

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“APOYO AL PLAN NACIONAL PARA EL COMBATE DE LA ROYA EN
PLANTACIONES DE CAFÉ EN EL ALTIPLANO DE GUATEMALA”, COOPERACIÓN
ALEMANA -GIZ-, ORGANIZACIÓN CONTRAPARTE -CCDA- EN LOS MUNICIPIOS DE
SAN LUCAS TOLIMÁN, SANTIAGO ATITLÁN Y SAN ANTONIO PALOPÓ, DEL
DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.**

WALTER SEBASTIÁN DE LEÓN SÁNCHEZ

Guatemala, julio de 2016

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“APOYO AL PLAN NACIONAL PARA EL COMBATE DE LA ROYA EN
PLANTACIONES DE CAFÉ EN EL ALTIPLANO DE GUATEMALA”, COOPERACIÓN
ALEMANA -GIZ-, ORGANIZACIÓN CONTRAPARTE -CCDA- EN LOS MUNICIPIOS DE
SAN LUCAS TOLIMÁN, SANTIAGO ATITLÁN Y SAN ANTONIO PALOPÓ, DEL
DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.**

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

POR

WALTER SEBASTIÁN DE LEÓN SÁNCHEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, julio de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

DR. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL I	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL II	Ing. Agr. MSc. César Linneo García Contreras
VOCAL III	Ing. Agr. MSc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL IV	Br. I. Milton Juan José Caná Aguilar
VOCAL V	P. Agr. Cristian Alexander Méndez López
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, julio de 2016

Guatemala, julio de 2016

Honorable de Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el Trabajo de Graduación: Apoyo en la ejecución del proyecto “Apoyo al plan nacional para el combate de la roya en plantaciones de café en el Altiplano de Guatemala”, Cooperación Alemana -GIZ-, organización contraparte -CCDA- en los Municipios de San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán y San Antonio Palopó, del Departamento de Sololá, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, suscribo la presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

WALTER SEBASTIÁN DE LEÓN SÁNCHEZ

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS:

A quien le debo mi Alma, Padre Eterno, por la oportunidad de vida, por la oportunidad de adentrarme en el maravilloso mundo del saber, por permitirme dar un paso más en mi vida profesional, por proveerme sabiduría y su exploración, alcanzo el éxito en tu nombre y este triunfo te lo rindo a ti, guíame y haz de mí un ser incansable.

MIS PADRES:

Tomás de León Raymundo y Juana Sánchez Solís, con todo mi amor y respeto, por todos sus esfuerzos y sacrificios, por aferrarse a este sueño que se ha hecho realidad, hoy lleno de alegría les dedico este triunfo con todo mi amor.

MI FUTURA ESPOSA: Ana García B., por brindarme siempre su apoyo, amor y comprensión.

MI HIJO:

Tomás Bruss R. de León García, mi fortaleza, mi inspiración y más que los motivos para seguir avanzando en mi vida profesional y de mis esmeros cotidianos.

MIS ABUELOS:

Miguel Sánchez Jacinto (Q.P.D.) y Catarina Solís; José de León y Lucia Raymundo (Q.P.D.), por sus inolvidables consejos, y por la vida de mis padres, con todo amor y cariño.

MIS HERMANOS: Josué, Miguel, Williams, Roberto, Tomás, Anabella, Elizabeth, Lucy, Alicia, Leticia y Glendy, de corazón mis seres queridos, los quiero, respeto y aprecio, por compartir con ustedes, por acompañarme en cada momento de mi vida ayudándome y apoyándome incondicionalmente y por regalarme tantas alegrías y, que mi triunfo sea un ejemplo para ustedes.

MIS AMIGOS: Por brindarme su amistad, confianza, respeto y apoyo, que esto sea un recuerdo de las experiencias vividas y compartidas durante todos estos años, fue un gusto compartir la vida universitaria con ustedes, con mucho cariño, aprecio y respeto: Félix E. Khan, Mario A. Lucero, Diego A. Pineda, Diego Bran, Huber Quezada, Ricardo Taracena, Santos Catú, Freddy A. Gonzáles, Víctor Paredes.

USTED: Con mucho respeto.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

Dios, fuente de luz, de vida y de sabiduría.

Guatemala, país de la eterna primavera, que me vio nacer y crecer.

Nebaj, tierra que me vio nacer, tierra de las clavellinas y cuna del traje típico.

Universidad de San Carlos de Guatemala, Alma Mater, mi casa de estudios, que abrió sus puertas para brindarme el privilegio de una formación académica de alta calidad.

Facultad de Agronomía, la Sexagenaria, la gloriosa, unidad académica que me ha formado profesionalmente en el ámbito agrícola, por haber sido parte fundamental en mi vida y formación universitaria.

Mis padres, por darme la oportunidad de alcanzar esta meta y el apoyo incondicional que siempre tuve y sobre todo por confiar en mí.

Mi familia, nido de mis sueños, anhelos y futuro.

AGRADECIMIENTOS

A:

Dr. Sível Elías Gramajo, por el asesoramiento brindado durante el Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-, y el apoyo después del mismo.

Ing. Agr. MSc. César Linneo García Contreras, por su apoyo y asesoramiento durante el desarrollo de la investigación, y su apoyo después del mismo.

Dr. Ezequiel López, por su apoyo en la parte estadística de mi investigación, mis respetos.

Dr. Edín Orozco Miranda, por su apoyo en la planificación y evaluación de la investigación.

Cooperación Alemana -GIZ- por brindarme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- en el proyecto “Apoyo al plan nacional para el combate de la roya en plantaciones de café en el Altiplano de Guatemala” y, así lograr aportar mi grano de arena en el desarrollo socioeconómico de las familias caficultoras del Altiplano.

Freddy Antonio Gonzáles por brindarme su apoyo, amistad y momentos compartidos durante el -EPS-.

Comité Campesino Del Altiplano -CCDA- por brindarme apoyo y darme aposento en uno de los bungalos y permitirme vivir en él y tener aquella vista panorámica del bello Lago
Atitlán.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
RESUMEN GENERAL.....	vii
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DE LA BIOFÁBRICA DE LA ASOCIACIÓN COMITÉ CAMPEÑO DEL ALTIPLANO -CCDA- SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ, DURANTE LOS MESES DE AGOSTO DE 2014 A MAYO DE 2015-----	1
1.1 PRESENTACIÓN-----	2
1.2 MARCO REFERENCIAL -----	3
1.2.1 Comité Campesino del Altiplano CCDA -----	3
1.3 OBJETIVOS-----	6
1.3.1 Objetivo general -----	6
1.3.2 Objetivos específicos-----	6
1.4 METODOLOGÍA -----	7
1.5 RESULTADOS y DISCUSIÓN-----	7
1.5.1 Situación de los pequeños productores sin la biofábrica -----	7
1.5.2 Funcionamiento y operatividad de la Biofábrica -----	8
1.5.3 Productos -----	12
1.5.4 ONG's cooperantes-----	15
1.5.5 Tecnología -----	16
1.5.6 Dificultades encontradas y problemas de consideración -----	18
1.5.7 Diseño de la Biofábrica -----	18
1.5.8 Control administrativa -----	19
1.5.9 Control de calidad-----	19
1.6 CONCLUSIONES -----	20
1.7 BIBLIOGRAFÍA -----	21
1.8 ANEXO -----	22

CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN. EVALUACIÓN DE CALDOS MINERALES MÁS BIOFERTILIZANTES Y UN EXTRACTO VEGETAL PARA EL CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ <i>Hemileia vastatrix</i> Berk & Br. EN LA ALDEA CERRO DE ORO, SANTIAGO ATITLÁN, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A. -----		23
2.1	PRESENTACIÓN -----	24
2.2	MARCO CONCEPTUAL -----	26
2.2.1	Café (<i>Coffea arabica</i>) -----	26
2.2.2	Morfología del café -----	26
2.2.3	Variedades y especies-----	28
2.2.4	Manejo del cultivo de café -----	30
2.2.5	Enfermedades del café-----	32
2.2.6	Roya del café <i>Hemileia vastatrix</i> -----	33
2.1.7	Condiciones para la aparición y desarrollo de la roya del cafeto -----	33
2.2.8	Métodos de control de la roya <i>Hemileia vastatrix</i> -----	42
2.2.9	Biofertilizantes -----	44
2.2.10	Caldos minerales -----	45
2.1.11	Variables de estudio -----	46
2.2.12	Diseño experimental: parcelas divididas en bloques completos al azar -----	48
2.3	MARCO REFERENCIAL -----	51
2.3.1	Área de estudio-----	51
2.3.2	Condiciones climáticas -----	51
2.4	OBJETIVOS -----	52
2.4.1	Objetivo general-----	52
2.4.2	Objetivos específicos -----	52
2.5	HIPÓTESIS -----	53
2.6	METODOLOGÍA -----	54
2.6.1	Evaluación del efecto de aplicaciones de biofertilizantes más caldos minerales, extracto vegetal y un fungicida comercial para el control de la roya del café.-----	54
2.6.2	Estimación de los costos de aplicación-----	59
2.6.3	Determinación del Índice de Área Foliar (IAF)-----	60
2.7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	62
2.7.1	Porcentaje de Infección por Roya (%IR) -----	62
2.7.2	Defoliación-----	64
2.7.3	Costos de aspersión por tratamiento-----	67
2.7.4	Índice de Área Foliar (IAF)-----	68
2.7.5	Análisis de la varianza (ANDEVA) en parcelas divididas -----	70
2.8	CONCLUSIONES -----	75
2.9	RECOMENDACIONES -----	76

	Página
2.10 BIBLIOGRAFÍA -----	77
2.11 ANEXOS -----	80
CAPÍTULO III: INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN EL PROYECTO “APOYO AL PLAN NACIONAL DEL COMBATE DE LA ROYA DEL CAFÉ EN EL ALTIPLANO DE GUATEMALA” BAJO LA COORDINACIÓN DE LA ASOCIACIÓN COMITÉ CAMPESINO DEL ALTIPLANO –CCDA- -----	85
3.1 PRESENTACIÓN -----	86
3.2 Servicio No. 1. Establecimiento de tres microbiofábricas en comunidades que conforman la estructura del CCDA, de los municipios de San Lucas Tolimán y San Antonio Palopó. -----	88
3.2.1 Definición del problema-----	88
3.2.2 Objetivos-----	88
3.2.3 Metodología-----	89
3.2.4 Resultados-----	89
3.2.5 Evaluación-----	94
3.3 Servicio No. 2. Fomento y fortalecimiento del programa “control orgánico-mineral” de la roya del café por medio de asistencia técnica y parcelas demostrativas. -----	95
3.3.1 Definición del problema-----	95
3.3.2 Objetivos-----	95
3.3.3 Metodología-----	96
3.3.4 Resultados-----	96
3.3.5 Evaluación-----	103
3.4 Servicio No. 3. Elaboración de manual técnico para la producción y empleo de biofertilizantes y caldos minerales en la biofábrica. -----	103
3.4.1 Definición del problema-----	103
3.4.2 Objetivos-----	103
3.4.3 Metodología-----	104
3.4.4 Resultados-----	104
3.4.5 Evaluación-----	105
3.5 Servicio No. 4. Propuesta de rediseño de Biofábrica ubicada en Pacamán, Cerro de Oro, Santiago Atitlán. -----	105
3.5.1 Definición del problema-----	105
3.5.2 Objetivos-----	106
3.5.3 Resultados-----	106
3.5.4 Evaluación-----	107
3.6 Anexo -----	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Mapa de Guatemala y departamentos en donde está presente el CCDA.	5
Figura 2. Fotografía de la estructura de la biofábrica del CCDA.....	10
Figura 3. Flujo de operación y proceso de producción en la biofábrica.	12
Figura 4. Fotografías de MM sólido elaborado y almacenado.	14
Figura 5. Flujo de producción de lombricompost	17
Figura 6. Fotografía de la biofábrica, se aprecia sin áreas específicas de operación de producción.....	19
Figura 7. Ciclo evolutivo de Hemileia vastatrix en el hospedero Coffea arábica.....	36
Figura 8. Proceso infectivo de la roya del cafeto. En las imágenes se aprecian las cuatro etapas que comprende el período de incubación y latencia. a. Desimanación. b. Germinación. c. Colonización. d. Reproducción.....	38
Figura 9. Esquema para la toma de datos dentro de la parcela.....	47
Figura 10. Mapa de ubicación de la parcela experimental.....	54
Figura 11. Escala diagramática de defoliación por roya.	59
Figura 12. Variables de arquitectura de la parte aérea de la planta de café.....	61
Figura 13. Gráfica del comportamiento del porcentaje promedio de infección por roya del café, por tratamiento evaluado durante 13 lecturas quincenales. Las flechas señalan las aplicaciones realizadas de cada tratamiento.	62
Figura 14. Gráfica del comportamiento del índice promedio de defoliación en café, por tratamiento evaluado durante 13 lecturas quincenales.	65
Figura 15. Fotografías de planta de café de la variedad Catuaí con diferentes niveles de defoliación bajo la acción de los tratamientos evaluados. a) testigo absoluto. b) biofertilizantes mas caldos minerales. c) extracto vegetal.	66
Figura 16. Gráfica del comportamiento del Índice promedio del Área Foliar (IAF) en café de la variedad Catuaí, por tratamiento evaluado durante 3 lecturas.	69
Figura 17A. Esquema de la parcela experimental (parcela bruta y neta) y la aleatorización de los tratamientos.....	82
Figura 18A. Análisis de contenido de biofertilizantes y caldos minerales	84
Figura 19A. Análisis foliar de café de la parcela experimental.....	84
Figura 20. Entrega de materiales y sales minerales a caficultores beneficiarios en la Colonia Quixayá.....	90
Figura 21. Entrega de toneles en las Brisas, San Lucas Tolimán.....	91
Figura 22. Entrega de bombas y programa de aplicaciones a los líderes comunitarios de la Aldea El Naranjo.	91

