola en el hogar.....	¡Error! Marcador no definido.
1.2. Ventajas	¡Error! Marcador no definido.
1.3. Dimensiones	¡Error! Marcador no definido.
1.4. Hortalizas recomendadas para siembra.....	¡Error! Marcador no definido.
1.5. Época de siembra	¡Error! Marcador no definido.
1.6. Forma de siembra	¡Error! Marcador no definido.
1.7. Cultivo de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	¡Error! Marcador no definido.
1.8. Cultivo de <i>S. lycopersicum</i> L.	¡Error! Marcador no definido.
1.9. Fertilización.....	¡Error! Marcador no definido.
1.10. Rendimiento.....	¡Error! Marcador no definido.
2. Marco Referencial.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1. Localización	¡Error! Marcador no definido.
2.2. Extensión territorial y colindancias	¡Error! Marcador no definido.
2.3. División del municipio por centros poblados	¡Error! Marcador no definido.
Descripción ecológica	¡Error! Marcador no definido.
2.4. Zonas de vida (flora y fauna).....	¡Error! Marcador no definido.
2.5. Clima	¡Error! Marcador no definido.
Suelo.....	¡Error! Marcador no definido.
2.6. Taxonomía	¡Error! Marcador no definido.
2.7. Serie de suelos	¡Error! Marcador no definido.

2.8. Capacidad de uso de la tierra (Metodología INAB)	¡Error! Marcador no definido.
2.9. Uso de la tierra	¡Error! Marcador no definido.
3. Demografía	¡Error! Marcador no definido.
3.1. Cantidad de habitantes	¡Error! Marcador no definido.
3.2. Población urbana y rural	¡Error! Marcador no definido.
3.3. Distribución de la población por edades.....	¡Error! Marcador no definido.
3.4. Niveles de escolaridad	¡Error! Marcador no definido.
3.5. Niveles de alfabetismo	¡Error! Marcador no definido.
3.6. Infraestructura de agua potable	¡Error! Marcador no definido.
3.7. Vivienda	¡Error! Marcador no definido.
3.8. Energía eléctrica	¡Error! Marcador no definido.
3.9. Servicio sanitario.....	¡Error! Marcador no definido.
3.10. Servicio telefónico.....	¡Error! Marcador no definido.
3.11. Salud.....	¡Error! Marcador no definido.
3.12. Agroecosistemas	¡Error! Marcador no definido.
III. OBJETIVOS.....	¡Error! Marcador no definido.
IV. HIPÓTESIS.....	¡Error! Marcador no definido.
V. MATERIALES Y MÉTODOS	¡Error! Marcador no definido.
1. Material y equipo	¡Error! Marcador no definido.
2. Metodología para determinar el área de cultivo necesaria	¡Error! Marcador no definido.
2.1. Consumo familiar	¡Error! Marcador no definido.
3. Metodología para evaluar el rendimiento de los cultivos	¡Error! Marcador no definido.
3.1. Descripción de la estructura.....	¡Error! Marcador no definido.

- 3.2. Descripción de los tratamientos ¡Error! Marcador no definido.
- 3.3. Análisis estadísticos ¡Error! Marcador no definido.
- 3.4. Establecimiento y manejo de los experimentos ¡Error! Marcador no definido.
- 3.5. Variables medidas..... ¡Error! Marcador no definido.
- 3.6. Toma de datos ¡Error! Marcador no definido.
- 3.7. Temperatura..... ¡Error! Marcador no definido.
- 3.8. Análisis estadístico..... ¡Error! Marcador no definido.
- 4. Metodología para estimar el aporte económico de los cultivos.... ¡Error! Marcador no definido.
 - 4.1. Aporte económico neto ¡Error! Marcador no definido.
- 5. Metodología para analizar la viabilidad económica de los cultivos ¡Error! Marcador no definido.
 - 5.1. Periodo de recuperación de la inversión ¡Error! Marcador no definido.
- VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ¡Error! Marcador no definido.
 - 1. Resultados y discusión para determinar el área de cultivo necesaria ¡Error! Marcador no definido.
 - 1.1. Consumo mensual de *P. vulgaris*..... ¡Error! Marcador no definido.
 - 1.2. Consumo mensual de *S. lycopersicum* ¡Error! Marcador no definido.
 - 2. Resultados y discusión para la evaluación del rendimiento.... ¡Error! Marcador no definido.
 - 2.1. Prueba de medias de *P. vulgaris* ¡Error! Marcador no definido.
 - 2.2. Prueba de medias de *S. lycopersicum*..... ¡Error! Marcador no definido.
 - 3. Resultados y discusión para determinar el aporte económico ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.1. Aporte económico neto de *P. vulgaris*..... ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2. Aporte económico neto de *S. lycopersicum* ¡Error! Marcador no definido.

4. Resultados y discusión para analizar la viabilidad económica **¡Error! Marcador no definido.**

4.1. Viabilidad económica del cultivo en macetas colgantes... **¡Error! Marcador no definido.**

VII. CONCLUSIONES **¡Error! Marcador no definido.**

VIII. RECOMENDACIONES..... **¡Error! Marcador no definido.**

IX. BIBLIOGRAFÍA..... **¡Error! Marcador no definido.**

X. ANEXOS **¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Contenido	Página
1.	Profundidad de siembra (tres veces el tamaño de la semilla).	¡Error! Marcador no definido.
2.	Mapa de división administrativa del departamento de Escuintla. .	¡Error! Marcador no definido.
3.	Mapa de centros poblados de Escuintla.	¡Error! Marcador no definido.
4.	Mapa de zonas de vida del municipio de Nueva Concepción.....	¡Error! Marcador no definido.
5.	Mapa de precipitación promedio del municipio de Nueva Concepción.....	¡Error! Marcador no definido.
6.	Mapa de temperatura promedio del municipio de Nueva Concepción.	¡Error! Marcador no definido.
7.	Mapa de taxonomía de suelos del municipio de Nueva Concepción. ¡Error! Marcador no definido.	
8.	Mapa de serie de suelos por la clasificación de Simmons.....	¡Error! Marcador no definido.
9.	Mapa de capacidad de uso de la tierra.....	¡Error! Marcador no definido.
10.	Mapa de uso de la tierra del municipio de Nueva Concepción. ...	¡Error! Marcador no definido.
11.	Distribución de la población en el municipio.	¡Error! Marcador no definido.

12. Distribución de la población por origen étnico. **¡Error! Marcador no definido.**
13. Distribución de la población por edades. **¡Error! Marcador no definido.**
14. Porcentaje de niveles de escolaridad **¡Error! Marcador no definido.**
15. Alfabetismo en la población de la Nueva Concepción. **¡Error! Marcador no definido.**
- 16: Material del que están construidas las viviendas. **¡Error! Marcador no definido.**
17. Distribución de la producción agrícola **¡Error! Marcador no definido.**
18. Área de producción de cultivos..... **¡Error! Marcador no definido.**
19. Producción de cultivos..... **¡Error! Marcador no definido.**
- 20: Altura y forma de la estructura..... **¡Error! Marcador no definido.**
- 21: Colocación de canasta a la bolsa llena con suelo. **¡Error! Marcador no definido.**
- 22: Colocación de postes de la estructura..... **¡Error! Marcador no definido.**
- 23: Colocación de vigas, plana, tornillos, roldanas, tuercas y alambre de amarre. **¡Error! Marcador no definido.**
- 24: Llenado de bolsa para las macetas. **¡Error! Marcador no definido.**
- 25: Colocación de tutores en el cultivo de *S. lycopersicum*. **¡Error! Marcador no definido.**
- 26: Trazado y volteo de la parcela en el suelo. **¡Error! Marcador no definido.**
- 27: Cercado de la parcela en el suelo. **¡Error! Marcador no definido.**
- 28: Temperatura atmosférica (°C) durante todo el ciclo de producción. **¡Error! Marcador no definido.**
- 29: Diámetro de los tratamientos y repeticiones en función del tiempo. **¡Error! Marcador no definido.**
- 30: Crecimiento del tallo en función del tiempo. **¡Error! Marcador no definido.**
- 31: Cantidad de granos por vaina de *P. vulgaris*. **¡Error! Marcador no definido.**
- 32: Peso de grano en promedio por repetición..... **¡Error! Marcador no definido.**
- 33: Producción por planta de *P. vulgaris*. **¡Error! Marcador no definido.**

34: Diámetro del tallo.....	¡Error! Marcador no definido.
35: Altura de <i>S. lycopersicum</i> en promedio de ambos tratamientos. ¡Error! Marcador no definido.	
36: Cantidad de frutos por planta.	¡Error! Marcador no definido.
37: Peso de fruto por planta en promedio.....	¡Error! Marcador no definido.
38: Rendimiento por planta.....	¡Error! Marcador no definido.
39: Ubicación de la aldea Canoguitas.	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Contenido	Página
1.	Valor nutricional de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.....	¡Error! Marcador no definido.
2.	Valor nutricional de <i>S. lycopersicum</i> L.....	¡Error! Marcador no definido.
3.	Requerimiento nutricional de <i>S. lycopersicum</i> L.....	¡Error! Marcador no definido.
4.	Categoría de centros poblados.....	¡Error! Marcador no definido.
5.	Categorías de centros poblados con su respectivo nombre	¡Error! Marcador no definido.
6.	Caseríos de Nueva Concepción.	¡Error! Marcador no definido.
7.	Haciendas en Nueva Concepción.....	¡Error! Marcador no definido.

8. Fincas de Nueva Concepción..... **¡Error! Marcador no definido.**
9. Zonas de vida del municipio de Nueva Concepción. **¡Error! Marcador no definido.**
10. Distribución de órdenes de suelos..... **¡Error! Marcador no definido.**
11. Series de suelos con sus respectivas características. **¡Error! Marcador no definido.**
12. Categorías de capacidad de uso de la tierra **¡Error! Marcador no definido.**
13. Distribución de usos de la tierra en el municipio..... **¡Error! Marcador no definido.**
14. Distribución de habitantes por categoría de centro poblado..... **¡Error! Marcador no definido.**
15. Distribución de la población por origen étnico **¡Error! Marcador no definido.**
16. Distribución de la población por edades. **¡Error! Marcador no definido.**
17. Niveles de escolaridad de la población por categoría de centro poblado **¡Error! Marcador no definido.**
18. Niveles de alfabetismo por categoría..... **¡Error! Marcador no definido.**
19. Experimentos y distanciamientos **¡Error! Marcador no definido.**
20. Número de plantas por unidad experimental **¡Error! Marcador no definido.**
21. Pesticidas utilizados en el cultivo de *P. vulgaris*. **¡Error! Marcador no definido.**
22. Pesticidas utilizados en el cultivo de *S. lycopersicum*. **¡Error! Marcador no definido.**
23. Fertilizantes, dosis y época de aplicación..... **¡Error! Marcador no definido.**
24. Temperatura del suelo de los tratamientos..... **¡Error! Marcador no definido.**
25. Prueba de medias “Student” de la variable vainas por planta. ... **¡Error! Marcador no definido.**
26. Prueba de medias de “Student” de la variable granos por vaina. **¡Error! Marcador no definido.**
27. Prueba de medias de “Student” de la variable peso de grano. ... **¡Error! Marcador no definido.**
28. Prueba de medias de “Student” de la Producción por planta *P. vulgaris*. **¡Error! Marcador no definido.**

29. Producción total por planta. **¡Error! Marcador no definido.**
30. Prueba de medias de la variable frutos por planta. **¡Error! Marcador no definido.**
31. Prueba de medias de “Student” del peso de frutos. ... **¡Error! Marcador no definido.**
32. Prueba de medias de “Student” de la producción por planta. **¡Error! Marcador no definido.**
33. Medias de tratamientos en producción por planta. **¡Error! Marcador no definido.**
34. Costo de la estructura con macetas colgantes. **¡Error! Marcador no definido.**
35. Costo de producción para 55 plantas de *S. lycopersicum*. **¡Error! Marcador no definido.**
36. Balance del costo de producción y aporte económico. **¡Error! Marcador no definido.**
37. Periodo de recuperación de la inversión. **¡Error! Marcador no definido.**
38. Consumo y precio de compra de *P. vulgaris* para cada familia. . **¡Error! Marcador no definido.**
39. Consumo y precio de compra de *S. lycopersicum* para cada familia. **¡Error! Marcador no definido.**
40. Datos altura y diámetro de para el tratamiento en macetas. **¡Error! Marcador no definido.**
41. Datos de altura y diámetro para el tratamiento al suelo. **¡Error! Marcador no definido.**
42. Datos de vainas, granos por planta, granos por vaina, producción por planta. **¡Error! Marcador no definido.**

I INTRODUCCIÓN.

Hemileia vastatrix o “roya del café”, actualmente es la enfermedad de mayor importancia en la caficultura nacional. ANACAFE (2013), reporta pérdidas reales de 2.5 millones de sacos en pergamino para la cosecha 2012-2013,. Desde finales de la década de 1970 a 1980, cuando ingresó al país por primera vez hasta la fecha, *H. vastatrix* se había mantenido bajo niveles tolerables y no tenía mayor importancia sobre la cosecha, pero en el presente año cafetalero se ha comenzado a detectar una epifita en áreas que anteriormente estaban libres de la enfermedad.

Finca Helvetia, que es el lugar donde se realizó la investigación; está ubicada en la parte sur del municipio de El Palmar, Quetzaltenango en una zona conocida como “Palajunoj” la cual es un área geográfica que casi exclusivamente está cultivada con *C. arábica* en donde por factores económicos causados por la baja de los precios del producto final, no se ha aplicado ningún programa de fertilización para recuperar las plantaciones de *C. arábica*. Se plantea la aplicación de programas de control químico integrados a programas de fertilización para el control de *H. vastatrix* e incrementar los rendimientos.

En la presente investigación se pretendió controlar *H. vastatrix* por medio de la aplicación alternada de fungicidas para evitar la generación de resistencia del hongo. De manera paralela se implementara el uso de dos programas diferentes de fertilización para ayudar a que la planta no solo se recupere sino que pueda tener alguna producción en el presente año cafetalero. De hecho al lograr una recuperación plena de la planta se logrará para el próximo ciclo de producción, que la cosecha se vea incrementada.

Al concluir la investigación se realizó una comparación de relación de costo/beneficio de fungicidas y fertilizantes para recomendar los productos con los que mejor resultados se obtuvieron a través de la producción de las plantas donde se realizó la investigación.

II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La *H. vastatrix* es una enfermedad foliar muy seria en el cultivo del café, provoca la caída prematura del follaje; la planta no alcanza a cumplir con la demanda de carbohidratos, absorbiendo las reservas de las raíces y de los brotes, resultando en la muerte de las raíces leñosas que contienen las raicillas absorbentes (Barquero, 1982)

Actualmente, finca Helvetia reporta niveles de incidencia de *H. vastatrix* de un 30% y una severidad del 5% lo cual ha sido el factor principal para que la producción se haya reducido hasta en un 40% del total cosechado comparado a años anteriores (Gramajo,2013). Las plantaciones de la finca Helvetia son más susceptibles a ser atacadas por patógenos porque no ha sido posible poner en práctica planes de fertilización que ayuden a que las plantas presenten un balance nutricional y sean más resistentes al ataque de plagas y enfermedades.(Rivera, 1994).

La Asociación Nacional del Café (2013) propone para el control de *H. vastatrix* la aplicación de una serie de fungicidas en función de la incidencia de la enfermedad. La mayoría de los programas de control de ANACAFE están basados en la aplicación de un producto en momentos críticos del desarrollo del hongo. En la presente investigación se pretende llevar a cabo una alternancia de los productos ya evaluados para evitar la generación de resistencia del patógeno y asegurar el buen funcionamiento de los mismos.

Sin embargo la solución al problema de la infestación con *H. vastatrix* es mucho más compleja que la simple aplicación de fungicidas. Una faceta del problema es la nutrición vegetal, la cual a veces falta por la fluctuación de precios, el tipo de manejo o por la falta de estudios del requerimiento de nutrientes. Por ello, se planteó combinar la aplicación de fertilizantes y fungicidas, para probar si las plantas con nutrición mejorada son menos susceptibles al ataque de *H. vastatrix*, quedando la pregunta de investigación planteada de la siguiente manera:

¿ Se obtendrá un mejor control de *H. vastatrix* al integrar los programas de fertilización con los programas de control químico en las plantaciones de *C. arabica* de finca Helvetia?

III JUSTIFICACIÓN

Por medio de la presente investigación pretende conocer el papel que juega la nutrición vegetal en cuanto a la susceptibilidad que *C. arabica* pueda mostrar contra el ataque de *H. vastatrix*, cuando se aplican programas de control basados en fungicidas.

La investigación también se sustentó en función e lograr determinar la forma en que el control que se obtuvo sobre la enfermedad; incida sobre la cantidad de cosecha que pudo obtenerse en la plantación en el presente ciclo de producción, protegiendo y preparando la planta, para los siguientes ciclos de cosecha en función del follaje que se logre rescatar.

La información generada que se generó en este estudio, será de beneficio para la finca y para las fincas vecinas, que se encuentran en condiciones similares en función de la optimización de los recursos, que se utilicen tomando en cuenta la crisis de precios que el producto actualmente presenta al explicar y detallar la mejor combinación de productos que controla la enfermedad y aumenta la producción.

IV MARCO TEORICO

4.1 Marco conceptual

La presente revisión hace referencia a aspectos relacionados con dos conceptos, la metodología y experiencias e investigaciones realizadas sobre enfermedades y planes de fertilización en el cultivo de café.

