



**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA –CONCYT-
SECRETARIA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA –SENACYT-
FONDO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA –FONACYT-
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE –CUNORI-**

INFORME FINAL

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS QUIMICAS Y BIOLÓGICAS PARA EL
MANEJO DE LA ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*), EN EL MUNICIPIO
DE OLOPA Y ESQUIPULAS, CHIQUMULA.**

PROYECTO FODECYT 050-2013

**MSc. RODOLFO AUGUSTO CHICAS SOTO
Investigador Principal**

GUATEMALA OCTUBRE DEL 2015



AGRADECIMIENTOS:

La realización de este trabajo, ha sido posible gracias al apoyo financiero dentro del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, -FONACYT-, otorgado por La Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología -SENACYT- y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONCYT-; y autorizado por el proyecto FODECYT 050-2013.

INDICE GENERAL

Contenido	Página	
INDICE GENERAL	i	
INDICE DE CUADROS	ii	
INDICE DE GRAFICAS	iii	
INDICE DE FIDURAS	iv	
RESUMEN	v	
SUMARY	vi	
PARTE I		
I.1	INTRODUCCIÓN	01
I.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	04
I.2.1	Antecedentes en Guatemala	05
I.2.2	Justificación del trabajo de investigación	06
I.3	OBJETIVOS	08
I.3.1	Objetivo general	08
I.3.2	Objetivos específicos	08
I.4	METODOLOGÍA	09
I.4.1	Características del área de estudio	09
I.4.2	Ubicación y descripción del área de experimental	09
I.4.3	Características Biofísicas del área de estudio	10
I.4.4	Descripción de la Metodología	13
I.4.5	Difusión de Resultados	18
PARTE II		
II.	MARCO TEÓRICO	19
II.1	Enfermedad y Planta Enferma	19
II.2	Roya del Café	19
II.3	Origen de la Roya del Café	19
II.4	Mapa de Expansión de la Roya del Café	20
II.5	Ciclo de Vida de la Roya	21
II.6	Medios de Control	21
II.7	Propiedades Físicas del Suelo	22
II.8	Coeficientes Hídricos	25
II.9	Propiedades Químicas del Suelo	27
II.10	Propiedades Biológicas del Suelo	28

	PARTE III	
III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
III.1.	Evaluación de la Eficiencia de Renova, Sulfocalcio y Opera	30
III.1.1.	Respuesta de la aplicación de los tratamientos sobre la infección de Roya en las plantas de café.	30
III.1.2	Localidad del municipio de Esquipulas	30
III.1.3	Localidad del municipio de Olopa	37
III.2	Resultados de los diferentes parámetros del suelo que permitieron Estimar el efecto de Renova	45
III.3	Determinación de la influencia que ejerce la capacidad de Retención de humedad del suelo en la supervivencia del hongo	64
III.4	Plan de Manejo viable en las plantaciones de café	67
	PARTE IV	
IV. 1.	CONCLUSIONES	73
IV.2.	RECOMENDACIONES	75
IV.3.	BIBLIOGRAFÍA	76
IV.4.	ANEXOS	78
	PARTE V	
V.	INFORME FINANCIERO	87

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Pag.
1	Descripción de los tratamientos a evaluar	14
2	Distribución de diferentes poros en suelos de tres clases texturales.	25
3	Capacidad de campo, punto de marchitez y agua disponible en suelos de diferentes clases texturales.	27
4	Resultados promedio del índice de infección de roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) en las plantas de café en la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.	31
5	Análisis de varianza para índice de infección de la roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) de café en el primer monitoreo en la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.	32
6	Análisis de varianza para índice de infección de la roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) de café en el segundo monitoreo en la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.	33
7	Pruebas de medias de Tukey para índice de infección de la roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) de café en el segundo monitoreo en la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.	33
8	Análisis de varianza para índice de infección de la roya de café (<i>Hemileia vastatrix</i>) en el tercer monitoreo en la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.	35
9	Pruebas de medias de Tukey para índice de infección de la roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) de café en el tercer monitoreo en la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.	35
10	Resultados promedio de índice de infección de roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) en las plantas de café correspondiente a los tres monitoreos en la parte alta y baja de la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.	37
11	Resultados promedio del índice de infección de roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) en las plantas de café en la localidad del municipio Olopa, Chiquimula, 2014.	39
12	Análisis de varianza para índice de infección de la roya de café (<i>Hemileia vastatrix</i>) en el primer monitoreo en la localidad de municipio de Olopa, Chiquimula, 2014.	39

13	Pruebas de medias de Tukey para índice de infección de la roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) de café en el segundo monitoreo en la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.	39
14	Análisis de varianza para índice de infección de la roya de café (<i>Hemileia vastatrix</i>) en el segundo monitoreo en la localidad de municipio de Olopa, Chiquimula, 2014.	40
15	Pruebas de medias de Tukey para índice de infección de la roya de café (<i>Hemileia vastatrix</i>) en el segundo monitoreo en la localidad del municipio de Olopa, Chiquimula, 2014.	41
16	Análisis de varianza para índice de infección de la roya de café en el tercer monitoreo en la localidad del municipio de Olopa, Chiquimula, 2014.	42
17	Pruebas de medias de Tukey para índice de infección de la roya de café (<i>Hemileia vastatrix</i>) en el tercer monitoreo en la localidad del municipio de Olopa, Chiquimula, 2014.	42
18	Resultados promedio de índice de infección de roya en las plantas de café (<i>Hemileia vastatrix</i>) correspondiente a los tres monitoreos en la parte alta y baja de la localidad de Olopa, Chiquimula, 2014.	43
19	Resultados de textura del suelo correspondiente al primer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.	45
20	Resultados de textura del suelo correspondiente al segundo muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.	46
21	Resultados de textura del suelo correspondiente al tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.	47
22	Resultados de textura del suelo correspondiente al primer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.	48
23	Resultados de textura del suelo correspondiente al segundo muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.	48

24	Resultado de textura del suelo correspondiente al tercer muestreo en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014	48
25	Resultados de densidad aparente del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.	49
26	Resultados de densidad aparente del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.	51
27	Resultados del espacio poroso del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.	51
28	Resultados del espacio poroso del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.	51
29	Resultados de pH del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.	52
30	Resultados de pH del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.	53
31	Resultados de fosforo del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.	54
32	Resultados de fosforo del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.	55
33	Resultados de potasio del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.	56
34	Resultados de potasio del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.	57

35	Resultados de calcio del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.	58
36	Resultados de calcio del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.	59
37	Resultados de magnesio del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.	60
38	Resultados de magnesio del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.	61
39	Resultados de materia orgánica del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.	62
40	Resultados de materia orgánica del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.	62
41	Resultados de conductividad eléctrica del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.	63
42	Resultados de conductividad eléctrica del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.	64
43	Resultados de la capacidad de retención de humedad del suelo en las localidades del municipio de Esquipulas y Olopa, Chiquimula 2014.	66

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica	Contenido	Pag.
1	Comportamiento del índice de infección de la roya del café (<i>Hemileia vastatrix</i>), en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, 2014.	36
2	Comportamiento del índice de infección de la roya del café (<i>Hemileia vastatrix</i>), en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, 2014.	44

INDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Pag.
1	Zonas de vida del municipio de Esquipulas	12
2	Distribución de la roya del café en América Central	20
3	Expansión de la roya en América Central	20
4	Ciclo de la roya del café	21
5	Curvas de retención de humedad del suelo	26
6	El pH y disponibilidad de nutriente en el suelo	28
7	Curva del desarrollo de la roya a 2,600 y 3,000 pies de altura y su Interrelación de la lluvia	69
8	Programa de control químico de la roya	70

RESUMEN

La roya del café (Hemileia vastatrix) es un hongo que tiene la característica que su reproducción en ambientes adecuados es bastante dinámica, lo cual puede representar la pérdida de las plantaciones en el corto tiempo. El año 2012 representó una etapa dramática en cuanto a la supervivencia del café en varias regiones del país; en el departamento de Chiquimula, los municipios más afectados fueron Esquipulas y Olopa, en donde se encuentra un buen número de pequeños productores de café con variedades susceptibles a la roya como el caso de la variedad catuaí. El hongo de la roya amenaza con empobrecer aún más a las pequeñas comunidades rurales de Guatemala, en donde la mayoría de sus habitantes depende casi en su totalidad del café, el cual es uno de los más importantes productos agrícolas de exportación del país.

La asociación nacional del café, ANACAFE, ha sugerido algunas alternativas para contrarrestar el daño producido por la enfermedad, las recomendaciones van desde la regulación de la sombra hasta la sustitución de variedades. Es importante entender que existe la necesidad de evaluar diversas alternativas que nos permitan reducir los daños en los cafetales y recobrar la capacidad productiva de los mismos. En esta oportunidad se evaluó un producto biológico conocido con el nombre de Renova, el cual tiene en su constitución la presencia de cuatro especies de bacterias y un catalizador, este producto mejora las características físicas y químicas del suelo, el cual al ser mezclado con una fuente de azúcar puede destruir la membrana plasmática de las esporas del hongo causando su muerte inmediata. Así mismo se utilizó el sulfocalcio, el cual es un caldo mineral elaborado a base de azufre, cal viva o apagada y agua en ebullición o hervida. La mezcla de estos ingredientes le confiere al sulfocalcio propiedades fungicidas, insecticidas, acaricidas y aportes nutricionales comprobados en cultivos de hortalizas, granos básicos y frutales. La tercera alternativa la constituye el fungicida Opera, el cual es ampliamente utilizado por los caficultores del área, su ingrediente activo es el Pyraclostrobin + Epoxiconazole y su formulación está catalogada como una suspoemulsión.

El presente trabajo tuvo la finalidad de crear herramientas e información más específica para la zona de estudio y principalmente sobre el manejo adecuado de los cafetales, para contrarrestar la destrucción ocasionada por el hongo (*Hemileia vastatrix*), la cual será de utilidad para los agricultores, en el control de la enfermedad. La investigación se desarrolló en las plantaciones de café de los municipios de Esquipulas y Olopa, lo cual abarca una población total de 85,538 habitantes.

Para la ejecución de dicho proyecto se plantearon dos fases: la primera referida hacia la determinación del efecto causado por los productos evaluados, en cuanto al control que ejercen en la destrucción de la enfermedad y la segunda fase referida a la influencia producida por la capacidad de retención de humedad en la sobrevivencia de las esporas del hongo.

Para cada una de ellas se presentaron metodologías específicas de acuerdo a los objetivos planteados. El impacto de la investigación es positivo, ya que generara mayor información para formular propuestas de manejo más eficientes en el control de la roya del café.

Palabras Claves: Roya, Renova, Caldo mineral sulfocalcio, Fungicida, manejo.

SUMMARY

Coffee rust (*Hemileia vastatrix*) is a fungus that has the property that its reproduction in suitable environments is quite dynamic, which may represent the loss of plantations in the short time. The year 2012 represented a dramatic step in terms of the survival of coffee in several regions; in the department of Chiquimula, the most affected municipalities were Esquipulas and Olopa, where you will find a number of small coffee producers susceptible to rust as the case catuaí varieties variety. The rust fungus threatens to further impoverish small rural communities in Guatemala, where the majority of its inhabitants depends almost entirely of coffee, which is one of the most important agricultural exports of the country.

The National Coffee Association, ANACAFE has suggested some alternatives to counteract the damage caused by the disease, the recommendations ranging from the regulation of the shadow until replacement of varieties. It is important to understand that there is a need to evaluate various alternatives that allow us to reduce damage to the coffee and regain productive capacity thereof. This time a biological product known as Renova, which has in its constitution the presence of four species of bacteria and a catalyst was evaluated, this product improves the physical and chemical characteristics of the soil, which when mixed with a source of sugar can destroy the plasma membrane of the spores of the fungus causing immediate death.

Also sulfocalcio is utilizado, which is a mineral broth made from sulfur, lime or off and boiling water or boiled. The mixture of these ingredients gives the properties sulfocalcio fungicides, insecticides, acaricides and proven nutritional intake in vegetable crops, basic grains and fruit. The third alternative is the Opera fungicide, which is widely used by farmers in the area, its active ingredient pyraclostrobin + Epoxiconazole and its formulation is cataloged as a suspoemulsion.

This work was intended to create tools and more specific information for the study area and mainly on the proper handling of coffee to counteract the destruction caused by the fungus (*Hemileia vastatrix*), which will be useful for farmers in the disease control.

The research was conducted in coffee plantations in the municipalities of Esquipulas and Olopa, which covers a total population of 85.538 inhabitants. The first relating to the determination of the effect caused by the products evaluated as to their control in the destruction of the disease and the second phase refers to the influence produced by the capacity: For the implementation of the project two phases were raised moisture retention in the survival of the fungus spores.

For each specific methodologies according to the objectives are presented. The research impact is positive, since generate more information for formulating proposals for more efficient management in controlling coffee rust.

Keywords: Roya, Renova, mineral broth sulfocalcio, Fungicide, management.

PARTE I

I.1 INTRODUCCIÓN

La producción de café es de trascendental importancia para Guatemala, es uno de los principales productos de exportación y el aporte de divisas al país por conceptos de exportaciones lo ubica en un lugar muy especial dentro de la gama de productos agrícolas producidos. Los beneficios económicos y sociales que brinda el cultivo debe motivar la investigación en este campo, más en la actualidad donde hemos visto el apareamiento de varios problemas fitosanitarios provocados por la alteración del medio ambiente, por dicha razón es razonable darle prioridad a estudios integrales que permitan determinar las verdaderas causas del problema y formular soluciones viables técnica y económicamente.

El estudio de los microorganismos como una alternativa de control en problemas de enfermedades ha sido poco estudiado, aun cuando en otros países el control biológico representa un elemento principal dentro del manejo del cultivo, en esta oportunidad considerando la importancia de la enfermedad de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), se ha considerado pertinente enfocar el control de la misma no solo evaluando productos químicos, sino también considerando practicas agronómicas, distanciamientos, humedad presente en el suelo, niveles de materia orgánica en forma superficial, y microorganismo antagónicos a las esporas de la roya. Se considera que para la existencia de una enfermedad la interacción entre la planta, el patógeno y el medio ambiente en el que se desarrolla, es de vital importancia.

En esta oportunidad se incorporó y evaluó, microorganismos, específicamente cuatro géneros de bacterias, *Acinetobacter lwoffii*, *Bacillus thuringiensis*, *Stenotrophomonas maltophilia* y *Acidoverax delafieldii*, las cuales interactúan con una sinergia tal, que no solo ejercen control sobre las esporas del hongo sino también modifican positivamente en el corto tiempo las condiciones físico químicas del suelo, transformando los residuos orgánicos y agilizando su mineralización, esto implica un incremento en la fertilidad del suelo y la destrucción de inoculo orgánico presente como fuente de infección. Además se propuso utilizar el sulfocalcio, el cual es un caldo mineral

elaborado a base de azufre, cal viva o apagada y agua en ebullición o hervida. La mezcla de estos ingredientes le confiere al sulfocalcio propiedades fungicidas, insecticidas, acaricidas y aportes nutricionales comprobados en cultivos de hortalizas, granos básicos y frutales.

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con arreglo bi-factorial, con 5 tratamientos y 4 repeticiones en cada localidad.

La variable a estudiar a nivel de campo fue el Porcentaje del Índice de Infección de la enfermedad, en función de los tratamientos aplicados.

Considerando que la producción de cualquier cultivo depende básicamente de la disponibilidad de humedad que exista en el área, muchas veces esta humedad está en función de la precipitación pluvial reportada anualmente o bien de la disponibilidad de agua subterránea existente y que pueda ser utilizada a través de pozos construidos en los valles, en ambos casos lo importante es poder conocer con certeza qué tipo de suelo posee el agricultor y mejor aún cuál es la capacidad de retención de humedad de los campos cafetaleros, esto bajo la visión de que la humedad es de vital importancia para la supervivencia de los patógenos en el suelo, para ello fue necesario conocer las constantes de humedad, tales como la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, presentes en los suelos de la región cafetalera del área de investigación. Es importante señalar que el Departamento de Chiquimula, situado al oriente del país, se encuentra ubicado dentro del corredor seco, el cual se caracteriza por sus bajas precipitaciones anuales y su alta temperatura, unido esto a los efectos que produce el cambio climático, el cual en muchos casos provoca un comportamiento errático de las lluvias así como sequías prolongadas en el área, este escenario favorece la presencia y el desarrollo de la enfermedad, por lo que el análisis del manejo de las plantaciones deben tener ciertos ajustes que permitan reprimir al patógeno para que la intensidad de la enfermedad en la planta sea menor.

La investigación conto con el rigor científico y se abordo con la ética necesaria, respetando la lógica filosófica del estudio así como la corriente epistemológica que la investigación demanda.

Palabras Claves: microorganismos, manejo eficiente, retención de humedad, suelo, constantes de humedad, productividad, intensidad de la enfermedad.

I.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) no es local, sus repercusiones tienen efectos nacionales y regionales, la dinámica de reproducción del hongo es muy acelerada al encontrar condiciones propicias en el ambiente, esto se traduce en la eliminación total de las plantaciones afectadas con materiales genéticos susceptibles y la posible ruina del agricultor, sin dejar de considerar los efectos socioeconómicos que se producen en las diferentes áreas del país, no solo por la pérdida de café, sino por el desempleo que esto genera, lo cual provoca que la pobreza en el área rural sea cada vez más severa.

Las variedades resistentes o tolerantes a la roya, si bien genéticamente responden positivamente a la presencia de la enfermedad, aunque sus rendimientos se afecten en mínima escala, la calidad del café producido no es demandada por el mercado internacional lo cual afecta el precio del producto y los ingresos del caficultor. Por esta razón se debe hacer un esfuerzo en generar las medidas que permitan proponer nuevas alternativas para enfrentar el problema de la enfermedad, lo cual involucra el considerar todos aquellos factores que pudiesen estar relacionados y que mediante un adecuado manejo a manipulación podamos disminuir la efectividad de acción de las esporas fungosas. Esta visión biocéntrica del problema podrá definir acciones más efectivas y duraderas a través del tiempo.

Las preguntas claves que resultan del presente planteamiento, están inmersas dentro del contexto de la efectividad de los productos a evaluar, si existirá una sinergia positiva de los microorganismos para contrarrestar las esporas fungosas, si el sulfocalcio puede realmente evitar el desarrollo de la enfermedad y si los niveles de humedad existentes en el suelo realmente están favoreciendo el inóculo del hongo en el campo. Estas y otras preguntas podrán salir en el transcurso de la investigación, lo importante es iniciar técnicamente con la evaluación de alternativas que puedan dar respuestas positivas al problema.

Es necesario indicar que los efectos de la presencia del hongo en la planta se traducen en una defoliación parcial y total de la planta, las áreas afectadas se observan devastadas totalmente, incluso la enfermedad ha afectado las plantas producidas en

los viveros, esto afirma que la roya no tiene selección por la edad de la planta y si encuentra café se hospeda y lo destruye, por esta situación se deben de iniciar cuanto antes todos los esfuerzos que estén motivados hacia el control de la enfermedad.

I.2.1 Antecedentes en Guatemala

La roya es una enfermedad del café ocasionada por el hongo (*Hemileia vastatrix*), afecta principalmente las plantaciones de las variedades Caturra, Catuaí, Bourbon, Typica, Pache y otras más. En Guatemala se conoce que inicio el problema en el año 1980. Afecta hojas maduras y cuando el ataque es severo puede también infectar hojas jóvenes provocando una intensa caída de hojas y perdidas en la producción, a la fecha, no se conocen hospederos alternos aunque por ser una roya heteroica debe de tener huéspedes alternos para completar su ciclo.