Contenido	Página
Figura 23. Mujeres caficultoras de la Aldea San Andrés, San Lucas Tolimán elaborando caldo bordelés.	92
Figura 24. Caficultoras y caficultores de la aldea Totolyá, San Lucas Tolimán, participan en la elaboración del biofertilizante para formación de frutos.....	92
Figura 25. Elaboración del biofertilizante formación de frutos, en la Colonia Quixayá.	93
Figura 26. Explicación sobre la elaboración, función, forma de aplicación de los biofertilizantes y caldos minerales. Explicación sobre las condiciones que favorecen el establecimiento y desarrollo del patógeno agente causal de la roya del café.	93
Figura 27. Elaboración de Sulfocálcico en la colonia Quixayá, se aprecia el proceso de cocción. (Caldo mineral = Fungistático). Ingredientes: Cal viva, Ceniza y Azufre.	94
Figura 28. Visita realizada en parcelas de café, ubicada en la Aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán.	97
Figura 29. Caficultoras y caficultores participando en la demostración y práctica de aspersión de biofertilizantes en plantaciones café de un año de edad.....	98
Figura 30. Diferencia observada en la unidad experimental a) con el tratamiento biofertilizantes y caldos minerales. b) testigo absoluto.	99
Figura 31. Fotografía en donde se aprecia la recepa de la parcela en Pasanahí, Cerro de oro.	100
Figura 32. En la imagen se aprecian las plantas con poda de esqueleto.....	101
Figura 33. Práctica de agobiado de café.....	101
Figura 34. Aplicación de abono sólido orgánico al pie de la planta.	102
Figura 35. En la imagen se observan la poda realizada en árboles del genero Gravilea.	102
Figura 36. Rediseño de ordenamiento para el mayor aprovechamiento de espacio a cada proceso de producción, en el documento elaborado se detallan las herramientas, equipos y material necesario por cada área.	107
Figura 37A. Portada del manual técnico para la elaboración de biofertilizantes y caldos minerales entregado a los líderes comunitarios y al Coordinador general del CCDA.	108

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Ingredientes para la elaboración de microorganismos de montaña sólido (MMs).....	13
Cuadro 2. Ingredientes del caldo Multimineral.....	15
Cuadro 3. Equipo y materiales aportados por GIZ y WE EFECT.....	16
Cuadro 4A. Boleta de encuesta utilizada para la recopilación de información primaria de la biofábrica.....	22
Cuadro 5. Volumen de agua y de tratamientos asperjado por hectárea.....	55
Cuadro 6. Dosificación de tratamientos e intervalos de aplicaciones.....	57
Cuadro 7. Costos de aspersión de cada tratamiento para el control de la roya <i>Hemileia vastatrix</i> del café por hectárea.....	67
Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable índice de área foliar (IAF).....	71
Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable porcentaje de infección por roya (%IR).....	72
Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable defoliación.....	73
Cuadro 11. Comparación de medias de la variable defoliación por medio del criterio de tukey.....	74
Cuadro 12A. Boleta para la recopilación de datos en campo.....	80
Cuadro 13A. Boleta para la recolección de datos de IAF en campo.....	81
Cuadro 10A. Boleta para toma de datos en calibración de equipo, volumen de aspersión y número de jornales en campo.....	83
Cuadro 15. Material y equipos entregados por cada comunidad.....	90
Cuadro 16. Dosis de biofertilizantes y caldos minerales.....	98

RESUMEN GENERAL

El Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, fue realizado en la Asociación Comité Campesino del Altiplano de Guatemala -CCDA- organización contraparte en el Proyecto “Apoyo al plan nacional para el combate de la roya en plantaciones de café en el Altiplano de Guatemala”, financiado por la Cooperación Alemana -GIZ- con el objetivo de cumplir con los convenios realizados entre la Cooperación Alemana -GIZ- y la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El estudio fue realizado en base al funcionamiento y coordinación entre el CCDA y la GIZ para apoyar técnicamente al proyecto mencionado. Esto se llevó a cabo en el período de agosto de 2014 a mayo de 2015.

Los resultados del diagnóstico realizado en la biofábrica del CCDA, dieron interpretaciones respecto a las carencias detectados dentro de los procesos de producción como también a la parte administrativa de la misma.

La fase de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de biofertilizantes más caldos minerales en comparación del efecto de un fungicida químico y un extracto vegetal para el control de la roya del café *Hemileia vastatrix*, durante los meses de octubre de 2014 a abril de 2016, bajo las condiciones edafoclimáticas de la Aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán.

Los resultados presentaron ausencia de diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo, es importante señalar que las condiciones y el momento en que se estableció el experimento influyeron de manera directa en los resultados, ya que no se alcanzó controlar efectivamente los índices de roya en la plantación de café.

Los servicios realizados se llevaron a cabo en comunidades del municipio de San Lucas Tolimán, San Antonio Palopó y Santiago Atitlán, Sololá, los cuales conforman la estructura de la asociación Comité Campesino del Altiplano -CCDA-.

Los servicios consistieron en: implementación y establecimiento de microbiofábricas en comunidades beneficiadas vinculadas a la asociación con el fin de que los caficultores y

caficultoras tengan fácil acceso a información y a los insumos elaborados; fomento y fortalecimiento del programa para el control orgánico de la roya por medio de asistencia técnica y parcelas demostrativas buscando un cambio de actitud en los caficultores para el manejo adecuado de sus plantaciones de café; elaboración de un manual técnico que coadyuva en la elaboración, producción y uso de los biofertilizantes y caldos minerales; propuesta de rediseño de la biofábrica estableciendo áreas específicas de producción, aprovechando así el área disponible y, así maximizar el uso de los recursos disponibles.



1 CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO

DIAGNÓSTICO DE LA BIOFÁBRICA DE LA ASOCIACIÓN COMITÉ CAMPESINO DEL ALTIPLANO -CCDA- SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ, DURANTE LOS MESES DE AGOSTO DE 2014 A MAYO DE 2015.

1.1 PRESENTACIÓN

La asociación Comité Campesino del Altiplano -CCDA- es una organización que lucha por el acceso a la tierra y los derechos laborales de los campesinos Mayas en Guatemala. Como parte del desarrollo que promueve el CCDA, ha gestionado y ejecutado varios proyectos en comunidades del municipio de San Lucas Tolimán y Santiago Atitlán contribuyendo de manera objetiva en el desarrollo y el buen vivir de las comunidades indígenas, uno de estos proyectos fue el establecimiento de una biofábrica en Pacamán, Cerro de Oro, en la que se implementan prácticas de producción orgánica.

La biofábrica es un centro de producción de biofertilizantes, fertilizantes orgánicos y caldos minerales en dos presentaciones, líquidos y sólidos, elaborados a base de material de origen mineral y orgánico, los cuales son utilizados por los pequeños caficultores para el suplemento de nutrimentos a sus plantaciones, y los caldos minerales en cambio, son empleados para el combate de enfermedades como la roya *Hemileia vastatrix* y el ojo de gallo *Mycena citricolor* en cultivos de café.

Los productos se obtienen bajo un proceso artesanal, parte de la materia prima se extrae de las comunidades, lo cual influye en la reducción considerable de los costos de producción, por tanto garantiza el acceso fácil del pequeño y mediano productor a los mismos.

Se realizó un diagnóstico de la biofábrica para evaluar la situación actual de la misma, priorizando los procesos de producción en espacio y tiempo sin dejar a un lado los recursos inherentes a la misma, considerando que de encontrar faltas, entendiendo por éste algún aspecto que influye en efectos sin o con su implemento dentro de los procesos de producción, de manera inmediata entonces incidir para su mejoramiento.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Comité Campesino del Altiplano CCDA

Es una organización que lucha por el acceso a la tierra y los derechos laborales de los campesinos Mayas en Guatemala.

A. Objetivo Estratégico del CCDA

Promover el desarrollo de las comunidades campesinas de Guatemala para elevar su nivel de vida, mediante la implementación de programas y proyectos que respondan a la búsqueda de igualdad de condiciones, la participación e incidencia en los procesos y espacios políticos, sociales económicos y culturales del país en el marco de la construcción de un nuevo estado multiétnico, pluricultural y multilingüe y de unidad nacional.

B. Historia del CCDA

El CCDA surgió de Fuerzas Armadas Rebeldes (FAR) en lo alto de la guerra civil, en 1982 en San Martín Jilotepeque, Chimaltenango. Su nombre original era El Comité Campesino en Defensa del Altiplano. Pareciendo como otro grupo armado, mucho de sus dirigentes fueron secuestrados, desaparecidos, asesinados y exiliados por la represión del gobierno contra grupos sociales y de derechos humanos. Por esta razón, el CCDA cambió su nombre al Comité Campesino del Altiplano y empezó trabajando clandestinamente hasta 1988, sin embargo no se había constituido legalmente hasta el año 2000 cuando logró ser una organización legal. Todavía hay miembros del CCDA viviendo afuera del país.

a. Trabajo del CCDA

El CCDA participa, actualmente, al nivel regional, departamental, nacional e internacional en reivindicaciones como acceso a tierra y la situación agraria, derechos laborales, derechos humanos y la situación cultural Maya. A través de su trabajo varios miembros reciben apoyo en cuestiones de tierra, reciben crédito, becas educativas, y tienen la oportunidad de participar en varias capacitaciones ofrecidas por el CCDA y otras organizaciones afiliadas.

Al nivel nacional, el CCDA forma parte de la Coordinadora Nacional de Organizaciones Campesinas (CNOC). A través de este grupo, campesinos pueden organizarse y luchar juntos para mejorar sus condiciones de vida. Es decir que organizaciones campesinas como el CCDA pueden manifestar juntos para expresar su descontento con la falta de políticas del gobierno a favor del desarrollo rural y hacer un llamado para una mejor Guatemala que toma en cuenta las necesidades campesinas e indígenas.

b. Sedes del CCDA en siete departamentos

La asociación Comité Campesino Del Altiplano está presente en siete departamentos del país (figura 1).

1. Chimaltenango
2. Huehuetenango
3. San Marcos
4. Sololá
5. Suchitepéquez
6. Quiché
7. Escuintla



Fuente: CCDA, 2012.

Figura 1. Mapa de Guatemala y departamentos en donde está presente el CCDA.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Conocer la situación de la biofábrica de la asociación Comité Campesino del Altiplano - CCDA-, San Lucas Tolimán, Sololá.

1.3.2 Objetivos específicos

Identificar los recursos inherentes a la producción de los biofertilizantes y caldos minerales en la biofábrica.

Conocer el funcionamiento y productividad de la biofábrica.

Conocer los controles administrativos en la biofábrica.

1.4 METODOLOGÍA

A. Recopilación de información en fuentes primarios

Se realizó una visita en las instalaciones de la biofábrica en Pacamán, Cerro de oro (beneficio húmedo del CCDA) en el cual se obtuvo información de la situación y función actual de la biofábrica, como también se entrevistó a don Rodolfo Juracán Tzunun, encargado de la misma.