1.1 El cultivo de *Coffea arábica*:

C. arábica es originario de la región de la antigua Etiopía (República de Yemen), pero la antigua costumbre de tomar café y las leyendas alrededor de la bebida, provienen de Arabia y datan de los años 800 D.C. Fueron los árabes quienes desarrollaron todo el proceso del cultivo y procesamiento del café, haciendo de su bebida un evento social y reemplazando bebidas prohibidas para su cultura. (ANACAFE, 2006)

De Arabia el café pasó a la India y llegó a Europa en el siglo XVII. Para el año 1615, se tomaba café en Venecia, y en 1643, aparece en París, y quizá ya en 1651 en Londres. El café fue introducido a América a finales del siglo XVII y desde su llegada tomó un gran auge como cultivo de producción y exportación, especialmente en países como Brasil, Costa Rica, Colombia, Honduras, El Salvador, Ecuador, México, Belice, Guatemala, Panamá y la zona del Caribe, principalmente Puerto Rico y República Dominicana. En algunos de estos países el café se tornó, y aún continúa siendo un renglón principal dentro de su economía y parte importante del producto interno bruto, así como un decisivo factor para el desarrollo social y económico de las regiones donde se cultiva el grano.

Según ANACAFE (2003) a medida que el cultivo del café y sus exportaciones recobraron auge en América, durante el siglo XVII y XVIII, siendo los Estados Unidos uno de los principales compradores del grano. Los países productores se dieron la tarea de mejorar la productividad y tecnificar sus cultivos. Actualmente, se reconoce que los mayores rendimientos, así como la mejor calidad del grano solamente puede ser alcanzada mediante la combinación de buenas prácticas agronómicas y de conservación de suelos, entre las cuales se incluyen: el uso de variedades superiores, densidad de siembra adecuada, control fitosanitario, renovación total de la plantación una vez la productividad empieza a decaer y una fertilización adecuada, intensiva y oportuna.

De las diferentes especies conocidas, la *C. arábica* es la especie más difundida en el país, de mayor calidad y de gran aceptación en el mercado nacional e internacional. La clasificación taxonómica para las tres especies de café es la siguiente, de acuerdo a Cronquist (1981):

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del café

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Sub-clase	<i>Astaridae</i>
Orden	<i>Rubiales</i>
Familia	<i>Rubiaceae</i>
Género	<i>Coffea</i>
Especies	<i>C. arábica.</i>, <i>C. canephora</i>, <i>C. liberica</i>

Fuente: Cronquist (1981)

Las especies de café que se cultivan en Guatemala son: *C. arábica* y *C.liberica*. La primera es de mayor importancia por su calidad, por su valor en el mercado nacional e internacional y por su extensión territorial. Se estima que *C. canephora* ocupa solamente una superficie no mayor al dos por ciento de la superficie cultivada. Las variedades pertenecientes a la primera, se les conoce como cafés árabes, mientras que la única variedad producida por la segunda, se le denomina café robusta. Las variedades de *C. arábica* cultivadas en Guatemala son: Typica, Bourbon, Caturra, Mundo Novo, y Catuai. (ANACAFE, 2003).

1.2 Clasificación taxonómica de *Hemileia vastatrix*

Hemileia vastatrix pertenece a la familia Pucciniaceae. La familia es definida por las características de las teleiosporas usualmente pediceladas y lateralmente libres, o lateralmente unidas. La clasificación del causante de la roya del cafeto es la siguiente: (Cadena, 1982)

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de *H. vastatrix*

División	<i>Eumycota</i>
Subdivisión	<i>Basidiomycotina</i>
Clase	<i>Teliomycetes</i>
Orden	<i>Uredinales</i>
Familia	<i>Pucciniaceae</i>
Género	<i>Hemileia</i>
Especie	<i>H. vastatrix</i> Berk. & Br.

Fuente: Cadena (1982)

1.3 Patogénesis

La germinación de las uredosporas en el envés de una hoja mojada de *C. arabica* puede comenzar después de una hora. Los poros germinales se forman en dos y a veces cinco puntos equidistantes, por adelgazamiento del exosporio, luego sale un tubo germinativo en forma de dedo, con ápice redondeado, con una ligera constricción en el punto de salida. Este tubo permanece sin ramificarse por algún tiempo, pasando a él el contenido anaranjado y granuloso de la espora. Después pueden formarse ramificaciones; algunas de ellas son cortas, otras se extienden considerablemente, pero en general el crecimiento es limitado. Cuando alguna parte del tubo germinal ramificado hace contacto con una estoma, se forma un apresorio. Este consiste de una vesícula ovoide o piriforme, en forma de saco. Casi todo el contenido coloreado de la hifa pasa al interior del apresorio, el cual puede estar separado mediante un tabique. (Cadena, 1982).

1.4 Sintomatología

Según Cadena (1982) la enfermedad se caracteriza por presentar pequeñas manchas redondeadas, amarillo naranja y polvorientas en el envés de las hojas. Inicialmente, el área afectada por una sola infección tiene un diámetro de aproximadamente 3 mm, pero gradualmente aumenta el tamaño hasta 2 cm. o más y tiende a unirse con otras infecciones para formar una lesión más o menos irregular que a veces puede abarcar gran parte de la superficie foliar. Si hay esporulación abundante, un ligero toque de la hoja puede hacer que una nube de esporas se desprenda.

En los estados muy tempranos se nota sólo una mancha pálida, amarillenta, en el envés de la hoja. Esta mancha es traslúcida y si se examina contra la luz se observa la apariencia de una gota de aceite. Uno o dos días después de su aparición, la mancha toma un color anaranjado y la superficie se torna polvorienta porque forman esporas. Cuando las manchas de la hoja atacada por el hongo envejecen, su centro muere, se torna marrón oscuro y se seca. La formación de esporas en estas áreas muertas cesa y con frecuencia las esporas presentes tienden a volverse grisáceas y pueden, en gran parte, desaparecer. Es común que antes de que el tejido foliar se

torne marrón, las esporas pueden aparecer más pálidas en la masa central de la lesión perdiendo su tinte anaranjado. Estas esporas son las que dan el color característico de la enfermedad (Cadena, 1982)

El porcentaje de esporas con contenido hialino aumenta hacia el centro de la lesión ya que la pérdida de color no se debe necesariamente al envejecimiento de las esporas *in situ*, ya que al ser removidas puede producirse una nueva generación de esporas hialinas. La pérdida del color amarillento-anaranjado típico de las esporas puede acelerarse con la presencia de un hongo blancuzco, parasítico, *Verticillium hemileia* Bour. (Cadena, 1982).

Existen 32 razas de *H. vastatrix* que atacan a *Coffea spp.*, especialmente, a las plantas de *C. arabica* y también a otras del mismo género, pero con diferentes grados de virulencia.

Bajo condiciones ideales para su reproducción se facilitan en ambientes sombríos y niveles de humedad relativa más bien bajos, aunque la presencia de gotas de agua sobre las hojas es imprescindible para que las esporas germinen. No importa que esta agua sea de lluvia, rocío, o incluso de riego, siendo en la oscuridad completa cuando *H. vastatrix* demuestra su máxima capacidad de germinación. (Cadena, 1982)

Los límites de temperatura óptimos para su desarrollo se enmarcan entre los 21 y 25° C. Dentro de estos parámetros, la germinación de las esporas tiene lugar entre las tres y cuatro horas posteriores de su liberación. Por debajo de 16° C y por encima de los 27° C las esporas no germinan.

La situación del terreno, y más concretamente la altura de éste sobre el nivel del mar es otro factor determinante en la vida de *H. vastatrix* y en los daños que causa. A mayor altura, las temperaturas son más frescas y por tanto, la Roya tiene menos posibilidades de vivir o de desarrollarse. Lo mismo sucede en las zonas bajas tropicales. Por esta razón, *C. arabica* que se suele cultivar generalmente en zonas intermedias son las que sufren mayores ataques. A esto hay que agregar la susceptibilidad propia de cada variedad cultivada (Cadena, 1982).

Entre diez y quince días después del inicio del ataque, ya se puede apreciar en las hojas manchas amarillentas que se van tornando de color café, a medida que se va necrosando el tejido. La aparición de nuevas uredosporas puede tener lugar a los 15 días, más o menos, aunque el periodo de incubación depende de las condiciones climáticas.

En el envés de estas manchas, aparece un polvo anaranjado, al tacto parecido a óxido, constituido por varios cientos de miles de uredosporas, que con la ayuda del viento, la lluvia, el paso de animales y personas, el traslado de material vegetativo, etc. se van distribuyendo por las hojas del mismo cafeto, de los cafetos vecinos y de los cafetales cercanos.

Según Cadena (1982) las hojas más susceptibles al ataque son las hojas jóvenes. Esto merma de inmediato al café, ya que son precisamente estas hojas, las

que están iniciando su período de plena actividad fisiológica, las que aportan la mayor cantidad de nutrientes a la planta. Al ser atacadas por el hongo y quedar entre un 10% y un 30% de su tejido necrosado, dejan de ser funcionales y, como además, el hongo produce etileno, las hojas envejecen y caen prematuramente. Si el ataque es severo, la planta reduce su crecimiento, los frutos no se desarrollan y se generan grandes pérdidas económicas. Si el problema persiste, como la planta se está desfoliando permanentemente, y por tanto debilitándose, muere en un periodo máximo de dos años.

1.5 Historia de *H. vastatrix*

Las infecciones de los cafetales de la región del Lago Victoria, provincia de Niaza, en Kenia en el año 1861, y la de las plantas de la isla de Ceilán, hoy Sri-Lanka en 1868, son las dos primeras epidemias de *H. vastatrix* documentadas. El daño fue tan grave que los ingleses y nativos que cultivaban el café, al no conocer un método de combate y control del hongo, decidieron arrancar las plantas y cultivar té. (Barquero, 1982).

Esta misma situación, dio lugar, también, a que se investigaran métodos y se buscaran productos con los que se pudieran combatir estos hongos. Pronto se comprobó que los compuestos de Cobre y de Cinc, y muy especialmente, los, en aquel momento famosos caldos Bordelés (o Buillie Bordelaise), a base de Cal y Sulfato de Cobre Penta hidratado, y Borgoñón, con Cal y Sulfato de Cinc Monohidratado eran un buen tratamiento para frenar el avance de los ataques de ciertos hongos. El nombre que diferencia ambos "Caldos" proviene de las regiones vitícolas francesas donde se empezaron a utilizar. El más popular ha resultado ser el Caldo Bordelés. (Barquero, 1982)

H. vastatrix se fue extendiendo con rapidez por la India (1869), Sumatra y Java (1876- 78), Natal en Sur África (1878), y a prácticamente la totalidad de países asiáticos productores de café de Asia. De allí, la infección pasó y se extendió tiempo después a África de la mano de los comerciantes que se desplazaban de un país a otro y de un continente a otro. El avance del hongo en este territorio, sin embargo, se vio retardado por la lentitud de los medios de transporte y la baja intensidad de intercambios de personas y mercancías. Además, en aquellos momentos ya se conocían las bondades del Caldo Bordelés. La adaptabilidad al terreno y al clima de las plantas de la variedad robusta también estaba comprobada, así que muchos, simplemente decidieron cambiar unos cafetos por otros. (Barquero, 1982)

Según Barquero (1982), *H. vastatrix* cruzó el Atlántico en el año 1903 y parece que el agente transmisor fue un material vegetativo que llegó a Puerto Rico desde África. Como se detectó rápidamente y Puerto Rico es una Isla, su erradicación fue rápida. Hasta la llegada de *H. vastatrix* al continente americano, concretamente a Brasil, en 1974/75, la caficultura a nivel mundial había sufrido pocos cambios tecnológicos, y la investigación entorno a este hongo era relativamente escasa. La

caficultura era de tipo extensivo, con plantaciones de baja densidad de población de matas de café por unidad de superficie, (hectárea o manzana, entre otras.) aunque con múltiples ejes. Su manejo requería mucha mano de obra capacitada para las podas, selección de ejes, agobios, regulación de sombra, control de malezas, combate de plagas y enfermedades y cosecha.

En la mayor parte de los países productores de América Latina y en algunos africanos, productores de suaves como Kenia o Etiopía, y también en Indonesia y Asia eran muy comunes las fincas o plantaciones con variedades de porte medio a alto, como es el caso de las variedades de Café Arábica: Típica o Arábica, Mundo Novo, Bourbon, Blue Mountain, Pluma Hidalgo, Maragogipe, entre otros. En el resto de países que producían café en zonas bajas y muy calurosas, la variedad más generalizada era la *C. robusta*, de porte muy bajo. Solo en Hawai, se optó por producir suaves. El motivo no fue otro, que la escasez de mano de obra y al alto costo de ésta, la topografía accidentada de las zonas cafetaleras que no permitía una alta mecanización, y el uso de toda una serie de nuevos métodos o técnicas de cultivo, que lo hacían más rentable y productivo y, por lo tanto, más competitivo (Barquero, 1982).

El mundo del café se estremeció otra vez. Miles de hectáreas se vieron atacadas severamente y prácticamente desfoliadas. Se perdió gran parte de la cosecha de 1974 y del siguiente ya que para paliar el problema, fue necesario "receptar" (podar a 30 cm. del suelo) millones de matas de miles de hectáreas de fincas afectadas. El objetivo era generar nuevos tallos y hojas sanas, en las que se pudieran aplicar tratamientos con productos a base de cobre u otras sustancias como los fungicidas sistémicos (moléculas de la familia de los Triazoles, Pyracarbolid, Triadimefon, Oxicarboxin, entre otras.) capaces de controlar *H. vastatrix*. (Barquero, 1982).

Después de Brasil, *H. vastatrix* atacó los cafetales nicaragüenses en el año 1976 y tres años después, se trasladó a El Salvador. En 1980 llegó a las fincas cafetaleras guatemaltecas y colombianas y en 1981 a México, concretamente a la región de El Soconusco, Chiapas. Desde entonces se ha ido extendiendo por todas sus zonas cafetaleras. (Barquero, 1982).

1.6 Técnicas de combate contra *H. vastatrix*

Las técnicas desarrolladas para combatir y convivir con *H. vastatrix* se basan en mejorar las prácticas culturales mediante:

- Regular sombra de los cafetales.
- Regular la acidez del suelo y optimizar la nutrición, evitando excesos de nitrógeno y asegurando una buena provisión de potasio, calcio y magnesio.

Mantener un buen control de malezas, aunque, manteniendo siempre un adecuado mantillo de hojarasca y materia orgánica para la correcta conservación del suelo.

Efectuar podas periódicas tipo recepa, a fin de renovar la estructura productiva del cafeto, lo que permitirá que éste tenga buena ventilación. Al inicio de la estación lluviosa realizar un tratamiento, con un fungicida preventivo, cúprico de preferencia (Barquero, 1982).

1.7 Ciclo del *H. vastatrix* para su control

ANACAFE (2012) recomienda que para tener un mejor control de *H. vastatrix* debe reconocerse los periodos de crecimiento de la enfermedad con el fin de impedir que el hongo llegue a la fase máxima de crecimiento que es donde más daño produce. En la siguiente figura se muestra las etapas de desarrollo de la misma:

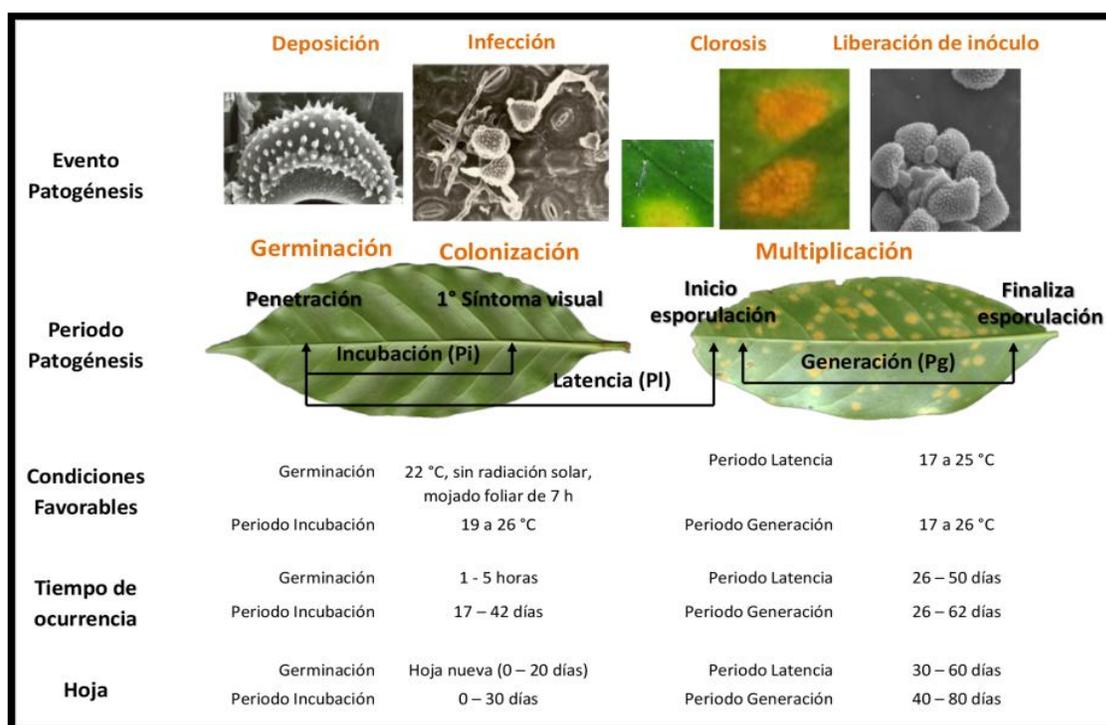


Figura 1. Ciclo de desarrollo de *H. vastatrix*

Fuente: ANACAFE (2012)

Como se muestra en la figura anterior, *H. vastatrix* presenta varios estadios donde se puede aplicar control químico. Los inhibidores de crecimiento actúan en la fase inicial de desarrollo del hongo que es cuando es más fácil su control ya que se encuentra poco desarrollado.

Para el caso de Guatemala, los cambios en el patrón habitual de las lluvias, las condiciones que favorecieron la permanencia de una lámina de agua sobre las hojas y las variaciones en los rangos de temperaturas máximas y mínimas que propiciaron una mayor comodidad para el desarrollo del patógeno *H.vastatrix* durante el año 2012, favorecieron un progreso más rápido y anticipado del avance de las infecciones de la *H.vastatrix* en los cafetales al completar sus ciclos biológicos de germinación,

colonización y formación de sus estructuras de reproducción y diseminación en un menor tiempo, propiciando con ello un adelanto de la etapa del crecimiento acelerado de *H.vastatrix* . (ANACAFE, 2012)

Por otra parte, la percepción del caficultor de que un clima menos lluvioso no favorece el desarrollo de las enfermedades; aunado a la falta de motivación por los precios internacionales del café durante la cosecha 2011-2012, propiciaron en general bajar la atención fitosanitaria de sus plantaciones.