Recientemente se identificó que la roya se manifiesta severamente en altitudes de 1968 a 3,937 pies sobre el nivel del mar (psnm). Esta enfermedad está relacionada con la alta carga fructífera, falta de fertilización, uso inadecuado de fungicidas y variabilidad climática, entre otros factores que debilitan la planta, haciéndola más susceptible a ataques severos.

A partir del año 2011 se observó incremento de roya en las regiones cafetaleras del país, bajo diferentes condiciones a lo observado con anterioridad. Por ello, es necesario realizar una revisión a los planes de manejo y generar nuevas alternativas de control mediante procesos de investigación aplicada y bajo la visión de la integralidad de los factores inmersos en el problema.

La producción de café representa el 12 por ciento del producto interno bruto del país. En la cosecha 2011-2012, el sector exportó 4.8 millones de quintales.

Estadísticas de ANACAFE evidencian que el cultivo está presente en 20 de los 22 departamentos del país, lo que denota su importancia para las economías locales.

Además se menciona que, en cuanto al empleo, este año 2013 se perdieron 72 mil plazas directas y el año entrante, si no se hace nada, pueden ser más empleos los que se pierdan, entre 120 mil y 130 mil.

Los trabajos de investigación en el campo de la fitoprotección dirigidos al control de la roya del café, son muy limitados, se buscan estrategias económicas para enfrentar el problema en forma regional, pero se carece de un programa institucional dirigido a formular diversas alternativas que disminuyan el problema de la roya en nuestro país. Esta afirmación debe permitir que en estos momentos se le dé prioridad a todas aquellas investigaciones que tratan de abordar de manera conjunta las alternativas que puedan permitir la reducción y el control de la enfermedad.

Es importante indicar el apoyo que la SENACYT le ha brindado al Centro Universitario de Oriente, al equipar los laboratorios que pueden facilitar el desarrollo de la presente investigación.

I.2.2 Justificación del Trabajo de Investigación

La roya del café (*Hemileia vastatrix*) es una enfermedad que debilita y causa serias defoliaciones de las plantas y provoca que el fruto del café caiga antes de su maduración, muchos coinciden en afirmar que nunca había sido tan severo los problemas en el café producidos por la roya, mas sin embargo la inmensa mayoría indica que el cambio climático dio origen a condiciones ambientales propicias para la difusión de la enfermedad en diversas regiones del país, tal el caso de las altas temperaturas registradas y la abundante precipitación depositada en los campos cafetaleros del país.

Considerando las grandes pérdidas obtenidas por los caficultores, las consecuencias sociales provocadas por un mayor desempleo y falta de ingresos económicos, y más aún las proyecciones que algunos científicos han realizado del posible efecto en años próximos, esto nos debe impulsar en forma inmediata a definir acciones institucionales, académicas y gubernamentales, hacia apoyar la investigación en este campo, para fortalecer la generación de alternativas que permitan amortiguar y en el mejor de los casos a controlar la dinámica de crecimiento que este hongo manifiesta en el campo.

El abordaje del problema debe de hacerse considerando que el patógeno presenta aproximadamente catorce razas del hongo, las condiciones ambientales son

fluctuantes y el uso continuado de ciertos productos químicos puede causar la resistencia del patógeno.

En esta oportunidad se pretende utilizar la incorporación y la evaluación de microorganismos, específicamente cuatro géneros de bacterias, *Acinetobacter lwoffii*, *Bacillus thuringiensis*, *Stenatrophomanus maltephilia* y *Acidoverax delafieldii*, las cuales interactúan con una sinergia tal, que no solo ejercen control sobre las esporas del hongo sino también modifican positivamente en el corto tiempo las condiciones físico químicas del suelo, transformando los residuos orgánicos y agilizando su mineralización, esto implica un incremento en la fertilidad del suelo y la destrucción de inoculo orgánico presente como fuente de infección. Además se propone además utilizar el sulfocalcio, el cual es un caldo mineral elaborado a base de azufre, cal viva o apagada y agua en ebullición o hervida. La mezcla de estos ingredientes le confiere al sulfocalcio propiedades fungicidas, insecticidas, acaricidas y aportes nutricionales comprobados en cultivos de hortalizas, granos básicos y frutales. Como testigo se estará utilizando el fungicida Alto 100, el cual es un producto cuyo ingrediente activo es el cyproconazol y su formulación es un concentrado soluble, este producto ha sido ampliamente utilizado por los caficultores de la zona y se consideró su pertinencia por ser un comparador significativo en el proceso de evaluación.

I.3 OBJETIVOS

I.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar alternativas de control, para el manejo de la Roya del Café, (*Hemileia vastatrix*) en los municipios de Olopa y Esquipulas, del Departamento de Chiquimula.

I.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar alternativas de control, para el manejo de la Roya del Café, (*Hemileia vastatrix*) en los municipios de Olopa y Esquipulas, del Departamento de Chiquimula.
- Evaluar la eficiencia de Renova, Sulfocalcio y Opera, en el control de la roya del café.
- Determinar la influencia que ejerce la capacidad de retención de humedad del suelo, en la supervivencia de las esporas del hongo.
- Proponer un plan de manejo efectivo, viable y económicamente razonable en las plantaciones de café de los municipios de Esquipulas y Olopa.
- Divulgar los resultados de la investigación con los agricultores y autoridades, en cada uno de los municipios afectados.

I.4 METODOLOGÍA

I.4.1 Características del área de estudio

I.4.2 Ubicación y descripción del área experimental

La investigación se desarrolló en dos localidades, cada una de ellas corresponde a la zona productora de café en la aldea San Nicolás y Las Granadias del municipio de Esquipulas; la otra en la Aldea Piedra de Amolar y Nochan del municipio de Olopa, ambas del departamento de Chiquimula. Ambas localidades se caracterizan por presentar condiciones edafoclimáticas que permiten la producción del cultivo de café y actualmente son afectadas por la roya (*Hemilea vastratrix*).

A continuación se describen las dos localidades donde se desarrolló la investigación.

a. Municipio de Esquipulas

El municipio de Esquipulas está situado en la parte sur-oriental del departamento de Chiquimula, en el área del Trifinio de la líneas divisorias entre las repúblicas de El Salvador, Honduras y Guatemala, a una altitud que oscila entre los 600 msnm a los 2500 msnm en las montañas de mayor altura; entre la latitud 14° 33' 48" y longitud 89° 21' 06". Limita al norte con los municipios de Olopa, Jocotán y Camotán, al sur con el municipio de Metapán, El Salvador, al oriente con los departamentos de Copan y Ocotepeque, Honduras y al poniente con el municipio de Concepción las Minas y Quezaltepeque. Tiene una extensión territorial de 532 kilómetros cuadrados.

b. Municipio de Olopa

El municipio de Olopa, tiene una extensión territorial de 156 km². La altura de la cabecera municipal es de 1,350 m.s.n.m. Latitud 14° 41' 25", longitud de 89° 21' 00", Limita al norte con el municipio de Jocotán; al sur con Esquipulas; al este con Esquipulas y al oeste con Quezaltepeque y San Juan Ermita. Su clima es subtropical templado.

I.4.3 Características Biofísicas del área de estudio

a. Clima y zonas de vida

Municipio de Esquipulas

El clima de Esquipulas se considera muy variable, Semicálido, Húmedo, sin Estación seca bien definida y con un invierno benigno (inofensivo). Las temperaturas promedio anuales que se registran son: Temperatura Media 23.80 grados centígrados, Temperatura Máxima Absoluta (Extrema) 38.00 grados centígrados; Temperatura Mínima Absoluta (Más Baja) 6.10 grados centígrados.

El período en que las lluvias son más frecuentes corresponde a los meses de mayo a noviembre, variando en intensidad según la situación orográfica que ocupan las áreas de la zona.

La máxima precipitación oscila entre 1,100 a 1,349 mm como promedio anual y 204.6 mm en un solo día.

La velocidad del viento en promedio es de 6.8 Km/h con dirección dominante Noreste. En el municipio de Esquipulas se identifican tres zonas de vida Bosque húmedo subtropical templado, Bosque muy húmedo subtropical frío, Bosque muy húmedo montano bajo

Municipio de Olopa

El municipio de Olopa se ubica dentro de las llamadas tierras templadas; según Leslie R. Holdridge, el área de ambas se considera dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical Templado (Bs-T); las características climáticas de la zona indican una precipitación media anual de 900 a 2,000 mm, distribuida en los meses de mayo a octubre, período en el cual precipita el 94% de las lluvias y el 6% ocurre de noviembre - abril. El efecto de las sequías prolongadas, durante la época seca, incide en la producción agrícola disminuyendo los rendimientos, provocando pérdidas físicas de los cultivos, disminución hasta casi el desaparecimiento de las fuentes de agua, tanto para su uso agrícola como para consumo doméstico.

El régimen térmico de la zona indica que las temperaturas más elevadas son del orden de 22 °C a 25 °C (febrero – mayo) y las más bajas de 8 °C a 12° C (Octubre – enero).

Sin embargo, la máxima promedio anual es de 23° C y 11° C la mínima promedio, registrándose una temperatura media anual de 20° C.

La humedad relativa registrada es del 85% como promedio anual. Esta zona de vida indica generalmente, un uso apropiado para aquellos terrenos que son ondulado estableciéndose cultivos permanentes y/o anuales; y en áreas escarpadas los bosques protectores. Las especies presentes e indicadoras de esta zona de vida son el Liquidámbar (*Liquidámbar styraciflua*), roble (*Quercus guatemalensis*), encino (*Quercus sp.*), ciprés común (*Cupresus lusitanica*), Pino de ocote (*Pinus oocarpa*) entre otras.

b. Suelos

Municipio de Esquipulas

Los suelos en su mayoría pertenecen al orden de los andosoles, entisoles e inceptisoles, aunque pueden encontrarse también algunos alfisoles, debido al origen volcánico y los diferentes procesos de intemperización que se han desarrollado.

Municipio de Olopa

Las series de suelos que se presentan en el municipio, de acuerdo a la clasificación de Simmons, son las siguientes:

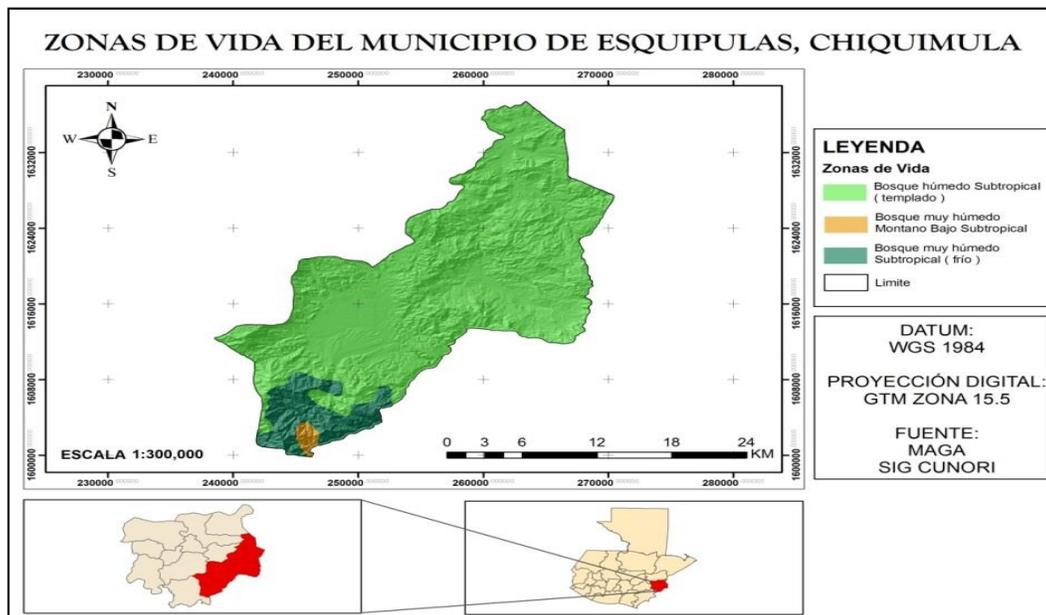
Ansay (As): son suelos poco profundos, mal drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica o toba cementada y de color claro, a elevaciones medianas. Ocupan pendientes suaves en regiones de húmedas-secas a relativamente secas, en asociación con los suelos Jalapa, los cuales ocupan pendientes mas inclinadas. El suelo superficial a una profundidad alrededor de 10 ó 15 cm, es franco arcilloso arenoso o franco arcilloso arenoso fino, de color gris claro o gris café. Se usan para potreros y la mayoría de las áreas tienen pino y encino. Los potreros pueden mejorarse con drenajes, quitando la maleza, introduciendo pastos nuevos y controlando el pastoreo. La erosión debe ser cuidadosamente controlada.

Jalapa: son suelos poco profundos, excesivamente drenado, desarrollados sobre ceniza volcánica cementada de color claro o toba en un clima seco a húmedo-seco y

cálido. Ocupan relieves inclinados a altitudes medianas, en el sureste de Guatemala. Tienen una vegetación natural abierta de pino con cubierta de pastos. El suelo superficial se encuentra a una profundidad alrededor de 10 cm, es franco arenoso fino de color gris a gris oscuro. El uso común de estos suelos es para potreros, es muy erosivo y no se debería de labrar. Gran parte del área, particularmente las partes más inclinadas, deberían mantenerse en bosques de pinos, los que se reforestarían naturalmente si se les protegiera contra incendios y del pastoreo excesivo.

Mongoy (Mg): son moderadamente profundos, bien drenados, desarrollados sobre lava máfica o brecha de tobo en un clima cálido, seco a húmedo-seco. Ocupan declives muy inclinados a altitudes medianas. La vegetación natural consiste en pastos, árboles deciduos y matorrales. El suelo superficial, a una profundidad alrededor de 25 cm, es arcilla café oscura a café muy oscura. Es friable bajo un contenido óptimo de humedad, pero es plástica cuando esta húmeda. El contenido de materia orgánica es alto, 7 a 10 por ciento.

Figura 1. Zona de vida del municipio de Esquipulas.



Fuente: MAGA - SIG - CUNORI

I.4.4 Descripción de la Metodología

Fase I: Determinación de las áreas afectadas con roya en los municipios de Olopa y Esquipulas del Departamento de Chiquimula.

Esta fase de la investigación fue de vital importancia ya que permitió visualizar la magnitud del problema en la zona, y nos orientó hacia la mejor ubicación de las unidades experimentales para lograr un nivel adecuado de significancia en el trabajo realizado.

Se formuló con ayuda del sistema de información geográfica del CUNORI, un mapa a escala 1:50,000 que nos permitió ubicar el área y los puntos de muestreo georeferenciados, en los municipios de Olopa y Esquipulas, del departamento de Chiquimula.

Fase II. Evaluación de productos para el control de la roya a nivel de campo

a. Selección del área experimental

La selección del área experimental se realizó considerando la incidencia de la roya del café en las fincas productoras del municipios de Olopa y Esquipulas, se seleccionaron dos fincas productoras representativas de la zona productora en cada municipio, una en la parte alta y la otra en la parte media, en las cuales se llevó a cabo la evaluación de campo utilizando sulfocalcio, renova y el fungicida opera, como testigo para el control de la roya en el cultivo de café.

b. Descripción de los tratamientos

Para llevar a cabo la evaluación a nivel de campo se tomó como base la dosis recomendada para cada producto, testigo relativo fungicida "Opera" (Piraclostrobina + Epoxiconazol), Sulfocalcio un caldo mineral elaborado a base de azufre, cal viva a ebullición o hervida, y solución Renova que es un consorcio de microorganismos y un catalizador. Se evaluaron dos dosis de cada uno de los productos (sulfocalcio y renova) y una dosis de testigo como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos a evaluar

Tratamientos	Producto	Dosis
TO	Opera	1 ml/litro
T1	Renova	10 ml/litro
T2	Renova	20 ml/litro
T3	Sulfocalcio	30 ml/litro
T4	Sulfocalcio	60 ml/litro

Fuente: FODECYT 050-2013

c. Evaluación de los tratamientos

Para la evaluación de los cinco tratamientos (productos/dosis) a nivel de campo se establecieron parcelas de 48 metros cuadrados conteniendo 24 plantas de café por parcela en las dos localidades.

Para iniciar se determinó el índice de infección de la enfermedad con el propósito de tener datos de base que permita conocer la eficiencia de cada uno de las alternativas químicas y biológicas utilizadas. Posteriormente a esta actividad se realizaron tres aplicaciones (90 días en total) y previo a cada aplicación se realizó un muestreo para determinar el porcentaje del índice de infección de la enfermedad para determinar su eficacia.

d. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar, con arreglo bifactorial, con 5 tratamientos y 4 repeticiones en cada localidad. El modelo estadístico a utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta de la $ijkl$ -ésima unidad.

U = Efecto de la media general.

B_j = Efecto de los bloques.

Ti = Efecto de los tratamientos.

Pk = Efecto de los dosis del producto.

PLkl = Efecto de la interacción entre producto y dosis aplicada.

Eijkl = Error experimental asociado a la ijkl-ésima unidad experimental.

'i = 1, 2, 3, 4, 5, tratamientos

'j = 1, 2, 3, 4 repeticiones

e. Unidad experimental

Se establecieron dos replicas una por localidad (2 fincas productoras de café) una en la parte alta y otra en la parte media de la zonas de producción de los municipios de Olopa y Esquipulas, del departamento de Chiquimula. Cada unidad experimental estuvo conformada por parcelas de 48 metros cuadrados con 24 plantas a un distanciamiento de 2 metros entre surcos y 1 metro entre planta.

f. Variables respuestas a nivel de campo

La variable estudiada a nivel de campo fue el Porcentaje del Índice de Infección de la enfermedad.

Porcentaje de índice de infección de la enfermedad (% IF):

Para determinar el índice de infección se muestrearon 14 plantas de café al azar, colectando 10 hojas por planta de forma también al azar de la parte baja, media y alta de la planta y de los cuatro puntos cardinales. Posteriormente se separaran las hojas infectadas y las hojas sanas.

El porcentaje de infección de la enfermedad se determinó dividiendo el número de hojas infectadas entre el total de hojas de la muestra (140), multiplicado por cien; de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Con el propósito de facilitar la labor de muestreo, se utilizaron bolsas de plástico para coleccionar las hojas de las plantas en cada parcela y se anotó la información en una boleta de muestreo correspondiente.

g. Análisis de la información

Análisis estadístico: Se realizó un análisis de varianza para cada localidad, y así determinar si existen diferencias significativas entre tratamientos, realizando una comparación de medias utilizando la prueba de TUKEY para conocer los tratamientos estadísticamente iguales.

Técnicas utilizadas para la recolección, análisis e interpretación de datos.

1. Trabajo de Campo: Para recolectar la información proveniente de las mediciones realizadas de las diferentes variables a nivel de campo, se anotó en tablas para su posterior análisis, en donde se anotó el día observado, luego se clasificó la información.

2. Trabajo de Gabinete: Posterior al trabajo de campo se efectuó el trabajo de gabinete, en donde se analizaron los diferentes datos por localidad. Además para interpretar los diferentes procedimientos, se utilizaron los programas de cómputo Microsoft Word 2007 y Excel 2007; el cual fue una herramienta útil, donde se efectuaron tablas, gráficas y cuadros, con el objeto de interpretar de manera ordenada y técnica los datos.