B. Recopilación de información en fuentes secundarias

Se recopiló información en internet, libros y documentos almacenados en las oficinas de la asociación CCDA.

1.5 RESULTADOS y DISCUSIÓN

1.5.1 Situación de los pequeños productores sin la biofábrica

1,200 caficultores (as) de la región asociados desarrollan su proceso productivo con el apoyo y asistencia técnica de la asociación –CCDA-. Las experiencias son diversas y las fuentes de abonos para fertilización son de manufactura propia en parcelas o por medio de adquisición en el mercado local.

Los beneficiarios y productores asociados a la organización compran fertilizantes orgánicos de producción industrial u artesanal. Lo cual en algunos casos aumenta los costos de producción y en consecuencia los ingresos generados por la producción son menores. En el caso de los fertilizantes artesanales no existe certeza en relación a la uniformidad en la manufactura lo que implica la generación de dudas y falta de confianza para efectos de promoción.

Existen experiencias exitosas con el uso y manejo de productos artesanales sólidos y líquidos, sin embargo, no existen registros para el establecimiento de posibles o potenciales impactos en la producción de las plantaciones.

Para superar la crisis generada por los embates de la roya en la reciente cosecha muchos agricultores han estado aplicando productos de manufactura artesanal y manifiestan estados aceptables en los comportamientos de las plantaciones por lo que visualizan recuperación de las plantas y términos de cosecha 2014-2015. Este tipo de experiencias motivó el establecimiento y montaje de la planta de producción centralizada en terrenos propiedad del CCDA ubicada en la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, a la altura del kilómetro 7.5 de la carretera que conduce de San Lucas Tolimán a la cabecera de Santiago Atitlán.

1.5.2 Funcionamiento y operatividad de la Biofábrica

A. Funcionamiento

La biofábrica funciona con tecnología artesanal y tradicional de producción para la elaboración de insumos a base de material orgánico, mineral y vegetal. En las mismas comunidades de los socios y/o beneficiarios se colecta la materia prima tales como, microorganismos de montaña (MM), estiércol de bovino (rastros de la municipalidad) equino y porcino, materia verde y seca, minerales (rocas), cáscara de huevos, lombricompost, gallinaza etc., mientras el resto de la materia prima son donados como las sales minerales.

a. Cultivos considerados

El principal cultivo de la región es el café, por lo tanto la producción de los insumos tanto biofertilizantes líquidos y sólidos como los caldos minerales ha sido enfocada a suplir los nutrimentos esenciales y necesarios del café, cabe mencionar que el cultivo de café ha sido afectado, específicamente como principal factor la producción, por hongos patógenos

que ocasionan enfermedades, tales como la roya del café, ojo de gallo y otros, por dicha razón la asociación se ha preocupado de la situación actual de las plantaciones y por ende de la economía familiar de los pequeños productores socios de la misma.

Sin embargo, dentro de la biofábrica la producción de los insumos, aparentemente ha sido enfocada a grosso modo al número de parcelas afectadas por la roya, y encima para el caso de los biofertilizantes su producción se hace mediante a las etapas fenológicas del café a excepción de la etapa de senescencia.

B. Recursos

La biofábrica tiene un área de 25 x 27 m con una altura de 6.5 m, tiene un año de estar funcionando. Los recursos con que cuenta la biofábrica son principalmente la infraestructura e instalación, sales minerales, toneles, materia de origen orgánico y vegetal y recurso humano, aunque de éste último en menor número.

a. Infraestructura instalada

La biofábrica tiene un espacio de 675 m² aproximadamente, el cual es aprovechado para llevar a cabo todos los procesos de elaboración desde la selección de materia prima hasta el producto final. Sin embargo, áreas para un proceso específico y de manera ordenada no está contemplada, ya que los equipos y materiales están colocados sin un orden específico dentro del proceso de producción.



Fuente: Propia, 2014

Figura 2. Fotografía de la estructura de la biofábrica del CCDA.

b. Materia prima

En cuanto a materia prima se refiere, de mayor a menor volumen se manejan los siguientes:

- material vegetal: hojas secas y verdes.
- minerales: rocas fosfóricas, arena, ceniza.

Los materiales son colectados en las comunidades aledañas. Las sales minerales tanto macro nutrientes como micro nutrientes, láminas y toneles son aportados por dos ONG's, la cooperación técnica alemana (giz) y la cooperación sueca (WEE EFECT).

c. Recurso humano

Dentro de todo el proceso de producción de biofertilizantes y caldos minerales no existe personal capacitado por cada área de producción, por lo que será necesario contemplar

en un estudio técnico la capacidad de producción de la biofábrica y por ende el número de personal a requerir.

C. Modo de operación

Dentro de la biofábrica se maneja un sistema de producción basado en el tiempo y el volumen de producción como parte de la capacidad de la misma, sin embargo, no se tiene bien claro quiénes son el mercado objetivo y por ende el segmento de mercado, por lo que la producción de biofertilizantes y caldos minerales no va en función de demanda en volumen/peso del mercado.

El producto final líquido es trasvasado a envases plásticos desechables de gaseosas, por lo que la presentación de estos es simple, no cuenta con etiqueta informativa sobre uso y de manejo de los mismos.

Dentro del proceso de producción existe un ciclo que adecua cada transformación de los materiales, para conseguir el producto final, sin embargo, debe haber un registro, presentación y calidad, en la página siguiente se muestra dicho ciclo en la figura 3.

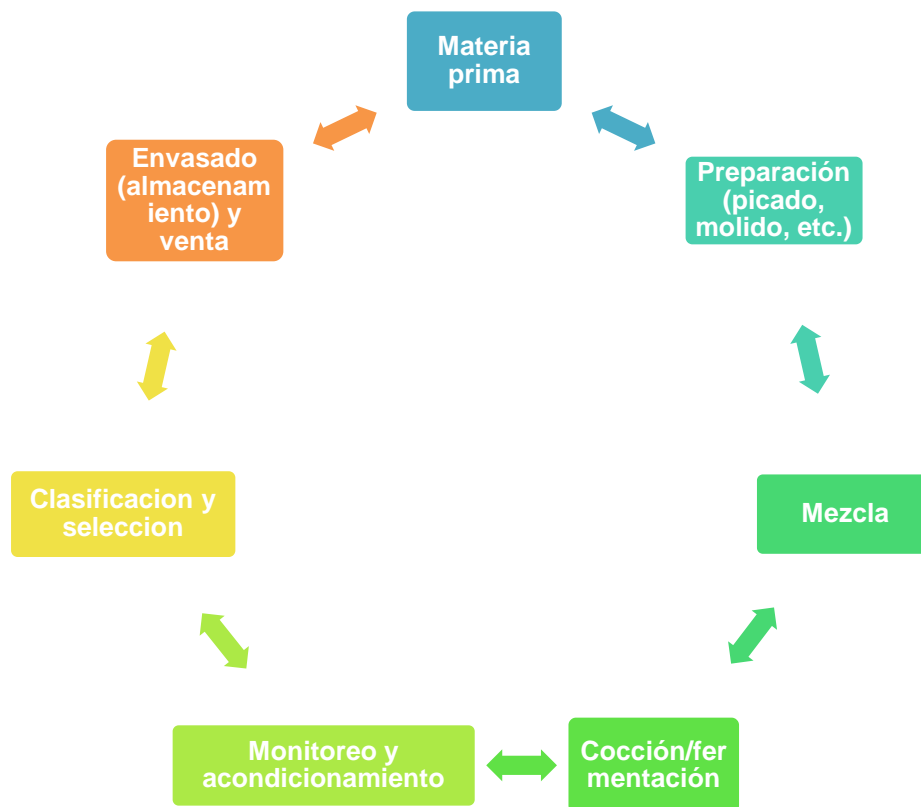


Figura 3. Flujo de operación y proceso de producción en la biofábrica.

1.5.3 Productos

Los productos elaborados de mayor a menor volumen, de acuerdo las etapas fenológicas de la planta los cuales son, desarrollo vegetativo, floración y fructificación y, al número de parcelas de café por productor socio, se enumera a continuación:

A. Biofertilizantes líquidos

1. Micro organismos de montaña líquido (MMI)
2. Desarrollo vegetativo/Supermagro.
3. Biofermento para Pre floración.
4. Biofermento para Post-floración.

5. Biofermento para engorde de granos de café.
6. Biofermento para maduración de granos de café.
7. Biofermento tropical.
8. Repelentes de insectos plaga.

B. Biofertilizantes sólidos

1. Compost
2. Lombricompost
3. Bocashi
4. Microorganismos de montaña sólido (MM)

Tomando como ejemplo el producto Microorganismos de montaña, en el cuadro 2 se describe los ingredientes para la elaboración del mismo para un tonel de 200 L de capacidad.

Cuadro 1. Ingredientes para la elaboración de microorganismos de montaña sólido (MMs)

Cantidad	Unidad	Ingredientes
2	Sacos lleno	MM de montaña
2	Galones	Melaza
1	Saco	Afrecho

El proceso de recolección de los MM se realiza en un bosque sano donde no se haya cultivado. Se mezcla los materiales en un lugar limpio, con una humedad intermedia, luego se debe almacenar en un recipiente plástico bien sellado (debe estar seguro, que no entre oxígeno, durante un periodo de 30 días (figura 4).



Fuente: Propia, 2014.

Figura 4. Fotografías de MM sólido elaborado y almacenado.

C. Caldos minerales

A continuación se enumera los caldos minerales que son elaborados en la biofábrica y, se describe uno de éstos.

1. Caldo Vicsa
2. Caldo Bordelés
3. Caldo Sulfocálcico
4. Caldo Multimineral

Tomando como ejemplo el producto Caldo multimineral, en la página siguiente, en el cuadro 3 se describe los ingredientes para la elaboración de 100 L.

Cuadro 2. Ingredientes del caldo Multimineral.

Cantidad	Unidad	Ingredientes
6	Libras	Cenizas
8	Libras	Azufre
10	Libras	Harinas de rocas
6	Libras	Cal hidratada
10	Libras	Sulfato Zinc
75	Litros	Agua

Se usa una olla metálica de tamaño 100 L, se hierve el agua hasta que de un vapor, mescle los materiales en sólidos, luego cocer en forma de caldo con agua hirviendo durante 15 a 20 minutos debe de dar un color Corinto, luego realizar el colado, cuando el caldo ya este frio, aplique el sulfato de zinc. La dosis es de 1 L por bomba de 16 L.

1.5.4 ONG's cooperantes

Dentro del marco del proyecto combate a la roya en el Altiplano, para la biofábrica y por ende la producción de insumos para la fertilización y control de enfermedades del café, la asociación Comité Campesino del altiplano -CCDA- está siendo apoyada económicamente y con aporte de insumos para la elaboración de los biofertilizantes tanto sólidos como líquidos y caldos minerales por la Cooperación Alemana (GIZ) y la Cooperación Sueca (WEE EFECT), en la página siguiente, en el cuadro 3 se aprecian los materiales y equipos donados por cada cooperante.

Cuadro 3. Equipo y materiales aportados por GIZ y WE EFECT.

Cooperantes		
No.	GIZ	WEE EFECT
1	Sales minerales: Mg, K, Mn, Cb, Zn, S, Bo.	Personal técnico
2	Toneles	Sales minerales: S, Cb, Mg, melaza y Fe.
3	Bombas	Desembolso e Instalación de la biofábrica.
4	Laminas	

La asociación tiene un año de estar trabajando con los dos cooperantes, por lo que la instalación de la biofábrica fue proporcionada por WEE EFECT. En cuanto a materiales y equipos de aspersión son proporcionados por la GIZ, sin embargo, también la cooperación sueca aporta algunos de éstos, el CCDA en cambio se encarga de conseguir otras materias como la pulpa de café, agua miel, estiércol fresco, harina de roca, ceniza y otros.

1.5.5 Tecnología

La tecnología empleada en el proceso de producción es considerada artesanal, ya que se siguen las técnicas tradicionales en la elaboración.

Para el caso de producción de Lombricompost, el proceso es convencional debido a que se emplean pilas convencionales de concreto las cuales son de cemento y se encuentran protegidas del sol por medio de techo construido con lámina de zinc.

El material empleado como alimento para las lombrices está elaborado en una relación de 50% de pulpa de café; 30% estiércol bovino y 20% de algas procedentes del lago. Antes de proceder a realizar la mezcla uniforme del sustrato o alimento estos materiales son pre-

tratados para lograr su estabilización y así garantizar la calidad del producto final así como los tiempos estimados para la conversión.