Lo acontecido con la *H.vastatrix* durante el año 2012, demuestra lo sensible que puede ser la alteración de los factores económicos y de comportamiento social, con los factores bióticos como: vulnerabilidad de los cafetos, capacidad infectiva del patógeno y de variación climática; en modificar lo que se cree que es estable.

El Centro de Investigaciones en Café de ANACAFE(2012) validó los siguientes fungicidas, por lo que para cada aplicación se recomienda utilizar cualquiera de los productos de la siguiente lista:

Cuadro 3. Productos y dosis para controlar *H. vastatrix*

Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis por manzana
FUNGICIDAS DE CONTACTO		
Caldo Bordelés	sulfato de cobre + hidróxido de calcio	4 - 5 libras
Hidróxido de cobre	Cobre	4 libras
Óxido de cobre	Cobre	4 libras
Oxicloruro de cobre	Cobre	5 libras
Timorex Gold	<i>Melaleuca alternifolia</i>	1000 cc
Vigilante	azufre + cobre	1000 cc
FUNGICIDAS SISTÉMICOS CON UN INGREDIENTE ACTIVO		
Opus 12.5 SC	Epoxiconazole	350 cc
Alto 10 SL	Cyproconazole	280 cc
Caporal 25 DC	Triadimenol	350 - 500 cc
Atlas 25 EW	Tebuconazole	400 - 560 cc
FUNGICIDAS SISTÉMICOS EN MEZCLAS DE DOS INGREDIENTES ACTIVOS		
Silvacur Combi 30 EC	tebuconazole + triadimenol	350 - 500 cc
Duett 25 SC	epoxiconazole + carbendazim	3s50 cc
Amistar Xtra 28 SC	azoxystrobin + cyproconazole	350 - 400 cc
Opera	epoxiconazole + pyraclostrobin	700 cc

Fuente: ANACAFE (2012)

Según ANACAFE (2012) siempre de aplicar cualquier producto químico para el control tomar en *H. vastatrix* cuenta se debe de contar con las siguientes recomendaciones:

- Observar que el equipo opere correctamente y verificar que esté en condiciones adecuadas para su uso.

- verificar el pH del agua, si no es el adecuado, corregirlo tomando en cuenta lo siguiente:
 - Para fungicidas sistémicos el pH adecuado es de 4.5 a 5.5
 - Para fungicidas de contacto el pH adecuado es de 6.5 a 7.0
- Al realizar la premezcla, **no** hacer la mezcla directamente en la mochila asperjadora.
- Premezcla: antes de iniciar la mezcla agitar el producto por 30 segundos. En una cubeta con agua limpia hasta la mitad, mezclar el producto de acuerdo a la dosis recomendada, luego completar con el volumen de agua requerido. Finalmente, agitar para obtener una mezcla homogénea antes de aplicar.
- Utilizar el producto en la dosis recomendada, la sobre dosificación ocasiona daños al cultivo.
- Utilizar coadyuvante o adherente en dosis recomendada para optimizar y asegurar la penetración o “pegue” del producto en la planta.
- Siempre atender las recomendaciones indicadas en el panfleto del producto principalmente las relacionadas con: manejo, almacenaje y descarte del envase, uso de equipo de protección personal, periodo de reingreso, uso del producto y compatibilidad con otros productos.
- Al finalizar la labor de aplicación se deberá lavar el equipo y los utensilios de preparación con suficiente agua y jabón. Las aguas del lavado o con residuos de producto no deben derramarse en áreas cercanas a fuentes de agua.

1.8 Épocas de control de *H. vastatrix* en el suroccidente de Guatemala

Antes de iniciar un programa oportuno de control, hay que estar bien claro respecto a las condiciones climáticas tomando en cuenta la época de aplicaciones y de acuerdo a la región donde se tenga establecido el cultivo. De acuerdo al patrón típico de la *H. vastatrix* que se tiene en el suroccidente del país (región donde se ubica finca Helvetia), es posible determinar tres etapas en el progreso de la enfermedad: crecimiento lento, acelerado y máximo. (ANACAFE, 2012)

Es importante aclarar que la cantidad de enfermedad inicial, puede influir en anticipar el momento donde inicia la etapa de crecimiento acelerado de *H. vastatrix*, pero no determina un menor desarrollo de la enfermedad. Una finca con una incidencia de *H. vastatrix* inicialmente baja, puede sufrir iguales daños al final de las cosechas, comparada a una finca que inicio con una cantidad de enfermedad mayor, si no se implementa un adecuado manejo de la enfermedad.

Según ANACAFE (2012) la altitud determina en gran medida la mayor o menor prevalencia de horas con condiciones favorables para *H. vastatrix* en una región. Las zonas altas gozan gran parte del tiempo de una temperatura fresca, con menores diferencias entre la temperatura del día y de la noche, influyendo para que el

ciclo de vida del hongo sea mas prolongado ,comparado con las zonas donde la temperatura es mas cálida gran parte del tiempo. De esta forma en el suroccidente de Guatemala se pueden distinguir tres tendencias o patrones en el progreso de *H. vastatrix*.

- En las zonas de altitud baja, donde prevalece una temperatura cálida gran parte del año, el progreso es mas intenso y anticipado. En estas zonas, normalmente *H. vastatrix* se incrementa rapidamente a partir de los meses de julio a septiembre.
- Las zonas con una altitud media, tienen condiciones de lluvias favorables para la enfermedad y temperaturas moderadas que propician el progreso de *H. vastatrix*, especialmente entre agosto y octubre, cuando habitualmente ocurre la etapa de incremento acelerado de la enfermedad.
- Las zonas situadas a mayor altura, *H. vastatrix* presenta un habito de crecimiento acelerado entre los meses de septiembre y noviembre, con un comportamiento similar al de las zonas de altura media ,pero de menor intensidad debido al lento desarrollo de la enfermedad, causado por las temperaturas m´ss frescas de la región.

Hay que recordar que cada región tiene sus propias características climáticas, edáficas, entre otras. Y sobre todo tener en cuenta la variedad de café y la edad de la plantación ya que todos estos factores deben tomarse en cuenta para obtener el mayor aprovechamiento en el control de la enfermedad.

Una aplicación efectuada sin tomar en cuenta los factores mencionados anteriormente no cumplirá con su cometido y se tendrá solamente un gasto innecesario y mal invertido ya que no se obtendrá ningún efecto sobre el control del hongo. (ANACAFE, 2012)

Cuadro 4. Regiones y época de aplicación de fungicidas.

REGIONES	ÉPOCA DE APLICACIÓN		
	Primera	Segunda	Tercera
Suroccidente	1ª. quincena de mayo	2ª. quincena de junio	1ª. quincena de agosto
Suroriente y Nororiente	1ª quincena de mayo	2ª. quincena de junio	1ª. quincena de agosto
Noroccidente	2ª. quincena de mayo	1ª. quincena de julio	2ª. quincena de agosto
Centro y Norte	2ª. quincena de abril	1ª. quincena de junio	2ª. quincena de julio

Fuente: ANACAFE (2012)

1.9 Control químico de *H. vastatrix*

El control químico es uno de los componentes más importantes en el manejo integrado de la roya del café cuando se tienen plantaciones de café susceptibles a la enfermedad. El éxito de las aspersiones de fungicidas dependerá del adecuado manejo agronómico del cultivo y de la correcta tecnología de aplicación (calibración, volumen y preparación de las aplicaciones) para lograr una alta efectividad biológica del fungicida y mantener al mínimo los niveles de roya sobre el follaje.

Para lograr esta efectividad biológica es necesario cumplir con tres requisitos: El primero, consiste en utilizar el tipo de fungicida más adecuado; el segundo, determinar el momento oportuno de la aplicación, con base en la fenología del cultivo; y el tercero, realizar la aspersión con una adecuada tecnología de aplicación. (Barquero, 1982)

1.10 Tipos de fungicidas:

De acuerdo a ANACAFE (2012) existen fungicidas de contacto y sistémicos. Los fungicidas sistémicos pueden aplicarse al inicio de las lluvias para reducir el inóculo primario. Los triazoles (epoxiconazole, tetraconazole, hexaconazole, cyproconazole, triadimenol) están recomendados para esta enfermedad. Actualmente existen mezclas de fungicidas sistémicos (triazoles + estrobirulinas) que ejercen mejor control del hongo.

En lotes con alta carga productiva puede realizarse una segunda aplicación de fungicidas sistémicos en la primera quincena de agosto. Esta práctica ayuda a reducir la incidencia de *H. vastatrix* durante la cosecha del café, ya que durante ese período hay una alta esporulación y dispersión del hongo debido al movimiento de personas entre los cafetales.

Las aplicaciones aisladas y tardías de fungicidas cercanas a la época de cosecha o después de la misma son ineficientes en el control de la roya. Para definir el número de aplicaciones debe considerarse la recomendación técnica, la carga productiva y los aspectos económicos.

a) Fungicidas de contacto

- Solamente inhiben la germinación de esporas o evitan la penetración en la planta.
- El uso de estos productos requiere de buena cobertura del follaje, principalmente en el envés.
- El intervalo de aplicación de fungicidas debe ser entre 15 - 25 días. Pueden ser utilizados con niveles bajos de incidencia de roya alrededor del 5%.

b) Fungicidas sistémicos

- ➔ Cuando el nivel de infección es muy alto se debe seguir el calendario de aplicaciones con productos de tipo sistémico para reducir el ataque de roya, previo a la maduración del café y de acuerdo a las fechas establecidas para la región.
- ➔ No utilizar fungicidas a base de epoxiconazole en la tercera aplicación porque puede generar problemas de residualidad.

1.11 Modo de acción de los fungicidas:

Los fungicidas son sustancias tóxicas que se emplean para impedir el crecimiento o eliminar los [hongos](#) y [mohos](#) perjudiciales para las [plantas](#), los [animales](#) o el [hombre](#). Todo fungicida, por más eficaz que sea, si se utiliza en exceso puede causar daños fisiológicos a la planta. Como todo producto químico, debe ser utilizado con precaución para evitar cualquier daño a la [salud](#) humana, a los animales y al [medio ambiente](#). (Latorre, 1989)

Se aplican mediante rociado, pulverizado, por revestimiento, o por fumigaciones locales. Para tratamientos de otros materiales como [madera](#), [papel](#), [cuero](#), etc., se aplican mediante impregnación o tinción. Otra forma de administrarse, es a modo de [medicamentos](#) (ingeridos o aplicados), en tratamiento de enfermedades humanas o animales.

Según Latorre (1989), la mayoría de los fungicidas de uso agrícola se fumigan o espolvorean sobre las [semillas](#), [hojas](#) o [frutas](#) para impedir la propagación de *H. vastatrix*, el [tizón](#), los [mohos](#), o el [mildiu](#) (enfermedades fungosas de las plantas).

1.12 Inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (IBE)

Según Latorre (1989) los IBE, no controlan Oomycetes, ya que éstos absorben todo el ergosterol que necesitan del medio que les rodea. No inhiben germinación de esporas, ya que éstos utilizan sus reservas de esteroides. Tienen alto riesgo de generar resistencia, pero del tipo poligénico. Se recomienda no usarlos repetidamente en la misma estación de crecimiento contra patógenos de alto riesgo en áreas de alta presión de la misma, alternar con productos de bajo riesgo, reservarlos para momentos críticos del cultivo, usar las dosis recomendadas, no usar fungicidas como sustituto de otros tipos de control.

Actúan sobre: Ascomycetes, Basidiomycetes y Deuteromycetes. En general poseen fuerte acción contra oidios y royas, y según los casos contra hongos causantes de algunas manchas foliares de los géneros: *Venturia*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Monilia*, *Cercospora*, etc.

No tienen acción contra Oomycetes ni Zigomycetes (*Rhizopus*). Efecto retroactivo contra *Venturia inaequalis*; acción preventiva débil: 3 a 4 días. Posible

efecto sobre el crecimiento vegetativo y o forma de los frutos. No recomendados en montes muy altos o de copa densa.

Según Latorre (1989) los IBE son un grupo muy numeroso de desarrollo reciente, Es el más numeroso, comprende varios grupos químicos:

- * Triazoles: *triadimenol*, *propiconazol*, *ciproconazol*, *difenoconazole*, *tebuconazol*, *flusilazol*, *miclobutanil*, *hexaconazol*, *bitertanol*, *penconazol*, *epoxiconazol*, *fuconazol*, etc.
- * Imidazoles: *imazalil*, *procloraz*, *triflumizol*.
- * Pirimidinas: *fenarimol*, *nuarimol*.
- * Piperazinas: *triforine*

1.13 Inhibidores del tubo germinativo (Benzimidazoles)

En el caso de los inhibidores del tubo germinativo, suelen utilizarse en el periodo de generación que es cuando el hongo comienza a desarrollar las esporas que causaran la infestación en otros tejidos y otras áreas.(Latorre, 1989)

Inhiben la síntesis de la tubulina, el sitio de acción es un aminoácido de la β -tubulina. Esta sustancia existe en todas las células eucariotas, aunque Oomycetes y plantas son insensibles a los bencimidazoles. El cambio de un sólo aminoácido (fenilalanina \rightarrow tirosina, o arginina \rightarrow histidina) se traduce en resistencia. Las cepas insensibles pueden la misma habilidad competitiva como las sensibles. Existe resistencia cruzada negativa con Dietofencarb. Posee facilidad de absorción por la planta: metil tiofanato > tiofanato > benomil > carbendazim >tiabendazol.

Mejoran la absorción: la acidificación y los humectantes no iónicos. Transporte por el los vasos del xilema (acrópeto). Amplio espectro de acción principalmente dentro de asco- y deuteromicotina. Contra los géneros: *Venturia*, *Erysiphe*, *Sphaerotheca*, *Podosphaera*, *Botrytis*, *Monilinia*, *Sclerotinia*, *Nectria*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Ascochyta*, *Phoma*, *Phomopsis*, *Thielaviopsis*, *Diplocarpon*, *Mycosphaerella*, *Botryosphaeria*, *Pyricularia*, *Gloesporium*, *Cercospora*, *Septoria*, *Ceratocystis*, y *Rhizoctonia*.

No poseen acción contra: Oomycetes (*Phytophthora*, *Peronospora*, etc.), Zigomycetes (*Rhizopus*)y la mayoría de los basidiomycetes (royas carbonas), ni contra algunas especies de Deuteromycetes (*Alternaria*, *Helminthosporium*). No poseen acción bactericida.

Según Latorre (1989) para reducir los problemas de resistencia se recomienda utilizar mezclas (preferido) o alternar con otros sitios de acción. Son lombricidas y son retenidos en los primeros 2 - 5 cm del suelo. Pueden aumentar la incidencia de ácaros al matar tanto a los que son plaga como a los predadores (enemigos naturales), reinfestando rápidamente los fitófagos.

1.14 Tecnología de aplicación

Es básico que la persona que realizará la aplicación del fungicida conozca sobre la enfermedad, los productos, dosis, cobertura, calidad del agua y cobertura y

esté debidamente entrenada. Es recomendable capacitarlo supervisarlo y proveerle del equipo de protección necesario. Para las aplicaciones se recomienda utilizar una boquilla de doble abanico (TJ 6011003VS) pues con esta se logra una mejor cobertura del follaje (más o menos 38 gotas por cm²), además, funciona bien en un rango de 30 a 60 PSI (libra-fuerza por pulgada cuadrada) en equipo de aspersión de motor o manual. (ANACAFE, 2013)

1.15 Fertilizaciones en las plantaciones de *C. arabica*

Según ANACAFE (2012) Desde las décadas de los 60 y 70, cuando los aspectos de fertilización, manejo adecuado del suelo y promoción de prácticas efectivas para lograr mayores rendimientos, era imperante en un mundo cada vez más exigente y competitivo que es el mercado mundial *C. arabica*, se comenzó con los aspectos históricos del cultivo, sus requerimientos nutricionales, las dosis de fertilizantes recomendadas según la región, la respuesta del cultivo a los fertilizantes, la utilización de nutrimentos por parte del cultivo, los síntomas típicos de las deficiencias nutricionales, los niveles críticos reportados para suelo y planta, reportes de toxicidad, las prácticas actuales para mejorar la nutrición del cultivo, los requerimientos especiales y el uso de tecnología innovadora para la evaluación de fertilidad y el suministro de nutrimentos.

1.16 Requerimientos Nutricionales de *C. arábica*

Los requerimientos nutricionales del cultivo se establecen a partir de lo que las plantas en su óptimo estado de desarrollo y vigor retiran del suelo y que está contenido en el tejido vegetal de toda la planta. Se relaciona con cantidades suficientes de los elementos que están disponibles en el suelo y que la planta puede absorber para lograr un crecimiento y grado de productividad deseada.

Según Carvajal (1984), de los elementos primarios, N y K son los más consumidos por la planta de café, por lo que es necesario devolvérselos al suelo por medio de fertilizantes. Los elementos secundarios, los necesita la planta en menor cantidad; son llamados menores por requerirlos la planta en cantidades pequeñas. El exceso o falta de cualquiera de estos elementos, puede ser perjudicial para la planta.

Nitrógeno:

Participa en el desarrollo vegetativo de las plantas y les da el color verde. Es parte de la Clorofila.

-Fosforo

Proporciona buen desarrollo de raíces y en consecuencia mayor anclaje a la planta. Le da mayor peso y calidad al fruto.

-Potasio

Endurece la madera de tallos y ramas, por lo tanto ofrece resistencia a la planta al ataque de enfermedades. Ayuda a la calidad del fruto, sabor y fragancia de la taza.

Cantidad de Fertilizante

1.1. La cantidad de fertilizante a usar, depende de los siguientes aspectos:

- Edad de la plantación
- Cantidad de tejido productivo
- Manejo de sombra (a menos sombra más fertilizante)

1.17 Densidad de siembra

Es importante señalar que un programa de fertilización, es más rentable en plantaciones con más de 2000 cafetos por manzana.