Para interpretar los resultados estadísticos se utilizó el programa SAS además se realizó una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey para conocer los tratamientos estadísticamente iguales.

Fase III. Muestreo de suelos para determinar características físicas y químicas

En cada una de las localidades donde se llevó a cabo la investigación se realizaron muestreos de suelos con el propósito de determinar las características físicas y químicas de los mismos, el análisis de suelos incluyó la determinación de:

- Contenido de Materia Orgánica

- Densidad aparente del suelo
- Densidad real del suelo
- % de espacio poroso total
- Textura
- Capacidad de campo
- Punto de marchitez permanente
- pH
- Contenido de fósforo
- Contenido de potasio
- Contenido de calcio
- Contenido de magnesio

El contenido de materia orgánica se determinó a través del método Walkley Black, la densidad aparente, densidad real y % de espacio poroso total, por el método de la probeta. Para la textura se aplicó el método de Bouyoucos o densímetro, el cual se basa en el peso relativo de las partículas primarias del suelo y su velocidad de sedimentación.

En el caso de la capacidad de campo y punto de marchitez permanentes, se utilizaron los métodos de la hoya de presión. Mientras que para el pH, el valor del mismo se determinó a través del uso de un potenciómetro.

Por último, para determinar el contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio, se utilizó el método de Carolina del Norte y las lecturas se hicieron a través de un espectrofotómetro de llama y absorción atómica.

Los resultados obtenidos de los análisis sirvieron para categorizar cada una de las unidades de muestreo y poder determinar la influencia que estas ejercen en relación a la abundancia o escases de la enfermedad en el área de estudio.

I.4.5. Difusión de Resultados

Los resultados de la investigación fueron socializados con las autoridades de cada municipio y principalmente con los caficultores que desarrollan su actividad productiva en los municipios de Olopa y Esquipulas. Se expusieron los diferentes resultados obtenidos y se les dio a conocer las conclusiones en cuanto al manejo adecuado de las plantaciones de café.

PARTE II

II. MARCO TEORICO

II.1 Enfermedad y planta enferma

Una definición sencilla pero ampliamente aceptada para definir el término enfermedad aplicado a plantas es: cualquier alteración anatómica y/o fisiológica que resulta de la irritación prolongada ejercida por un agente que interfiere en la realización eficiente de las funciones normales de una planta.

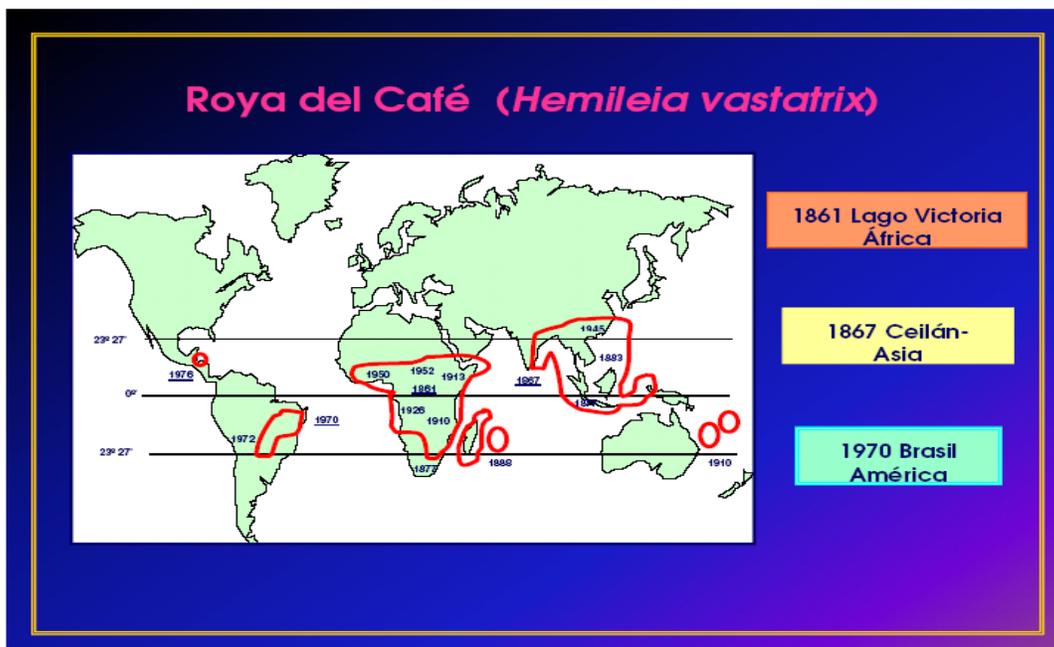
Se considera una planta sana a aquella que es capaz de realizar todas sus funciones al máximo de su capacidad genética. Luego, cualquier factor que interfiera en los aspectos señalados será un agente incitante de enfermedad en la planta, la cual se expresará por cambios de mayor o menor notoriedad (síntomas) en apariencia y funciones y, eventualmente, efectos que disminuyen el valor económico del cultivo al reducir la calidad y cantidad del producto obtenido.

II.2 Roya del Café: es la enfermedad más importante en los cafetales. Esta es causada por el hongo (*Hemileia vastatrix*) el cual infecta las hojas del cafeto. La infección por este hongo ocasiona la caída prematura de las hojas y, si además, hay ataques por insectos, mala fertilización y condiciones de crecimiento deficientes, los cafetos estarán en un continuo estrés y desbalance lo que afectará negativamente la producción.

Se han investigado varias estrategias para el control de la roya del cafeto y entendemos que no se puede basar solamente en una práctica. Las recomendaciones para el manejo de la enfermedad integra todas las prácticas que garantizan el vigor de los arbustos, calidad del producto y reducción en los niveles de infección de este hongo.

II.3 Origen de la Roya: a continuación se muestran los lugares de trayecto de la enfermedad hasta llegar al continente americano.

Figura 2. Distribución de la Roya del Café.



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

II.4 Expansión de la Roya del Café en América Central:

Ilustración que muestra la forma como se ha expandido la Roya del Café en América Central.

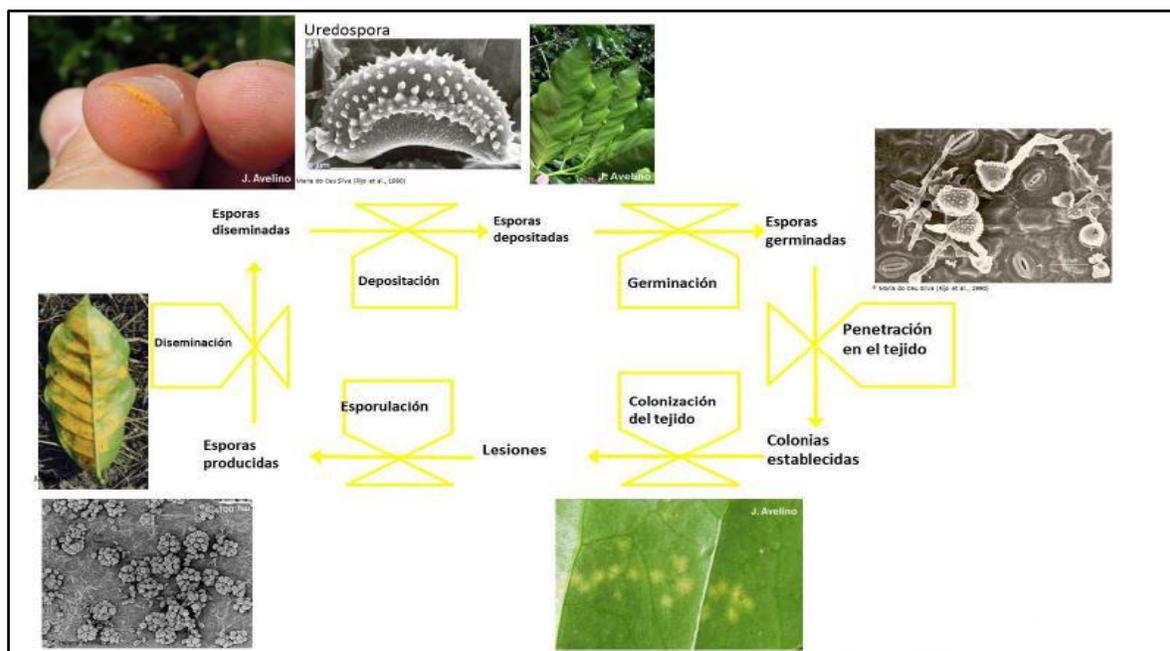
Figura 3. Expansión de la Roya en América Central



II.5 Ciclo de Vida de la Roya del Café

La roya del café es una enfermedad catalogada como macro cíclica heteroica, o sea pasa por diferentes etapas y en cada etapa forma una espora específica, heteroica porque su ciclo lo lleva a cabo mediante la intervención de hospedantes alternos como el agracejo según Agrios, a continuación se observan los eventos que ocurren en el ciclo de la enfermedad.

Figura 4. Ciclo de la Roya del Café



Fuente: Fitopatología de J. Agrios

II.6 Medios de Control

Los medios de control deben ser preferentemente preventivos, tales como:

a) Monitoreo de focos de roya: un trabajador con el conocimiento teórico-práctico de la enfermedad con la frecuencia mínima de 15 a 30 días, a puestos de observación permanentes establecidos al azar para un recuento de plagas y enfermedades de manera oportuna.

Se sugiere que cada actividad que demanda manejo de la plantación, como las de surco a surco y planta a planta, al tratarse de la roya del cafeto habrá que hacer una revisión para ubicar y hacer tratamientos a focos para prevenir que los trabajadores al

circular inoculen, las plantas sanas con el hongo y hacer más difícil y más costoso su control.

b) Control ambiental: para crearle un ambiente desfavorable al organismo causal de la enfermedad, regulando mejor la sombra, controlando las malezas, manejando el tejido, con buena densidad de la siembra y el adecuado manejo de nutrición de la planta.

c) Mejoramiento genético: renovación de lotes degradados de cafetales con materiales resistentes a la enfermedad, como los sarchimores, catimores, cavimores, validados por su calidad y productividad, con respuesta agronómica, biológica, bioquímica o morfológica adecuada a la zona cafetalera.

II.7 Propiedades físicas del suelo

a. Textura: El término textura, se refiere la proporción de arena, limo y arcilla expresados en porcentaje.

En la fracción mineral del suelo, son de interés edafológico solamente las partículas menores de 2mm de diámetro. A las partículas mayores de 2 mm de diámetro se les denomina “modificadores texturales”, dentro de este concepto también se incluyen los carbonatos, la materia orgánica, las sales en exceso, etc., consecuentemente:

$$\% \text{ arena} + \% \text{ limo} + \% \text{ arcilla} = 100\%$$

La textura es una propiedad física primaria y guarda relación con otras, como por ejemplo:

- La permeabilidad
- La capacidad retentiva del agua
- La porosidad
- La aireación
- Las densidades real y aparente
- Capacidad de intercambio catiónico
- La estructura

Existen diversos sistemas de clasificación de las partículas minerales de acuerdo a su tamaño. El más definido y aceptado es el sistema USDA, que agrupa a las partículas de la siguiente manera:

Arena muy gruesa	1 - 2	mm
Arena gruesa	0.5 - 1	mm
Arena media	0.25 - 0.5	mm
Arena fina	0.1 - 0.25	mm
Arena muy fina	0.05 – 0.1	mm
Limo	0.002-0.05	mm
Arcilla	< 0.002	mm

b. Estructura: Es la manera como se agrupan las partículas de arena, limo y arcilla, para formar agregados, no debe confundirse “agregado” con “terrón”.

El terrón es el resultado de las operaciones de labranza y no guarda la estabilidad que corresponde a un agregado.

El factor cementante de los agregados del suelo lo constituye la materia orgánica y la arcilla básicamente. Del mismo modo, el Ca favorece mucho a la agregación, mientras que el Na tiene un efecto dispersante. La Estructura se clasifica por:

a) Tipo o Forma del agregado:

- Laminar
- Prismática
- Columnar
- Bloque cúbico angular
- Bloque cúbico sub angular
- Granular
- Migajosa

c. Densidad Aparente y Densidad Real: La densidad aparente (DA) y la densidad real (DR) se expresan así:

$$DA = Ms/Vt$$

$$DR = Ms/Vs$$

Donde:

Ms = masa o peso de sólidos

Vs = volumen de sólidos

Vt = volumen total

La composición mineral es más o menos constante en la mayoría de los suelos, por tanto se estima que la DR varía entre 2.6 a 2.7 g/cc para todos los suelos. En tanto que la DA depende del grado de soltura o porosidad del suelo, es un valor más variable que depende además de la textura, el contenido de materia orgánica y la estructura.

La densidad real DR, mide el grado de compactación de un determinado suelo cuando éste ha sido sometido a trabajos constantes de maquinaria pesada sobre la capa arable, pudiendo mostrarse esa compactación en esa misma capa o en la subyacente.

Así, podemos asumir los siguientes valores promedio para cada grupo de suelos:

Clase Textural	Densidad Aparente	%Porosidad
Arenoso	1.6 - 1.8	30 - 35
Franco Arenoso	1.4 - 1.3	35 - 40
Franco	1.3 - 1.4	40 - 45
Franco Limoso	1.2 - 1.3	45 - 50
Arcilloso	1.0 - 1.2	50 - 60

Por lo expuesto, se desprende que la DR es un valor estable en tanto no se puede modificar el volumen de los sólidos, mientras que la DA es más variable debido a la inestabilidad de la soltura de los suelos. Así, un suelo recién preparado para la siembra tendrá valores de DA más bajos, en tanto que el mismo suelo después de la cosecha,

mostrará altos valores de DA, sobre todo si ha sido sometido a procesos de cultivo con maquinaria pesada.

c. Porosidad: La porosidad, no es otra cosa que el porcentaje de espacios vacíos o poros con respecto del volumen total del suelo (volumen de sólidos + volumen de poros). A su vez, la porosidad incluye la macroporosidad (poros grandes donde se ubica el aire) y la microporosidad (poros pequeños, que definen los capilares donde se retiene el agua).

Cuadro 2: Distribución de diferentes poros en suelos de tres clases texturales.

Suelo Textura	Porosidad (% total)	Microporosidad %	Macroporosidad %
Arenoso	37	3	34
Franco	50	27	23
Arcilloso	53	44	9

Fuente: Juan José Ibáñez. 2006

Consecuentemente podemos deducir que los suelos arenosos tienen excelente capacidad de aireación, pero mínima capacidad de retención de agua. En el extremo, los suelos arcillosos, retienen gran cantidad de agua, pero muestran deficiente aireación.

II.8 Coeficientes Hídricos

Los suelos tienen diferente capacidad de retener y habilitar agua para las plantas. Estos valores se expresan a través de los coeficientes hídricos: Capacidad de campo y Punto de Marchitez.

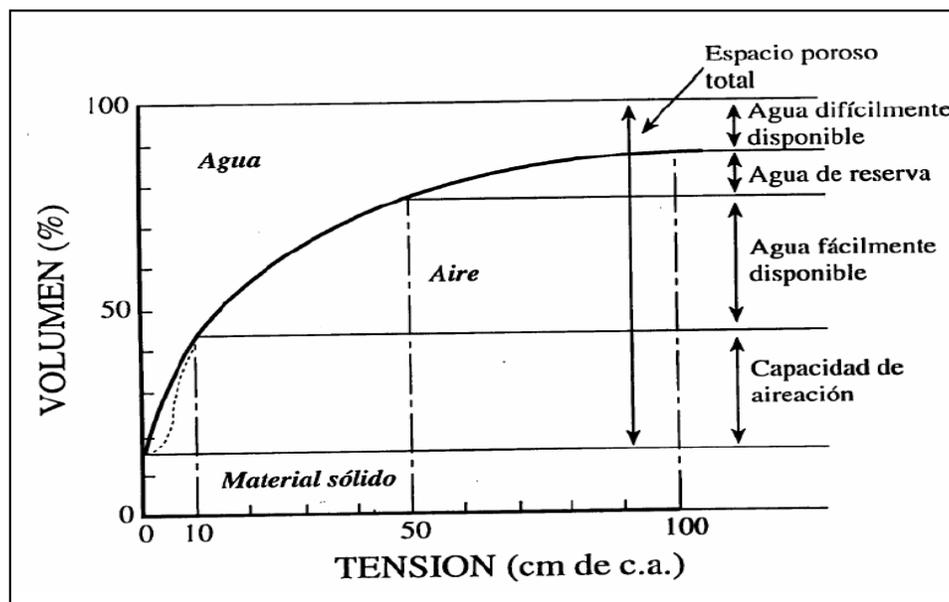
La Capacidad de Campo: es la máxima capacidad de agua que el suelo puede retener, es decir el agua que está retenida a 1/3 de atm de tensión y que no está sujeta a la acción de la gravedad. En términos prácticos, para un suelo franco, sería la cantidad de agua que tiene el suelo al segundo o tercer día después de un riego pesado o una lluvia intensa.

El Punto de Marchitez: Es más bien un término fisiológico, que corresponde al contenido de humedad del suelo, donde la mayoría de las plantas, no compensan la absorción radicular con la evapotranspiración, mostrando síntomas de marchitez permanente. En este punto, el agua es retenida por el suelo a una tensión de 15 atm.

Agua Disponible y Agua Aprovechable: Agua disponible es la cantidad de agua que existe como diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez; mientras que, agua aprovechable es aproximadamente el 75% del agua disponible.

A continuación se pueden apreciar las curvas de retención de humedad en la presente gráfica.

Figura 5: Curvas de Retención de Humedad del Suelo



Fuente: Juan José Ibáñez. 2006

Cuadro 3. Capacidad de campo, punto de marchitez y agua disponible en suelos de diferentes clases texturales.

Textura	Punto de Marchitez		Capacidad de Campo		Agua Disponible	
	----- -- Agua por 30 cm de profundidad-----					
	%	cm	%	cm	%	cm
Arena media	1.7	0.78	6.8	3.1	5.1	2.3
Arena fina	2.3	1.1	8.5	3.8	6.2	2.8
Franco arenoso	3.4	1.5	11.3	5.1	7.9	3.6
Franco	6.8	3.1	18.1	8.1	11.3	5.1
Fco. Arcilloso	10.2	4.6	21.5	9.7	11.3	5.1
Arcilloso	14.7	6.6	22.6	10.2	7.9	3.6

Fuente: Juan José Ibáñez. 2006

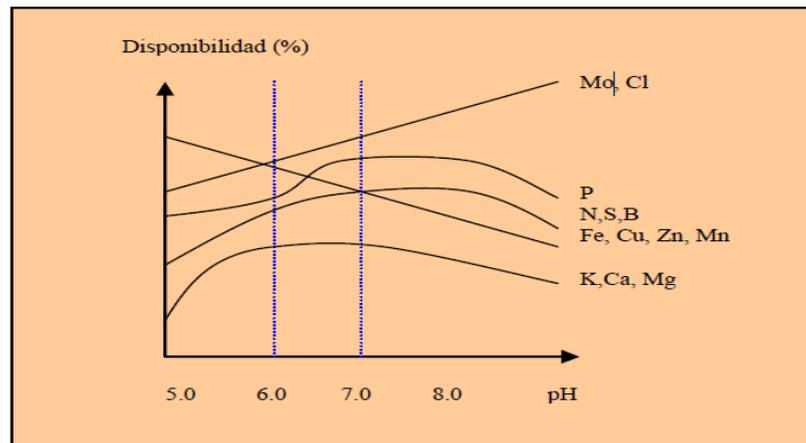
II.9 Propiedades químicas del suelo.

a. Reacción del suelo (pH): Es una propiedad que tiene influencia indirecta en los procesos químicos, disponibilidad de nutrientes, procesos biológicos y actividad microbiana.