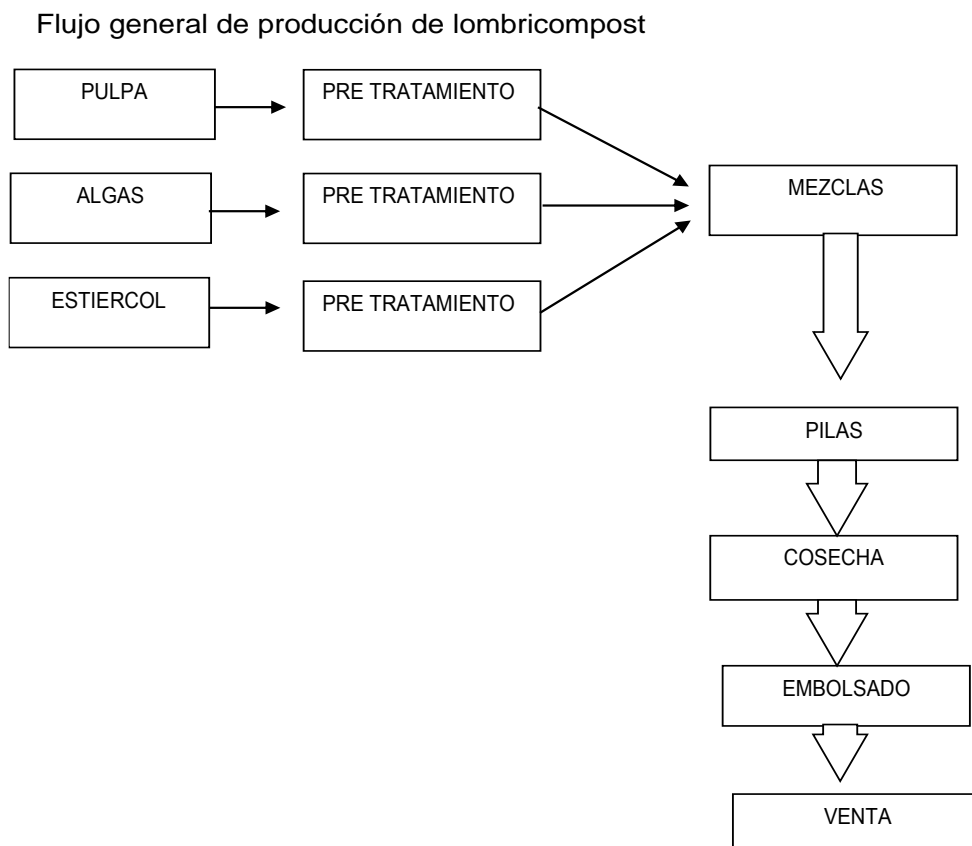


Figura 5. Flujo de producción de lombricompost

Para el caso de producción de fertilizantes líquidos, el principio básico es la fermentación anaerobia en un lugar protegido de los rayos directos del sol y la intemperie. Algunos productos como los caldos minerales son objeto de cocción y otros como mezcla física son colocados en toneles de 54 galones, cerrados herméticamente.

1.5.6 Dificultades encontradas y problemas de consideración

A. Producto final y agricultores

El seguimiento de la producción de los biofertilizantes y caldos minerales se vio afectado y estancado de manera que se dejó de elaborarlos desde el mes de julio del año 2014, debido al poco convencimiento de los caficultores sobre los beneficios que aportan productos, se deduce que fue por la desvalorización de la comunicación y organización que debe existir entre los productores o sea biofábrica y consumidores (agricultor, caficultor, etc.).

Fue evidente entonces la falta de información en manejo y uso agronómico de cada insumo elaborado, tales como la forma de aplicación, tipo y función de cada uno de estos, forma de almacenamiento y los beneficios que aportan para los cultivos/plantaciones principalmente el café y al medio ambiente como tal.

1.5.7 Diseño de la Biofábrica

Según lo observado no existen áreas o divisiones para funciones específicas dentro de la biofábrica (figura 6), tales como:

- Área de almacenamiento de: materia prima, de material y equipo, herramientas y producto final.
- Área de lavado.
- Área de cocción.
- Área de producción.
- Área recepción.



Fuente: Propia, 2014.

Figura 6. Fotografía de la biofábrica, se aprecia sin áreas específicas de operación y de producción.

1.5.8 Control administrativo

La biofábrica carece de un control administrativo ya que los pocos insumos adquiridos por productores beneficiarios no se registran, lo que lleva a la inseguridad y descontrol de los ingresos y egresos de insumos tanto de materia prima como de producto final.

1.5.9 Control de calidad

Los biofertilizantes y los caldos minerales son elaborados en la biofábrica sin un adecuado y riguroso control de calidad. Cabe mencionar entonces que debido a la falta de personal capacitado no se hacen cálculos en peso y volumen de la materia prima colectada en las localidades cercanas.

1.6 CONCLUSIONES

1. Los productos elaborados dentro de las biofábricas son tecnologías orgánicas destinados a caficultores y en menor número a productores de hortalizas, estos productos aportan nutrientes a las plantaciones y controlan algunas enfermedades de importancia económica, también tiene la ventaja de que los pequeños agricultores los obtienen a bajos precios, además de que son amigables con el medio ambiente.
2. La producción no va en función de la demanda, si no que en el número de parcelas de los socios y etapas fenológicas del cultivo. No existe información relacionada al uso y manejo de cada insumo elaborado, lo que es adyacente con el desinterés del caficultor sobre el tema.
3. Existe un control administrativo medio, no riguroso, no se cuenta con registro en términos de volumen y peso de material ingresado y egresado en la biofábrica, encontrándose carecimiento de control de calidad de los biofertilizantes y caldos minerales

1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. COMSA. 2012. Manual de tecnologías orgánicas. Preparados básicos (en línea). Consultado el 09 de septiembre de 2014. Disponible en <http://www.cafeorganicomarcala.net>.
2. Bejarano Mendoza, C.A.; Restrepo Rivera, J. 2002. Agricultura sostenible. Biofermentos y caldos minerales. Santiago de cali. 40p.
3. Paniagua, J.J. 2008. Manejo ecológico de suelos. Consultado el 10 de septiembre de 2014. Disponible en www.consortioagroecologico.org.pe.
4. Pelotas, RS. 2006. Prácticas agroecológicas. Caldos y biofertilizantes. Consultado el 10 de septiembre de 2014. Disponible en www.cpact.embrapa.br.
5. Picado, J.; Añasco, A. 2005. Preparación y uso de abonos orgánicos líquidos y sólidos. CEDECO, Costa Rica. 2p.

1.8 ANEXO

Cuadro 4A. Boleta de encuesta utilizada para la recopilación de información primaria de la biofábrica.

Nombre de la organización: Comité Campesino Del Altiplano -CCDA- Nombre del entrevistado: Rodolgo Juracán Tzunun Lugar y Fecha: Pacamán, Aldea Cerro de oro, Santiago Atitlán.		
No.	Preguntas	Respuestas
1	Cuanto tiempo tiene la biofabrica de estar funcionando?	1 año.
2	Cuál es el objetivo principal de la biofabrica?	
3	A quienes va dirigido los productos elaborados?	Caficultores ___x___; Productores de hortalizas ___; Otros _____
4	Cuál son las materias primas de los productos que se elaboran dentro de la biofabrica?	
5	Que productos se elaboran en la biofabrica?	Biofertilizantes ___; Caldos minerales ___ Caldo sulfocalcico, biomultimineral.
6	Qué función cumple cada producto elaborado?	Abono Foliar ___; Fungicida ___; Insecticida ___ Otros _____
7	Para qué cultivos se deben aplicar los productos?	
8	Venden o donan los productos que se elaboran?	Venden ___; Donan ___
9	Qué presentación tiene los productos elaborados?	Líquido ___; Sólido ___; Gas ___
10	Si venden los productos, cuál es el precio de:	Litro: # ___ , Q. ___; Galón # ___ , Q. ___ Otros _____
11	Los productos elaborados llevan adjunto las etiquetas e indicaciones de aplicación, precaución de usos, dosis, etc...?	Dependiendo que cantidad quiere cada beneficiario.
12	Dentro de las biofabricas existen rótulos de señalización de precaución, evacuación, salidas de emergencia... etc?	
13	Los productos que se elaboran son tóxicos?	
14	Tienen algún documento de instrucción de preparación de cada producto?	
15	Los productos con acción fungicida controlan las siguientes enfermedades?	Roya ___x___; Ojo de gallo ___ , Mal de hilachas ___ Phoma ___; otros _____ sostiene la floracion
16	Tienen algún documento que respalde que los productos que se elaboran son netamente orgánicos y de origen mineral?	
17	Cuántas familias o agricultor beneficia la biofabrica?	50
18	Capacidad de la biofabrica en producción por día, semana, mes?	Día ___#Lts/Gal./Toneles ___ Semana ___#Lts/Gal./Toneles ___
19	Forma de aplicación del biofertilizante y caldos minerales?	aspersion
20	Qué problema cree usted que es de importancia y que se debe solucionar pronto?	
21	Como ha sido la aceptación de los productos por parte los agricultores /caficultores?	Mal ___; Regular ___; Buena ___; Excelente ___x_
22	Le han dado capacitación a los asociados agricultores con énfasis al uso de los biofertilizantes y los caldos minerales?	
23	Piensen extender y divulgar el uso de los productos que se elaboran en la biofabrica?	Necesitan divulgar, para ampliar.
24	A qué precio adquieren la materia prima para la elaboración de los biofertilizantes y caldos minerales? Son donados?	Q. _____; Donados _____
25	En la misma comunidad extraen y aprovecha la materia prima para elaboración de los biofermentos?	Materia prima en pacaman,lombri compost.

The seal of the Universidad de San Carlos de Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a figure holding a staff, surrounded by a blue and green landscape. The shield is topped with a crown and flanked by two golden lions. The Latin motto "VERITAS CONSPICUA" is inscribed on the left side of the shield, and "CAROLINA ACAD" is on the right. The outer ring of the seal contains the text "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA" and "FUNDADA EN 1786".

2 CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN

EVALUACIÓN DE CALDOS MINERALES MÁS BIOFERTILIZANTES Y UN EXTRACTO VEGETAL PARA EL CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ *Hemileia vastatrix* Berk & Br. EN LA ALDEA CERRO DE ORO, SANTIAGO ATITLÁN, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

En Guatemala según la Asociación Nacional de Caficultores (ANACAFE, 2015), el café se cultiva en 305,000 hectáreas, distribuida en 217 municipios de un total de 334 (61% de los municipios con café).

En la última década, Guatemala ha venido participando en el mercado mundial del café con un porcentaje promedio del 3.9%, variando entre 3.2% a 4.5%, que para la cosecha 2011/12 con los problemas de la roya del café alcanzó el 3.5% (ABG, 2014).

En el año 2011 se observó un repunte y establecimiento de la roya del café en zonas de mayor altitud 1,200 m a 1,800 m, mostrando altos niveles de agresividad sobre las plantas de café (MAGA, 2013), aunado la alta carga fructífera, falta de fertilización, uso inadecuado de fungicidas y variabilidad climática, entre otros factores hacen que la planta sea más susceptible a fuertes ataques de la enfermedad.

El café constituye uno de los principales cultivos que sostiene la economía de los caficultores guatemaltecos, sin embargo, el MAGA 2013, reporta que en noviembre de 2012, el 70% de la superficie del cultivo de café tenía presencia de la roya, con una estimación de 63,000 productores afectados en niveles diferenciados según la región.

La asociación Comité Campesino del Altiplano -CCDA- con el apoyo de la Cooperación Alemana (GIZ) facilita asistencia técnica, capacitaciones e insumos a 1,200 caficultores para el combate de la roya del café en los municipios de San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán y San Antonio Palopó. En el municipio de Santiago Atitlán según un muestreo realizado por Salazar 2008, el 80% del área cultivada son variedades Catuaí, Caturra, Bourbon, Pache y Robusta los cuales son susceptibles a la enfermedad. Alrededor del 70% del área cultivada son plantas de tejidos agotados que sobrepasan los 15 años de edad, a nivel nacional es del 60% que comprende las edades de 15 a 35 años (MAGA, OIRSA, ANACAFE, 2013), según Arcila 2007, el café alcanza su máxima productividad entre los 6 y 8 años de edad.