Época de Aplicación

La época de aplicación está relacionada con las lluvias y curva de crecimiento del café. Lo recomendable es realizar tres fertilizaciones en las épocas siguientes:

Cuadro 5. Plan de fertilizaciones en plantaciones de café.

1ra. Mayo o Junio
2da. Agosto o Septiembre
3ra. Octubre o Noviembre

Fuente: ANACAFE (2012)

Las dos primeras realizarlas con fórmula completa, y la tercera con fuente de Nitrógeno (Úrea, Sulfato de Amonio). La fórmula a utilizar dependerá del análisis de suelo y de las recomendaciones del laboratorio de suelos.

Si por razones económicas, solo pueden hacerse dos aplicaciones, se recomienda en las siguientes épocas y con los correspondientes fertilizantes.

Cuadro 6. Plan de fertilizaciones alternativo

Mayo/j Junio..... Fuente nitrógenada
Agosto/Septiembre..... Fórmula completa

Fuente : ANACAFE (2012)

Y si solamente hace una fertilización:

Cuadro 7. Plan único de fertilización

Agosto/Septiembre.....Fórmula completa
--

Fuente; ANACAFE (2012)

1.18 Formas de Aplicación

Para lograr un mejor aprovechamiento del fertilizante, ANACAFE (2013) recomienda que es necesario considerar lo siguiente:

- La mayor población de raíces absorbentes, se encuentra en los primeros 20 a 30 cms. de profundidad del suelo.
- De acuerdo a lo anterior, el fertilizante debe aplicarse a la mitad de distancia entre el tallo y la punta de las bandolas, esparciéndolo al voleo.
- El fertilizante debe quedar en contacto con el suelo húmedo, limpiando antes el monte y la hojarasca.
- En terrenos inclinados, colocarlo en la parte superior de la planta en forma de media luna, al voleo, para evitar que se lave la lluvia.
- No debe fertilizarse cafetales viejos y agotados porque no se logran los resultados deseados. Tampoco deben ser fertilizados aquellos que se recepan el próximo año.

1.2. Cuadro 8. Aplicación de fertilizantes en plantación adulta

Epoca	Cantidad (onzas)	Fertilizante
Mayo/Junio	3	fórmula completa o Úrea
Agosto/Septiembre	3	fórmula completa
Octubre/Noviembre	3	Úrea o Sulfato de Amonio

Fuente: ANACAFE (2012)

La fuente de Nitrógeno, así como la cantidad de onzas por mata, pueden variar de acuerdo a recomendación de laboratorio de suelo y a la cantidad de plantas por manzana.

Según Malavolta, E. (1986), citado por Palma (1991), la cantidad de minerales que el café retira del suelo y que está contenida en todas las partes de la planta se denomina "extracción"; la "exportación" se refiere a los elementos existentes en los frutos colectados.

En Costa Rica, Carvajal, J.F (1984), citado por Palma (1991) , encontró que una cosecha *C. arabica* de 30 fanegadas (1 fanegada = 6400 m², = 238 kg de café de uva maduro) retira del suelo las siguientes cantidades de nutrientes:

Cuadro 9. Cantidad de nutrientes que retira del suelo *C. arábica*.

Elemento	Cantidad, kg
N	43
P ₂ O ₅	8.4
K ₂ O	48
CaO	11.3
MgO	4.7
S	2.33
Fe ₂ O ₃	0.31
Mn ₂ O ₃	0.03
B ₂ O ₃	0.097

Fuente: Carvajal, J. (1984)

De este cuadro se deduce que el equilibrio entre N, P₂O₅ y K₂O en los frutos del cafeto tiene una relación de: 5.2:1:5.8. Para otras localidades se encontraron resultados similares como Costa de Marfil y Hawai Por ejemplo, en plantaciones de *C. canephora* en Costa de Marfil, Snoeck, J, (1980) (citado por Carvajal, (1984), se encontró que los requerimientos nutricionales son similares para una producción de 1000 kg/ha de café reporta que el café tiene los siguientes requerimientos nutricionales a los tres años de edad, expresados en kg/ha, para una densidad de siembra de 1345 arbustos/a y una producción estimada de 1255 kg de café limpio:

Cuadro 10. Requerimientos nutricionales para una planta de 3 años kg/Mz

Parte planta	N	P	K	Ca	Mg	S
Tallo	19.3	2.8	32.9	11.8	2.8	2.8
Ramas	17.9	2.5	23.9	7.5	4.2	1.5
Follaje	66.4	13	56.8	23.6	8.5	3.5
Frutos maduros	37	3.3	43.3	4.1	4.2	3.1
Totales	141	14	157	47.0	19.7	10.9

Fuente: Carvajal et.al. (1984)

En este trabajo se demostró que el equilibrio N:P:K tiene una relación de 10:1:11 y que el Potasio se destaca como el elemento mayoritario. También se concluyó lo siguiente:

1. El requerimiento de nitrógeno y potasio aumenta rápidamente a medida que los frutos alcanzan mayor edad.
2. La exigencia neta de fósforo es siempre menor y se mantiene constante.
3. La proporción N: P₂O₅: K₂O es 6:1:8, similar a la encontrada por Carvajal en 1984, aunque un poco inferior para nitrógeno.

4. En los frutos a 5 años de edad los contenidos de N: P₂O₅: K₂O representan el 28.2, 31.2 y 34.7% del consumo total por la planta, respectivamente.

Wilson K.C. (1985) relaciona los niveles adecuados de nutrimentos foliares así:

Cuadro 11. Nivel adecuado de nutrimentos foliares

Nutrimento	Bajo	Adecuado	Alto
N (%)	2	2.6	3.5
P (%)	0.10	0.15	0.20
K (%)	1.5	2.1	2.6
Ca (%)	0.40	0.75	1.5
Mg (%)	0.10	0.25	0.40
S (%)	0.10	0.15	0.25
Fe (ppm)	40	70	200
Mn (ppm)	25	50	100
Zn (ppm)	10	15	30
Cu (ppm)	3	7	20
B (ppm)	25	40	90
Mo (ppm)	0.5	0.08	-

Fuente: Wilson, K. (1985)

Por otra parte, el Manual del Cafetero Colombiano, IV Ed. (1984), establece las funciones de los nutrimentos en la fisiología de las plantas, que complementadas con las descritas por Carvajal (1984), se resumen a continuación:

1. Nitrógeno: es necesario para la época de crecimiento y durante la producción. Entre las funciones del nitrógeno están: forma parte de las moléculas de proteínas, participa en la transferencia de información genética y en la fotosíntesis y experimenta gran movilidad en la planta. La fuente de nitrógeno como sulfato de amonio no es muy recomendable porque aumenta la acidez del suelo, y se recomienda aplicarlo en forma de urea.

2. Fósforo: su mayor consumo se presenta en el período de crecimiento, es decir durante sus tres primeros años de vida. Forma parte de las moléculas que conservan y transfieren energía en la planta para procesos metabólicos, hace parte de la bicapa de fosfolípidos de las membranas celulares y su absorción a través de H₂PO₄⁻ y HPO₄²⁻ es indispensable para la formación de compuestos orgánicos, principalmente hexosas fosfatadas. Experimenta una gran movilidad en la planta. La mayoría de los suelos tienen cantidades suficientes de fósforo para el café.

3. Potasio: su uso primordial por parte de la planta se hace durante la producción. Influye en procesos metabólicos como fotosíntesis, respiración, síntesis de clorofila,

nivel hídrico en las hojas, apertura y cierre de estomas y como activador enzimático y participe del flujo y translocación de metabolitos en la planta. No forma parte constitutiva de compuestos orgánicos, sin embargo está presente en todos los tejidos vegetales y presenta una gran movilidad. El efecto máximo del potasio a través de la fertilización es de 4 meses.

4. Calcio: juega un papel importante en la formación de estructuras constituidas por lípidos y en la formación de membranas y pared celulares. Influye en el mecanismo de la mitosis y actúa como activador de enzimas durante el crecimiento. No experimenta gran movilidad en la planta.

5. Magnesio: participa en la fotosíntesis y en el metabolismo de carbohidratos (glicólisis), así como en la integración de ribosomas. Promueve la transferencia de grupos fosfatos y en la activación enzimática de procesos metabólicos. Forma parte de la molécula de la clorofila.

6. Azufre: es constituyente de tres aminoácidos (cistina, cisteína y metionina) que hacen parte de todas las proteínas vegetales. Se absorbe como SO_4^{2-} y forma parte de las vitaminas biotina y tiamina (B1) y de la coenzima A. Interviene en la síntesis de clorofila.

7. Boro: desempeña funciones fisiológicas asociadas a las relaciones hídricas, metabolismo del nitrógeno, acumulamiento de azúcares, formación de metaxilema en ápices gemulares. Un bajo nivel de boro reduce la cantidad de giberelina, que a su vez causa alteración en la actividad de la amilasa (. No experimenta movilidad en la planta.

8. Zinc: es responsable de la síntesis de la auxina, hormona de crecimiento que estimula el alargamiento de las células. Participa en procesos metabólicos, estabiliza las fracciones ribosomales y promueve la síntesis del citocromo C.

9. Cobre: el cobre se encuentra mayoritariamente en los cloroplastos, donde forma parte de la plastocianina involucrada en la transferencia de electrones durante el proceso de fotosíntesis.

10. Hierro: es componente estructural de moléculas de porfirina y participa en la síntesis de la clorofila y en el sistema de transporte de electrones en el proceso de fotosíntesis.

11. Molibdeno: se encuentra en las plantas en cantidades muy pequeñas y es componente estructural de las enzimas nitrogenasa y reductasa del nitrato. Ha sido asociado con los mecanismos de absorción y translación del hierro.

12. Manganeso: es uno de los activadores enzimáticos más importantes en el ciclo de Krebs y participa en el sistema de transporte de electrones de la fotosíntesis (fotosistema II), conducente a la fotólisis del agua. Además de participar en la respiración, actúa en el metabolismo del nitrógeno y ayuda a mantener la estructura de la membrana del cloroplasto.

Una vez establecidos los requerimientos nutricionales a nivel de plantación y por arbusto en el cultivo del café y de entender las funciones fisiológicas que cumple cada elemento dentro de los procesos de crecimiento y desarrollo.

1.19 Nutrientes Recomendados (Dosis, Tiempo y Cantidad de Aplicación)

Según el Manual del cafetero colombiano (1984) la caficultura moderna requiere de una fuerte inversión de insumos para su producción y cada día es más apremiante que el agricultor evalúe la relación costo-beneficio dentro de sus prácticas agronómicas

. El conocimiento de la composición química del suelo y de los nutrientes presentes en el tejido vegetal constituyen una herramienta fundamental para determinar los requerimientos nutricionales del cultivo del café y para formular un programa de fertilización adecuado. Estos requerimientos se cumplen adecuadamente cuando los elementos necesarios para el crecimiento, desarrollo y productividad están presentes en forma suficiente y al alcance de las plantas, de tal manera que no se conviertan en factores limitantes para el normal desarrollo del cultivo y no haya ninguna interacción antagónica entre ellos. (Manual del cafetero colombiano, 1984)

El cultivo del café no es la excepción y requiere para una adecuada dosificación, de análisis químicos de suelo que proporcionen datos como nivel de nutrientes, pH, porcentaje de saturación de bases, aluminio intercambiable, capacidad de intercambio catiónico entre otros, que calibrados versus diferentes niveles de aplicación de fertilizantes a través de ensayos de campo a mediano y largo plazo, se pueden interpretar para extraer la mejor recomendación posible para cada región y cada localidad. (Manual del Cafetero Colombiano, 1984)

De acuerdo con la literatura revisada, las fórmulas de los fertilizantes, el momento y cantidad de aplicación varía de país a país, y dentro de un país, varía según la región productora, la edad del cultivo, el tipo de suelo, la variedad utilizada, la

densidad de siembra, según si el cultivo tiene o no sombra o las prácticas agronómicas anteriores, entre otros factores. De acuerdo con esto, es imposible tener una fórmula universal que cubra los requerimientos nutricionales óptimos, aun para la misma variedad sembrada bajo el mismo tipo de suelo, en dos localidades diferentes. (Manual del Cafetero Colombiano, 1984)

La fórmula más adecuada debe basarse en trabajos de calibración a mediano y largo plazo, de acuerdo con lo que el suelo de cada región aporte al cultivo (análisis de suelo), a la eficiencia estimada según el nutriente, a los análisis de tejido vegetal y la respuesta que el cultivo tiene para diferentes niveles de fertilización, y para un nivel de productividad deseada. A continuación se presenta un estimado de eficiencia para N, P, K, Ca y Mg y una interpretación de análisis de suelos presentada para países centroamericanos:

Cuadro 12. Eficiencia de nutrientes en suelos de países centroamericanos

Elem.	Eficiencia %	Observación
N	40-50	Menor con fuertes lluvias
P	25-30	A pH altos=>fosfatos de Ca A pH bajos=>fosfatos de Fe y Al
K	50-60	Según CIC
Ca	80-90	"
Mg	80-90	"

Fuente: Palma, J. 1991

El *C. arabica* responde más positivamente a las aplicaciones de nitrógeno y potasio que a las aplicaciones de fósforo. Sin embargo el fósforo (sobre todo en etapas tempranas de crecimiento), así como los elementos menores son indispensables para lograr el máximo beneficio nutricional en la planta. Estos últimos deben ser parte del programa de abonamiento.

. El equilibrio entre los cationes mayores debe estar bien balanceado para que la relación entre ellos no se convierta en un factor limitante en el desarrollo y crecimiento del cultivo. Se establece a partir del porcentaje de saturación de bases y para la gran mayoría de los suelos cafetaleros, debe guardarse una proporción 1:9:3 de K:Ca:Mg, respectivamente. Esto evita que la falta de una o más bases en determinada fase fenológica del cultivo o por desequilibrio en la disponibilidad, se ocasione una deficiencia inducida.

La aplicación de fertilizantes en cultivos de café debe comenzar al momento de la siembra (asumiendo una adecuada fertilización en vivero) y sucesivamente cada año hasta el cuarto año. Las dosis recomendadas al año deben repartirse en 3 o 4

aplicaciones, según si la plantación está en fase de crecimiento o en fase de producción y teniendo en cuenta el régimen de lluvias locales.

La relación de la fórmula promedio es aproximadamente 15:9:13 (N: P₂O₅: K₂O) y la cantidad de aplicación debe ser aproximadamente 250 kg/ha/año N, 125 kg/ha/año P₂O₅ y 50 kg/ha/año K₂O para densidades de siembra entre 3,000 y 4,000 plantas/ha. Para efectos de una aplicación real, se debe ajustar a la localidad de acuerdo con los ensayos respectivos.

Aunque la literatura no relaciona un aumento de rendimientos debido a la aplicación de cal, esta debe aplicarse a razón de 2 a 4 ton/ha/año para corregir la acidez del suelo y ajustar el pH a 5.5. Esto logra los siguientes beneficios sobre el cultivo: neutraliza los suelos ácidos, disminuye el nivel de aluminio intercambiable, disminuye las posibles deficiencias de calcio, magnesio y potasio y reduce el efecto de la toxicidad por manganeso (que a niveles superiores a 500 ppm se considera tóxico).

4.2 MARCO REFERENCIAL

2.1 Localización y descripción del área de estudio

La unidad experimental se ubicó en una parcela de *Coffea arabica* denominado “Tineco” que es una parcela que está ubicada en la parte intermedia de la finca. La variedad caturra será la evaluada con un manejo de tejido tipo recepa selectiva de cuatro años .(Gramajo, 2010)

2.2 Ubicación Geográfica

La unidad donde se realizó la investigación esta ubicada en finca Helvetia que se encuentra a una altura promedio de 876 metros sobre el nivel del mar, geográficamente está ubicada al sureste del departamento de Quetzaltenango a $14^{\circ}40'52''$ latitud norte y $91^{\circ}38'38.19''$ longitud oeste, respecto al meridiano de Greenwich (Gramajo, 2010), tal como se presenta en las siguientes figuras:

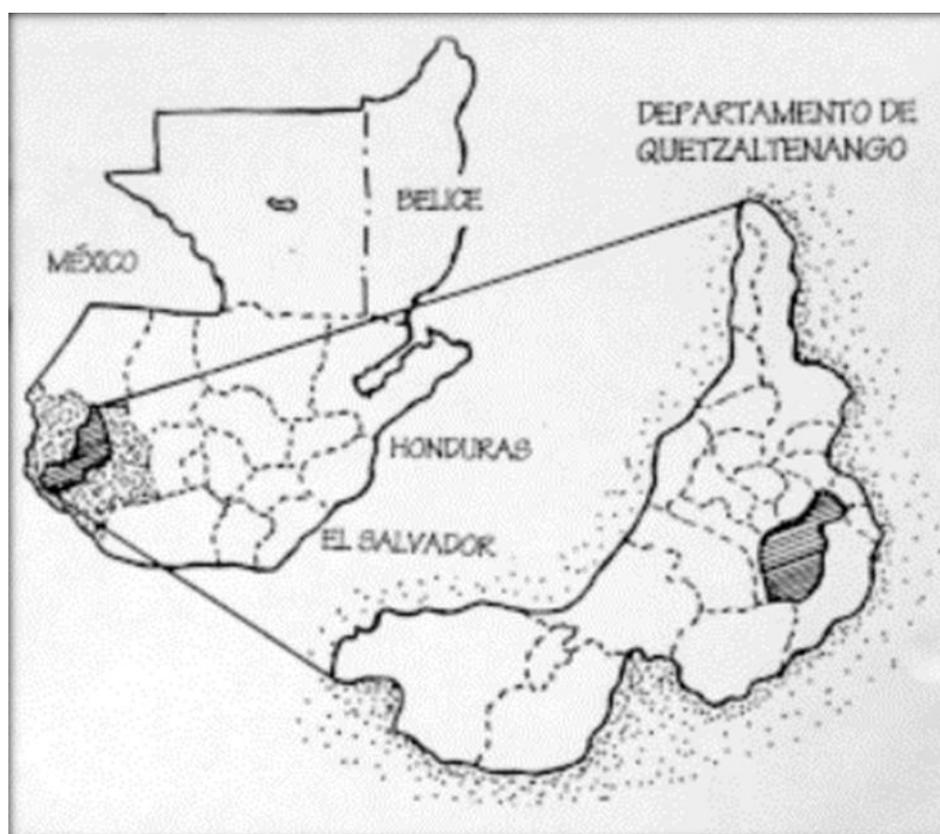


Figura 2. Localización del departamento de Quetzaltenango.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2,000)