Es definido como el logaritmo inverso de la actividad de iones hidrógeno en la solución suelo. Normalmente el rango de pH de los suelos varía entre 3.5 a 9.0, la razón por la que no se alcanza valores extremos de 0 ó 14 se debe a que la solución de suelos no es una solución verdadera, sino una solución coloidal.

A la mayoría de especies cultivadas, les favorece pH entre valores de 5.5 a 7.5, pero cada especie y variedad tiene un rango específico donde se desarrolla mejor. Normalmente entre pH 6.5 y 7.0 es el rango que se maneja especialmente para cultivos bajo técnicas de fertirrigación.

Figura 6: El pH y la disponibilidad de nutrientes en el suelo



Fuente: Javier Sanchez, 2008

Los suelos de pH fuertemente ácidos, no son recomendables por la gran cantidad de aluminio y la disminución de la actividad microbial. Los suelos alcalinos, originan una escasa disponibilidad de elementos menores, excepto molibdeno, mostrando una marcada deficiencia.

b. Capacidad de Intercambio Catiónico: Es una propiedad química que designa los procesos de: (a) Adsorción de cationes por el complejo de cambio desde la solución suelo y (b) Liberación de cationes desde el complejo de cambio hacia la solución suelo.

Esta propiedad es atribuida a la arcilla (coloide mineral) y al humus (coloide orgánico), de manera que la CIC, está influenciada por:

- La cantidad y tipo de arcilla
- La cantidad de humus
- El pH o reacción del suelo

II.10 Propiedades biológicas del suelo

La cantidad de materia orgánica (MO), está ligada a la cantidad, tipo y actividad microbiana. De este modo el mantenimiento de la “fertilidad biológica” sugiere inalterabilidad del ambiente sobre todo microbiológico del suelo. Son variadas las ventajas y actividades de los microorganismos del suelo, participando en:

- Procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica.
- Procesos de fijación biológica de N (simbiótica y libre).
- Solubilización de componentes minerales del suelo (asociación micorrítica).
- Reducción de Nitratos y Sulfatos.
- Hidrólisis de la urea.

PARTE III

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1 Evaluación de la eficiencia de Renova, Sulfocalcio y Opera como alternativas de control para el manejo de la Roya del Café (*Hemileia vastatrix*), en los municipios de Olopa y Esquipulas, del Departamento de Chiquimula.

III.1.1 Respuesta de la aplicación de los diferentes tratamientos sobre el control de la roya (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café.

Para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos sobre el control de la roya en las plantas de café, se realizaron aplicaciones de los mismo en intervalos de 30 días, realizando un monitoreo inicial (primer monitoreo) en el objeto de determinar el porcentaje del índice de infección de la roya del café previo a la aplicación de los tratamientos lo cual permitirá evaluar el efecto de estos sobre el control de la roya en el cultivo de café. El segundo monitoreo de llevo a cabo 30 días después de la primera aplicación de los tratamientos y el tercer monitoreo de realizo 30 días después de la segunda aplicación de los tratamientos.

Para evaluar el efectos de los tratamientos sobre el control de la roya del café se establecieron ensayos en dos localidad en la Cafetales del municipio de Esquipulas tanto en la parte alta (1,100 msnm) como en la parte baja (950 msnm), así como en la aldea Paternito del municipio de Olopa, en la parta alta (1,150 msnm) y la parte baja (900 msnm). A continuación se presentan los resultados obtenidos en las dos localidades.

III.1.1.1 Localidad del municipio de Esquipulas

En el cuadro 4, se presenta los resultados promedio obtenidos del índice de infección de la roya en las plantas de café para cada uno de los tratamientos en los tres monitoreos realizados durante la investigación.

Cuadro 4. Resultados promedio del índice de infección de roya (*Hemileia vastatrix*) en las plantas de café en la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Tratamiento	Descripción	Porcentaje de Índice de Infección		
		Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo
Parte Alta				
T0	Producto Comercial (Opera)	20.31	8.85	5.73
T1	Renova 10 ml	36.98	51.04	74.48
T2	Renova 20 ml	21.05	49.75	70.31
T3	Sulfocalcio 30 ml	30.73	47.40	78.65
T4	Sulfocalcio 60 ml	36.98	56.09	77.60
Parte Baja				
T0	Producto Comercial (Opera)	51.42	49.12	18.23
T1	Renova 10 ml	59.10	59.90	80.21
T2	Renova 20 ml	52.44	53.65	78.65
T3	Sulfocalcio 30 ml	48.13	48.96	79.17
T4	Sulfocalcio 60 ml	53.58	54.69	77.08

Fuente: FODECYT 050-2013.

Como se puede observar en la cuadro 4, en el monitoreo inicial (primer monitoreo) previo a la aplicación de los diferentes tratamientos se detector la presencia de roya del café en las plantas seleccionas para establecer el diseño experimental, lo cual permitió evaluar el efecto de los tratamientos sobre el control de la roya del café.

Los resultados muestran que el testigo relativo T0 correspondiente al producto comercial (opera) que los productores de café utilizan en la región para el control de la roya de café disminuye el porcentaje del índice de infección de la enfermedad en la plantas de café controlando la misma; el resto de los tratamientos T1, T2, T3 y T4, el índice de infección se incrementó en el segundo y tercer monitoreo.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del índice de infección de la roya del café para cada uno de los tres monitoreos realizados, donde se incluye el monitoreo inicial el cual permite realizar una comparación de los resultados en el estudio.

a. Índice de infección de la roya en el primer monitoreo.

Con el propósito de evaluar la respuesta de los diferentes tratamientos sobre el control de la roya del café, se realizó un monitoreo inicial de esta previo a la aplicación de los tratamientos donde mediante un muestreo se determinó el porcentaje del índice de infección de la roya del café.

En el cuadro 5, se presenta el análisis de varianza donde se muestra la significancia de los cuadrados medios del índice de infección correspondiente al primer monitoreo (monitoreo inicial) para los cinco tratamientos (T0 a T4) donde se observa que no existe diferencia significativa en los tratamientos, y existe diferencia altamente significativa entre las localidades (parte alta y parte baja). El coeficiente de variación obtenido fue de 32.04%

Cuadro 5. Análisis de varianza para índice de infección de la roya (*Hemileia vastatrix*) de café en el primer monitoreo en la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculado	Pr > F
Tratamiento	4	918.248175	229.562044	1.33	0.2804
Localidad	1	5628.28176	5628.28176	32.49	<.0001
Error	34	5888.99722	173.20580		
Total	39	12435.52715			
CV	32.04				

Fuente: FODECYT 050-2013

b. Índice de infección de la roya en el segundo monitoreo.

En el cuadro 6, se presenta el análisis de varianza donde se muestra la significancia de los cuadrados medios del índice de infección correspondiente al segundo

monitoreo (30 días después de la primera aplicación) para los cinco tratamientos (T0 a T4) donde se observa que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, y existe diferencia significativa entre las localidades (parte alta y parte baja). El coeficiente de variación obtenido fue de 24.20%

Cuadro 6. Análisis de varianza para índice de infección de la roya (*Hemileia vastatrix*) de café en el segundo monitoreo en la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculado	Pr > F
Tratamiento	4	3885.133885	971.283471	7.21	0.0003
Localidad	1	1131.13860	1131.13860	8.4	0.0065
Error	34	4577.61491	134.63573		
Total	39	9593.88740			
CV	24.20				

Fuente: FODECYT 050-2013

De acuerdo a la regla de decisión y de los resultados del andeva, al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo cual es necesario efectuar una prueba de medias para determinar que tratamientos son diferentes en sí.

Cuadro 7. Pruebas de medias de Tukey para índice de infección de la roya (*Hemileia vastatrix*) de café en el segundo monitoreo en la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Tratamiento	Media	Tukey
T1	55.469	A
T4	55.391	A
T2	51.700	A
T3	48.178	A
T0	28.986	B

Fuente: FODECYT 050-2013.

Con base a los resultados que se muestra en el cuadro 7, podemos llegar las siguientes conclusiones: los tratamientos T1, T2, T3 y T4, son estadísticamente iguales ente sí, pero diferentes al tratamiento T0, y muestran un porcentaje de índice de infección de roya del café de 55.46%, 55.39%, 51,7% y 48.17% respectivamente. El tratamiento T0 corresponde el testigo relativo presenta un porcentaje de índice de infección de la enfermedad más bajo de 28.98%.

c. Índice de infección de la roya en el tercer monitoreo.

En el cuadro 8, se presenta el análisis del varianza donde se muestra la significancia de los cuadrados medios del índice de infección correspondiente al tercer monitoreo (30 días después de la primera aplicación) para los cinco tratamientos (T0 a T4) donde se observa que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, y existe diferencia significativa entre las localidades (parte alta y parte baja). El coeficiente de variación obtenido fue de 6.57%

Cuadro 8. Análisis de varianza para índice de infección de la roya de café (*Hemileia vastatrix*) en el tercer monitoreo en la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculado	Pr > F
Tratamiento	4	27153.590670	6788.397670	383.71	<.0001
Localidad	1	282.17344	282.17344	15.95	0.0003
Error	34	601.50649	17.69137		
Total	39	28037.27059			
CV	6.57				

Fuente: FODECYT 050-2013.

De acuerdo a la regla de decisión y de los resultados del andeva, al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo cual es necesario efectuar una prueba de medias para determinar que tratamientos son diferentes en sí.

Cuadro 9. Pruebas de medias de Tukey para índice de infección de la roya (*Hemileia vastatrix*) de café en el tercer monitoreo en la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Tratamiento	Media	Tukey
T3	78.906	A
T4	77.345	A
T1	77.344	A
T2	74.478	B
T0	11.980	C

Fuente: FODECYT 050-2013

Con base a los resultados que se muestra en el cuadro 9, podemos llegar a las siguientes conclusiones: los tratamientos T1, T3 y T4, son estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes a los demás, y muestran un porcentaje de índice de infección de roya del café de 77.34%, 78.90% y 77.34% respectivamente. El tratamiento T2 es estadísticamente diferente a los demás con un índice de infección de 74.47%. Y el tratamiento T0 correspondiente al testigo es estadísticamente diferente a los demás con el menor índice de infección de 11.98%.

Con base a los resultados que se muestran en el cuadro 10, se puede concluir que el tratamientos testigo T0 que corresponde al producto comercial Opera, es que ejerce un control efectivo de la enfermedad roya del café porque el índice de infección disminuye del 35.86% en el primer monitoreo al 28.98% en el segundo monitoreo y a 11.98% en el tercer y último monitoreo. Para el caso de los tratamientos T1 y T2 que corresponde a Renova (producto biológico base de cuatro géneros de bacterias), estos tratamientos no ejercen control sobre el hongo que provoca la roya del café ya que el índice de infección de la enfermedad se incremento en el segundo monitoreo y el tercer monitoreo para estos tratamientos. Para los tratamientos T3 y T4 que corresponde a Sulfocalcio en dos diferentes dosis, los resultados muestran que el índice de infección

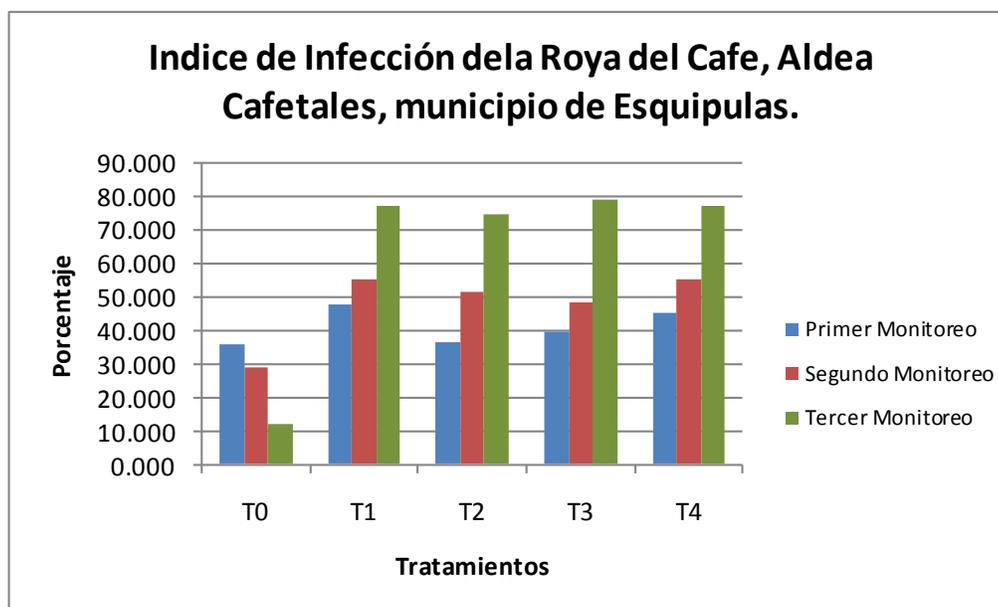
de la enfermedad se incremento del primero al segundo monitoreo y tercer monitoreo por lo cual se puede concluir que el producto Sulfocalcio no ejerce un control efectivo sobre el hongo que controla la roya del café.

Cuadro 10. Resultados promedio de índice de infección de roya (*Hemileia vastatrix*) en las plantas de café correspondiente a los tres monitoreos en la parte alta y baja de la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Tratamiento	Media		
	Primer Monitoreo	Primer Monitoreo	Primer Monitoreo
T0	35.868	28.986	11.980
T1	48.041	55.469	77.344
T2	36.746	51.700	74.478
T3	39.428	48.178	78.906
T4	45.280	55.391	77.345

Fuente: FODECYT 050-2013

Grafica 1. Comportamiento del índice de infección de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), en la localidad de la Aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: FODECYT 050-2013

Como se observa en la gráfica 1, el tratamiento testigo T0, es el que presenta un media baja del índice de infección para el segundo y tercer monitoreo debido al control que ejerció el producto comercial sobre el agente patógeno que provoca la roya del café; en los tratamientos T1, T2, T3, y T4 el índice de infección de la enfermedad se incremento en el segundo y tercer monitoreo después de realizadas dos aplicaciones del producto biológico Renova y el caldo mineral Sulfocalcio, esto probablemente se debe a que estos productos tiene una mayor efecto preventivo que curativo, es decir que pueden ser una opción para evitar que el agente patógeno se establezca en el cultivo y no tanto un efecto curativo de la enfermedad.

III.1.1.2 Localidad del municipio de Olopa

En el cuadro 11, se presenta los resultados promedio obtenidos del índice de infección de la roya en las plantas de café para la localidad de Olopa en cada uno de los tratamientos en los tres monitoreos realizados.

Cuadro 11. Resultados promedio del índice de infección de roya (*Hemileia vastatrix*) en las plantas de café en la localidad del municipio Olopa, Chiquimula, 2014.

Tratamiento	Descripción	Porcentaje de Índice de Infección		
		Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo
Parte Alta				
T0	Producto Comercial (Opera)	35.94	21.35	6.77
T1	Renova 10 ml	29.17	52.08	80.21
T2	Renova 20 ml	38.54	63.02	82.29
T3	Sulfocalcio 30 ml	32.81	63.02	84.38
T4	Sulfocalcio 60 ml	31.25	63.02	81.77
Parte Baja				
T0	Producto Comercial (Opera)	36.46	18.23	10.42
T1	Renova 10 ml	30.21	56.25	78.65
T2	Renova 20 ml	38.54	57.29	71.88
T3	Sulfocalcio 30 ml	32.81	57.29	81.77
T4	Sulfocalcio 60 ml	31.25	58.85	78.65

Fuente: FODECYT 050-2013

Como se puede observar en la cuadro 11, en el monitoreo inicial (primer monitoreo) previo a la aplicación de los diferentes tratamientos se detecto la presencia de roya del café en las plantas seleccionas para establecer el diseño experimental, lo cual permitió evaluar el efecto de los tratamientos sobre el control de la roya del café tanto el parte alta como en la parte baja. Es importante indicar que de acuerdo a los resultados promedio del índice de infección la localidad del municipio de Olopa, presento mayor incidencia de la enfermedad en la primer monitoreo compara con la localidad del municipio de Esquipulas, es se debe al tipo de manejo que los productores de brindan al cultivo en cada una de las localidades.

Los resultados muestran que el tratamiento T0, correspondiente al producto comercial (opera) es el que presenta un menor porcentaje de índice de infección en el segundo y tercer monitoreo lo cual índice que este tratamiento ejerce control sobre la enfermedad, el resto de los tratamientos T1, T2, T3 y T4, el porcentaje del índice de infección de la enfermedad se incremento en el segundo y tercer monitoreo.

A continuación de presentan los resultados obtenidos del índice de infección del la roya de café para cada uno de los tres monitoreos realizados, donde se incluye el monitoreo inicial el cual permitió realizar una comparación de los resultados en el estudio.

a. Índice de infección de la roya de café en el primer monitoreo.

Con el propósito de evaluar la respuesta de los diferentes tratamientos sobre el control de la roya del café, se realizo un monitoreo inicial en esta etapa previo a la aplicación de los tratamientos, donde mediante un muestreo se determinó el porcentaje del índice de infección de la roya del café para la localidad del municipio de Olopa.

En el cuadro 12, se presenta el análisis del varianza donde se muestra la significancia de los cuadrados medios del índice de infección correspondiente al primer monitoreo (monitoreo inicial) para los cinco tratamientos (T0 a T4) donde se observa que existe diferencia significativa en los tratamientos, y no existe diferencia altamente significativa

entre las localidades (parte alta y parte baja). El coeficiente de variación obtenido fue de 16.38%

Cuadro 12. Análisis de varianza para índice de infección de la roya de café (*Hemileia vastatrix*) en el primer monitoreo en la localidad de municipio de Olopa, Chiquimula, 2014.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculado	Pr > F
Tratamiento	4	420.52296	105.13074	3.45	0.018
Localidad	1	0.97344	0.97344	0.03	0.8592
Error	34	1035.69091	30.46150		
Total	39	1457.18731			
CV	16.38				

Fuente: FODECYT 050-2013

De acuerdo a la regla de decisión y de los resultados del andeva, al menos uno de los tratamientos evaluados es diferente a los demás, por lo cual es necesario efectuar una prueba de medias para determinar que tratamientos son diferentes entre sí.

Cuadro 13. Pruebas de medias de Tukey para índice de infección de la roya (*Hemileia vastatrix*) de café en el segundo monitoreo en la localidad de Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Tratamiento	Media	Tukey
T2	38.543	A
T0	36.198	A
T3	32.813	B
T4	31.253	B
T1	29.688	C

Fuente: FODECYT 050-2013

Con base a los resultados que se muestra en el cuadro 13, podemos llegar las siguientes conclusiones: los tratamientos T0 y T2, son estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes a los demás y muestran un porcentaje del índice de infección de 36.19% y 38.54%. Los tratamientos T3 y T4, son estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes a los demás y muestran un índice de infección de 32.81% y 31.25% respectivamente. El tratamiento T1 es estadísticamente diferente a los demás con un índice de infección de 29.68%.

b. Índice de infección de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en el segundo monitoreo.