La evaluación de se realizó en una parcela de café en donde prevalece la variedad Catuaí, bajo las condiciones de la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán a una altitud de 1,565 m. La presente investigación fue orientada al estudio del efecto de alternativas como el caso de los biofertilizantes + caldos minerales en comparación del efecto de un extracto vegetal y el efecto de un fungicida comercial para el control de la roya del café causado por el hongo *Hemileia vastatrix*. Se utilizó el diseño de parcelas divididas en bloques al azar de 16 unidades experimentales con cuatro repeticiones, se realizó un análisis de varianza para las variables estudiadas. Los principales resultados indican que ninguno de los tratamientos ejerció control significativa sobre la roya, sin embargo, en la variable defoliación el mejor tratamiento fue biofertilizantes más caldos minerales manteniendo esta variable en términos promedios de porcentaje por debajo del 43%.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Café (Coffea arabica)

El lugar de origen del café arábico es Etiopía, en sus áreas montañosas el café arábico crece en forma silvestre sobre los 1,500 m. La fecha de inicio de su cultivo se estima que fue a inicios del siglo VIII.

2.2.2 Morfología del café

A. Características botánicas

La planta de café pertenece al reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Rubiales, familia Rubiaceae, género Coffea, especie Coffea arábica, L. (Sánchez 1990). Existen más de 100 especies del género Coffea en el mundo, entre ellas *Coffea arábica* constituye el 75% del café de exportación y se produce en 61 países la mayor parte en Sur y Centro América.

El cafeto es un arbusto perenne cuyo ciclo de vida alcanza en condiciones comerciales alcanza hasta 20-25 años dependiendo de las condiciones o sistema de cultivo. La planta comienza a producir frutos en ramas de un año de edad, continua su producción durante varios años y alcanza su máxima productividad entre los 6 y 8 años de edad (Arcila, 2007).

B. La raíz

El cafeto tiene una raíz principal que penetra verticalmente hasta profundidades de 50 centímetros, del cual emergen raíces secundarias que se extienden horizontalmente que dan origen a las raíces absorbentes, según Arcila 2007, un 86% de estas raíces se encuentran en los primeros 30 cm de profundidad, son las encargadas de tomar el agua y los nutrientes minerales.

C. Tallo y ramas

La parte aérea del cafeto se genera a partir de las células meristemáticas ubicadas en el ápice del tallo y de las ramas (yemas apicales) y en las axilas de las hojas (yemas laterales, yemas axilares y yemas seriadas). A partir de los meristemas de las yemas se desarrollan los primordios de nudos, hojas, brotes, ramas y flores. El ápice del tallo es el responsable de la formación de nudos, hojas y del crecimiento en altura de la planta (crecimiento ortotrópico). En el ápice de las ramas ocurre la formación de nudos, hojas y la expansión lateral de la planta (crecimiento plagiotrópico) (Arcila, 2007).

D. La hoja

La hoja es un órgano fundamental, en ella se realizan los procesos de fotosíntesis, transpiración y respiración. En las ramas, un par de hojas aparece cada 15 ó 20 días aproximadamente. Independiente de la densidad de siembra, un cafeto de un año de edad tiene 440 hojas en promedio. La hoja del café tiene una duración promedio de 250 días. La duración de las hojas se reduce con la sequía, con las altas temperaturas y con una mala nutrición (Arcila, 2007).

E. La flor

El periodo de iniciación de la floración está influenciado por la duración del día (fotoperíodo), la época de siembra, la temperatura y la disponibilidad hídrica. Se considera como primera floración, el momento en que por lo menos el 50% de las plantas hayan florecido (Arcila, 2007). El proceso de formación de las flores del cafeto puede durar de 4 a 5 meses.

F. El fruto

Al tercer y medio mes de la floración en el fruto se forma el pergamino y se lignifica definiéndose el tamaño que tendrá el grano. Un déficit hídrico en este período puede provocar el secamiento y caída en los frutos tiernos. El consumo de elementos durante el desarrollo del fruto es inevitable, 80% consume de nitrógeno, fósforo un 85% y potasio un 71% (ANACAFE, 2006).

2.2.3 Variedades y especies

En Guatemala se cultivan básicamente variedades de la especie *Coffea arábica*, que es la más difundida en el mundo con un aporte del 70%-75% de la producción mundial. Otra especie es *Coffea canephora*, con Robusta. (ANACAFÉ, 2006).

En Guatemala se cultivan las siguientes variedades (ANACAFE, 2006):

A. Bourbon

Se cultiva en diferentes altitudes, sin embargo, los mejores resultados se obtienen en zonas medias y altas, de 1,060 m a 1,980 m. Es una variedad muy precoz en su maduración, con riesgos de caída de frutos en zonas donde la cosecha coincide con lluvias intensas. Planta de porte alto, de 2.40 m a 3 m de altura, por ello es más susceptible a vientos fuertes, siendo necesario protegerlo en zonas con estos problemas, las bandolas forman ángulos de 45° con respecto al eje central y un largo que varía entre 0.80 m a 1.20 m.

B. Caturra

Es una planta de porte bajo, estructura compacta, puede desarrollar alturas de 1.80 m a 2.10 m, las bandolas (ramas) forman ángulo de 45° con el eje principal grueso poco ramificado con ramas secundarias abundantes y un largo de 0.80 m hasta 1.10 m con

entrenudos cortos. Las hojas son grandes, anchas y de textura un poco áspera, con borde ondulado, las hojas nuevas o brotes son de color verde.

Se adapta bien en las diferentes regiones del país, las mejores condiciones son las siguientes, en la Costa Sur o Boca Costa, en altitudes de 500 m a 1,100 m; en la región Central de 900 m a 1700 m; en las Verapaces de 760 m a 1,060 m.

C. Catuai

Es una variedad originaria de Brasil de porte medio, pero más alta que Caturra, con desarrollo vertical de 1.90 m a 2.25 m, las bandolas forman ángulos de 45° con el eje principal, pueden llegar a medir de 0.90 m a 1.20 m de largo, entrenudos cortos. Las hojas nuevas o brotes son de color verde, las hojas adultas tienen una forma redondeada y son brillantes. El fruto no se desprende fácilmente de la rama, lo que es una ventaja para las zonas donde la maduración coincide con periodos de lluvias intensas.

Se adapta muy bien en rangos de altitud de 600 m a 1,400 m en la Boca Costa, de 1,100 m a 1,700 m, en la Zona Central, oriental y norte del país.

D. Pache común

Es un cafeto de porte bajo con buena ramificación secundaria, de entrenudos cortos y abundante follaje, termina en una copa bastante plana o “pache”. Se adapta en rangos de altitud de 1,100 m a 1,700 m, principalmente en el Oriente.

E. Pache colis

Es originaria de Mataquesuintla, Jalapa (Guatemala), y fue encontrada dentro de una plantación de Caturra y Pache común. Es una planta de porte bajo con entrenudos muy cortos, ramificación secundaria y terciaria. En los materiales seleccionados hay plantas de brotes verdes y café o bronce. Se adapta muy bien en rangos de altitud de 300 m a 550 m, donde prevalecen temperaturas frescas y suelos franco-arcillosos.

F. Catimor

Es el resultado del cruzamientos entre el híbrido Timor (resistente a la roya) y Caturra. Las descendencias del T-8667 son de porte intermedio, con una altura de 1.90 m a 2.30 m, arquitectura compacta, tamaño de bandolas de 0.90 m a 1.20 m, con entrenudos cortos, fruto y grano de tamaño grande, hojas nuevas de color café o bronce. Se adapta bien en altitudes de 600 m a 1,400 m.

G. Mundo Novo

Es un cafeto de porte alto con gran vigor vegetativo y mucha capacidad de producción, con crecimiento lateral muy abundante, formando palmillas. Su maduración es un poco tardía comparada con el Bourbón. Se adapta bien en las regiones del Centro y Oriente del país, en rangos de altitud de 1,100 m a 1,700 m y precipitaciones anuales de 1,200 a 1,800 mm.

H. Sarchimor

Plantas de porte intermedio, de estructura compacta de forma cónica, con altura de 1.90 m a 2.40 m, las bandolas forman un ángulo de 50° a 55° con el eje central, largo de bandolas de 0.90 m a 1.20 m, con entrenudos cortos.

2.2.4 Manejo del cultivo de café

A. Sombra del cafetal

La sombra regula las condiciones bajo las cuales el cafeto desarrolla al máximo sus características genéticas. Los tipos de sombra utilizados son (ANACAFE, 2002):

- a. **Sombra provisional.** Se incluyen aquellas plantas que se utilizan para proteger el cafeto, durante el primer año de establecido el cafetal. Las especies comúnmente utilizadas, además de proporcionar sombra, fijan nitrógeno atmosférico.
- b. **Sombra temporal o semipermanente.** Se eligen las plantas que por su duración y rápido crecimiento, dan la sombra necesaria al café, mientras se desarrolla la sombra permanente. Las plantas más utilizadas son: la cuernavaca, las musas (banano, plátano), el higuierillo y la baraja o barajo, las distancias usadas son de 4 m x 6 m, 6 m x 5 m y 6 m x 6 m.
- c. **Sombra definitiva o permanente.** Son plantas que por sus hábitos de crecimiento y longevidad, conviven con los cafetales, proporcionándoles sombra durante todo el ciclo productivo. Las leguminosas, principalmente las del género *Inga sp.* llenan la mayoría de éstas características, el Cuje, el Chalum, la Guaba y el Pepeto. Se utiliza la Gravilea, especialmente en suelos arenosos y fríos con alta susceptibilidad a daños por heladas.
- d. **Época de manejo de sombra.** Se recomienda realizar la poda de los árboles de sombra permanente o definitiva (mayores de 5 años de edad), al inicio de las lluvias, lográndose un incremento en el rendimiento del cafeto.
- e. **Poda de la sombra.** La poda se realiza en los meses de mayo y/o junio, se observa una disminución en la cantidad de café verde recolectado en el último corte, pues se obtiene una maduración más uniforme y permite exponer la plantación a la luz solar durante el período lluvioso. Con esto se logra mejorar la eficiencia en el aprovechamiento de los fertilizantes y se mantiene una mayor iluminación y ventilación dentro del cafetal, creando condiciones adversas al desarrollo de algunas enfermedades fungosas como el Ojo de Gallo ocasionado por *Mycena citricolor* (ANACAFE, 2002).

B. Fertilización

La fertilización foliar tiene innegables ventajas sobre la aplicación de fertilizante al suelo. La principal ventaja es que el fertilizante aplicado a las hojas es absorbido en una elevada proporción, no inferior al 90%. Por el contrario los fertilizantes aplicados al suelo se pierden en un 50% o más, por diferentes motivos. Otras ventajas de la fertilización foliar es que se pueden aplicar funguicidas en la misma solución (ANACAFE, 2006).

C. Poda

Existen dos aspectos principales que hay que tomar en consideración en cuanto a la poda del café: primero, la formación de los árboles jóvenes para construir una estructura vigorosa y bien balanceada con buenas ramas de fructificación, y segundo, el rejuvenecimiento periódico de la ramas de fructificación, a medida que envejecen y dejan de producir.

D. Condiciones climáticas

El café se cultiva en lugares con una precipitación que varía desde los 750 mm anuales (7,500 m³/ha), hasta 3000 mm (30,000 m³/ha), el mejor café se produce en altitudes de 1,200 m a 1,700 m, donde la precipitación pluvial anual es de 2,000 mm a 3,000 mm y la temperatura media anual es de 16 °C a 22 °C (ANACAFE, 2002).

2.2.5 Enfermedades del café

Las principales enfermedades del cultivo de café en América Central son: ojo de gallo ocasionado por *Mycena citricolor*, roya ocasionado por *Hemileia vastatrix*, mancha de hierro ocasionado por *Cercospora coffeicola*, antracnosis ocasionado por *Colletotrichum sp.*, derrite ocasionado por *Phoma costarricensis* y mal de hilachas ocasionado por *Corticium koleroga* (Guharay, 2001). La roya, a nivel mundial, está considerada como una de las enfermedades más peligrosas del cultivo de café. Esta ataca especialmente plantas

productivas, provocando defoliación de las bandolas, reducción de crecimiento y baja producción de frutos al año siguiente (Avelino *et al.*, 1999).

2.2.6 Roya del café *Hemileia vastatrix*

La roya es una enfermedad del café ocasionada por el hongo *Hemileia vastatrix*, ataca principalmente las plantaciones de café de las variedades Caturra, Catuaí, Bourbon, Typica, Pache y otras susceptibles. En Guatemala, se conoce dicha enfermedad en el café desde el año 1980. Afecta hojas maduras y cuando el ataque es severo puede también infectar hojas jóvenes provocando una intensa caída de hojas y pérdidas en la producción (ANACAFE, 2006).