2.3 Ubicación del municipio de El Palmar y de finca Helvetia

La finca Helvetia se encuentra localizada en la parte sur del municipio de El Palmar, Quetzaltenango y su principal vía de acceso se encuentra por el municipio de San Sebastián en el departamento de Retalhuleu tal como se demuestra en la siguiente figura;

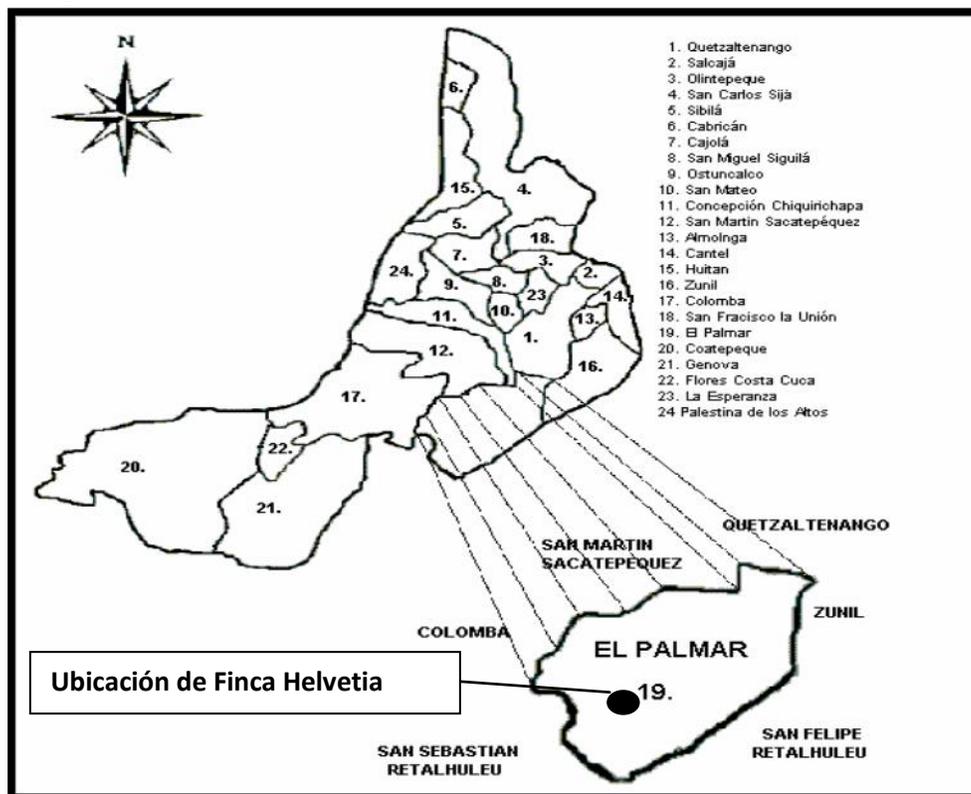


Figura 3. Ubicación de finca Helvetia

Fuente: Instituto Nacional de Estadística INE. (2,000).

2.4 Zona De Vida

El área donde se efectuará la investigación se encuentra localizada en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Sub-tropical Cálido (Cruz, J. de la 1975) La temperatura que predomina en la finca se encuentra con una mínima de 12°C y una máxima de 29° C. (Gramajo. 2013) . La humedad relativa predominante para la zona en la que se encuentra ubicada la finca Helvetia es del 75%, teniendo un fotoperiodo promedio de 11 horas luz por día, siendo los vientos los predominantes con dirección norestes, en promedio de 6 – 10 Km/h, aunque por lo regular son muy variables. (Holdrige, L. 1982).

2.5 Suelo

Los suelos de la zona que abarca el área de estudio, pertenecen a los suelos de tipo material lodoso volcánico cementado, con un relieve inclinado, drenaje interno bueno, de color café oscuro, con una textura franco arcillo arenoso, con suelos de hasta un porcentaje de inclinación de 45 %, con suficiente capacidad de abastecimiento de humedad. (Samayoa, J. 2009).

El uso actual a que son sometidos los suelos donde está la plantación, es principalmente *Coffea arabica*, y *Macadamia integrifolia*, mientras que su uso potencial es forestal por el tipo de terreno que presenta la finca, aunque para fines de aporte económico los suelos están siendo bien utilizados. (Samayoa, J. 2009).

2.6 Precipitación

La precipitación pluvial media anual predominante para la finca Helvetia anda entre los 4,500 mm. (correspondiente al año 2,012), los cuales se distribuyen en los meses de abril hasta principios de noviembre, principalmente, ya que existen pequeñas lluvias que no son significativas en diciembre y enero, estos datos fueron recabados de la estación situada dentro de la finca. (Gramajo. 2013)

V OBJETIVOS

1. General.

Evaluación de tres programas de fungicidas y dos programas de fertilización para el control de *Hemileia vastatrix* en finca Helvetia, El Palmar, Quetzaltenango.

2. Específicos.

- Determinar la eficacia de programas de fertilización y controles químicos de *H. vastatrix* en las plantaciones de *C. arábica*, en cuanto a incidencia, severidad y producción por planta.
- Elaborar un análisis económico para determinar que programa de control es el más rentable, para aplicar en los cafetales tomando en cuenta la relación costo/beneficio en la producción.

VI HIPOTESIS

- Ha. Existe al menos un programa de fungicidas que presenta diferencias sobre el control de la incidencia, severidad de *H. vastatrix* y producción de grano por planta.
- Ha. Existe al menos un programa fertilización que presentara diferencias sobre el control de la incidencia, severidad de *H. vastatrix* y producción de grano por planta .
- Ha. Existe al menos un programa de fertilizantes que presenta diferencias sobre la producción de grano por planta.

VII. MATERIALES Y METODOS

7. Materiales y Equipo

1. Material vegetativo.

Las plantas utilizadas para la investigación fueron de la variedad Caturra, este material genético procede de una mutación del Borbón, es una planta de porte bajo, tronco grueso y ramificado e inflexible. Posee entre nudos muy cortos en las ramas y en el tallo lo que lo hace un alto productor. Es un arbusto de un aspecto general compacto y de mucho vigor. Es una variedad muy precoz y de alta producción por lo que requiere de un manejo adecuado. El rendimiento del grano fluctúa alrededor de las 4.25 libras por planta y la calidad de su bebida es buena. (ANACAFE, 2012)

2 Productos utilizados conformación de programas fitosanitarios.

Para el control de *H. vastatrix*, en esta investigación se utilizaron tres productos de diferente ingrediente activo, Alto 100, Duett y Silvacur los cuales son los más utilizados en el mercado nacional), que por su modo de acción son considerados sistémicos; de estos se realizaron combinaciones para poder establecer tres programas que puedan evaluarse en esta investigación.

Cuadro 13. Productos utilizados en el experimento para la conformación de programas de control de *H. vastatrix*

Nombre técnico	Nombre Comercial	Efecto
Epoxiconazole+Carbendazim	Duett 25 s.c.	Sistémico
Ciproconazole	Alto 100	Sistémico
Triazol	Silvacur	Sistémico

Fuente: Autor 2013

Tomando en cuenta la forma de acción de éstos productos, se hicieron combinaciones para poder formar algunos programas fitosanitarios en el control de la enfermedad antes mencionada, los cuales han sido recomendados por ANACAFE sin ninguna combinación (ANACAFE 2013).

Alto 100: Concentrado soluble (SL) que contiene 100 gramos de Ciproconazol por litro de producto comercial ALTO 10 SL es fungicida de amplio espectro de acción, perteneciente al grupo de los Triazoles, formulado como líquido soluble en agua.

Clasificado en el grupo de los fungicidas conocidos como inhibidores de la biosíntesis del ergosterol. ALTO 10 SL ha demostrado poseer una serie de propiedades sistemáticas que le permiten proporcionar un excelente control preventivo, curativo, dependiendo de la dosis aplicada sobre una amplia gama de hongos patógenos de los órdenes Ascomycetes, Basidiomycetes y Deuteromycetes.

Posee de buena a excelente eficacia para controlar diversas enfermedades, a concentraciones muy bajas de ingrediente activo por unidad de superficie. Tiene excelente actividad sistémica, especialmente en forma acropetal y una excepcional velocidad de penetración a través del follaje (aprox. 30 minutos). Tiene una eficacia más prolongada como fungicida que otros productos del grupo de los triazoles; 45 días sobre royas y 35 a 40 sobre mildius polvorientos.

Duett: Es un fungicida sistémico para el control de enfermedades foliares. DUETT es un fungicida de efecto preventivo, curativo y erradicante. La base del control de DUETT está en el epoxiconazole un triazol de la familia de los inhibidores del ergosterol (IBE) con acción sistémica, de larga residualidad. (Latorre,

El epoxiconazole tiene un sistema acropétalo (de abajo hacia arriba) que junto al carbendazim tiene una función del tubo germinativo del hongo de *H. vastatrix*. Es un fungicida del grupo de los Bencimidazoles, que permite disminuir el riesgo de desarrollo de resistencia a los fungicidas IBE (triazoles) y contribuye al control fúngico.

Silvacur: Es un fungicida sistémico de acción preventiva y curativa, que inhibe la biosíntesis del esteroles y ergosterol provocando un trastorno en las funciones de la membrana celular del patógeno. Tomando en cuenta la forma de acción de estos productos, además de contar con estudios efectuados por ANACAFE(2013), se comprobó el control que tienen estos productos aplicándolos de una forma no alterna, se hicieron combinaciones de los mismos para poder formar los programas fitosanitarios, los cuales se describen a continuación: (ANACAFE, 2013)

Cuadro 14. Programas fitosanitarios para el control *H. vastatrix*

	Primera aplicación	Segunda aplicación	Tercera aplicación.
Programa 1	Alto 10	Duett	Alto 10
Programa 2	Alto 10	Duett	Silvacur
Programa 3	Silvacur	Duett	Silvacur

Fuente: Autor 2013

2.1 Conformación de programas de fungicidas:

Los programas de aplicación de fungicidas fueron diseñados en tomando en cuenta que los tres productos son de la familia de los Azoles, los cuales controlan el crecimiento del hongo.

Alto 10 y Silvacur atacan al interferir en la síntesis del ergosterol en el hongo, dándose este estadio por lo general en la época seca. Duett contiene además carbendazim, un fungicida del grupo de los Bencimidazoles, que permite disminuir el riesgo de desarrollo de resistencia a los fungicidas IBE (triazoles) y contribuye al control fúngico al atacar al hongo en su fase de producción de esporas, haciéndolo más adecuada considerando la fecha en que se aplicará que es cuando el hongo comienza a desarrollar el tubo germinativo.

Como se menciona anteriormente, con los programas recomendados se propuso la alternancia de productos para evitar la resistencia del hongo

2.2 Conformación de programas nutricionales.

Como coadyuvante en el tratamiento químico de la roya, se conformaran tres programas nutricionales para las plantas de café expuestas a los tratamientos, estos estarán basados en aplicaciones de formulas químicas en diferentes fechas durante el tiempo que dure la investigación, a continuación se presentan los producto que se utilizaron como fuente de elementos nutricionales.

Otro aspecto relevante que se tomo en cuenta para la conformación fue un análisis de suelo que en el mes de Abril la administración de la finca mando a realizar al laboratorio de ANACAFE, como se demuestra en anexo 1. En base esta información, ANACAFE, recomendó la aplicación de productos nitrogenados y completos.

De parte de gerencia de la finca se mandaron a comprar los productos que fueron recomendados a razón de 3 onzas por planta de Urea; 15-15-15 y 20-20-0 de forma alterna y tomando en cuenta la fecha de aplicación, la cual también se dejo marcada en el calendario de actividades, tal como se indica en el siguiente cuadro

Cuadro 15. Productos utilizados como fuente de elementos nutricionales a razón de tres onzas por planta

Productos utilizados como fuente de elementos	Elementos disponibles	Cantidades propuestas	Presentación
Urea	Nitrogeno	al 46 %	Granular
20-20-00	Nitrogeno y fosforo	al 20 % correlativamente	Granular
15-15-15	N,P,K	al 15 % correlativamente	Granular

Fuente: Autor 2013

Con éstos productos se hicieron combinaciones para poder formar dos programas de fertilización que coadyuven en el control de la enfermedad antes mencionada. La finalidad de combinar estos productos y alternar fechas en la aplicación fue con el propósito de obtener diferentes alternativas que puedan en su momento recomendarse para cada uno de los productores de acuerdo a su situación económica en el manejo de la enfermedad. Las fechas de aplicación para cada uno de los programas se presentan a continuación:

Cuadro 16. Programas de fertilización.

	Primera aplicación: 1ra semana de Junio 2013	Segunda aplicación: 1ra semana de Agosto 2013
Programa 1	Urea	20-20-00
Programa 2	Urea	15-15-15

Fuente: Autor 2013

Los programas de fertilización anteriormente descritos fueron elaborados en base a un análisis de suelos realizados en los cafetales de finca Helvetia, tomando en cuenta además la disponibilidad de los productos a usar. El análisis usado para este fin se muestra en anexos.

Las aplicaciones de fertilizantes fue la primera semana a principios de Junio y la segunda a principios de Agosto respetando la programación que ya se tenía elaborada por la gerencia de la finca

7.5 Materiales Utilizados

- Recipientes plásticos
- Bombas aspersores de mochila con palanca accionada a mano.
- Adherente
- Fungicidas
- Dosificadores.
- Agua.
- Cintas de Nylon.
- Boletas de muestreo.
- Libreta de campo.
- Equipo de cómputo.
- Cámara fotográfica.

2.3 Factores a estudiar

En esta investigación se evaluaron conjuntamente dos factores: programas fitosanitarios y programas nutricionales, como se presenta a continuación:

Cuadro 17. Niveles del factor A (programas fitosanitarios) evaluados.

	Primera aplicación: Junio 2013	Segunda aplicación: Julio 2013	Tercera aplicación: Agosto 2013
Programa 1 (A1)	Alto 10	Duett	Alto 10
Programa 2 (A2)	Alto 10	Duett	Silvacur
Programa 3 (A3)	Silvacur	Duett	Silvacur
Programa 4 (A4)	Sin aplicación		

Fuente: El autor (2013)

Como se observa en el cuadro anterior, se evaluaron cuatro programas fitosanitarios (niveles del factor A), tres de ellos consistieron en la aplicación de fungicidas de forma alterna y el último programa fue el testigo absoluto, al cual no se le realizó ninguna aplicación de fungicidas

Como coadyuvante en el tratamiento químico de *H. vastarix*, se conformaron dos programas nutricionales para las plantas de café expuestas a los tratamientos; los cuales fueron basados en aplicaciones en diferentes fechas durante el tiempo que duró la investigación. A continuación se presentan los productos que se utilizaron como fuente de elementos nutricionales:

Cuadro 18. Niveles del factor B (programas nutricionales) evaluados

	Primera aplicación	Segunda aplicación
Programa 1 (B1)	Urea	20-20-00
Programa 2 (B2)	Urea	15-15-15
Programa 3 (B3)	Sin aplicación	

Fuente: El autor (2013)

Como se observa en el cuadro anterior, se evaluaron tres programas nutricionales, los cuales son los niveles del factor B. Los dos primeros programas contaron con la aplicación de urea, la cual se combinará con la En el cuadro siguiente, se presenta la combinación entre los distintos niveles de los factores evaluados y el número de tratamiento correspondiente. El programa 3, fue el testigo absoluto, al cual no se le realizó ninguna aplicación de fertilizante.

2.4 Tratamientos

Tomando en cuenta los niveles de cada factor, el número total de tratamientos a evaluados fueron los siguientes:

Cuadro 19. Numero de tratamientos a evaluar

No. Tratamientos = Niveles del factor A x Niveles del factor B
No. Tratamientos = 4 x 3 = 12 tratamientos.

Fuente: Autor (2013)

De el cuadro anterior se tuvo la siguiente conformación de los siguientes tratamientos

Cuadro 20. Tratamientos a evaluar en la investigación

Trat	Factor A (Programa fitosanitario)	Factor B . (Programa nutricional)
T1	Alto – Duett – Alto	Urea + 20-20-0
T2	Alto – Duett – Alto	Urea + 15-15-15
T3	Alto – Duett – Alto	Sin aplicación
T4	Alto – Duett – Silvacur	Urea + 20-20-0
T5	Alto – Duett – Silvacur	Urea + 15-15-15
T6	Alto – Duett – Silvacur	Sin aplicación
T7	Silvacur – Duett – Silvacur	Urea + 20-20-0
T8	Silvacur – Duett – Silvacur	Urea + 15-15-15
T9	Silvacur – Duett – Silvacur	Sin aplicación
T10	Si aplicación	Urea + 20-20-0
T11	Si aplicación	Urea + 15-15-15
T12	Si aplicación	Sin aplicación

Fuente: El autor (2013)

En el cuadro anterior se puede observar que en total se evaluaron 12 tratamientos los cuales se obtuvieron de la combinación entre los niveles de los factores evaluados, de modo que el tratamiento 1 (T1) corresponde a la aplicación alterna de los fungicidas Alto – Duett – Alto y la aplicación de urea + 20-20-0. Mientras que el tratamiento 12 (T12) correspondió al testigo absoluto al cual no se le realizaron aplicaciones de fungicidas ni de insecticidas.

2.5 Diseño experimental

Tomando en cuenta las condiciones del lugar donde se estableció el experimento, así como los factores evaluados y los niveles de cada uno, se utilizó un diseño en bloques al azar, con arreglo en parcelas divididas, donde la parcela grande estuvo constituida por el factor A, Programas Fitosanitarios y la parcela pequeña por el factor B, Programas nutricionales.