En el cuadro 14, se presenta el análisis de la varianza donde se muestra la significancia de los cuadrados medios del índice de infección de la roya del café correspondiente al segundo monitoreo (30 días después de la primera aplicación) para los cinco tratamientos (T0 a T4) donde se observa que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, y existe diferencia significativa entre las localidades (parte alta y parte baja). El coeficiente de variación obtenido fue de 8.85%

Cuadro 14. Análisis de varianza para índice de infección de la roya de café (*Hemileia vastatrix*) en el segundo monitoreo en la localidad de municipio de Olopa, Chiquimula, 2014.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculado	Pr > F
Tratamiento	4	10003.57816	2500.894540	122.7	<.0001
Localidad	1	85.03056	85.03056	4.17	0.0489
Error	34	693.01659	20.38284		
Total	39	10781.62531			
CV	8.85				

Fuente: FODECYT 050-2013

De acuerdo a la regla de decisión y de los resultados del ANDEVA, al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo cual es necesario efectuar una prueba de medias para determinar que tratamientos son diferentes entre sí.

Cuadro 15. Pruebas de medias de Tukey para índice de infección de la roya de café (*Hemileia vastatrix*) en el segundo monitoreo en la localidad del municipio de Olopa, Chiquimula, 2014.

Tratamiento	Media	Tukey
T4	60.939	A
T3	60.156	A
T2	60.156	A
T1	54.165	B
T0	19.791	C

Fuente: FODECYT 050-2013

Con base a los resultados que se muestra en el cuadro 15, podemos llegar las siguientes conclusiones: los tratamientos T2, T3 y T4, son estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes a los demás, y muestran un porcentaje de índice de infección de roya del café de 60.15%, 50.15% y 60.93% respectivamente. El tratamiento T1 es estadísticamente diferente a los demás con índice de infección de 54.16%. Y por último el tratamiento T0 que corresponde el testigo relativo es estadísticamente diferente a los demás con el menor índice de infección de 19.79%.

c. Índice de infección de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en el tercer monitoreo.

En el cuadro 16, se presenta el análisis del varianza donde se muestra la significancia de los cuadrados medios del índice de infección correspondiente al tercer monitoreo (30 días después de la primera aplicación) para los cinco tratamientos (T0 a T4) donde se observa que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, y existe diferencia significativa entre las localidades (parte alta y parte baja). El coeficiente de variación obtenido fue de 6.07%

Cuadro 16. Análisis de varianza para índice de infección de la roya de café en el tercer monitoreo en la localidad del municipio de Olopa, Chiquimula, 2014.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculado	Pr > F
Tratamiento	4	32731.702440	8182.925610	515.07	<.0001
Localidad	1	79.04532	79.04532	4.98	0.0324
Error	34	540.15724	15.88698		
Total	39	33350.90500			
CV	6.07				

Fuente: FODECYT 050-2013

De acuerdo a la regla de decisión y de los resultados del andeva, al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo cual es necesario efectuar una prueba de medias para determinar que tratamientos son diferentes en sí.

Cuadro 17. Pruebas de medias de Tukey para índice de infección de la roya de café (*Hemileia vastatrix*) en el tercer monitoreo en la localidad del municipio de Olopa, Chiquimula, 2014.

Tratamiento	Media	Tukey
T3	83.073	A
T4	80.209	A
T1	79.428	A
T2	77.084	B
T0	8.594	C

Fuente: FODECYT 050-2013

Con base a los resultados que se muestra en el cuadro 17, podemos llegar a las siguientes conclusiones: los tratamientos T1, T3 y T4, son estadísticamente iguales ente sí, pero diferentes a los demás, y muestran un porcentaje de índice de infección de roya del café de 79.42%, 80.20% y 83.07% respectivamente. El tratamiento T2 es estadísticamente diferente a los demás con un índice de infección de 77.08%. Y el

tratamiento T0 correspondiente al testigo es estadísticamente diferente a los demás con el menor índice de infección de 8.59%.

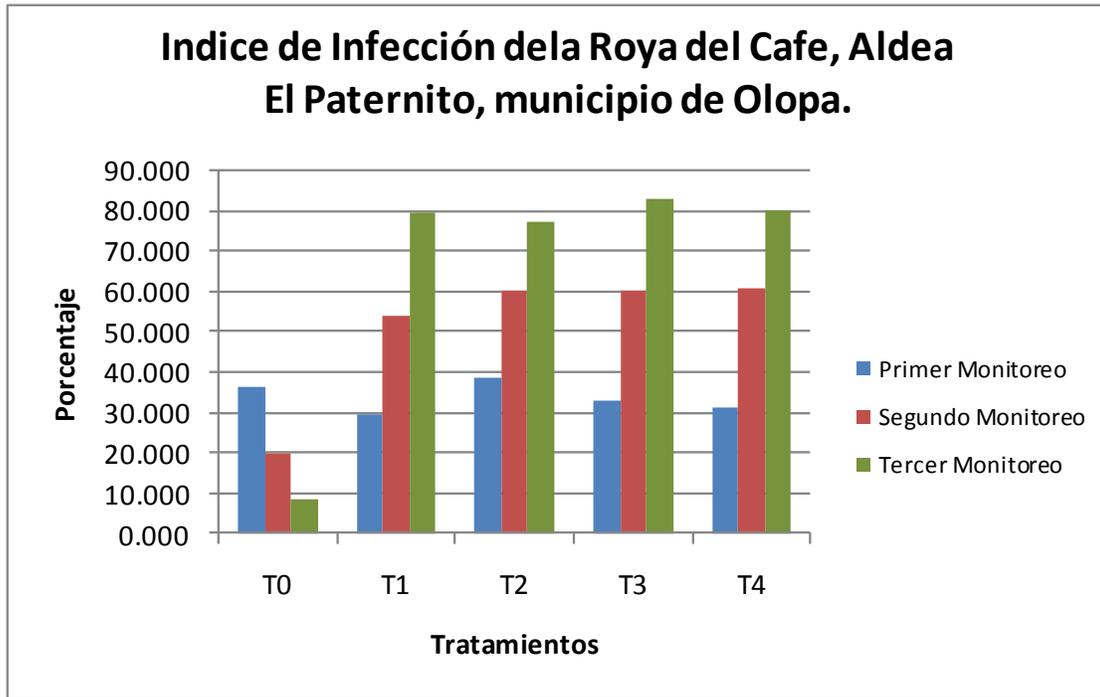
Con base a los resultados que se muestran en el cuadro 18, se puede concluir que el tratamientos testigo T0 que corresponde al producto comercial Opera, es el que ejerce un control efectivo de la enfermedad roya del café porque el índice de infección disminuye del 36.19% en el primer monitoreo al 19.79% en el segundo monitoreo y a 8.59% en el tercer y último monitoreo. Para el caso de los tratamientos T1 y T2 que corresponde a Renova (producto biológico a base de cuatro géneros de bacterias), estos tratamientos no ejercen control sobre el hongo que provoca la roya del café ya que el índice de infección de la enfermedad se incremento en el segundo monitoreo y el tercer monitoreo hasta 79.42% y 77.08% respectivamente. Para los tratamientos T3 y T4 que corresponde a Sulfocalcio en dos diferentes dosis, los resultados muestran que el índice de infección de la enfermedad se incremento del primero al segundo monitoreo y tercer monitoreo hasta 83.07% y 80.20% respectivamente, por lo cual se puede concluir que el producto Sulfocalcio no ejerce un control efectivo sobre el hongo que controla la roya del café.

Cuadro 18. Resultados promedio de índice de infección de roya en las plantas de café (*Hemileia vastatrix*) correspondiente a los tres monitoreos en la parte alta y baja de la localidad de Olopa, Chiquimula, 2014.

Tratamiento	Media		
	Primer Monitoreo	Primer Monitoreo	Primer Monitoreo
T0	36.198	19.791	8.594
T1	29.688	54.165	79.428
T2	38.543	60.156	77.084
T3	32.813	60.156	83.073
T4	31.253	60.939	80.209

Fuente: FODECYT 050-2013

Grafica 2. Comportamiento del índice de infección de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), en la localidad de la Aldea Paternito, municipio de Olopa, 2014.



Fuente: FODECYT 050-2013

Como se observa en la gráfica 2, el tratamiento testigo T0, es el que presenta una media más baja del índice de infección para el segundo y tercer monitoreo debido al control que ejerció el producto comercial sobre el agente patógeno que provoca la roya del café; igual que en la localidad del municipio de Esquipulas los tratamientos T1, T2, T3, y T4 el índice de infección de la enfermedad se incremento en el segundo y tercer monitoreo después de realizadas dos aplicaciones del producto biológico Renova y el caldo mineral Sulfocalcio, esto probablemente se debe a que estos productos tiene una mayor efecto preventivo que curativo, es decir que pueden ser una opción para evitar que el agente patógeno se establezca en el cultivo y no tanto un efecto curativo de la enfermedad.

III.2 Resultados de los diferentes parámetros del suelo, que permitieron estimar el efecto del producto Renova, en cuanto al mejoramiento de características físicas y químicas del suelo.

Los parámetros que se tomaron en cuenta para la presente investigación fueron densidad aparente, densidad real, % de espacio poroso, textura, pH, fosforo, potasio, calcio, magnesio, materia orgánica y conductividad eléctrica. Para cada parámetro se expone la situación observada luego de las aplicaciones realizadas.

Cuadro 19. Resultados de textura del suelo correspondiente al primer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Primer muestreo			
			% Arcilla	% Limo	% Arena	Clase Textural
1	T1R1	Renova 10 ml/l	14.72	55.61	29.67	Franco limosa
2	T1R2	Renova 10 ml/l	28.25	28.51	43.25	Franco arcillosa
3	T1R3	Renova 10 ml/l	21.71	37.36	40.92	Franco
4	T1R4	Renova 10 ml/l	31.79	25.64	42.56	Franco arcillosa
5	T2R1	Renova 20 ml/l	29.79	27.9	42.32	Franco arcillosa
6	T2R2	Renova 20 ml/l	23.37	32.22	44.4	Franco
7	T2R3	Renova 20 ml/l	24.15	46.61	29.23	Franco
8	T2R4	Renova 20 ml/l	10.63	39.22	50.15	Franco

Fuente: FODECYT 050-2013

Cuadro 20. Resultados de textura del suelo correspondiente al segundo muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Decripción	Segundo muestreo			
			% Arcilla	% Limo	% Arena	Clase Textural
1	T1R1	Renova 10 ml/l	27.23	31.71	41.06	Franco arcillosa
2	T1R2	Renova 10 ml/l	34.04	32.15	33.80	Franco arcillosa
3	T1R3	Renova 10 ml/l	29.59	40.51	29.89	Franco arcillosa
4	T1R4	Renova 10 ml/l	32.07	25.86	42.07	Franco arcillosa
5	T2R1	Renova 20 ml/l	31.76	49.32	18.91	Franco arcillosa limosa
6	T2R2	Renova 20 ml/l	27.09	34.21	38.70	Franco arcillosa
7	T2R3	Renova 20 ml/l	27.46	31.98	40.55	Franco arcillosa
8	T2R4	Renova 20 ml/l	26.17	37.44	36.39	Franco arcillosa

Fuente: FODECYT 050-2013

Cuadro 21. Resultados de textura del suelo correspondiente al tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Decripción	Tercer muestreo			
			% Arcilla	% Limo	% Arena	Clase Textural
1	T1R1	Renova 10 ml/l	23.76	31.15	45.08	Franco
2	T1R2	Renova 10 ml/l	30.08	27.08	42.83	Franco arcillosa
3	T1R3	Renova 10 ml/l	21.82	45.97	32.2	Franco
4	T1R4	Renova 10 ml/l	28.03	27.11	44.85	Franco arcillosa
5	T2R1	Renova 20 ml/l	22.48	47.36	30.16	Franco
6	T2R2	Renova 20 ml/l	15.83	40.42	43.74	Franco
7	T2R3	Renova 20 ml/l	25.81	31.12	43.07	Franco arcillosa
8	T2R4	Renova 20 ml/l	17.64	41.79	40.56	Franco

Fuente: FODECYT 050-2013

La textura del suelo indica la proporción en que se encuentran las partículas primarias del suelo, es una propiedad muy importante en el suelo ya que esta determina la capacidad de retención de humedad y nutrientes y refleja de alguna manera la disponibilidad nutritiva del suelo. En términos de textura lo más adecuado corresponde a las texturas francas o bien franco arcilloso, en el presente caso, los suelos de las unidades experimentales de Esquipulas presentan al final del tercer muestreo texturas medias que van desde suelos francos a suelos franco arcillosos, lo cual refleja una buena condición física del suelo.

Cuadro 22. Resultados de textura del suelo correspondiente al primer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Decripción	Primer muestreo			
			% Arcilla	% Limo	% Arena	Clase Textural
1	T1R1	Renova 10 ml/l	29.62	36.92	33.46	Franco arcillosa
2	T1R2	Renova 10 ml/l	23.39	44.99	31.62	Franca
3	T1R3	Renova 10 ml/l	23.44	45.08	31.48	Franca
4	T1R4	Renova 10 ml/l	25.39	40.82	33.80	Franca
5	T2R1	Renova 20 ml/l	25.62	39.13	35.24	Franco arcillosa
6	T2R2	Renova 20 ml/l	29.56	38.89	31.55	Franco arcillosa
7	T2R3	Renova 20 ml/l	23.39	40.90	35.71	Franca
8	T2R4	Renova 20 ml/l	27.40	40.77	31.82	Franco arcillosa

Fuente: FODECYT 050-2013

Cuadro 23. Resultados de textura del suelo correspondiente al segundo muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Segundo muestreo			
			% Arcilla	% Limo	% Arena	Clase Textural
1	T1R1	Renova 10 ml/l	29.62	36.92	33.46	Franco arcillosa
2	T1R2	Renova 10 ml/l	23.39	44.99	31.62	Franca
3	T1R3	Renova 10 ml/l	23.44	45.08	31.48	Franca
4	T1R4	Renova 10 ml/l	25.39	40.82	33.80	Franca
5	T2R1	Renova 20 ml/l	25.62	39.13	35.24	Franco arcillosa
6	T2R2	Renova 20 ml/l	29.56	38.89	31.55	Franco arcillosa
7	T2R3	Renova 20 ml/l	23.39	40.90	35.71	Franca
8	T2R4	Renova 20 ml/l	27.40	40.77	31.82	Franco arcillosa

Fuente: FODECYT 050-2013

Cuadro 24. Resultados de textura del suelo correspondiente al tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Tercer muestreo			
			% Arcilla	% Limo	% Arena	Clase Textural
1	T1R1	Renova 10 ml/l	31.90	37.00	31.10	Franco arcillosa
2	T1R2	Renova 10 ml/l	29.72	36.85	33.43	Franco arcillosa
3	T1R3	Renova 10 ml/l	25.73	43.17	31.10	Franca
4	T1R4	Renova 10 ml/l	29.69	38.85	31.45	Franco arcillosa
5	T2R1	Renova 20 ml/l	29.94	35.05	35.01	Franco arcillosa
6	T2R2	Renova 20 ml/l	29.72	38.89	31.38	Franco arcillosa
7	T2R3	Renova 20 ml/l	25.68	43.08	31.24	Franca
8	T2R4	Renova 20 ml/l	25.60	47.03	27.36	Franca

Fuente: FODECYT 050-2013

Las texturas de los suelos de las unidades experimentales ubicadas en el municipio de Olopa, muestran una excelente agregación de sus partículas, vemos al final del tercer muestreo que la gran mayoría tiende hacia la conformación de texturas franco

arcillosas, lo cual representa una condición ideal en estos suelos, en donde existirá una buena retención de agua y nutrientes.

La densidad aparente se define como el peso de un volumen de suelo, los valores menores de 1 gr/cc indican suelos con altos contenidos de materia orgánica, en el presente caso observamos que los valores de densidad aparente se mantienen en los diferentes muestreos realizados, reflejando dichos valores buenos niveles de materia orgánica y la presencia de texturas francas o bien franco arcillosas, el efecto del producto Renova no es factible poderlo apreciar puesto que no se observa cambios significativos en los valores obtenidos.

Cuadro 25. Resultados de densidad aparente del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Densidad Aparente g/cc		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	1.09	0.994	0.97
2	T1R2	Renova 10 ml/l	0.89	0.984	1.00
3	T1R3	Renova 10 ml/l	0.93	1.080	1.20
4	T1R4	Renova 10 ml/l	1.01	1.013	1.01
5	T2R1	Renova 20 ml/l	1.04	0.798	0.89
6	T2R2	Renova 20 ml/l	0.95	0.870	0.91
7	T2R3	Renova 20 ml/l	0.83	1.042	1.10
8	T2R4	Renova 20 ml/l	0.92	0.945	1.04

Fuente: FODECYT 050-2013

La densidad aparente en el área experimental del municipio de Olopa, muestra una leve disminución de su valor en el tercer muestreo realizado, esto implica suelos con mayores niveles de materiales orgánicos, o bien procesos de descomposición y degradación muy activos, tipificando además texturas medias en su granulometría,

posiblemente la adición de microorganismos a través del producto Renova está haciendo ver sus efectos.

Cuadro 26. Resultados de densidad aparente del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Densidad Aparente g/cc		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	1.12	1.20	1.07
2	T1R2	Renova 10 ml/l	1.10	1.15	1.08
3	T1R3	Renova 10 ml/l	1.12	1.12	1.15
4	T1R4	Renova 10 ml/l	1.16	1.17	1.09
5	T2R1	Renova 20 ml/l	1.05	1.09	1.04
6	T2R2	Renova 20 ml/l	1.16	1.14	1.04
7	T2R3	Renova 20 ml/l	1.13	1.16	1.05
8	T2R4	Renova 20 ml/l	1.14	1.15	1.08

Fuente: FODECYT 050-2013

El porcentaje de espacio poroso del suelo, refleja el espacio ocupado por aire y agua, regularmente en la composición volumétrica del suelo en condiciones ideales el valor es de 50% lo cual es típico de suelos francos, en el presente caso vemos como a lo largo de los muestreos el % de espacio poroso se fue acercando a este valor, lo cual refleja que la descomposición orgánica se está realizando con una buena dinámica y las texturas del suelo se mantienen dentro del contexto de las texturas medias o francas, lo cual es importante para las diversas funciones que dentro del suelo se realizan, como el caso de la retención de nutrientes, retención de agua en el suelo, capacidad de intercambio catiónico, entre otras.

Cuadro 27. Resultados del espacio poroso del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Espacio Poroso Total %		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	47.36	47.11	48.67
2	T1R2	Renova 10 ml/l	53.44	48.88	50.25
3	T1R3	Renova 10 ml/l	50.58	48.25	48.38
4	T1R4	Renova 10 ml/l	48.62	47.08	50.90
5	T2R1	Renova 20 ml/l	46.33	46.08	49.10
6	T2R2	Renova 20 ml/l	49.20	46.77	48.52
7	T2R3	Renova 20 ml/l	54.30	48.68	46.52
8	T2R4	Renova 20 ml/l	48.52	47.21	46.87

Fuente: FODECYT 050-2013

Cuadro 28. Resultados del espacio poroso del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Espacio Poroso Total %		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	44.59	43.83	47.13
2	T1R2	Renova 10 ml/l	44.94	45.83	47.34
3	T1R3	Renova 10 ml/l	44.49	47.43	44.88
4	T1R4	Renova 10 ml/l	44.92	47.47	48.06
5	T2R1	Renova 20 ml/l	48.90	45.38	48.38
6	T2R2	Renova 20 ml/l	44.15	46.98	49.94
7	T2R3	Renova 20 ml/l	44.64	44.23	48.00
8	T2R4	Renova 20 ml/l	41.83	46.38	48.07

Fuente: FODECYT 050-2013

El porcentaje de espacio poroso en las parcelas experimentales ubicadas en el municipio de Olopa, tienen una dinámica interesante, en el sentido que al final del

tercer muestreo muestran un alza en su valor, convirtiendo suelos muy sueltos a suelos mejor agregados, siempre dentro del rango de texturas medias, en el presente caso se esperaría contar con texturas francas. El producto Renova en esta oportunidad, es perceptible su aporte, pudiéndose concluir que los microorganismos agregados han trabajado efectivamente en la degradación de los materiales orgánicos, mejorando la agregación de las partículas de suelo y convirtiéndolos en suelos francos.