Recientemente se identificó que la roya se manifiesta severamente en altitudes de 600 m a 1,200 m. 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 (ANACAFE, 2012).

2.2.7 Condiciones para la aparición y desarrollo de la roya del cafeto

El brote de un ataque de roya y el posterior progreso de la enfermedad dependen de la ocurrencia simultánea de cuatro factores (Rivillas *et al.*, 2011):

- a) Hospedero: plantas susceptibles, variedades de *Coffea arabica*.
- b) Agente causal: *Hemileia vastatrix*.
- c) Hombre: deficientes prácticas agronómicas.
- d) Ambiente: condiciones climáticas favorables.

A. Hospedero

Coffea arabica denominados cafés suaves, dentro de la especie existe una gran cantidad de variedades, entre las que se cuentan las tradicionales como Típica, Borbón y Caturra, todas ellas carentes de resistencia genética a la roya y en cuyas plantaciones se pueden presentar fuertes ataques de la enfermedad. En otros países han sido utilizadas variedades de *C. arabica*, entre las que resaltan Catuai y Mundo Novo en Brasil, Blue Mountain en Jamaica, así como Laurina y Maragogipe, que por provenir de las variedades tradicionales también son susceptibles a la roya. Existen otras especies del género *Coffea* que también pueden padecer ataques de la roya, entre las que se destaca *C. canephora*, que produce el denominado café Robusta (Rivillas et al., 2011).

Además de la ausencia de resistencia genética en estas variedades, el estado fisiológico de la planta puede reducir o incrementar la susceptibilidad a la enfermedad. Es así, como plantas con limitado desarrollo de raíces, por efecto de suelos arcillosos, ataque de nematodos o palomilla, o malformaciones desde el almácigo, con estrés en el sistema radical por exceso de agua en el suelo, o con deficiencias nutricionales por escasa o ninguna fertilización, son más propensas a padecer fuertes ataques de roya.

Dentro del mismo estado fisiológico debe considerarse la cantidad de frutos que produce el árbol, debido a que altas producciones tienen altas exigencias para las hojas en el proceso de llenado de los granos y bajo estas condiciones los ataques de roya pueden ser mayores si no se compensa a la planta con una adecuada fertilización.

B. Agente etiológico

El agente causal de la roya del cafeto es el hongo *Hemileia vastatrix*, que se especializa en parasitar células vegetales vivas, lo que implica unos requerimientos nutricionales muy especiales, que hacen de este hongo un parásito obligado, que no puede sobrevivir en suelo o en material vegetal inerte (Rivillas et al., 2011). Subero 2003, explica que el micelio

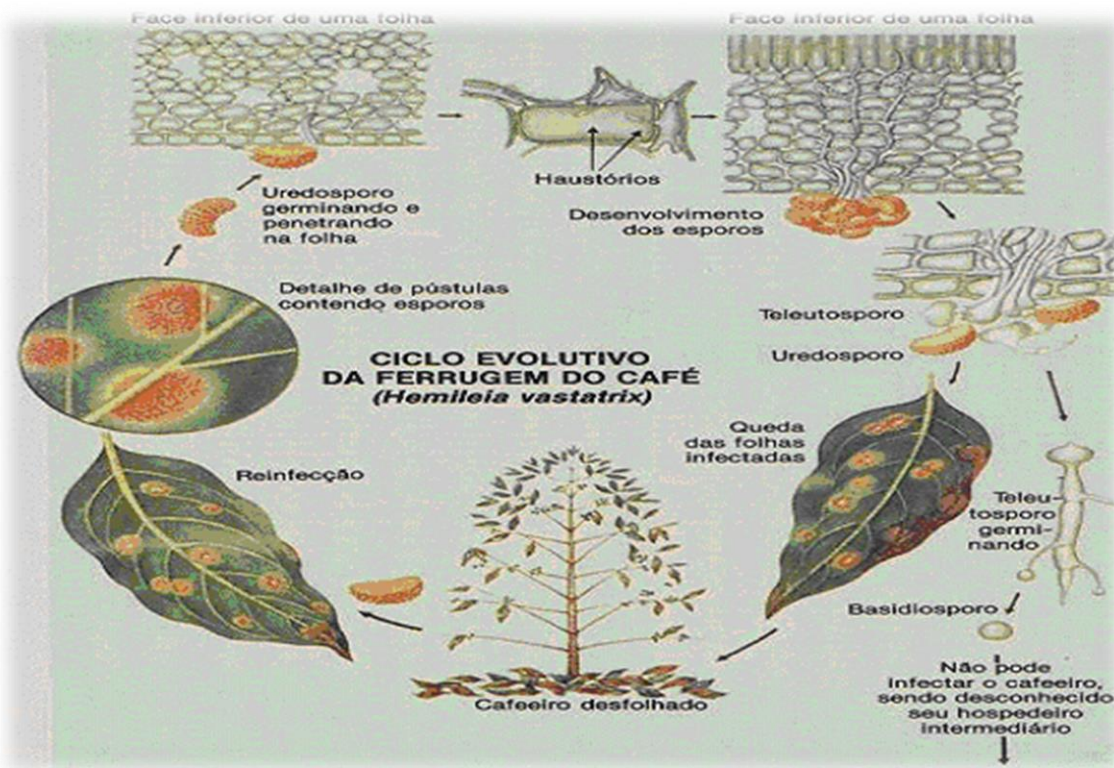
del hongo es más abundante en el parénquima esponjoso de la hoja y en las especies y variedades más resistentes de café queda confinado en esta parte del mesófilo. En las variedades más susceptibles, el micelio tiende a penetrar el tejido de empalizada y hasta puede enviar haustorios a las células de la epidermis superior.

C. Clasificación taxonómica

- División: Basidiomycota
- Subdivisión: Pucciniomycotina
- Clase: Pucciniomycetes
- Orden: Pucciniales
- Familia: Puccineaceae
- Género: *Hemileia*
- Especie: *Hemileia vastatrix* Berk. & Br.

D. Ciclo de vida del hongo

Según Rivillas et al., 2011, el proceso infectivo de la roya inicia desde la etapa de desimanación, germinación y colonización (figura 7), estos dos últimos denominada período de incubación que para la zona cafetera de Colombia transcurre de acuerdo a la variación de la temperatura entre 21 y 24 días al sol y entre 18 y 22 días a la sombra, mientras el período de latencia que comprende el proceso de infección hasta la producción de esporas fluctúa entre 34 y 37 días al sol y entre 31 y 35 días a la sombra.



Fuente: Rivillas et. al, 2011

Figura 7. Ciclo evolutivo de *Hemileia vastatrix* en el hospedero *Coffea arábica*.

a. Etapa de diseminación

Se realiza por medio de esporas de tamaño microscópico (30 micras de largo por 20 micras de ancho), denominadas urediniosporas (figura 8a), que producidas en grandes cantidades corresponden al polvillo amarillo o naranja que se visualiza en el envés de las hojas de café y que es característico de esta enfermedad (Rivillas et al., 2011).

Entre los factores abióticos que favorecen la dispersión del hongo se encuentran el viento. La dispersión local de hoja a hoja o entre plantas, sobre todo en altas densidades de plantación, es favorecida por el salpique del agua de lluvia es el agente principal, no solamente para la dispersión, sino también para la liberación de esporas. Adicionalmente, se ha reportado que algunos insectos como thrips, moscas y avispas, contribuyen en su dispersión, aunque en proporciones mínimas. La intervención humana podría estar

involucrada en la dispersión a grandes distancias entre continentes y países (Arneson, 2000).

b. Etapa de germinación

La germinación de las uredosporas bajo condiciones favorables de humedad y temperatura 22 °C, germinan en 60 a 85% después de 6 horas (ANACAFÉ, 2006; Subero, 2003). La espora una vez depositada en el envés de la hoja emite de uno a cuatro tubos germinativos, en un período de 6 a 12 horas. Para esta etapa, el hongo requiere de una capa de agua, condiciones de poca o ninguna luminosidad, y temperaturas inferiores a 28 °C y superiores a 16 °C. El tubo germinativo crece hasta encontrar los estomas (figura 8b), se forma un apresorio con un mínimo de 5 horas, en el lado inferior de éste se forma una hifa penetrante (hifa de infección) la cual crece en el interior de la cavidad subestomática a través del ostiolo (Rivillas et al., 2011).

En la siguiente estación de lluvias se reactiva la esporulación del hongo en las lesiones necrosadas, iniciándose un nuevo ciclo de la enfermedad (ANACAFE, 2006).

c. Etapa de colonización

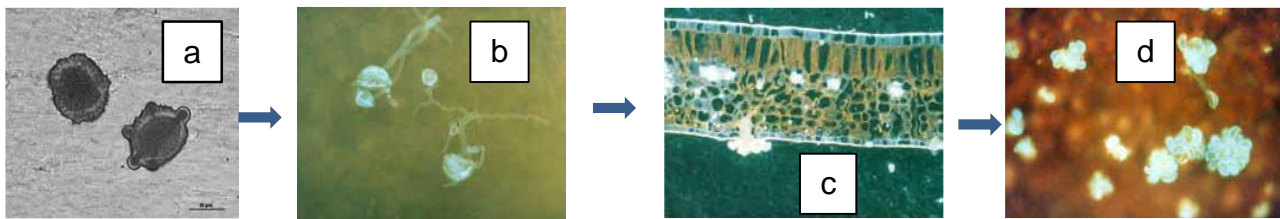
Las hifas crecen entre las células del mesófilo y penetran en ellas mediante ramificaciones cortas, filiformes, que terminan en expansiones ovales, reniformes, estas expansiones son los haustorios, los cuales entran en contacto con las células de la planta, y con los que extraen los nutrientes para su crecimiento. Las células de café parasitadas pierden su coloración verde son los cloroplastos, se tornan gradualmente amarillentos.

El contenido de las células afectadas se contraen y coagula en forma de una masa, la cual gradualmente se decolora y se torna cada vez más marrón y, en este momento, se aprecian zonas cloróticas o amarillentas en la hoja, que corresponden a la aparición de los síntomas de la enfermedad (figura 8c) (Rivillas et al., 2011).

Bajo condiciones favorables para la enfermedad (21 °C a 25 °C) la uredinospora germina dentro de las primeras 72 horas, produce síntomas tempranos entre los 12-15 días de infección y genera nuevas uredinosporas en las lesiones en otros 18 - 22 días (Rivillas et al., 2011).

d. Etapa de reproducción

Luego de transcurrido 30 días, después de la colonización, el hongo está lo suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros (figura 8d) que son las encargadas de producir nuevas uredinosporas, a razón de 1.600 por mm² de hoja, por un período de 4 a 5 meses y que serán dispersadas para iniciar el nuevo ciclo.



Fuente: Rivillas et. al, 2011.

Figura 8. Proceso infectivo de la roya del cafeto. En las imágenes se aprecian las cuatro etapas que comprende el período de incubación y latencia. a. Desimanación. b. Germinación. c. Colonización. d. Reproducción.

e. El inóculo residual

Se comprobó que toda la infección presente a principios de año se ubica en las hojas viejas del cafeto (hojas que habían nacidos en la época de lluvia), mientras que las hojas jóvenes estaban en su mayoría perfectamente sanas. Se concluyó que la conservación de la enfermedad de un año para el siguiente se hacía a través de las hojas viejas infectadas que lograban sobrevivir la época seca, con el tiempo las manchas más viejas de roya van

adquiriendo un color pardo o necrótico, donde sobrevive el hongo (inóculo residual) en las hojas (vivas) para el siguiente ciclo (ANACAFE, 2006;).

Sin embargo, debido a que la roya es policíclica, la cantidad de inóculo residual no es determinante en el desarrollo de la epidemia (cada lesión puede producir hasta 400,000 esporas en tres meses). Fuertes epidemias pueden desarrollarse aún con niveles bajos de inóculo residual. Lo que es más importante es el periodo de latencia (Kushalappa *et al.* 1984).