Por lo que de acuerdo al número de niveles de cada factor, se determinó el número de repeticiones necesarias, tomando en cuenta que los grados de libertad de la parcela pequeña deben ser mayores o iguales 12.

$$GL_{errorB} = a(b - 1)(r - 1)$$

$$GL_{errorB} = 4(3 - 1)(3 - 1)$$

$$GL_{errorB} = 16$$

De tal modo que se obtuvieron tres repeticiones o bloques (r) para que los grados de libertad del error B (parcela pequeña) fueran iguales a 16.

Dentro de cada uno de los bloques se establecieron las unidades experimentales, dentro de las cuales se llevo a cabo la aplicación de los distintos tratamientos evaluados y sus respectivas repeticiones.

2.6 Modelo estadístico

El modelo estadístico del diseño es el de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + (\alpha\rho)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta

μ = Media general

β_j = Efecto del j-esimo bloque

- α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A (Programas fitosanitarios)
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el j-ésimo bloque (Error A)
- ρ_k = Efecto del k-ésimo nivel del factor B (Programas nutricionales)
- $(\alpha\rho)_{ik}$ = Efecto debido a la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el k-ésimo nivel del factor B
- ε_{ijk} = Error experimental asociado a Y_{ijk} (Error B)

2.7 Unidad experimental

Las dimensiones generales de las unidades experimentales, de acuerdo a los distanciamientos de siembra del cultivo de café (2m x 1m), se observan en la figura siguiente.

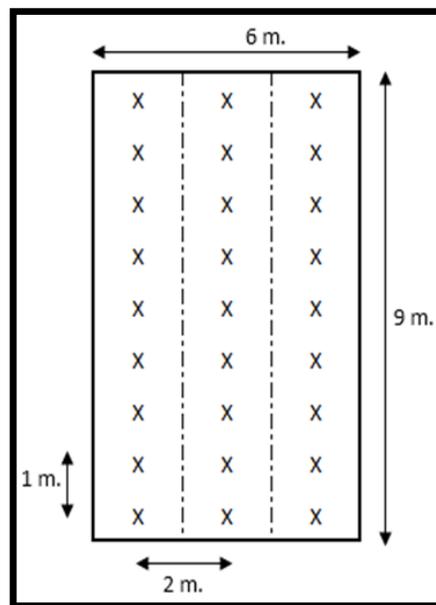


Figura 4. Dimensiones de las unidades experimentales.

Fuente: Autor (2013)

2.8 Croquis de campo

Tomando en cuenta las dimensiones de las unidades experimentales, y el número de repeticiones (bloques) se determinaron las dimensiones generales del área experimental, como se observa en la figura siguiente.

Figura 5. Dimensiones generales del área experimental

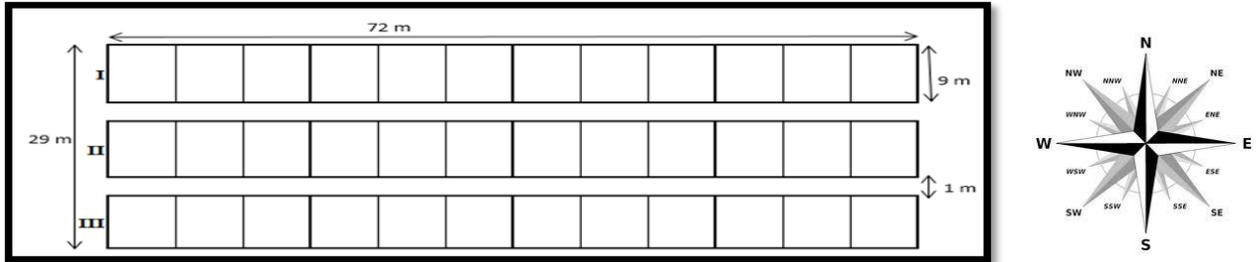


Figura 5. Dimensiones generales del área experimental

Fuente: Autor (2013)

Como se observa en la figura anterior, cada uno de los bloques tuvo 9 metros de ancho y 72 metros de largo, con un área de 648 metros cuadrados. Entre cada uno de los bloques se dejó un distanciamiento de 1 metro, por lo que las dimensiones generales del área del experimento serán de 29 metros de ancho y 72 metros de largo, con un área de 2,088 metros cuadrados.

Dentro de cada una de las unidades experimentales, se distribuyeron cada uno de los tratamientos a evaluar, de forma aleatoria, como se observa en la figura siguiente.

I	T1	T3	T2	T10	T11	T12	T9	T7	T8	T4	T6	T5
II	T12	T10	T11	T3	T1	T2	T6	T5	T4	T8	T9	T7
III	T10	T12	T11	T4	T6	T5	T3	T2	T1	T8	T7	T9

Figura 6. Distribución y aleatorización de tratamientos

Fuente: Autor (2013)

El trazo o establecimiento de los bloques se realizó de forma perpendicular a la pendiente del terreno. Así también, es importante indicar que se utilizó un arreglo en parcelas divididas, con la finalidad de facilitar la aplicación de los fungicidas a evaluar, ya que con este clase de arreglo, aquellos tratamientos con un mismo programa fitosanitario fueron agrupados y formaron lo que se denomina parcela grande, lo cual

como se indica anteriormente facilita el establecimiento del experimento y el posterior aplicación de fungicidas.

2.9 Manejo del experimento

El área donde se realizó la investigación tuvo el manejo que anualmente se le brinda, el cual consiste en control cultural de malezas, limpias químicas y manuales.

2.10 Variables respuestas

Las variables de respuesta fueron tres:

- Produccion
- Incidencia
- Severidad

2.11 Análisis de la información

El análisis de cada una de las variables a evaluar, se llevó a cabo por medio de un análisis de varianza (ANDEVA), para un diseño bloques al azar, con arreglo en parcelas divididas, utilizando para ello el programa estadístico llamado “paquete de diseños experimentales FAUANL”, versión 2.5 de la Universidad de Nuevo León, México.

Los datos de campo de cada una de las variables, fueron tabulados en hojas electrónicas del programa Microsoft Excel, tomando en cuenta los tratamientos y repeticiones, seguidamente, estos datos fueron copiados y pegados en un archivo de datos por medio del cual el programa estadístico realizó el análisis.

Por existir diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, se llevó a cabo una prueba de medias, al 5% de significancia, para determinar los mejores tratamientos. Esta prueba de medias se realizó en el mismo programa estadístico “Paquete de diseños experimentales FAUANL”

2.12 Determinación de incidencia

Para facilitar la interpretación de resultados se recomienda que las parcelas a muestreadas fueron numeradas y cada sección estuvo en un croquis correspondiente al área de estudio.

Por lo general para facilitar la labor del muestreo, los sitios se distribuyeron siguiendo la orientación de las parcelas por tener trazos rectos. (ANACAFE ,2013)

2.13 Colecta de muestras:

- se tomaron al azar 14 cafetos. Colectando un total de diez hojas igualmente al azar de la parte baja, media y alta de la planta sin tomar en cuenta los puntos cardinales.
- Se llevó una bolsa o morral para guardar las hojas extraídas de los cafetales correspondientes a cada sitio.
- Se separaron las hojas infectadas de las hojas sanas y el porcentaje de infección en el sitio se determina dividiendo el número de hojas infectadas entre el total de hojas de la muestra, multiplicado por cien.

La fórmula del porcentaje de infección por Roya (%IR) es:

$$\% IR = \frac{\text{Hojas infectadas por sitio} \times 100}{\text{Total hojas de muestra}}$$

Para recolectar la información para elaborar el porcentaje de incidencia, se tomaron los datos necesarios recomendados por ANACAFE. (ANACAFE, 2013).

2.14 Recursos utilizados:

Para la realización de las actividades de monitoreo de *H. vastatrix*, esta investigación tuvo la ayuda de dos jornaleros quien juntamente con el estudiante de EPS, efectuaron las recolecciones de las hojas en las parcelas a estudiar

2.15 Determinación de Severidad

Para determinar el porcentaje de severidad de la enfermedad de las plantas muestreadas, se realizó una comparación del área de la lámina foliar enferma con una escala de severidad propuesta por ANACAFÉ (2011). El porcentaje de severidad se basó en el área de la lámina foliar que se encontró a principios de mayo de 2013 y a finales del mes de Agosto que fué cuando termino la investigación. Se tomó una hoja de las que fueron tomadas al azar de cada bandola de la planta de café de la parcela neta marcada. Cada uno de los resultados obtenidos, fueron procesados con la formula que se presenta a continuación y define los daños de la epidemia de la roya.

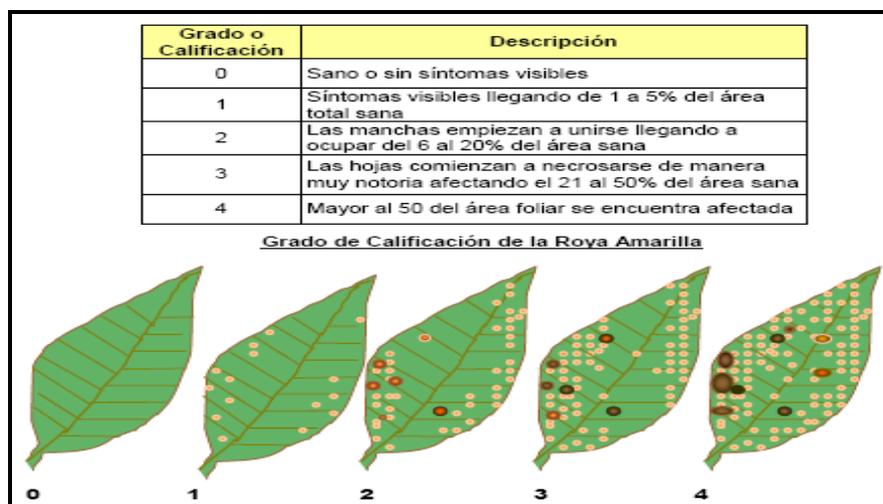


Figura 7. Escala de severidad por roya en el café
Fuente. SENASA (2003)

2.16 Manejo Agronómico en el experimento

El área donde se realizó la investigación tuvo el manejo normal que anualmente se le brinda, el cual consiste en control cultural de malezas, limpiezas químicas y manuales.

2.17 Control de malezas.

Para las parcelas experimentales se realizó el manejo de maleza de igual manera al que se realiza en toda la finca que consiste en el método manual con herramienta (machete).

Productos químicos se aplicaran en función de la existencia en la finca. En finca Helvetia se da el control manual como el principal método de control de malezas.

1.3. 2.18 Análisis económico

Para poder definir el plan de fungicidas que tienen mayor control sobre la enfermedad, hicimos el cálculo de cuanto producto se usó por manzana tanto en fungicidas como en fertilizantes. Para ello, determinamos la cantidad exacta aplicada en cada tratamiento y el costo de la misma.

Seguidamente y a través de las pruebas de covarianza se determinó el tratamiento más efectivo en función del control de incidencia, severidad y producción por planta. Al comprobar que los tres planes de fungicidas son iguales en función del control ejercido, se pudo recomendar el tratamiento que saliera más económico.

Para los fertilizantes que presentaron diferencia significativa en la producción también se hizo un cálculo de costo de aplicación por manzana y se detalló el peso

de grano que fue recolectada en cada planta.. Como la prueba de Covarianza dio diferencia significativa en la interacción con esta variable, se hizo una prueba de medias para determinar el tratamiento más efectivo en relación al costo.

Se realizó un análisis costo/beneficio sobre los tratamientos que tuvieron mayor porcentaje de rentabilidad al obtener el total de producto obtenido, quitar los costos totales de producción y por último relacionar el ingreso neto dentro de los costos de producción. De esa manera pudimos obtener cuales son los tratamientos que pueden ser puestos en marcha con la seguridad de obtener mayor porcentaje de rendimiento.

Para poder definir si los tratamientos propuestos en la investigación son diferentes estadísticamente y poder trabajar con ellos; se transformaron los datos obtenidos para poder utilizarlos en el análisis, y para ello se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Sen}^{-1} \sqrt{x/100}$$

También se hizo un análisis de prueba de medias de Tukey para determinar cuál de los tratamientos es estadísticamente diferente a los demás. En base a la información obtenida y determinando cuales son los tratamientos que nos interesan para los fines de este estudio, podremos aplicar el análisis económico para poder recomendar el mejor tratamiento en función del costo/beneficio.

VIII. PRESENTACIÓN Y DISCUSION DE RESULTADOS

7.1 Determinación de incidencia y severidad:

En la presente investigación se trabajaron dos factores que consistieron en fungicidas de manera alterna usados junto a planes de fertilización para determinar la forma en que podían incidir en la presencia de *H. vastatrix* en las plantaciones de finca Helvetia.

Para determinar la eficacia que pudieran tener estos controles, se tomaron las variables de incidencia y severidad. Se muestreo en cada mes en las cuales se fue determinando la infestación presente en el área de estudio. Por último se tomó el peso de granos que cada planta pudo desarrollar aun después del ataque de la enfermedad.

Para empezar con la toma de datos, se tuvo como referencia el muestreo de incidencia y severidad que se llevó a cabo en la finca Helvetia en el mes de Abril de 2013 para comenzar a determinar el control en la plantación y los cuales determinaron que la incidencia era del 30%. (Gramajo, 2013)

Como puede notarse, en la totalidad de las parcelas de la finca se encontró con una elevada presencia de la enfermedad. Si tomamos como referencia el umbral permitido como aceptable por ANACAFE que es de >5 por ciento, es clara la necesidad de aplicación de fungicidas para poder rescatar la plantación para la siguiente cosecha, esperando obtener una pequeña producción para este ciclo de cosecha.

1.1 Incidencia de *H. vastatrix* en el área de estudio:

La incidencia encontrada en el área de estudio, expresada como porcentaje en los meses de Junio, Julio y Agosto de 201, después de haber recibido diferentes tipos de control químico y de aplicación de fertilizantes se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 21. Comportamiento de la incidencia en el área de estudio.

# de Tratamiento	INCIDENCIA 1RA LECTURA JUNIO	INCIDENCIA 2DA LECTURA JULIO	INCIDENCIA 3RA LECTURA AGOSTO
T1	9.85	7.35	4.9
T2	8.43	6.57	4.65
T3	9.35	7.76	4.34
T4	8.5	7.41	4.64
T5	9.25	7.84	3.98
T6	8.95	6.65	4.72
T7	6.85	5.32	3.43
T8	7.93	6.83	3.54
T9	8.35	6.84	4.58
T10	12.35	9.25	7.53
T11	11.5	9.42	8.43
T12	14.64	9.1	7.37

Fuente: Autor (2013).

Puede observarse los diferentes porcentajes que se encontraron en el área de estudio durante el tiempo que duro la investigación, los cuales ya mostraban reducción comparados con el porcentaje encontrado al inicio. Puede notarse que la reducción de la enfermedad fue gradual en todos los tratamientos, a excepción de los tratamientos que no recibieron aplicación de fungicidas. Todos parcelas presentaban porcentaje de incidencia arriba del 5%msobrepasando los umbrales propuestos por ANACAFE.

En los resultados obtenidos en el segundo muestreo realizado en el mes de Julio, treinta días después de la aplicación de los productos, se puede notar la disminución más notoria en todas las parcelas estudiadas en donde podemos decir que todos los tratamientos que fueron utilizados son eficaces en el control de la enfermedad, en comparación al testigo el cual no tuvo aplicación de fungicidas ni de fertilizantes.

El porcentaje de reducción de la incidencia a través del tiempo de esta investigación se puede presentar gráficamente de la siguiente forma:

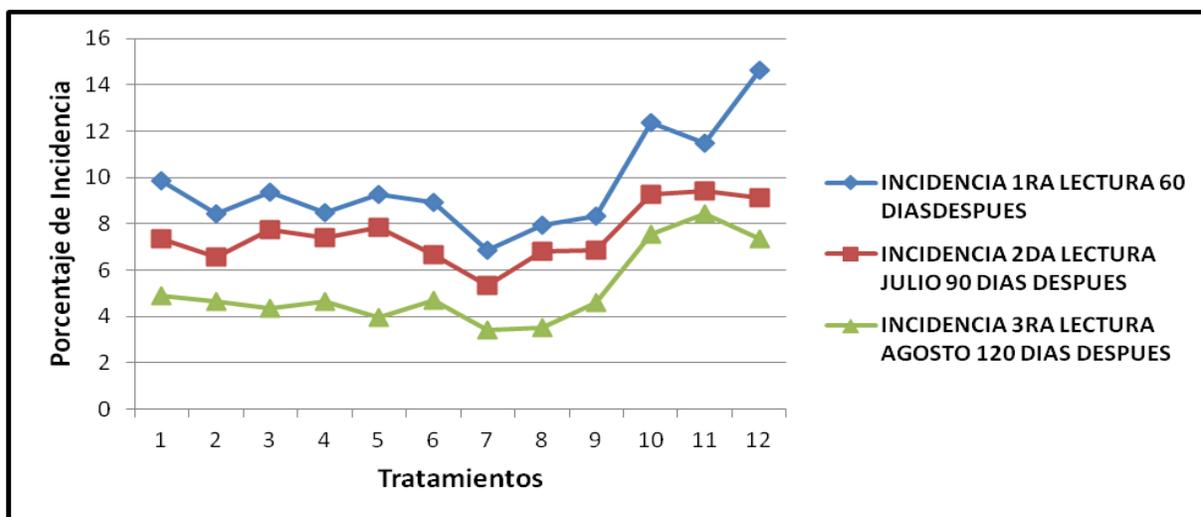


Figura 8. Reducción de Incidencia en los tres muestreos

Fuente: Autor (2013)

De acuerdo a los datos obtenidos de la incidencia de la enfermedad a través del recuento de las lecturas podemos notar que el tratamiento que mejor control tuvo sobre la enfermedad fue la interacción T1.

En base a los datos obtenidos, se hicieron análisis de covarianza para la incidencia y la severidad, para la producción se hizo un ANDEVA.