El pH de los suelos de Esquipulas con presencia del cultivo del café se encuentra en el rango de suelos ácidos, las cantidades de materia orgánica producto de los árboles de sombra y de las plantas mismas de café es abundante, lo que se traduce en la generación o producción de ácidos orgánicos durante el proceso de mineralización de los residuos orgánicos, esta situación provoca la acidificación de los suelos, los cuales deberán ser tratados con adiciones de cal dolomítica para neutralizar la acidez y mejorar los niveles de pH, el producto Renova no muestra una sustancial mejora en los niveles de pH, aunque si es determinante en la velocidad de descomposición orgánica de los residuos.

Cuadro 29. Resultados de pH del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	PH		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	4.82	5.75	5.62
2	T1R2	Renova 10 ml/l	4.59	4.43	4.11
3	T1R3	Renova 10 ml/l	5.99	4.6	4.73
4	T1R4	Renova 10 ml/l	4.28	4.46	4.61
5	T2R1	Renova 20 ml/l	5.02	5.57	4.92
6	T2R2	Renova 20 ml/l	5.22	4.91	5.61
7	T2R3	Renova 20 ml/l	5.17	4.63	4.78
8	T2R4	Renova 20 ml/l	5.59	5.54	5.53

Fuente: FODECYT 050-2013

El pH de los suelos de Esquipulas con presencia del cultivo del café se encuentra en el rango de suelos ácidos, las cantidades de materia orgánica producto de los árboles de sombra y de las plantas mismas de café es abundante, lo que se traduce en la generación o producción de ácidos orgánicos durante el proceso de mineralización de los residuos orgánicos, esta situación provoca la acidificación de los suelos, los cuales deberán ser tratados con adiciones de cal dolomítica para neutralizar la acidez y mejorar los niveles de pH, el producto Renova no muestra una sustancial mejora en los niveles de pH, aunque si es determinante en la velocidad de descomposición orgánica de los residuos.

Cuadro 30. Resultados de pH del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	PH		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	4.60	5.01	4.31
2	T1R2	Renova 10 ml/l	5.48	5.79	5.71
3	T1R3	Renova 10 ml/l	4.95	5.58	5.28
4	T1R4	Renova 10 ml/l	5.22	5.47	4.82
5	T2R1	Renova 20 ml/l	4.39	5.05	4.98
6	T2R2	Renova 20 ml/l	4.50	4.96	4.74
7	T2R3	Renova 20 ml/l	5.06	5.51	5.14
8	T2R4	Renova 20 ml/l	5.38	5.55	5.17

Fuente: FODECYT 050-2013

Los suelos de Olopa, muestran un comportamiento más estandarizado con la aplicación de Renova, al igual que los suelos de Esquipulas estos suelos también están clasificados como suelos ácidos y observando sus valores también es recomendable la adición de cal dolomítica, ya que esta adición mejora los niveles de calcio y magnesio, los cuales actúan como catalizadores del proceso de descomposición orgánica, la aplicación de Renova tiene una mejora significativa en el campo y consideramos que su aplicación permanente podría en el mediano plazo

mejorar el pH del suelo haciéndolo más neutro, con la ayuda de la cal dolomítica.

El comportamiento del fósforo en los suelos de Esquipulas, muestra un comportamiento interesante, en el sentido de que en forma constante y gradual se mejora su disponibilidad en el suelo. La degradación de los residuos por parte de los microorganismos, principalmente las bacterias adicionadas es efectivo y se traduce en un aumento significativo del fósforo en el suelo.

Cuadro 31. Resultados de fósforo del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Fósforo ppm		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	73.17	152.31	196.92
2	T1R2	Renova 10 ml/l	249.6	234.57	237.06
3	T1R3	Renova 10 ml/l	159.3	234.57	64.81
4	T1R4	Renova 10 ml/l	237.06	249.6	254.58
5	T2R1	Renova 20 ml/l	159.3	65.64	186.9
6	T2R2	Renova 20 ml/l	214.5	237.06	122.72
7	T2R3	Renova 20 ml/l	150	259.65	133.59
8	T2R4	Renova 20 ml/l	119.37	209.49	181.89

Fuente: FODECYT 050-2013

El comportamiento del fósforo en los suelos de Esquipulas, muestra un comportamiento interesante, en el sentido de que en forma constante y gradual se mejora su disponibilidad en el suelo. La degradación de los residuos por parte de los microorganismos, principalmente las bacterias adicionadas es efectivo y se traduce en un aumento significativo del fósforo en el suelo.

Cuadro 32. Resultados de fósforo del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Fósforo ppm		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	55.61	50.00	63.97
2	T1R2	Renova 10 ml/l	49.28	41.50	77.35
3	T1R3	Renova 10 ml/l	108.30	63.97	64.81
4	T1R4	Renova 10 ml/l	50.77	72.33	38.70
5	T2R1	Renova 20 ml/l	73.98	53.10	62.30
6	T2R2	Renova 20 ml/l	103.89	53.92	85.71
7	T2R3	Renova 20 ml/l	137.49	31.86	53.10
8	T2R4	Renova 20 ml/l	47.86	76.51	79.02

Fuente: FODECYT 050-2013

Los suelos de Olopa poseen menor disponibilidad de fósforo en comparación con los suelos de Esquipulas, son suelos más pobres y las adiciones de fertilizantes se dan en menor cantidad, las cantidades presentes al final de la investigación son adecuadas y altas, pudiéndose observar el efecto positivo que realiza la gama de bacterias adicionadas a través del producto Renova.

El potasio es un elemento importante en las plantaciones de café, puesto que brinda una serie de beneficios a la planta tales como mejor consistencia de los tejidos, evita el desprendimiento de los frutos, disminuye el porcentaje de grano vano, mejora el tamaño del grano del café, entre otros. Los niveles de potasio encontrados en el primer muestreo y el último muestreo, muestran niveles altos de potasio, aunque el cultivo del café requiere de más de 400 partes por millón de este elemento.

Cuadro 33. Resultados de potasio del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Potasio ppm		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	292.5	360	470
2	T1R2	Renova 10 ml/l	212.5	242.5	215
3	T1R3	Renova 10 ml/l	500	315	310
4	T1R4	Renova 10 ml/l	272.5	197.5	255
5	T2R1	Renova 20 ml/l	220	227.5	242.5
6	T2R2	Renova 20 ml/l	252.5	550	525
7	T2R3	Renova 20 ml/l	222.5	247	220
8	T2R4	Renova 20 ml/l	575	225	230

Fuente: FODECYT 050-2013

El potasio en suelos de Olopa presenta niveles bajos de potasio, en el muestreo inicial y el tercer muestreo no se manifiesta una mejora sustancial de este elemento pese a su importancia, se considera que es necesario adicionar potasio al suelo que se traduzca en mejores rendimientos por unidad de área. En el presente caso no se muestra el efecto de Renova al suelo puesto que los niveles encontrados se mantienen sin existir una mejora significativa. Es recomendable realizar un análisis de las cantidades utilizadas anualmente en el cultivo, puesto que los niveles que se muestran realmente hay que mejorarlos con adiciones químicas principalmente.

Cuadro 34. Resultados de potasio del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Potasio ppm		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	117.5	110	85
2	T1R2	Renova 10 ml/l	137.5	152.5	122.5
3	T1R3	Renova 10 ml/l	112.5	107.5	102.5
4	T1R4	Renova 10 ml/l	92.5	107.5	78.25
5	T2R1	Renova 20 ml/l	117.5	137.5	140
6	T2R2	Renova 20 ml/l	112.5	92.5	100
7	T2R3	Renova 20 ml/l	115	97.5	117.5
8	T2R4	Renova 20 ml/l	147.5	150	147.5

Fuente: FODECYT 050-2013

El calcio es un elemento importante en la planta ya que le brinda consistencia a los tejidos, además este elemento en el suelo actúa de manera dinámica en el proceso de degradación de la materia orgánica, es una base esencial en el suelo y en la capacidad de intercambio catiónico que determina la actividad química del suelo y su fertilidad y aprovechamiento de los nutrientes, en el presente caso los niveles de calcio encontrados son altos, lo cual advierte el balance en el pH del suelo, el análisis del muestreo inicial y final no muestra un efecto claro del producto Renova, las cantidades elevadas posiblemente se deban a la aplicación anual que los caficultores realizan de cal dolomítica. Los niveles altos advierten un proceso dinámico de descomposición orgánica en el suelo.

Cuadro 35. Resultados de calcio del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Calcio meq/100 gramos de suelo		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	7.17	8.42	9.04
2	T1R2	Renova 10 ml/l	7.17	8.1	6.23
3	T1R3	Renova 10 ml/l	10.91	6.54	5.61
4	T1R4	Renova 10 ml/l	8.1	6.86	7.17
5	T2R1	Renova 20 ml/l	8.42	10.6	10.29
6	T2R2	Renova 20 ml/l	16.21	9.98	9.66
7	T2R3	Renova 20 ml/l	13.72	7.79	11.22
8	T2R4	Renova 20 ml/l	10.29	10.91	10.29

Fuente: FODECYT 050-2013

El calcio en los suelos de Olopa muestra niveles adecuados y altos, su presencia en relación a los suelos de Esquipulas es más baja, mas sin embargo su presencia advierte una adecuada dinámica de absorción por parte de la planta así como un adecuado uso en el proceso de descomposición orgánica, es necesario considerar adiciones de cal dolomítica puesto que los valores de pH en el suelo son muy bajos o ácidos, lo cual en un determinado momento puede provocar problemas de absorción o bien problemas de fijación y toxicidad de algunos elementos como el zinc y el aluminio.

Cuadro 36. Resultados de calcio del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Calcio meq/100 gramos de suelo		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	5.3	5.92	7.79
2	T1R2	Renova 10 ml/l	7.17	8.1	10.6
3	T1R3	Renova 10 ml/l	6.54	9.98	9.66
4	T1R4	Renova 10 ml/l	5.3	9.35	6.23
5	T2R1	Renova 20 ml/l	5.3	8.42	9.35
6	T2R2	Renova 20 ml/l	4.05	7.17	6.86
7	T2R3	Renova 20 ml/l	5.3	8.42	8.73
8	T2R4	Renova 20 ml/l	4.67	8.73	7.17

Fuente: FODECYT 050-2013

El magnesio es un elemento que forma parte de la molécula de clorofila en la planta y cofactor de algunas enzimas en el metabolismo de la planta, en el presente caso los niveles de magnesio en el suelo son adecuados y mantienen en su mayoría una relación de 4:1 en lo referente calcio, magnesio. Esto nos indica una activa participación de este elemento en la fisiología de la planta, sin olvidar que este elemento también actúa como un catalítico en la descomposición orgánica de los residuos en el suelo.

Considerando los valores de pH bajos que poseen estos suelos se debe plantear la posibilidad de adiciones periódicas de cal dolomítica que permita neutralizar el pH en el suelo, para asegurar una efectiva asimilación de los diferentes elementos que se encuentren en el suelo en forma disponible.

Cuadro 37. Resultados de magnesio del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Magnesio meq/100 gramos de suelo		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	2.31	3.03	3.54
2	T1R2	Renova 10 ml/l	3.23	2.51	2.31
3	T1R3	Renova 10 ml/l	4.06	2.36	2.05
4	T1R4	Renova 10 ml/l	2.72	2.62	2.82
5	T2R1	Renova 20 ml/l	2.92	3.39	3.49
6	T2R2	Renova 20 ml/l	3.23	3.44	3.8
7	T2R3	Renova 20 ml/l	4.11	2.87	2.46
8	T2R4	Renova 20 ml/l	3.39	3.39	2.56

Fuente: FODECYT 050-2013

El magnesio en los suelos de Olopa se encuentra bajo, esto advierte suelos poco fértiles, los pH ácidos son representativos de la escases de sus bases, es necesario se considere de forma periódica la adición de cal dolomítica como enmienda, de lo contrario lo que tendremos es una acumulación de residuos en detrimento de la mineralización de la materia orgánica.

El Renova no muestra una modificación favorable de los valores de magnesio en el suelo.

Cuadro 38. Resultados de magnesio del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Magnesio meq/100 gramos de suelo		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	1.23	1.49	1.13
2	T1R2	Renova 10 ml/l	2.36	2.62	2.36
3	T1R3	Renova 10 ml/l	1.59	1.9	1.64
4	T1R4	Renova 10 ml/l	1.49	1.95	1.23
5	T2R1	Renova 20 ml/l	1.54	1.74	1.64
6	T2R2	Renova 20 ml/l	1.33	1.59	1.43
7	T2R3	Renova 20 ml/l	1.49	1.74	1.64
8	T2R4	Renova 20 ml/l	1.74	1.64	1.54

Fuente: FODECYT 050-2013

La materia orgánica es un componente esencial en el desarrollo y fertilidad de los suelos, esta propiedad cuando se encuentra en cantidades adecuadas mejora los valores de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, influyendo en su fertilidad, en el presente caso vemos suelos con un bajo porcentaje de materia orgánica.

La descomposición orgánica está determinada por tres factores, la cantidad de residuos sobre la superficie, la humedad y temperatura existente y la disponibilidad de microorganismos en el suelo, estos tres factores interactúan y favorecen la mineralización de los residuos orgánicos, en el presente caso no se logra apreciar el efecto de Renova al suelo, puesto que no existe coherencia en los resultados obtenidos en los diferentes muestreos realizados. Se considera que se deberá insistir en aplicaciones adicionales, puesto que la gama de microorganismos que se agregan son de gran utilidad en el suelo y tendrán que mejorar la degradación y descomposición de los residuos orgánicos.

Cuadro 39. Resultados de materia orgánica del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Materia Orgánica %		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	1.73	2.67	2.73
2	T1R2	Renova 10 ml/l	1.73	2.55	1.97
3	T1R3	Renova 10 ml/l	2.9	2.03	1.79
4	T1R4	Renova 10 ml/l	2.44	1.62	1.68
5	T2R1	Renova 20 ml/l	2.9	2.44	2.49
6	T2R2	Renova 20 ml/l	2.79	1.62	1.44
7	T2R3	Renova 20 ml/l	2.49	2.84	2.67
8	T2R4	Renova 20 ml/l	1.38	2.96	2.61

Fuente: FODECYT 050-2013

El comportamiento de la materia orgánica en el municipio de Olopa indica que en el muestreo inicial, los suelos poseían adecuada cantidad de materia orgánica y en el tercer muestreo los valores disminuyen, se considera que el producto Renova debió haber aumentado estos valores en vez de reducirlos, en tal sentido su efecto fue nulo o poco significativo.

Cuadro 40. Resultados de materia orgánica del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Materia Orgánica %		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	3.72	2.73	2.67
2	T1R2	Renova 10 ml/l	3.96	3.84	3.31
3	T1R3	Renova 10 ml/l	3.55	3.25	3.43
4	T1R4	Renova 10 ml/l	3.31	2.96	2.73
5	T2R1	Renova 20 ml/l	3.2	3.25	2.73
6	T2R2	Renova 20 ml/l	3.72	3.2	2.96
7	T2R3	Renova 20 ml/l	3.61	2.84	3.08
8	T2R4	Renova 20 ml/l	3.55	3.02	2.96

Fuente: FODECYT 050-2013

La conductividad eléctrica es un parámetro que nos permite establecer el contenido de sales o minerales en el suelo, en el caso de los suelos de Esquipulas, la conductividad se encuentra en un rango adecuado, lo cual refleja la adición de insumos que se realiza en la finca donde se encontraron las unidades experimentales.

Cuadro 41. Resultados de conductividad eléctrica del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Cafetales, municipio de Esquipulas, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Conductividad Eléctrica uS/cm		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	454	422	336
2	T1R2	Renova 10 ml/l	212	258	396
3	T1R3	Renova 10 ml/l	233	316	413
4	T1R4	Renova 10 ml/l	331	269	347
5	T2R1	Renova 20 ml/l	165.4	168.6	441
6	T2R2	Renova 20 ml/l	248	181.7	369
7	T2R3	Renova 20 ml/l	334	209.2	192.9
8	T2R4	Renova 20 ml/l	217	182.8	286

Fuente: FODECYT 050-2013

La conductividad eléctrica en el municipio de Olopa es baja, lo cual es compatible con los niveles bajos de calcio y magnesio encontrados en las unidades experimentales, niveles que deberán ser incrementados para mejorar la actividad microbiana así como la descomposición orgánica de los residuos.

Cuadro 42. Resultados de conductividad eléctrica del suelo correspondiente al primer, segundo y tercer muestreo, en la localidad de la aldea Paternito, municipio de Olopa, Chiquimula 2014.

No.	Tratamiento	Descripción	Conductividad Eléctrica uS/cm		
			Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo
1	T1R1	Renova 10 ml/l	252	161.2	141.8
2	T1R2	Renova 10 ml/l	201.6	148.1	167
3	T1R3	Renova 10 ml/l	188.9	124.8	128.5
4	T1R4	Renova 10 ml/l	115.7	102.3	133.1
5	T2R1	Renova 20 ml/l	338	161.8	198.8
6	T2R2	Renova 20 ml/l	274	151.4	146.7
7	T2R3	Renova 20 ml/l	134.9	97.3	121.2
8	T2R4	Renova 20 ml/l	142.7	133.7	139.5

Fuente: FODECYT 050-2013

III.3 Determinación de la influencia que ejerce la capacidad de retención de humedad del suelo, en la supervivencia del hongo.

La precipitación es quizás el factor ambiental más estudiado en relación con la evolución de la roya del cafeto a través del tiempo. La disponibilidad de agua o balance hídrico es otro factor que indirectamente influye sobre el desarrollo de la enfermedad a través de su acción sobre el desarrollo de la planta de café y principalmente en la supervivencia de las esporas que quedan en el suelo como fuente de inóculo. La formación del follaje, el crecimiento de las ramas, la floración y la maduración de los frutos está estrechamente relacionada con la disponibilidad de agua para la planta. A su vez el desarrollo de la planta, principalmente la cantidad de hojas, está relacionado con la mayor o menor intensidad de la enfermedad, en función de la cantidad de tejido susceptible y disponible a la infección. La lluvia es un factor muy importante en el desarrollo de una epidemia (incremento en la intensidad y severidad) de la roya del cafeto. La lluvia actúa como factor determinante en la germinación de las esporas, en su dispersión, e indirectamente sobre otros factores ambientales tales como la humedad relativa, la temperatura y la luminosidad. También parece ejercer un efecto detrimental sobre el incremento de la enfermedad cuando la intensidad y frecuencia de las lluvias exceden determinados niveles. La germinación de las uredosporas de la

roya ocurre a los 24°C aproximadamente, siendo indispensable el contacto con agua en estado líquido. La humedad relativa en el aire de 95 y 98% son inadecuadas para estimular la germinación. Aún en atmósfera saturada, la germinación no tiene lugar cuando no hay agua líquida en contacto con las esporas. Las partes de la planta de café orientados hacia el sur y oeste del cafeto siempre se caracterizan por presentar mayor nivel de infección con relación a las partes orientadas hacia el norte y este.