E. Manejo agronómico

El hombre juega también un papel importante en la aparición y desarrollo de la enfermedad, cuando ejecuta de manera inapropiada o inoportuna actividades propias del manejo del cultivo entre las que resaltan (Rivillas *et al.*, 2011):

- a) Permitir el crecimiento descontrolado de arvenses, que además de competir con el café por los nutrientes del suelo, pueden generar condiciones de sombrío y alta humedad en plantaciones de café menores de 24 meses.
- b) Fertilización escasa o nula, que afecta principalmente a los cafetales bajo plena exposición solar.
- c) Sombra excesiva, que mantiene rangos de temperatura máxima y mínima muy estrechos, favorece una humedad relativa alta constante y estimula el incremento del área foliar y la vida media de las hojas.
- d) Densidades superiores a 10,000 tallos por sitio, resultado de la proliferación de múltiples chupones, luego de labores de renovación por recepa, que crean autosombreamiento, aumenta la competencia entre plantas por nutrientes y ofrece una mayor interceptación de esporas.

- e) Adicionalmente, las altas densidades dificultan la aplicación y el cubrimiento de los fungicidas sobre el follaje.
- f) Aplicaciones de fungicidas de manera tardía, por fuera de la epidemia, subdosificadas o sobredosificadas, con equipos inadecuados o sin calibrar, con boquillas de alta descarga o desgastadas, con la utilización de aguas contaminadas o duras, y con recorridos en los lotes que no permiten un cubrimiento completo del follaje de las plantas o usando mezclas con otros productos que reducen la efectividad biológica de los fungicidas.

F. Epidemiología

Los factores principales que inciden en el desarrollo de las epidemias de roya son:

- a) **Las precipitaciones:** el agua líquida es necesaria para completar el ciclo de vida del hongo.
- b) **La temperatura:** el óptimo es de 23 °C para la germinación y la infección en general.
- c) **La carga fructífera:** existe una relación positiva con la infección; a mayor carga fructífera, mayor infección.
- d) **El periodo de cosecha:** existe probablemente un efecto de diseminación de la enfermedad por los recolectores.
- e) **El inóculo residual:** este es responsable del mantenimiento de la enfermedad a través de los años.

a. *Curva de progreso de la enfermedad*

Una epidemia avanza progresivamente tanto en el tiempo como en el espacio, con tres fases claramente reconocibles en procesos policíclicos, como el de la roya del cafeto (Rivillas et al., 2011; ANACAFE, 2013).

- a) **Fase lenta.** La epidemia inicia con la infección de unas pocas hojas, en las que no se observan síntomas sino hasta después de haber transcurrido el período de incubación, donde la producción de los primeros soros, que liberan nuevas esporas, confirmará la presencia de la roya. Durante esta fase las infecciones solo se aprecian en menos de 10 de cada 100 hojas en el árbol, como también se presentan los primeros ciclos del patógeno. Según ANACAFE 2013, se determinó que la fase de desarrollo lento de la roya ocurre de mayo a agosto.
- b) **Fase rápida o explosiva.** Si las condiciones lo permiten, como resultado de la primera fase ya existe una gran cantidad de inóculo dispersándose dentro del árbol y entre los árboles del lote, de manera que ocurren muchas más infecciones por unidad de tiempo. Durante un período de 2 a 3 semanas la enfermedad puede llegar a estar presente en 30 ó más hojas de cada 100 hojas del árbol. Esta fase para la zona cafetera de Guatemala se incrementa de forma rápida a partir de agosto-septiembre, inicia el mayor incremento de la enfermedad y se observa en los meses correspondientes al desarrollo y maduración del fruto.
- c) **Fase terminal o máxima.** Finalmente, las hojas atacadas severamente van cayendo del árbol, y el número de hojas sanas es muy reducido como para continuar con la alta tasa de infección y reproducción, por lo que la enfermedad llega a su máximo por agotamiento del hospedero y la epidemia termina. En esta fase la curva de la enfermedad alcanza su punto máximo entre diciembre y febrero del siguiente año (ANACAFÉ, 2013).

Entre los factores que influyen en el desarrollo o curva de la enfermedad para las regiones cafeteras de Guatemala 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) (ANACAFE, 2006).

G. Efecto de la roya sobre la cosecha

Los factores que interactúan entre sí, e influyen sobre el desarrollo y el no desarrollo del progreso de la enfermedad están la altitud, las condiciones climáticas, las condiciones del cultivo sol y sombra, la fertilización y el balance de nutrientes, la densidad de siembra, el tipo de suelo y el manejo de malezas, son determinantes en el efecto de la enfermedad sobre la producción. Según Rivillas et al., 2011, una epidemia severa, con una tasa diaria de infección $> 0,19\%$, tiene una relación directa entre la infección ocurrida durante el período de llenado de frutos (a partir de tres meses de ocurrida la floración principal) y la disminución de la producción, comprometiendo la cosecha del año siguiente.

2.2.8 Métodos de control de la roya *Hemileia vastatrix*

A. Control cultural

Se recomienda mantener un buen programa nutrimental, reducir la sombra excesiva, para evitar rangos de temperatura favorables para el desarrollo del hongo, lo cual también reducirá la humedad relativa y adicionalmente estimulará el incremento de área foliar y la vida media de las hojas (Rivillas et al., 2011).

B. Control genético

Se ha reportado que la variedad Catimor y Sarchimor, presenta resistencia a la roya del café, la cual responde bajo alta presión de inóculo manteniendo un nivel de infección menor al 15% (Moreno y Alvarado, 2000).

C. Control químico

El control químico es uno de los componentes más importantes en el manejo integrado de la roya del cafeto cuando se tienen plantaciones de café susceptibles a la enfermedad. El

éxito de las aspersiones de fungicidas dependerá del adecuado manejo agronómico del cultivo y de la correcta tecnología de aplicación (calibración, volumen y preparación de las aplicaciones) para lograr una alta efectividad biológica del fungicida y mantener al mínimo los niveles de roya sobre el follaje (Rivillas et al., 2011).

La efectividad del control químico se sustenta sobre el tipo de fungicida a utilizar, el momento oportuno de la aplicación en base a la fenología del cultivo y por último la tecnología de aplicación. En el mercado existen fungicidas de contacto, sistémicos curativos y erradicantes.

a. Tipos de fungicidas

Existen dos tipos de fungicidas para el control de la roya: sistémicos y de contacto. Para seleccionar el tipo de fungicida a utilizar debe tomarse en cuenta lo siguiente (ANACAFE, 2013):

i. Fungicidas de contacto

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

ii. Fungicidas sistémicos

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

D. Control preventivo

Los fungicidas cúpricos como el oxiclورو de cobre, óxido cuproso, hidróxido de cobre y sulfato de cobre formulado como caldo bordelés son de acción preventiva, solamente tienen efecto inhibiendo la germinación del patógeno y, en ocasiones, la penetración, y por tanto, el programa de control debe iniciarse antes de que el patógeno se establezca en los tejidos foliares, ya que estas moléculas no son capaces de traspasar la cutícula foliar.

En Cenicafé se determinó que la primera lluvia después de la aspersión, independiente de su intensidad, ocasiona pérdidas del 50% del fungicida cúprico depositado sobre las hojas, con y sin adherente, afectando igualmente el cubrimiento y la distribución del fungicida en el follaje (Rivillas et al., 2011).

E. Control biológico

El manejo biológico de *Hemileia vastatrix* se hace mediante la acción de microorganismos antagonicos, organismos como *Bacillus thuringiensis*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. aureofaciens*, *P. alcaligenis*, *P. putida* y *Lecanicillium lecanii*. La utilidad práctica en el manejo de *H. vastatrix* en el campo con estos organismos no ha sido consistente, presentando limitaciones, en la duración del efecto protector, razón por la cual esta opción de manejo contra la roya no es recomendada actualmente a los caficultores (Rivillas et al., 2011).

2.2.9 Biónfertilizantes

Los biofertilizantes de acuerdo con Dibut 2006, son preparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas eficientes fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo o potencializadoras de diversos nutrientes, que se utilizan para aplicar a las semillas o al suelo con el objetivo de incrementar el número de estos microorganismos en

el medio y acelerar los procesos microbianos de tal forma que se aumenten las cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas o se hagan más rápidos los procesos fisiológicos que influyen sobre el desarrollo y el rendimiento de los cultivos.

Estos productos presentan las siguientes ventajas:

- Permiten una producción a bajo costo
- Protección del medio ambiente
- Mantienen la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad.

2.2.10 Caldos minerales

Los caldos minerales son productos fungistáticos que inhiben la germinación de las esporas de patógeno, los cuales se deben aplicar antes de que se dé la infección en la hoja de la planta, es decir, son productos que se manejan con enfoques preventivos, los ingredientes más utilizados para controlar enfermedades son los siguientes:

A. Azufre

El azufre tiene efecto de contacto contra hongos patógenos, es excelente contra las arañas y el control de los insectos, de enfermedades fungosas en cultivos de hortalizas y café. Es apreciado por su bajo poder residual (planta y suelo) y su poca toxicidad para los insectos benéficos.

B. Cobre

Es un protector de contacto, su aplicación forma una lámina superficial de protección que evita que las esporas de los hongos y las bacterias se establezcan y se desarrollen. No penetra dentro de los tejidos de las plantas. Su efecto es preventivo, no cura las partes

afectadas de las plantas y no impide el desarrollo de la enfermedad una vez el hongo se ha implantado en la planta.

a. Modo de acción del cobre

Las aplicaciones de cobre forman una película sobre las hojas de los cultivos. El cobre contenido en los tratamientos se disuelve en una muy pequeña proporción y los iones Cu^{2+} son absorbidos por contacto por los microorganismos que intentan establecerse en las plantas en la etapa de germinación de las esporas. El Cu^{2+} sustituye a otros metales esenciales para la vida de los patógenos en cantidades infinitesimales produciendo una intoxicación y la muerte.

2.2.11 Variables de estudio

A. Índice de Área Foliar (IAF)

De acuerdo con Favarin *et al.*, 2002, el índice de área foliar (IAF) es la relación funcional existente entre el área foliar y el área del terreno ocupado por el cultivo. Considerando favorable el rendimiento agrícola y expresión por la cantidad de materia cosechada por unidad de área.

La importancia de área foliar de un cultivo es ampliamente conocida por ser un parámetro indicativo de la productividad, pues los procesos fotosintéticos depende de la intercepción de la energía química (Favarin *et al.*, 2002).

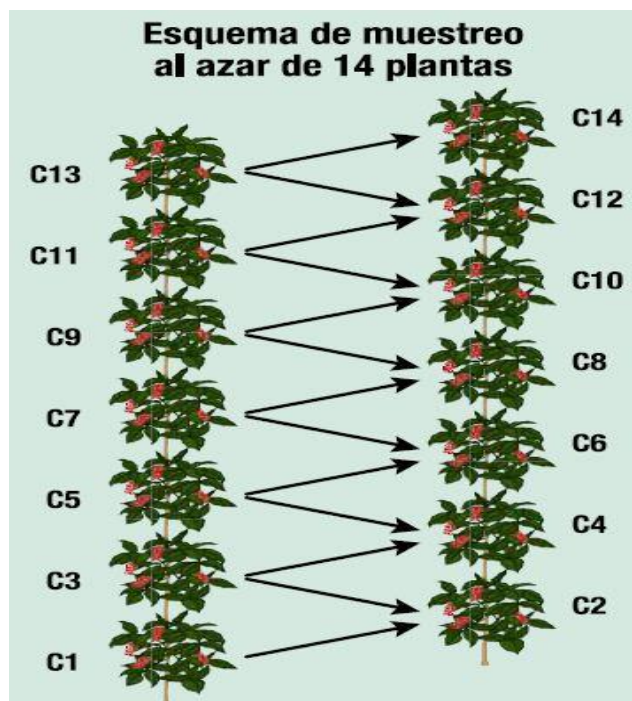
De acuerdo con Leong 1980, la eficiencia fotosintética depende de la tasa fotosintética por unidad de área foliar y de la intercepción de la radiación solar, las cuales entre otros aspectos, son influenciadas por las características de la arquitectura de la copa y de la dimensión del sistema fotoasimilador.

B. Porcentaje de Infección por Roya (%IR)

Dentro del marco del manejo integrado de la roya (MIR) el muestreo es uno de sus componentes importantes. Dicho componente aplicado en forma oportuna permite conocer los índices de infección y distribución espacial de la enfermedad, y las épocas oportunas de control. Dentro de los usos del muestreo puede indicarse el monitoreo de la calidad de las aspersiones y el desempeño de los fungicidas utilizados para el control de la enfermedad (ANACAFE, 2013).

a. Lectura y conteo de infección

Se toman al azar 14 cafetos, colectando un total de diez hojas igualmente al azar de la parte baja, media y alta de la planta, y los 4 puntos cardinales (figura 9). Para facilitar la labor del muestreo, el operario debe llevar una bolsa o morral para guardar las hojas extraídas de los cafetos correspondientes a cada sitio.