1.3 ANALISIS DE COVARIANZA PARA LA INCIDENCIA

VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV
INCIDENCIA	36		0.93 0.84	8.77

Cuadro 22. Análisis de Covarianza para la incidencia

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor		
Modelo.	253.91		20	12.7	10.14	<0.0001	
Covariable (incidencia L0)	2.02		1	2.02	1.61	0.2236	N.S.
Factor A	188.07		3	62.69	22.21	0.0012	**
BLOQUE	14.81		2	7.4	5.91	0.0128	N.S.
Factor A*BLOQUE	16.94		6	2.82	2.25	0.0945	
Factor B	9.23		2	4.61	3.68	0.05	*
Factor A*Factor B	9.59		6	1.6	1.28	0.3256	N.S.
Error	18.79		15	1.25			
Total	272.7		35				

Fuente: Autor (2013)

De acuerdo al análisis de covarianza de la variable incidencia de *H. vastatrix*, se acepta H_a y puede observarse que existe diferencia significativa entre los niveles del factor A (p -valor < 0.01), lo que indica que al menos uno de los programas fitosanitarios evaluados produce un distinto control sobre la incidencia de *H. vastatrix*. De similar manera, existe diferencia significativa entre niveles del factor B (p -valor < 0.05), lo que indica que al menos uno de los programas nutricionales evaluados produce un efecto distinto en el control sobre la incidencia de la enfermedad. Finalmente, no existe interacción entre ambos factores (p -valor > 0.05).

Por los datos obtenidos en el análisis de covarianza, se acepta la hipótesis de que el factor A (fungicidas) tiene incidencia en el control de la enfermedad ya que al menos un programa de los probados es diferente.

Se acepta las hipótesis de que el factor B (fertilizantes) tiene incidencia en el control de la incidencia de *H.vastatrix*. La interacción de los factores A y B no presentan ninguna diferencia en el control de la incidencia de *H. vastatrix*.

Podemos asegurar que cualquier fungicida que sea aplicado en la plantación va a tener un resultado positivo sobre la enfermedad, lo cual ayudará a recuperación de la plantación.

1.4 Prueba de Tukey

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en el Andeva anterior, se llevó a cabo la prueba de medias de Tukey, al 5% de significancia, con lo que se logró determinar la diferencia de los tratamientos del factor A y si alguno presentaba diferencia en el control de la enfermedad.

Factor A:

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.74193

Error: 2.8232 gl: 6

Cuadro 23. Prueba de Tukey para incidencia

Factor A	Medias	n	E.E.	Significancia	
Silvacur – Duett – Silvacu..	10.38	9	0.56	A	
Alto – Duett – Alto	11.76	9	0.56	A	
Alto – Duett – Silvacur	12.29	9	0.56	A	
Sin aplicación	16.6	9	0.57		B

Fuente: Autor (2013)

De acuerdo a la prueba de medias de tukey del factor A, se puede observar los tres programas fitosanitarios evaluados no son diferentes estadísticamente ya que la respuesta a los mismos no tuvo diferencia uno de otro..

Se nota que el plan que mejor resultado tuvo en el área de estudio fue la combinación Alto-Duett-Silvacur que fue el que mejor control tuvo sobre la incidencia.

Factor B:

Error: 1.2525 gl: 15

Cuadro 24.. Prueba de Tukey para factor B

Factor B	Medias	n	E.E.	Significancia	
Urea + 15-15-15	12.17	12	0.32	A	
Urea + 20-20-0	12.69	12	0.32	A	B
Sin aplicación	13.41	12	0.32		B

Autor: (2013)

Como puede verse en el resultado de pruebas de medias en función de los componentes de factor B (fertilizantes), se tienen bien definidos tres grupos que controlaron la enfermedad. Podemos notar que el primer grupo con contenia N - P y K fue el que presento mayor control tuvo sobre la enfermedad.

Podemos afirmar a través de la prueba de medias que los fertilizantes con presencia del elemento K fue que tuvo mayor control. Seguidamente viene el grupo de transición, en donde solo se tiene la presencia de N-P y se nota que el control sobre la enfermedad fue menor en comparación con el primero. Por último podemos asegurar que la no aplicación de fertilizantes tiene que ver con el aumento de la incidencia de *H. vastatrix* ya que las plantas que no recibieron fertilizaciones de ningún tipo, son las más vulnerables al daño.

1.5 SEVERIDAD DE *H. VASTATRIX* EN EL ÁREA DE ESTUDIO:

La severidad que se pudo monitorear durante la duración del estudio (Mayo-Julio 2013) estuvo marcada claramente por la disminución gradual que se logró en todos los tratamientos aplicados.

Comparando la lectura inicial de las plantaciones que se tuvo en el mes de Abril de 2013 que se encontraban en promedio de en un ataque de nivel cinco, el cual es el punto más alto que propone la escala propuesta por SENASA (2003)

.Los niveles de severidad que se encontraron en las tres lecturas en los tres diferentes bloques y en todos los tratamientos se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 25. Severidad de *H. vastatrix* en el área de investigación.

SEVERIDAD 1RA LECTURA 1-2 JUNIO	SEVERIDAD 2DA LECTURA 1-2 DE AGOSTO	SEVERIDAD 3RA LECTURA 1-2 SEPTIEMBRE
3	2	1
3	3	1
3	2	2
3	2	1
3	2	1
3	2	2
3	2	1
3	2	2
3	2	2
3	2	2
4	3	3
4	3	3
4	3	3

Fuente: Autor (2013)

En el muestreo inicial de la variable severidad los datos correspondientes al mes de Abril fueron los que sirvieron de referencia para comenzar a tomar lecturas de control de los fungicidas aplicados, en los cuales se observa un alto porcentaje de daño en las hojas de la plantación. Se puede definir lo necesario de una aplicación de control de la enfermedad ya que al no existir follaje, la planta tiende a no ser productiva por reducirse el área de fotosíntesis.

El porcentaje de control e la severidad de *H. vastatrix*, podemos verlo gráficamente en la siguiente figura:

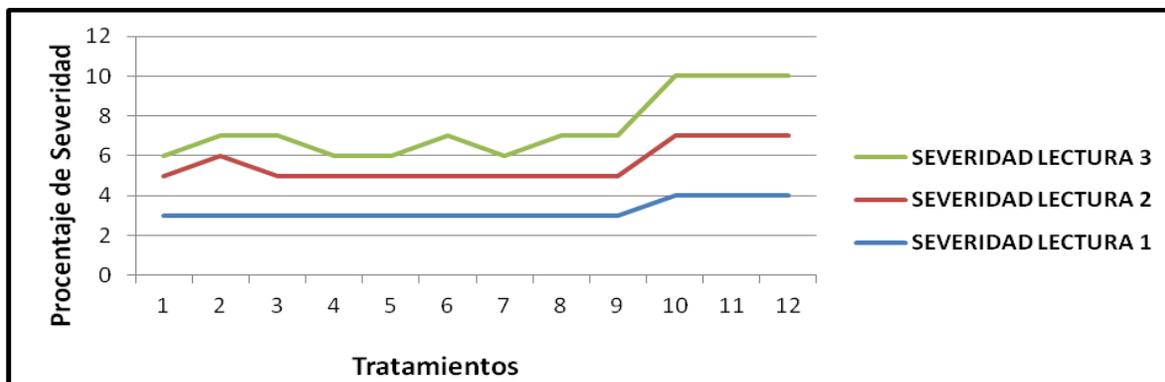


Figura 9. Reducción de Severidad

Fuente: Autor (2013)

Puede notarse el control que se obtuvo de la severidad dentro del área de estudio, especialmente en la tercera lectura que fue donde se obtuvo un mayor control, tomando en cuenta que esta lectura fue tomada 90 días después de haberse empezado a aplicar los productos de control.

En la gráfica podemos notar que los productos químicos utilizados especialmente en la interacción T1 tuvo un eficaz control de la misma en comparación del testigo que siguió presentando un nivel 3 de presencia y daño. Por ello y para comprobar si hubo alguna diferencia estadística entre los programas sobre la severidad, se realizó el análisis de covarianza.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Severidad L3_transf	36	0.84	0.63	12.91

Cuadro 26. Covarianza de severidad.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	2.86	20	0.14	3.93	0.0047	
Covariable (Severidad L0)	0.02	1	0.02	0.59	0.4541	N.S.
Factor A	2.22	3	0.74	22.51	0.0012	**
BLOQUE	0.04	2	0.02	0.59	0.5677	N.S.
Factor A*BLOQUE	0.2	6	0.03	0.91	0.5169	
Factor B	0.2	2	0.1	2.74	0.0968	N.S.
Factor A*Factor B	0.1	6	0.02	0.46	0.8257	N.S.
Error	0.54	15	0.04			
Total	3.4	35				

Fuente: Autor (2013)

Se puede determinar por los datos obtenidos en el cálculo de covarianza, que el único factor que tuvo un control sobre la severidad fue el factor A (fungicidas), presentando diferencia significativa, por ello se acepta la hipótesis alternativa donde al menos un programa de fungicidas es diferente en el control de la severidad.

Así mismo, se rechazan las hipótesis alternativas donde se tenía que al menos un programa del factor B (fertilizantes) y alguna interacción de los factores A y B pudieran tener sobre la severidad. Para determinar si existiera alguna diferencia estadística entre programas de fungicidas (factor A), los cuales controlan la severidad, realizamos la siguiente prueba de Tukey para comprobar la diferencia si es que existe.

1.6 Prueba de Tukey Severidad

Error: 0.0328 gl: 6

Cuadro 27. Prueba de Tukey para severidad.

Factor A	Medias	n	E.E.	Significancia	
Alto – Duett – Alto	1.26	9	0.06	A	
Silvacur – Duett – Silvacu..	1.36	9	0.06	A	
Alto – Duett – Silvacur	1.38	9	0.06	A	
Sin aplicación	1.9	9	0.06		B

Fuente: Autor (2013)

Se puede notar que no existe ninguna diferencia entre los programas de fungicidas para el control de la severidad. Se puede observar que el programa de control fue el conformado por Alto-Duett-Alto ya que fue el que mas control tuvo.

Asi mismo, queda comprobado estadísticamente que la aplicación de fungicidas tiene un efecto positivo de control sobre la enfermedad ya que al no aplicar la severidad tiende a seguir en un alto nivel de infestación en la plantación.

1.7 ANALISIS DE VARIANZA DE PRODUCCIÓN POR PLANTA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PRODUCCION PLANTA	36	0.91	0.8	16.75

Cuadro 28. Análisis de varianza de la producción

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	8.73	19	0.46	8.29	<0.0001	
Factor A	7.13	3	2.38	21.94	0.0012	**
BLOQUE	0.05	2	0.03	0.46	0.6417	N.S.
Factor A*BLOQUE	0.65	6	0.11	1.95	0.1333	
Factor B	0.6	2	0.3	5.45	0.0157	*
Factor A*Factor B	0.3	6	0.05	0.91	0.512	N.S.
Error	0.89	16	0.06			
Total	9.62	35				

Fuente: Autor (2013)

De acuerdo al análisis de varianza (Andeva) de la variable peso de café en uva por planta, se puede observar que existe diferencia altamente significativa entre los niveles del factor A (p-valor < 0.01), lo que indica que al menos uno de los programas fitosanitarios evaluados produce un distinto peso de café en uva por planta.

De similar manera, existe diferencia significativa entre niveles del factor B (p-valor < 0.05), lo que indica que al menos uno de los programas nutricionales evaluados produce un efecto distinto en el peso de cafe en uva por planta, por ello se

acepta la hipótesis que algún plan de fertilización es diferente en el peso de granos en uva.

Finalmente, no existe interacción entre factores A y B (p -valor > 0.05) y por ello se rechaza la hipótesis que al menos una interacción de fungicidas y fertilizantes es diferente en la producción en peso de granos de café en uva.

1.8 Pruebas de Tukey Producción

De acuerdo a la prueba de medias de tukey del factor A, se puede observar los tres programas fitosanitarios evaluados fueron los que produjeron los mayores peso de café por planta, siendo estos programas iguales estadísticamente.

El testigo, sin aplicación de fungicidas, produjo los menores pesos de café por planta, siendo diferente, estadísticamente a los programas con aplicación de fungicidas

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.53688

Cuadro 29. Prueba de Tukey para producción factor A

Factor A	Medias	n	E.E.		
Alto – Duett – Alto	1.8	9	0.11	A	
Silvacur – Duett – Silvacu..	1.66	9	0.11	A	
Alto – Duett – Silvacur	1.51	9	0.11	A	
Sin aplicación	0.66	9	0.11		B

Fuente Autor (2013)

Se demuestra a través de la prueba de Tukey para el factor A que no hay diferencia significativa entre los tratamientos ya que todos tienen una acción similar en la variable producción y por ello se rechaza la hipótesis.

Por haber tenido significancia en los pesos de granos de café, se hace una prueba de medias para determinar cual es el mejor sobre la misma.

Cuadro 30. Prueba de Tukey para producción factor B

Factor B	Medias	n	E.E.		
Urea + 15-15-15	1.56	12	0.07	A	
Urea + 20-20-0	1.42	12	0.07	A	B
Sin aplicación	1.24	12	0.07		B

Fuente: Autor (2013)

Como puede observarse, a través de la prueba de medias, el tratamiento que más tuvo que ver con la producción, fue el conformado con fertilizantes nitrogenados y compuestos. La presencia de K fue la diferencia en que más producción de granos hubiera. El segundo grupo de fertilizantes no tiene mayor influencia en la producción, por exceso de N.

1.9 COSTO DE APLICACIÓN

1.1 Dosis y productos usados

Los costos de aplicación en finca Helvetia fueron estandarizados para que lo único que cambiara fuera principalmente el costo del fungicida aplicado. Junto con el fungicida también se agregó a la mezcla un adherente para optimizar los resultados.

Cuadro 31. Dosis y productos usados

Alto 10 SL, 180 cc / manzana	(15 cc/bomba de mochila de 16 litros).
Adherente 200 cc/ manzana	(16.67 cc/bomba de mochila de 16 litros).
Duett 350 cc/manzana	(15 cc/bomba de mochila de 16 litros).
Adherente 200 cc/ manzana	(16.67 cc/bomba de mochila de 16 litros).
Silvacur 360 cc/manzana	(22.5 cc/bomba de mochila de 16 litros).
Adherente 200cc/manzana	(16.67 cc/bomba de mochila de 16 litros).

Fuente Autor (2013)

Independientemente del fungicida aplicado, en finca Helvetia se tiene contemplado trabajar por la modalidad que se conoce como tarea, la cual consiste en asignarle a cada trabajador un área determinada de 15 cuerdas de terreno y tiene que realizar ese trabajo en un día.

La cantidad devengada por tarea es de Q.50.00 el jornal (por día) y cada persona tiene que rendir o aplicar 15 cuerdas al día. Por lo general cuando se trabaja en áreas ya determinadas, se usan como promedio tres jornaleros más un caporal de campo que es el encargado de preparar la mezcla de productos y velar porque la aplicación sea efectuada de la mejor manera posible, tomando en cuenta que la cobertura debe ser la más apropiada para el máximo aprovechamiento de los productos en el combate de la enfermedad.

1.2 Costo de la aplicación

Para poder determinar los costos de aplicación, se tiene que tener el costo del fungicida, el costo del adherente más el costo de la mano de obra del trabajador, para ello se presenta el siguiente cuadro donde se toma el costo puesto en la finca:

Cuadro 32. Costo de aplicación por cada fungicida

Producto usado	Costo por litro	Costo/mz/mezcla
Alto 100 SL	Q 420.00	Q 76.00
Adherente	Q 125.00	Q 200.00
TOTAL		Q 276.00
Producto usado	Costo por litro	Costo/mz/mezcla
Duett	Q 380.00	Q 112.10
Adherente	Q125.00	Q 200.00
TOTAL		Q 312.10
Producto usado	Costo por litro	Costo/mz/mezcla
Silvacur	Q 380.00	Q 172.80
Adherente	Q125.00	Q 200.00
TOTAL		Q 380.00

Fuente: Autor (2013)

Los datos de los cuadros anteriores fueron tomados en base al precio de los productos puestos en finca al precio al día de la aplicación,

En base a los datos de producción y de los datos de control de *H. vastatrix* dentro del área de investigación, podemos decir que el uso de Alto 100 SL alternado con Duett es el plan de aplicación que funcionó mejor y es el más económico en la aplicación por unidad de área. En el caso de los fertilizantes se tuvo que los costos de producción fueron los siguientes:

Cuadro 33. Dosis y costo de fertilizantes por Mz.

PRODUCTO	DOSIS/Mz	COSTO/Mz
Urea	3 onzas por planta	Q 2,196.00
15-15-15	3 onzas por planta	Q 3,190.00
20-20-0	3 onzas por planta	Q 2,353.00

Fuente: Autor (2013)

Debido a los costos de aplicación y a los datos obtenidos en el análisis de covarianza se sugiere utilizar 15-15-15 ya que aunque sea más elevado el precio de compra y su aplicación a la larga tendremos más producción que como productor le interesa a la persona dueña de la finca.

Debemos de hacer mención que el uso de productos con elementos tales como K, P, Ma y Ca quedó pendiente en ésta investigación por la falta de insumos, motivado por la baja del precio del producto a nivel mundial.

1.10 Análisis de relación costo/beneficio

Para poder realizar la relación beneficio/costo de los tratamientos aplicados en la investigación que se llevó a cabo, se tuvo acceso al presupuesto general de producción de la finca Helvetia en donde se toman en cuenta todos los gastos que lleva la producción del café, el cual se presenta en anexos.

De este presupuesto general de costos se condensa la parte medular del mismo de una manera resumida para tener una mejor visión de los gastos que se realizan así como los estimados de producción, los cuales se presentan el siguiente cuadro:

Cuadro 34. Presupuesto de café en producción Finca Helvetia – 2013

1Resumen del presupuesto	Cosecha UVA Estimada (quintales)	9,000
	Indice de Conversión	5.25
	Cosecha Pergamino Estimado (quintales)	1,714
	Precio Venta Proyectado por quintal	Q829.13
	Total de Ingresos	Q1,421,365.71
	Costo Estimado por qq Pergamino	Q761.59
	Total Costos de producción	Q1,305,575.27
	Utilidad Bruta	Q115,790.44
	Margen de utilidad	8.15%

Fuente: Gramajo (2013)

Tomando como base los costos de producción arriba mencionados, se tomaron los promedios de producción de los doce tratamientos de los tres bloques en que estaba dividida el área de investigación sacándose un promedio de producción de las plantas que recibieron un tratamiento determinado.