Estas diferencias en índices de infección están relacionadas con la exposición de las plantas al proceso nocturno de enfriamiento y con la energía disponible en el proceso de evaporación del agua condensada en las hojas. La trayectoria del sol posibilita menor duración de la humedad en las partes este y norte de las plantas. Períodos de lluvia son importantes no sólo para la distribución de la roya a corta distancia, sino también como condición favorable para la germinación de las esporas. Los períodos secos de larga duración son desfavorables.

El análisis de la influencia de la humedad del suelo, es necesario considerarlo puesto que esta humedad está ligada a la difusión de las esporas en el campo, a la sobrevivencia del hongo en el suelo y al abastecimiento de agua a la planta, además como solvente en el suelo es necesaria para reaccionar con los diferentes minerales y formar la solución nutritiva que será absorbida por la planta.

La cantidad de agua disponible para el cultivo del café, podrá estimarse conociendo los valores de capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP). El agua es fundamental para el logro de altos rendimientos en cualquier tipo de cultivo, en el caso del café es necesario para el llenado del grano y evitar con ello grano vano, pero además la humedad es un factor ligado a la supervivencia del hongo, en el presente caso se determinó la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, para conocer la capacidad de estos suelos de retener humedad y favorecer la viabilidad del hongo.

Cuadro 43. Resultados de la capacidad de retención de humedad del suelo en las localidad del municipio de Esquipulas y Olopa, Chiquimula 2014.

No.	IDENTIFICACIÓN	CAPACIDAD DE CAMPO (CC)	PUNTO DE MARCHITES PERMANENTE (PMP)	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD
1	E-1 T1R1	20.17	16.08	4.08
2	E-1 T1R2	22.00	17.17	4.83
3	E-1 T1R3	21.92	16.67	5.25
4	E-1 T1R4	21.33	17.33	4.00
5	E-1 T2R1	23.33	16.01	7.32
6	E-1 T2R2	21.25	16.18	5.07
7	E-1 T2R3	28.58	23.28	5.31
8	E-1 T2R4	23.42	18.73	4.69
9	E-3 T1R1	21.67	17.25	4.42
10	E-3 T1R2	20.83	17.42	3.42
11	E-3 T1R3	22.33	14.04	8.29
12	E-3 T1R4	23.08	14.91	8.17
13	E-3 T2R1	30.67	22.25	8.42
14	E-3 T2R2	26.00	17.83	8.17
15	E-3 T2R3	20.83	13.75	7.08
16	E-3 T2R4	22.83	14.92	7.92
17	O-1 T1R1	18.50	10.42	8.08
18	O-1 T1R2	19.08	10.08	9.00
19	O-1 T1R3	19.67	10.58	9.08
20	O-1 T1R4	18.50	9.77	8.73
21	O-1 T2R1	17.42	12.42	5.00
22	O-1 T2R2	18.58	10.83	7.75
23	O-1 T2R3	18.00	10.83	7.17
24	O-1 T2R4	18.17	11.50	6.67
25	O-3 T1R1	17.50	12.42	5.08
26	O-3 T1R2	17.67	11.58	6.08
27	O-3 T1R3	18.08	12.67	5.42
28	O-3 T1R4	17.50	12.08	5.42
29	O-3 T2R1	18.08	13.68	4.41
30	O-3 T2R2	18.33	13.42	4.92

Fuente: FODECYT 050-2013

La capacidad de retención de humedad está muy influenciada por la textura de los suelos, suelos arcillosos retienen más humedad que los suelos arenosos, por ello los valores del porcentaje de agua disponible más altos corresponden a suelos arcillosos y los valores más bajos corresponden a suelos franco arcillo arenosos.

Los valores altos de la capacidad de retención de humedad de los suelos, representan una condición apropiada para mantener latente las esporas del hongo, como fuente de inoculo primario, ya que dicha humedad acompañada de la materia orgánica presente le permite a la espora conservar su viabilidad, mientras ocurren lluvias que permitirán la germinación de las esporas, esto debido a que la germinación de la espora llamada uredosporas se va a presentar cuando exista una película de agua rodeando la espora, condición que se logra cuando la precipitación es constante durante un periodo de tiempo.

Es importante señalar que ambas unidades experimentales de los municipios de Olopa y Esquipulas, los suelos en su mayoría son de textura arcillosa o bien franco arcillosos, situación que favorece la viabilidad de las uredosporas, las cuales posteriormente se convertirán en basidiosporas y de esta forma permanecerán en el suelo hasta que existan condiciones favorables para su germinación, lo cual será hasta el inicio del invierno.

III.4 Plan de manejo viable en las plantaciones de café, de los municipios de Esquipulas y Olopa.



La roya es una enfermedad del café, presente en Guatemala desde el año 1980. Afecta hojas maduras principalmente.

Según el grado de severidad puede provocar una intensa caída de hojas y pérdidas en la producción. En los años 2010 y 2011 se observaron repuntes de roya en diferentes regiones del país, notándose que no existe un patrón definido en su comportamiento, aún para la misma finca, y de un año para otro. Además del uso preventivo de fungicidas, el manejo debe incluir monitoreo de la enfermedad (muestreos), y buenas prácticas de cultivo, con énfasis en una fertilización balanceada. Las parcelas con una alta producción (carga) son más susceptibles a la enfermedad.

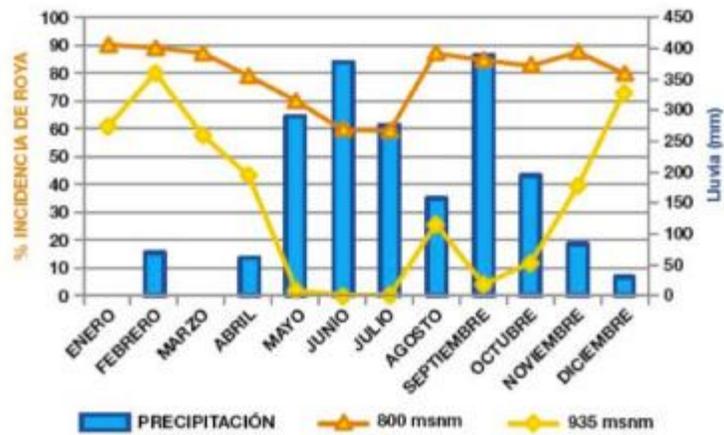
Biología y desarrollo de la roya del café

Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen en el envés o cara inferior de las hojas, donde se observan inicialmente manchitas pálidas que con el tiempo aumentan de tamaño y se unen formando las características manchas o lesiones amarillo-anaranjado, con apariencia de un “polvo” fino. Ahí se producen las esporas o “semillas” del hongo. Con el tiempo las manchas más viejas de roya van adquiriendo un color pardo o necrótico, donde sobrevive el hongo en las hojas (vivas) para el siguiente ciclo (inóculo residual).

En la siguiente estación de lluvias se reactiva la esporulación del hongo en las lesiones necrosadas, iniciándose un nuevo ciclo de la enfermedad. La germinación de esporas es favorecida en temperatura de 22°C, condiciones de obscuridad, periodo de mojado mínimo de 6 horas. Luego de la germinación, el hongo penetra en las hojas a través de las aberturas naturales (estomas) situadas en la cara inferior de las hojas maduras.

Entre los factores que influyen en el desarrollo o curva de la enfermedad están: la acumulación de humedad, variaciones de temperatura cercanas a los 22°C, mojado foliar, variaciones bruscas del ambiente, alta carga fructífera, edad de la planta, época de cosecha, fertilización deficiente y el inóculo primario (cuya mayor fuente es el inóculo residual).

Figura 7. Curvas de desarrollo de la roya a 2,600 y 3,000 pies de altitud y su interacción con la lluvia.



En la figura 7, se observan las dos curvas del el comportamiento de la roya sin control químico bajo condiciones de alta incidencia, correspondientes a diferentes altitudes (2,600 pies en anaranjado y 3,000 pies en amarillo). Con algunas variaciones se observa una fase de desarrollo lento de mayo a agosto, luego se incrementa de forma rápida a partir de agosto-septiembre, y la curva de la enfermedad alcanza su punto máximo entre diciembre y febrero del siguiente año. El mayor incremento de la enfermedad se observa en los meses correspondientes al desarrollo y maduración del fruto, y en la época de cosecha. En marzo-abril del siguiente año hay un descenso de la enfermedad por condiciones de clima adverso al hongo, caída de hojas durante la cosecha, vientos de la estación seca, defoliación por la enfermedad.

El momento oportuno para empezar la aplicación de fungicidas es previo al inicio de la estación de lluvias.

Figura 8. Programa de control químico de la Roya



III.4.1 Plan de manejo de la roya del café

El plan de manejo de la roya del café, conlleva una serie de recomendaciones que deberá tomar en cuenta el caficultor, para disminuir la cantidad de inóculo presente en los campos, así como contrarrestar la cantidad de esporas que constantemente se depositan en la superficie de las hojas.

Es necesario entender que la roya del café, es una roya macro cíclica, heteroica, lo cual indica que el patógeno pasa por diferentes estados y en cada uno de ellos forma una espora específica, y heteroica porque su ciclo lo realiza en dos huéspedes diferentes, el café y alguna maleza presente en las plantaciones de café.

A continuación abordaremos cada una de las recomendaciones que conforman el plan de manejo:

1. Eliminar la mayor cantidad de malezas presentes en el campo, ya que se constituyen en hospederos para concluir y continuar el ciclo de la enfermedad.
2. Muestreo del área foliar de la planta, con el propósito de observar la cantidad de inóculo primario de roya o esporas del año anterior. Este inóculo permanece en tejido necrosado en las hojas viejas e influye en los nuevos ciclos de la enfermedad.

3. Aplicación de 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. El fungicida sistémico que en la presente investigación se utilizó, es el fungicida Opera, cuyo ingrediente activo es Pyraclostrobin + epoxiconazole. Posteriormente puede planificarse la aplicación de fungicidas de contacto como: caldo bordelés, caldo vicoso, oxiclورو de cobre y óxido e hidróxido de cobre, entre otros.
4. 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 roya 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.
5. Manejo de tejidos a través de podas, con esta práctica se estimula el crecimiento y tejido productivo de la planta y se elimina parte del inóculo. Debe ser planificado y realizado de acuerdo a la edad de la plantación, registros de producción y la sanidad de tejidos, entre otros.
6. Fertilización equilibrada, los nutrientes ejercen funciones específicas en el metabolismo del cafeto en su crecimiento y producción. La fertilización mejora las condiciones de resistencia de la planta a enfermedades. Se deben realizar análisis de suelo y foliar, así como aplicar materia orgánica para mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Las localidades donde se desarrolló la investigación poseen una fertilidad adecuada, principalmente la localidad ubicada en el municipio de Esquipulas, donde la aplicación de fertilizantes se desarrolla con más regularidad. Este factor es importante puesto que al tener plantas más vigorosas tienen una mejor oportunidad de contrarrestar la enfermedad.

7. Control biológico. Existen microorganismos que pueden efectuar algún control sobre las esporas de la roya del café, en la presente oportunidad se evaluó el producto conocido con el nombre de Renova, el cual está integrado por cuatro géneros de bacterias, *Acinetobacter lwoffii*, *Bacillus thuringiensis*, *Stenatrophomanus maltephilia* y *Acidoverax delafieldii*, las cuales interactúan con una sinergia tal, que no solo ejercen control sobre las esporas del hongo sino también modifican positivamente en el corto tiempo las condiciones físico químicas del suelo, transformando los residuos orgánicos y agilizando su mineralización, esto implica un incremento en la fertilidad del suelo y la destrucción del inoculo orgánico presente como fuente de infección. Es importante indicar que el Renova trabaja adecuadamente cuando la fuente de inoculo es limitada, pero al existir una cantidad alta de esporas, el producto no funciona con la misma eficiencia.

8. Uso de resistencia genética. A mediano plazo sería la principal estrategia para enfrentar la roya en aquellas zonas más propicias a su desarrollo. Se consideran resistentes a la roya del café las líneas de Catimor y Sarchimor. Algunas de estas se encuentran en fase de validación, sin embargo debe considerarse su comportamiento frente a otras enfermedades como el ojo de gallo, al que son muy susceptibles. Todas las variedades de café tradicionales como Caturra, Bourbon, Catuaí rojo y amarillo, Pache, Villa Sarchí y Mundo Novo, no tienen resistencia a la roya.

9. Registro de información. Es necesario acompañar todos los eventos ocurridos en el ciclo de producción del café en la finca, dejando plena constancia en un libro de registro para conocer el historial y la evolución de la enfermedad cada año, en ella se deberán consignar datos climáticos, principalmente datos de lluvia.

PARTE IV

IV.1 CONCLUSIONES

1. La mejor eficiencia en el control de la roya del café, se obtuvo con el tratamiento testigo, al cual se le aplicó el fungicida Opera (Pyraclostrobin + epoxiconazole), el cual es fungicida sistémico.
2. La aplicación del producto biológico Renova, formulado a base de cuatro especies bacterianas y un catalizador, tuvo efecto positivo, cuando la enfermedad inicia su efecto en la planta, posterior a ello, el producto no mostró eficiencia en el control de las uredosporas del hongo.
3. El sulfuro de calcio, manifestó su eficiencia como producto preventivo, pero una vez las esporas penetraron el tejido de la planta, este no tuvo ningún efecto sobre la mortalidad del hongo.
4. La fertilidad del suelo abarca varios parámetros los cuales varían en cada localidad, en términos generales podríamos decir que los suelos del área experimental ubicados en Esquipulas, muestran mejores niveles de fertilidad en sus diferentes parámetros, la adición del producto Renova en la mayoría de los casos presenta mejoras sustanciales en la fertilidad así como en las condiciones físicas del suelo, por lo que su adición debería realizarse de manera permanente para mantener la productividad de los suelos.
5. El pH de los suelos en ambas localidades es ácido, con valores promedio que van de 4.98 a 5.30, en las localidades de Esquipulas y Olopa respectivamente, estos valores deben mejorarse mediante la adición de cal dolomítica, puesto que se corre el riesgo de que se tenga problemas de aluminio, lo cual puede inhibir la asimilación de algunos elementos indispensables para la planta, como el caso del potasio, además de las alteraciones que puede provocar en la planta.
6. La textura de los suelos en ambas localidades muestra un comportamiento de suelos francos a franco arcillosos, esta característica refleja una buena

capacidad de retención de humedad y nutrientes, así mismo el producto Renova confiere estabilidad en esta propiedad, debido a la acción que los microorganismos realizan en el suelo principalmente en la descomposición orgánica.

7. La densidad aparente muestra una variación de 1.01 a 1.07 gr/cc, valores que expresan la presencia de buenos contenidos de materia orgánica en el suelo, advirtiendo la existencia de suelos orgánicos, con buenos niveles de fertilidad.
8. La presente investigación propone un plan de manejo efectivo y viable en las dos localidades, en donde se consideran, el manejo de las malezas, el monitoreo de la enfermedad, el uso de fungicidas sistémicos, realización de podas, nutrición balanceada y resistencia genética, la integralidad de dichos componentes nos permitirá el control adecuado de la enfermedad en el campo.

IV.2 RECOMENDACIONES

1. La roya muestra su mayor efecto sobre la planta al inicio de las lluvias y el mayor repunte lo observamos en el mes de septiembre, considerando que las esporas para poder germinar necesitan de humedad, por tal razón considerando los resultados obtenidos, se recomienda previo las época lluviosa, la aplicación de fungicidas preventivos a base de cobre o bien la aplicación de sulfo calcio, con ello se estaría evitando la germinación de las uredosporas que caen en el tejido foliar cuando inician las lluvias, evitando el desarrollo del tubo germinativo de la espora.
2. En los meses de junio y septiembre, se deben hacer aplicaciones de productos curativos o sistémicos que disminuyan la cantidad de inóculo secundario presente en la planta, ya que de lo contrario la población de esporas es muy difícil de controlar y la cantidad de tejido perdido es muy significativa.
3. En parcelas con alta carga productiva se recomienda una aplicación adicional en el mes de agosto, con fungicida sistémico, para reducir la incidencia de roya durante la cosecha del café, ya que durante este periodo existe una alta esporulación y dispersión del hongo.
4. Se debe considerar la aplicación anual del producto biológico Renova, ya que este muestra resultados positivos en el mejoramiento de las características físicas y químicas del suelo, actuando como un descomponedor efectivo de la materia orgánica.
5. Es necesario agregar cal dolomítica, para neutralizar la acidez de los suelos, ya que de lo contrario se provocarían problemas de fijación de elementos como el fósforo, además de la toxicidad que puede provocar en este tipo de pH elementos como el aluminio y el hierro.

IV.3 BIBLIOGRAFIA

1. **Agrios George**, Fitopatología, 2ª edición, editorial Limusa.
2. **Álvarez Julio, Fajardo Otto**, VISAR - MAGA DIRECCION DE SANIDAD VEGETAL GUATEMALA Departamento de Vigilancia Epidemiológica.
3. **Arauz Cavallini, Luis Felipe**, 1998, Fitopatología: Un enfoque agroecológico, editorial Universidad de Costa Rica.
4. **Criterios para recomendar el manejo de la fertilidad del suelo**, I curso nacional de postgrado, Facultad de Agronomía, USAC. 1997
5. **Echandi Eddi**, Manual de laboratorio para fitopatología general, IICA, Costa Rica.
6. **Gavrilov, Iourii Nikolskii**, 2009, Efecto de alteración de la fertilidad del suelo en vulnerabilidad de maíz y trigo de temporal y riego en México debido al cambio climático.
7. **Ibáñez, Juan José**, 2006, **Niveles de Humedad del Suelo y Agua disponible.**
8. **INE (Instituto Nacional de Estadística, GT)**. 2002. Estadísticas del departamento de Chiquimula (en línea). Guatemala. Consultado 17 jul. 2008. Disponible en <http://www.ine.gob.gt/descargas/ambientales/chiquimula.htm>
9. _____. 2002. XI censo nacional de población y VI de habitación 2002. Guatemala, INE. 1 disco compacto. 80 min.
10. **Ojeda T.**, Suelos cultivados de la República Mexicana, contenido medio de nutrimentos minerales aprovechables, Universidad Autónoma Chapingo, México, 1996.

11. **Perdomo R, Hampton H.** 1970. Ciencia y Tecnología del Suelo, USAC.
12. **Rossiter, DG.** 2004. Metodologías para el levantamiento del recurso suelo. Trad. Vargas Rojas. Holanda, ITC. 145 p.
13. **Sánchez V. Javier,** 2008, Fertilidad del Suelo y Nutrición Mineral de Plantas.
14. **Tisdale y Nelson,** 1994. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Uteha, México.
15. **Torres Duggan Martín,** 2008, Fertilidad física, química y biológica del suelo.
16. **Willard, H. et al.** (1988) Métodos Instrumentales de Análisis. Editorial Iberoamericana, México. 879 pp.

IV.4 ANEXOS

Anexo 1. Resultados de los tratamientos evaluados para la variable Índice de Infección de la enfermedad de la roya en la plantas de café de la localidad del municipio de Esquipulas, Aldea Cafetales parte alta.