Teniendo estos datos, se hizo el cálculo de producción por hectárea de café en uva de los cuales se obtuvieron los siguientes rendimientos y la ganancia bruta obtenida en cada uno de ellos tomando en cuenta el valor actual de venta, la cual se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 35. Producción en kg/Hc por tratamiento e ingreso bruto obtenido en cada uno de ellos

Trat	Factor A (Programa fitosanitario)	Factor B . (Programa nutricional)	qq/Hc	kg/Hc	Ingreso Bruto en Quetzales
T1	Alto – Duett – Alto	Urea + 20- 20-0	77.72	3303.1	46,632.00
T2	Alto – Duett – Alto	Urea + 15- 15-15	96.00	4080.2	57,600.00
T3	Alto – Duett – Alto	Sin aplicación	73.14	3108.7	43,884.00
T4	Alto – Duett – Silvacur	Urea + 20- 20-0	73.15	3108.8	43,890.00
T5	Alto – Duett – Silvacur	Urea + 15- 15-15	71.62	3043.9	42,972.00
T6	Alto – Duett – Silvacur	Sin aplicación	62.49	2655.9	37,494.00
T7	Silvacur – Duett – Silvacur	Urea + 20- 20-0	71.62	3043.9	42,972.00
T8	Silvacur – Duett – Silvacur	Urea + 15- 15-15	84.00	3570.2	50,400.00
T9	Silvacur – Duett – Silvacur	Sin aplicación	73.15	3108.8	43,890.00
T10	Sin aplicación	Urea + 20- 20-0	36.57	1554.2	21,942.00
T11	Sin aplicación	Urea + 15- 15-15	35.04	1489.4	21,024.00
T12	Sin aplicación	Sin aplicación	18.28	777.15	10,968.00

Fuente: Autor (2013)

Como puede observarse, los tratamientos T2 y T8 fueron los que reportaron mayor cantidad de producción y por lógica fuer donde se obtuvo más ingreso bruto obtenido. Los tratamientos donde menos se obtuvo producción fueron los que no recibieron ningún tipo de fungicida ni de fertilizantes.

Teniendo éstos datos, se hizo la relación costo/beneficio al relacionar los costos que tuvimos en cada tratamiento y los costos de producción:

Cuadro 36. Relación costo/beneficio de los 12 tratamientos evaluados de la Investigación

Trat	Factor A (Programa fitosanitario)	Factor B (Programa nutricional)	kg/Hc	Ingreso Bruto en Quetzales	Ingreso neto por tratamiento	Costo de aplicación Q x Hc	Relación Beneficio/Costo
T1	Alto – Duett – Alto	Urea + 20-20-0	3303.1	46606.74	38875.74	7731	5.02
T2	Alto – Duett – Alto	Urea + 15-15-15	4080.2	57572.79	48645.79	8,927	5.44
T3	Alto – Duett – Alto	Sin aplicación	3108.7	43864.22	42631.22	1233	34.57
T4	Alto – Duett – Silvapur	Urea + 20-20-0	3108.8	43866.22	35987.22	7879	4.56
T5	Alto – Duett – Silvapur	Urea + 15-15-15	3043.9	42950.72	33875.72	9075	3.73
T6	Alto – Duett – Silvapur	Sin aplicación	2655.9	37475.69	36094.68	1381	26.13
T7	Silvapur – Duett – Silvapur	Urea + 20-20-0	3043.9	42950.72	34923.72	8027	4.35
T8	Silvapur – Duett – Silvapur	Urea + 15-15-15	3570.2	50376.69	41153.69	9223	4.46
T9	Silvapur – Duett – Silvapur	Sin aplicación	3108.8	43866.22	42337.22	1529	27.68
T10	Sin aplicación	Urea + 20-20-0	1554.2	21930.11	15432.11	6498	2.37
T11	Sin aplicación	Urea + 15-15-15	1489.4	21016.60	13322.60	7694	1.73
T12	Sin aplicación	Sin aplicación	777.1	10966.05	10966.05	0	0

Fuente: Autor (2013)

Como puede observarse en el cuadro anterior; se presentan los datos obtenidos de la relación costo de aplicación entre beneficio obtenido en cada tratamiento. Se puede notar que los tratamientos más efectivos en función de la producción fueron el tratamiento T3, T5 y T9; en los cuales se pudo incrementar la producción por planta y de hecho la rentabilidad fue mayor.

Se hace la observación que los datos presentados en el cuadro anterior fueron obtenidos de la plantación en recuperación de la enfermedad por ello, es de importancia tener en cuenta las aplicaciones de fungicidas y fertilizantes ya que si se logró obtener estas cantidades en plantas en recuperación, podemos proyectar un

mejor rendimiento en los próximos ciclos de cultivo en base a que la planta estará en mejor estado físico y nutricional, incrementando la cantidad de grano recolectado.

La caída internacional de los precios del café también es una limitante actual en la aplicación de fertilizantes y fungicidas porque disminuye la rentabilidad al momento de vender el producto ya que el precio de venta se encuentra bajo lográndose apenas un corto margen de ganancia.

Al tener una plan de aplicación de fungicidas y fertilizantes bien definido y establecido en las plantaciones se puede llegar a disminuir la inversión que año con año se tiene que hacer en la misma, porque no es lo mismo comenzar a recuperar una plantación enferma a que la plantación esté balanceada y más resistente a que las enfermedades e insectos afecten su producción.

IX CONCLUSIONES

1. El índice de incidencia estaba alrededor del 30% en las plantaciones de finca Helvetia, determinándose que eran altos, tomando como referencia el umbral que define ANACAFE que es de 5% y es la base para tomar la decisión de aplicar un programa de control.
2. La producción se vio incrementada en un porcentaje mayor en los tratamientos que solo tenían fungicidas sin aplicación de ningún tipo de fertilizante tal fue el caso de los tratamientos T3, T6 y T9..
3. Desde el primer muestreo que se obtuvo del área de estudio 30 días después de la primera aplicación, se observó que tanto la incidencia como la severidad fueron disminuyendo en un porcentaje del 3% en cada muestreo.
4. De acuerdo a los resultados obtenidos en el Análisis de Varianza de los productos en el control de incidencia y severidad, se refleja diferencia significativa principalmente cuando se usa la combinación Silvacur-Duett-Silvacur ya que este tratamiento fue con el que mejor resultado se obtuvo.
5. Los planes de fertilización estadísticamente no tuvieron una función determinante en el control de la enfermedad, ya que no demostraron diferencia significativa en este caso.
6. Se tuvo una acción de los fertilizantes en el peso de grano obtenido en cada planta; especialmente en las parcelas que fueron tratadas con 15-15-15.
7. De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de Covarianza, tanto para el control de la incidencia y la severidad de *H. vastatrix*, se nota que los fungicidas y fertilizantes no tienen ningún efecto coadyuvante entre los mismos en el control de la enfermedad.

8. Se tuvo un control del daño en el follaje de la plantación, lo cual tuvo como resultado que no se perdieran hojas logrando obtener algo de producción para este año, pero especialmente se protegió y preparó la plantación para los siguientes ciclos de cosecha de los próximos años.

X RECOMENDACIONES

1. En base a la investigación efectuada se recomienda el uso de fungicidas y fertilizantes ya que se demostró que contribuyen a la recuperación y mantenimiento de la plantación y al incremento de la producción en los siguientes ciclos de producción.
2. En el caso de finca Helvetia, se recomienda hacer aplicaciones solo de fungicidas en la plantación, tomando en cuenta a que el precio internacional del grano está muy bajo y rentablemente no es recomendable su aplicación.
3. El caficultor que quiera llevar un buen programa de fertilización y de aplicación de fungicidas debe basarse en experimentos exhaustivos locales o que se refieran a trabajos realizados en el área geográfica primero, y de acuerdo con las condiciones edafológicas, climáticas y ecosistémicas presentes en el lugar de aplicación.
4. Como una alternativa en la disminución de costos de mantenimiento de la plantación se recomienda el uso de variedades resistentes a enfermedades y a insectos con los que se logrará un mayor control a un precio más bajo.
5. Realizar más investigaciones con respecto al tema, junto con la variable producción, abarcando más tiempo y que refleje las diferencias entre tener una plantación bien protegida y otra de no tener ningún método de control o convivencia con el patógeno.
6. Es de vital importancia para desarrollar e implementar planes de fertilización en plantaciones, basarse no solo en los exámenes de suelo sino también ejecutar un análisis foliar de las plantas para tener una mejor visión de cuales productos pueden tener mayor incidencia en la misma.

XI BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, G. 1985. Fitopatología. Mexico, D.F. Edit. Limusa S. A. de C.V p 661-707.
2. ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café) 2003. Manual de caficultura. Edición 2003. Guatemala, Gt.
3. _____ (Asociación Nacional del Café). 2006. Manual de caficultura. Edición 2006. Guatemala, Gt.
4. _____ (Asociación Nacional del Café) 2012. Manual de caficultura. Edición 2006. Guatemala, Gt.
5. _____ (Asociación Nacional del Café) 2013 Manual de caficultura. Edición 2006. Guatemala, Gt.
6. Barquero Miranda, M. 1991. Recomendaciones para el Combate de la Roya del Cafeto. 3era ed. San José, C.R. ICAFE.
7. Cadena G., G. 1982. Diseminación de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. In: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Taller de Roya del Cafeto H. *Vastatrix*, Chinchina, Col. Centro Nacional de Investigaciones de Café. CENICAFE.
8. Carvajal, J.F. 1984. Cafeto: Cultivo y Fertilización. 2da ed. Quito, Ecuador. Instituto Internacional de la Potasa. 254 p.
9. Cronquist, A. 1981. Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University.
10. Cruz, J.R. de la. 1975. Clasificación de zonas de vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge. Guatemala, Gt. INAFOR.
11. Dirección General de Sanidad Vegetal. Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. 2013. Sistema nacional de vigilancia epidemiológica fitosanitaria en *Hemileia*. México, DF.

12. Federación Nacional de Cafeteros, 1988. Tecnología del Cultivo del Café. Manizales, Col. Litografía Cafetera LTDA. 404 p.
13. García, J. 2013. Historia de la finca Helvetia y generalidades de la misma (entrevista). Trabajador más antiguo de la finca .El Palmar Quetzaltenango, Gt.
14. Gramajo, H. 2013. Organización de la finca Helvetia (Entrevista). Administrador General de la finca Helvetia. El Palmar. Quetzaltenango, Gt.
15. Gramajo, H. 2010. Levantado geográfico realizado en finca Helvetia para localización de puntos de trabajo. Administración General de la finca Helvetia. El Palmar. Quetzaltenango, Gt.
16. Holdridge, L. 1,982. Ecología basada en zonas de vida. Tr. Humberto Jiménez Saa. San José, C.R., IICA.
17. INE (Instituto Nacional de Estadística). 2000. Cartografía para la realización del Censo Nacional Agropecuario. Guatemala, Gt.
18. INSIVUMEH (Instituto de Sismología, Vulcanología, Metereología e Hidrología) 2,006. Zonas climáticas de Guatemala. (en línea)gt. Consultado el 10/05/ 2013.
19. Kranz, J. 1994. Vigilancia y pronóstico en la protección vegetal. Tr. Becker, Rateriak; Maria Teresa Medina; Maria Marta Schong. República Federal de Alemania. Centro de Fomento de la Alimentación y la Agricultura.
20. LaTorre, B. 1989. Fungicidas y nematicidas, avances y aplicabilidad. Colección en Agricultura. Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía.
21. Malavolta, E. 1986. Nutricio adubacao e calagen para cafeeiro. En: Cultura de cafeeiro. Ed. Por M.G. Pocos de Caldas, Paracibaba, Brasil. Associacao Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato. p. 165-274.

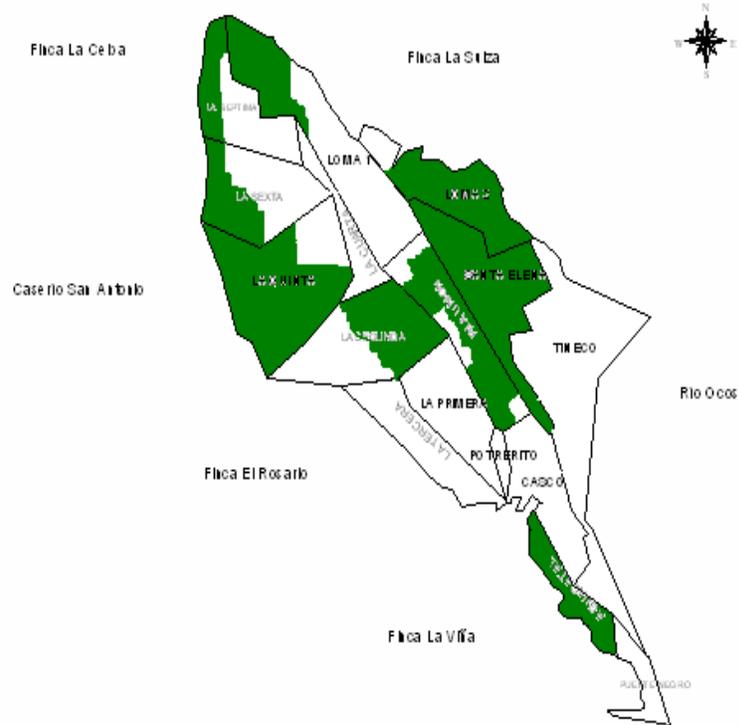
22. Manual del Cafetero Colombiano. 1984. Mejoras para el Cultivo del Café. Manizales, Col.. Federación Nacional de Cafeteros. 404 p.
23. Olivares Sáenz, E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. UANL. Marín, N. L. Mx. UANL. Facultad de Agronomía. Versión 2.5.
24. Palma, M.R. 1991. Estimación de los requerimientos de fertilización del café (*Coffea arabica* L.) a partir del diagnóstico químico del suelo. XIV Simposio de Caficultura Latino Americana, Mesa de Trabajo: Suelos, Fisiología y Beneficiado. Panamá. PROMECAFÉ.
25. PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central) 2005. Manual de métodos sencillos para estimar erosión hídrica. Managua, Nicaragua.
26. Rivera Restrepo, J. 1994. Teoría de la Trofobiosis. Correo Cali, Col. Consultor internacional en agricultura orgánica para América Latina y El Caribe.
27. Samayoa, J. 2009. Suelos de la comunidad Nueva Alianza. Técnico de AGEXPRONT. Comunidad Nueva Alianza, El Palmar, Quetzaltenango, Gt.


Vo. Bo. Licda. Ana Teresa de González
Biblioteca



IX ANEXOS

Mapa Localización de Cultivos en Finca Helvetia
El Palmar, Quetzaltenango, Enero 2,008
Cultivo: Café en Producción 2,007



Escala: 1:26146

<u>Descripción</u>	<u>Secciones</u>	<u>No. de Cuerdas</u>
 Café en Producción 2,007	La Septima	130
	La Sexta	400
	La Quinta	605
	La Segunda	250
	Aguacatal	137
	Loma 1	300
	Pila Union	381
	Santa Elena	467
	Loma 2	412

Propietario: J.I. Cohen
 Elaborado Por: Ing. Ernesto López
 Fuente: Administrador Ing. Hector Gramajo



Mazatenango, 18 de Noviembre 2013

Ing. Agr. Msc. Erick Alexander España
Coordinador de la Carrera de Agronomía Trópic
Centro Universitario de Sur Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted deseándole éxitos en las labores diarias que desempeña día con día.

El motivo de la presente es para proponer como trabajo de graduación el Informe Final de Investigación Inferencial elaborado por el estudiante T:P:A: EDWIN LAWRENSE MADRIGALES ROJAS, carné 9030650; titulado: **"Evaluación de tres programas de fungicidas y dos programas de fertilización para el control de *Hemileia vastatrix* en finca Helvetia, El Palmar, Quetzaltenango"**; el cual cumple cumple con los requisitos establecidos por la carrera de Agronomía Trópic, habiendo hecho previo todas las correcciones correspondientes para su aprobación.

Atentamente:

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Martín Salvador Sánchez



Mazatenango, 18 de Noviembre 2013

Licenciado
José Alberto Chuga Escobar
Director Centro Universitario de Sur Occidente

Atentamente me dirijo a usted deseándole éxitos en sus labores diarias.

La presente es para informarle que he revisado el informe Final de Investigación Inferencial, elaborado por el estudiante **T.P.A. EDWIN LAWRENSE MADRIGALES ROJAS**, carné: **9030650**; titulado **“Evaluación de tres programas de fungicidas y dos programas de fertilización para el control de *Hemilia vastatrix* en finca Helvetia, El Palmar, Quetzaltenango”**.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Trópica, hago constar que el estudiante Edwin Lawrence Madrigales Rojas, ha cumplido con el normativo del trabajo de graduación, razón por la cual someto a consideración el documento para que continúe con el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Agr. Msc. Erick Alexander España
Coordinador de la Carrera de Agronomía Trópica

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Sur Occidente
AGRONOMÍA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CUNSUROC/USAC-I-51-2013

DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE, Mazatenango,
Suchitepéquez, veintiuno de noviembre de dos mil trece.-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE
AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:
"EVALUACIÓN DE TRES PROGRAMAS DE FUNGICIDAS Y DOS
PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN PARA EL CONTROL DE *Hemileia*
vastratrix EN FINCA HELVETIA, EL PALMAR, QUETZALTENANGO", del
estudiante: T.P.A. Edwin Lawrence Madrigales Rojas, carné **9030650** de la carrera
Ingeniería en Agronomía Tropical.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


LIC. JOSÉ ALBERTO CHUGA ESCOBAR
DIRECTOR



/gris