Localidad del municio de Esquipulas, Aldea Cafetales parta alta

Tratamiento	Descripción	Repetición	Primer Monitoreo				Segundo Monitoreo				Tercer Monitoreo			
			No. Hojas infectada	No. Hojas no infectadas	Total de hojas	% IF	No. Hojas infectada	No. Hojas no infectadas	Total de hojas	% IF	No. Hojas infectada	No. Hojas no infectadas	Total de hojas	% IF
1	Producto Comercial (Opera)	1	15	33	48	31.25	4	44	48	8.33	3	45	48	6.25
		2	6	42	48	12.50	4	44	48	8.33	3	45	48	6.25
		3	6	42	48	12.50	3	45	48	6.25	2	46	48	4.17
		4	12	36	48	25.00	6	42	48	12.50	3	45	48	6.25
2	Renova 10 ml	1	30	18	48	62.50	35	13	48	72.92	38	10	48	79.17
		2	6	42	48	12.50	20	28	48	41.67	36	12	48	75.00
		3	15	33	48	31.25	21	27	48	43.75	35	13	48	72.92
		4	20	28	48	41.67	22	26	48	45.83	34	14	48	70.83
3	Renova 20 ml	1	13	25	38	34.21	24	24	48	50.00	33	15	48	68.75
		2	15	33	48	31.25	25	23	48	52.08	37	11	48	77.08
		3	4	44	48	8.33	20	28	48	41.67	34	14	48	70.83
		4	5	43	48	10.42	21	17	38	55.26	31	17	48	64.58
4	Sulfocalcio 30 ml	1	15	33	48	31.25	22	26	48	45.83	36	12	48	75.00
		2	20	28	48	41.67	27	21	48	56.25	38	10	48	79.17
		3	6	42	48	12.50	19	29	48	39.58	39	9	48	81.25
		4	18	30	48	37.50	23	25	48	47.92	38	10	48	79.17
5	Sulfocalcio 60 ml	1	30	18	48	62.50	35	18	53	66.04	40	8	48	83.33
		2	10	38	48	20.83	25	23	48	52.08	38	10	48	79.17
		3	10	38	48	20.83	26	22	48	54.17	36	12	48	75.00
		4	21	27	48	43.75	25	23	48	52.08	35	13	48	72.92

Fuente: FODECYT 050-2013

Anexo 2. Resultados de los tratamientos evaluados para la variable Índice de Infección de la enfermedad de la roya en la plantas de café de la localidad del municipio de Esquipulas, Aldea Cafetales parte baja.

Tratamiento	Descripción	Repetición	Primer Monitoreo				Segundo Monitoreo				Tercer Monitoreo			
			No. Hojas infectada	No. Hojas no infectadas	Total de hojas	% IF	No. Hojas infectada	No. Hojas no infectadas	Total de hojas	% IF	No. Hojas infectada	No. Hojas no infectadas	Total de hojas	% IF
0	Producto Comercial (Opera)	1	19	9	28	67.86	31	17	48	64.58	8	40	48	16.67
		2	10	15	25	40.00	20	28	48	41.67	9	39	48	18.75
		3	11	12	23	47.83	22	30	52	42.31	8	40	48	16.67
		4	11	11	22	50.00	23	25	48	47.92	10	38	48	20.83
1	Renova 10 ml	1	17	6	23	73.91	34	14	48	70.83	38	10	48	79.17
		2	24	24	48	50.00	26	22	48	54.17	37	11	48	77.08
		3	15	9	24	62.50	30	18	48	62.50	40	8	48	83.33
		4	24	24	48	50.00	25	23	48	52.08	39	9	48	81.25
2	Renova 20 ml	1	20	28	48	41.67	26	22	48	54.17	37	11	48	77.08
		2	18	17	35	51.43	23	25	48	47.92	36	12	48	75.00
		3	17	7	24	70.83	33	15	48	68.75	38	10	48	79.17
		4	11	13	24	45.83	21	27	48	43.75	40	8	48	83.33
3	Sulfocalcio 30 ml	1	12	18	30	40.00	20	28	48	41.67	40	8	48	83.33
		2	25	23	48	52.08	26	22	48	54.17	37	11	48	77.08
		3	29	19	48	60.42	28	20	48	58.33	36	12	48	75.00
		4	18	27	45	40.00	20	28	48	41.67	39	9	48	81.25
4	Sulfocalcio 60 ml	1	27	21	48	56.25	29	19	48	60.42	36	12	48	75.00
		2	14	11	25	56.00	27	21	48	56.25	35	13	48	72.92
		3	25	23	48	52.08	26	22	48	54.17	39	9	48	81.25
		4	21	21	42	50.00	23	25	48	47.92	38	10	48	79.17

Fuente: FODECYT 050-2013

Anexo 3. Resultados de los tratamientos evaluados para la variable Índice de Infección de la enfermedad de la roya en la plantas de café de la localidad del municipio de Olopa, Aldea Cafetales parte alta.

Tratamiento	Descripción	Repetición	Primer Monitoreo				Segundo Monitoreo				Tercer Monitoreo			
			No. Hojas infectada	No. Hojas no infectadas	Total de hojas	% IF	No. Hojas infectada	No. Hojas no infectadas	Total de hojas	% IF	No. Hojas infectada	No. Hojas no infectadas	Total de hojas	% IF
1	Producto Comercial (Opera)	1	16	32	48	33.33	10	38	48	20.83	4	44	48	8.33
		2	18	30	48	37.50	12	36	48	25.00	2	46	48	4.17
		3	20	28	48	41.67	10	38	48	20.83	3	45	48	6.25
		4	15	33	48	31.25	9	39	48	18.75	4	44	48	8.33
2	Renova 10 ml	1	14	34	48	29.17	22	26	48	45.83	38	10	48	79.17
		2	10	38	48	20.83	24	24	48	50.00	37	11	48	77.08
		3	15	33	48	31.25	28	20	48	58.33	40	8	48	83.33
		4	17	31	48	35.42	26	22	48	54.17	39	9	48	81.25
3	Renova 20 ml	1	21	27	48	43.75	28	20	48	58.33	41	7	48	85.42
		2	14	34	48	29.17	31	17	48	64.58	36	12	48	75.00
		3	19	29	48	39.58	29	19	48	60.42	40	8	48	83.33
		4	20	28	48	41.67	33	15	48	68.75	41	7	48	85.42
4	Sulfocalcio 30 ml	1	14	34	48	29.17	31	17	48	64.58	42	6	48	87.50
		2	17	31	48	35.42	29	19	48	60.42	39	9	48	81.25
		3	13	35	48	27.08	33	15	48	68.75	40	8	48	83.33
		4	19	29	48	39.58	28	20	48	58.33	41	7	48	85.42
5	Sulfocalcio 60 ml	1	18	30	48	37.50	33	15	48	68.75	37	11	48	77.08
		2	14	34	48	29.17	29	19	48	60.42	40	8	48	83.33
		3	17	31	48	35.42	30	18	48	62.50	39	9	48	81.25
		4	11	37	48	22.92	29	19	48	60.42	41	7	48	85.42

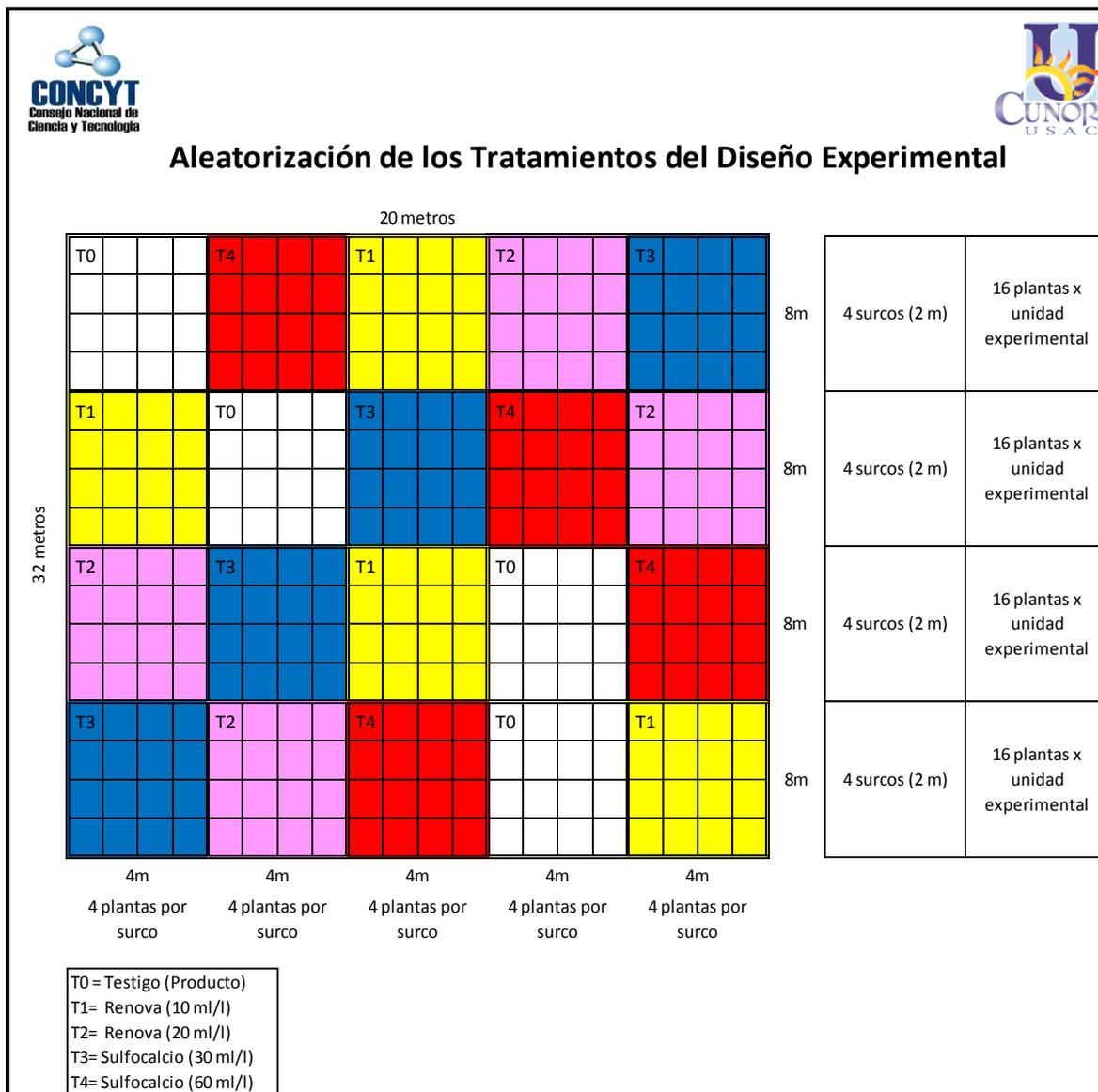
Fuente: FODECYT 050-2013

Anexo 4. Resultados de los tratamientos evaluados para la variable Índice de Infección de la enfermedad de la roya en la plantas de café de la localidad del municipio de Olopa, Aldea Cafetales parte baja.

Tratamiento	Descripción	Repetición	Primer Monitoreo				Segundo Monitoreo				Tercer Monitoreo			
			No. Hojas infectada	No. Hojas no infectadas	Total de hojas	% IF	No. Hojas infectada	No. Hojas no infectadas	Total de hojas	% IF	No. Hojas infectada	No. Hojas no infectadas	Total de hojas	% IF
1	Producto Comercial (Opera)	1	18	30	48	37.50	11	37	48	22.92	5	43	48	10.42
		2	19	29	48	39.58	9	39	48	18.75	6	42	48	12.50
		3	16	32	48	33.33	7	41	48	14.58	4	44	48	8.33
		4	17	31	48	35.42	8	40	48	16.67	5	43	48	10.42
2	Renova 10 ml	1	13	35	48	27.08	28	20	48	58.33	38	10	48	79.17
		2	11	37	48	22.92	25	23	48	52.08	39	9	48	81.25
		3	18	30	48	37.50	27	21	48	56.25	38	10	48	79.17
		4	16	32	48	33.33	28	20	48	58.33	36	12	48	75.00
3	Renova 20 ml	1	21	27	48	43.75	27	21	48	56.25	33	15	48	68.75
		2	14	34	48	29.17	26	22	48	54.17	36	12	48	75.00
		3	19	29	48	39.58	29	19	48	60.42	35	13	48	72.92
		4	20	28	48	41.67	28	20	48	58.33	34	14	48	70.83
4	Sulfocalcio 30 ml	1	14	34	48	29.17	26	22	48	54.17	40	8	48	83.33
		2	17	31	48	35.42	30	18	48	62.50	39	9	48	81.25
		3	13	35	48	27.08	25	23	48	52.08	41	7	48	85.42
		4	19	29	48	39.58	29	19	48	60.42	37	11	48	77.08
5	Sulfocalcio 60 ml	1	18	30	48	37.50	32	16	48	66.67	41	7	48	85.42
		2	14	34	48	29.17	25	23	48	52.08	35	13	48	72.92
		3	17	31	48	35.42	29	19	48	60.42	38	10	48	79.17
		4	11	37	48	22.92	27	21	48	56.25	37	11	48	77.08

Fuente: FODECYT 050-2013

Anexo 5. Aleatorización de los tratamientos del diseño experimental de la investigación.



Fuente: FODECYT 050-2013

Anexo 6. Tabla para la toma de datos de campo durante el desarrollo de la investigación.



TABLA PARA LA RECOLECCION DE DATOS FASE DE CAMPO

Tratamiento	Repetición	Primer Monitoreo		Segundo Monitoreo		Tercer Monitoreo	
		Muestreo de 4 Plantas (Parte Alta, Media y Baja)		Muestreo de 4 Plantas (Parte Alta, Media y Baja)		Muestreo de 4 Plantas (Parte Alta, Media y Baja)	
		No. hojas infectadas	No. hojas no infectadas	No. hojas infectadas	No. hojas no infectadas	No. hojas infectadas	No. hojas no infectadas
T0	R1						
	R2						
	R3						
	R4						
T1	R1						
	R2						
	R3						
	R4						
T2	R1						
	R2						
	R3						
	R4						
T3	R1						
	R2						
	R3						
	R4						
T4	R1						
	R2						
	R3						
	R4						

Fuente: FODECYT 050-2013

Anexo 7. Fotografías de actividades realizadas en la investigación, relativas al trabajo de laboratorio y campo del proyecto.

Fotografía 1. Análisis físico químico de las muestras recolectadas en el campo.



Fuente: FODECYT 050-2015

Fotografía 2. Monitoreo de la enfermedad y trabajo de laboratorio



Fuente: FODECYT 050-2015

Fotografía 3. Aplicación de productos y monitoreo de la enfermedad.



Fuente: FODECYT 050-2015

Fotografía 4. Aplicación de sulfo calcio



Fuente: FODECYT 050-2015

Fotografía 5. Monitoreo del índice de infección de la enfermedad



Fuente: FODECYT 050-2015

Fotografía 6. Preparación y aplicación del producto biológico Renova



Fuente: FODECYT 050-2015

Fotografía 7. Muestreo de suelos y revisión del diseño experimental



Fuente: FODECYT 050-2015

Fotografía 8. Análisis de las muestras de suelo en el laboratorio de suelos del CUNORI

Fuente:



FODECYT 050-2015

PARTE V

V.1 Informe Financiero

AD-R-0013

FICHA DE EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA							
LINEA: FODECYT							
Nombre del Proyecto:		"Evaluación de alternativas químicas y biológicas para el manejo de la Roya del Café (Hemileia vastatrix), en el municipio de Olopa y Esquipulas, Chiquimula"					
Numero del Proyecto:		050-2013					
Investigador Principal y/o Responsable del Proyec.		ING. RODOLFO AUGUSTO CHICAS SOTO					
Monto Autorizado:		Q326,125.00		Orden de Inicio (y/o Fecha primer pago):		01/04/2014	
Plazo en meses		12 meses					
Fecha de Inicio y Finalización:		01/04/2014 al 31/03/2015		1ra Prorroga: 01/04/2015-31/05/2015			
Grupo	Renglon	Nombre del Gasto	Asignacion Presupuestaria	TRANSFERENCIA		Ejecutado	Pendiente de Ejecutar
				Menos (-)	Mas (+)		
0		SERVICIOS PERSONALES					
	035	Retribuciones a Destajo	Q 10,000.00		Q 11,000.00	Q 21,000.00	Q -
1		SERVICIOS NO PERSONALES					
	121	Divulgación e información	Q 2,000.00				Q 2,000.00
	122	Impresión, encuadernación y reproducción	Q 1,000.00		Q 2,000.00	Q 2,900.00	Q 100.00
	163	Mantenimiento y reparación de equipo médico-sanitario y de laboratorio	Q 3,000.00		Q 3,000.00	Q 6,000.00	Q -
	181	Estudios, investigaciones y proyectos de factibilidad	Q 81,625.00			Q 70,625.00	Q 11,000.00
	181	Estudios, investigaciones y proyectos de factibilidad (Evaluación externa de Impacto)	Q 8,000.00				Q 8,000.00
	185	Servicios de capacitación	Q 2,000.00				Q 2,000.00
2		MATERIALES Y SUMINISTROS					
	224	Pómez, cal y yeso	Q 5,000.00	Q 5,000.00			Q -
	229	Otros minerales	Q 3,000.00	Q 3,000.00			Q -
	261	Elementos y compuestos químicos	Q 21,500.00	Q 5,000.00		Q 13,326.20	Q 3,173.80
	262	Combustibles y lubricantes	Q 5,000.00		Q 5,000.00	Q 8,700.00	Q 1,300.00
	264	Insecticidas, fumigantes y similares	Q 7,500.00			Q 7,300.00	Q 200.00
	268	Productos plásticos, nylon, vinil y pvc	Q 2,500.00	Q 2,150.00	Q 3,492.60	Q 3,842.60	Q -
	271	Productos de arcilla	Q 3,000.00	Q 3,000.00			Q -
	272	Productos de vidrio	Q 10,000.00	Q 1,992.60		Q 7,036.70	Q 970.70
	284	Estructuras metálicas acabadas			Q 150.00	Q 137.00	Q 13.00
	292	Útiles de limpieza y productos sanitarios	Q 500.00			Q 499.50	Q 0.50
	295	Útiles menores, médico-quirúrgicos y de laboratorio	Q 1,500.00				Q 1,500.00
	297	Útiles, accesorios y materiales eléctricos	Q 3,000.00	Q 3,000.00			Q -
	298	Accesorios y repuestos en general	Q 1,500.00	Q 1,500.00			Q -
3		PROPIEDAD, PLANTA, EQUIPO E INTANGIBLES					
	321	Maquinaria y equipo de producción	Q 10,000.00			Q 800.00	Q 9,200.00
	322	Equipo de Oficina			Q 1,050.00	Q 1,050.00	Q -
	323	Equipo médico-sanitario y de laboratorio	Q 115,000.00	Q 61,745.00		Q 35,468.37	Q 17,786.63
	329	Otras maquinarias y equipos	Q 29,500.00	Q 1,050.00	Q 61,745.00	Q 90,195.00	Q -
		GASTOS DE ADMÓN. (10%)					
			Q 326,125.00	Q 87,437.60	Q 87,437.60	Q 268,880.37	Q 57,244.63

MONTO AUTORIZADO	Q 326,125.00	Disponibilidad	Q 57,244.63
(-) EJECUTADO	Q 268,880.37		
SUBTOTAL	Q 57,244.63		
(-) ANTICIPO PARA GASTOS MENORES	Q		
TOTAL POR EJECUTAR	Q 57,244.63		