Fuente: ANACAFE, 2013.

Figura 9. Esquema para la toma de datos dentro de la parcela.

b. Determinación del porcentaje de infección por sitio

Se separan las hojas infectadas y las hojas sanas, y el porcentaje de infección en el sitio se determina dividiendo el número de hojas infectadas entre el total de hojas de la muestra (140), multiplicado por cien. El índice de infección se anota en la boleta de muestreo correspondiente. La fórmula del porcentaje de infección por roya (%IR) es (ANACAFE, 2013):

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

Para delimitar el sitio a muestrear se evaluaron tamaños de muestra de 50, 75, 100, 125, 150, 175 y 200 hojas por sitio de muestreo, correspondiendo cada sitio a $\frac{1}{4}$ de manzana (1,750 m²).

El análisis de la información permitió establecer la presencia de diferencias significativas entre tratamientos. El rango de confianza que se estableció fue de n = 139 o 150 hojas por sitio. De acuerdo a los resultados el tamaño de muestra adoptado fue de 140 hojas por sitio de muestreo.

2.2.12 Diseño experimental: parcelas divididas en bloques completos al azar

A. Parcelas divididas

Supongamos un experimento bifactorial en el que no es posible asignar al azar las combinaciones de ambos factores a las parcelas experimentales (PE). En algunos casos, grupos de PE reciben aleatoriamente los distintos niveles de uno de los factores de clasificación y dentro de estos grupos de parcelas, los niveles del segundo factor son asignados al azar.

El nombre surge de la idea de que **parcelas principales** reciben los niveles de un factor (también llamado a veces *factor principal*) y que estas parcelas son **divididas** en **subparcelas** que reciben los niveles del segundo factor de clasificación (Di Rienzo *et al*, 2012).

Aunque en las parcelas divididas los niveles de un factor son asignados dentro de los niveles de otro factor, este no es un diseño anidado. Se trata de un experimento típicamente factorial donde los factores están cruzados. Es sólo la aleatorización la que se ha realizado en forma secuencial.

De acuerdo a la forma en que están arregladas las parcelas principales, el diseño puede ser de:

- Parcelas divididas en un arreglo en bloques.
- Parcelas divididas en un arreglo completamente aleatorizado.
- Parcelas divididas en otros diseños.

a. Parcelas divididas en un arreglo en bloques

El análisis clásico de un diseño en parcelas divididas con parcelas principales distribuidas en bloques completos.

El punto clave para completar el análisis de este modelo es comprender que el error experimental para el FPP es diferente que para los términos del modelo que incluyen al FSP. El error experimental de las parcelas principales es mayor que el de las subparcelas.

La varianza del error experimental de las parcelas principales en un diseño de parcelas divididas con parcelas principales repetidas en bloque completamente aleatorizados, se estima como el cuadrado medio (CM) de la interacción Bloque*FPP (se asume que no hay interacción Bloque*FPP y en consecuencia este CM estima el error entre parcelas principales tratadas de la misma forma). El CM de esta “interacción” es el que se usa como referencia para calcular el estadístico F de la prueba de hipótesis para el factor

principal. El resto de las pruebas el CM residual es el apropiado para construir el estadístico F.

El análisis de este diseño mediante un modelo lineal mixto se basa en la identificación de dos niveles de agrupamiento de las observaciones. El primer nivel está dado por los bloques y el segundo nivel por las parcelas principales dentro de los bloques. Cada uno de estos niveles de agrupamiento genera una correlación, conocida como correlación intraclase, entre las observaciones que contiene.

El modelo estadístico para este diseño es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + A_iB_j + R_k + E_{i.k} + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = representa la respuesta observada en el k -ésimo bloque, i -ésimo nivel del factor principal y j -ésimo nivel de factor asociado a las subparcelas.

μ = representa la media general de la respuesta.

A_i = representa el efecto del i -ésimo nivel del factor asociado a las parcelas principales.

B_j = representa el efecto del j -ésimo nivel del factor asociado a las subparcelas.

A_iB_j = representa el efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j -ésimo nivel del factor B.

R_k = efecto del k -ésimo bloque.

$E_{i.k}$ = error experimental asociado a las parcelas grandes.

E_{ijk} = error experimental asociado a la i - j - k -ésima unidad experimental (error experimental asociado a las parcelas pequeñas).

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1 Área de estudio

La investigación se realizó en la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá. El municipio se encuentra localizado al sur occidente y está ubicado a 14°38'15" de latitud norte y 91°13'48" de longitud oeste, situado en la falda occidental del volcán de Tolimán. Tiene una altura menor de 1,592 m (orilla del Lago) y una altura mayor de 3,537 m (Volcán Atitlán)

Colinda al norte con el lago de Atitlán, al este con San Lucas Tolimán, al sur con Santa Bárbara suchitepéquez, al oeste con Chicacao, Suchitepéquez y San Pedro la Laguna, Sololá.

2.3.2 Condiciones climáticas

La temperatura media de Santiago Atitlán oscila entre los 17 °C y 20 °C. La época seca o de verano no se presentan lluvias, y lo comprenden los meses de enero que se caracteriza por la ausencia de lluvias 6.4 mm y además la temperatura desciende a 18.1 °C; febrero que presenta una temperatura que se ubica en los 17.8 °C, marzo con un marcado incremento de temperatura de 23.6 °C como máxima y 18 °C como temperatura promedio.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 Objetivo general

Determinar el efecto de aplicación de alternativas y estrategias, usadas por pequeños productores de café para el control de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* en la producción de café en el municipio de Santiago Atitlán, Sololá.

2.4.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto de aplicaciones de biofertilizantes más caldos minerales para el control de la roya del café *Hemileia vastatrix*, en comparación de un extracto vegetal (sábila más papaya) y un fungicida comercial.

Comparar los costos de aplicación de biofertilizantes más caldos minerales, un extracto vegetal (sábila más papaya) y un fungicida comercial.

Determinar el índice de Área Foliar (IAF) del café (*Coffea arabica*) para estimar el volumen del dosel de plantas de café evaluadas como parte de esta investigación.

2.5 HIPÓTESIS

El tratamiento de biofertilizantes más caldos minerales, presentará el mejor efecto para el control de la roya del café *Hemileia vastatrix*, en comparación con el efecto de control de roya del café de un extracto vegetal y de un fungicida comercial.

2.6 METODOLOGÍA

2.6.1 Evaluación del efecto de aplicaciones de biofertilizantes más caldos minerales, extracto vegetal y un fungicida comercial para el control de la roya del café.

B. Características del área experimental

La parcela experimental fue ubicada en la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá (figura 10), a una altitud de 1,565 m, longitud $14^{\circ}55'57''$ y latitud $91^{\circ}16'57''$. Se estableció en un cafetal de la variedad Catuai con una edad promedio de 5 años, con un distanciamiento de 2 m entre surcos y 2 m entre plantas, la sombra en condición bien regulada, predominando el árbol de sombra de la especie *Grevillea robusta*.



Figura 10. Mapa de ubicación de la parcela experimental.

B. Período experimental

El experimento se estableció el 10 de octubre de 2014 y finalizó en el mes de abril de 2015.

C. Método y equipo de aplicación

La aplicación se realizó via aspersión con bomba de mochila de mano con capacidad de 16 litros, la boquilla utilizada fue de cono hueco estándar.

D. Volumen de aplicación

La dosificación por tratamiento y el volumen de agua utilizado por hectárea se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. Volumen de agua y de tratamientos asperjado por hectárea.

No.	Tratamientos	Cantidad/ bomba	Trat./ha	Vol. agua/ha	Vol. Aplic./ha
1	Biofertilizantes	1 L	30.74 L	461.1 L	491.84 L
2	Caldos minerales	1 L	30.74 L		
3	Cyproconazole	12 cc	361.5 cc	481.64 L	482 L
4	Extracto botánico	1 L	30.74 L	461.1 L	491.84 L

E. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental bloques al azar con arreglos en parcelas divididas.

a. Modelo estadístico

El modelo estadístico asociado a este diseño experimental se muestra a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + A_iB_j + R_k + E_{i.k} + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = representa la respuesta observada en el k -ésimo bloque, i -ésimo nivel del factor principal y j -ésimo nivel de factor asociado a las subparcelas.

μ = representa la media general de la respuesta.

A_i = representa el efecto del i -ésimo nivel del factor asociado a las parcelas principales.

B_j = representa el efecto del j -ésimo nivel del factor asociado a las subparcelas.

A_iB_j = representa el efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j -ésimo nivel del factor B.

R_k = efecto del k -ésimo bloque.

$E_{i.k}$ = error experimental asociado a las parcelas grandes.

E_{ijk} = error experimental asociado a la i - j - k -ésima unidad experimental (error experimental asociado a las parcelas pequeñas).

b. Planteamiento de hipótesis

Hipótesis nulas (H_0):

- $A_i = a$ para todo i (Todos los niveles del factor A son iguales)
- $B_j = b$ para todo j (Todos los niveles del factor B son iguales)
- No existe interacción entre los factores A y B

Hipótesis alternativas (H_a):

- $A_i \neq a$ para el menos un i (Al menos un tratamiento es diferente a los demás).
- $B_j \neq b$ para al menos un j (Al menos un nivel del factor B (lectura) es diferente a los demás).

- Hay interacción entre los factores A y B

F. Tratamientos

Los tratamientos aplicados fueron a base de biofertilizantes más caldos minerales, químico y extracto botánico, los cuales se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Dosificación de tratamientos e intervalos de aplicaciones.

No.	Tratamientos	Dosis/bomba 16 L	Intervalos de aplicación
	Biofertilizantes		
1	Desarrollo vegetativo	1 L	25 días
2	Prefloración	1 L	25 días
3	Post floración	1 L	25 días
4	Engorde de granos	1 L	25 días
5	Maduración de frutos	1 L	25 días
	Caldos minerales		
1	Caldo Sulfocálcico	1 L	25 días
2	Caldo bordelés	1 L	25 días
3	Caldo Multimineral	1 L	25 días
4	Caldo Vicosá	1 L	25 días
	Químico		
1	Cyproconazole	12 cc	25 días
	Extracto botánico		
1	Hojas de sábila y de papaya	1 L	25 días

G. Tamaño de la parcela

Las medidas de la parcela experimental fueron las siguientes:

- Área experimental 1,920 m².
- Largo del área experimental 48 m.
- Ancho del área experimental 40 m.

La parcela bruta estuvo comprendida por 35 plantas de café, distribuidas en 5 surcos de 14 m de largo cada uno, equivalente a 7 plantas por surco, la parcela neta en cambio estuvo comprendida por 15 plantas de café, por lo que el tamaño de cada unidad experimental fue de 140 m² (figura 17A).

H. Intervalo de aplicaciones

Se realizaron 3 aplicaciones de cyproconazole con intervalos de 25 días, y 6 aplicaciones de biofertilizantes más caldos minerales y de igual número de aplicaciones el extracto vegetal.

I. Variables respuesta

a. *Porcentaje de infección por roya (%IR)*

La metodología empleada para esta variable fue el levantamiento de datos por planta en cada unidad experimental, realizando lecturas de incidencia por unidad de planta en la parcela neta con intervalos de 15 días. Teniendo los datos de incidencia se determinó el valor de la variable por unidad experimental y posteriormente por medio de InfoStat el valor específico por cada tratamiento en términos de porcentaje de infección por roya (%IR). Dicha metodología fue validada por ANACAFE en 2013, se describe literalmente así, se toman 10 hojas por planta en la parte alta-media-baja, realizando la lectura correspondiente de un total de 150 hojas por cada unidad experimental. Se realizó un conteo de las hojas infectadas y las hojas sanas, el porcentaje de infección en la parcela neta se determinó dividiendo el número de hojas infectadas entre el total de hojas observadas (muestra 150), multiplicado por cien. La fórmula del porcentaje de infección por roya (%IR) es:

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

b. Defoliación

Para esta variable se realizaron lecturas con intervalos de 15 días en cada parcela neta (figura 17A). De cada planta se realizó la lectura respectiva de la enfermedad en términos de Defoliación, utilizando una escala diagramática (de 0 a 4, descrita como 0 = planta sana, 1= 1% - 20% de defoliación por roya, 2 = 21% - 40% de defoliación por roya, 3 = 41% - 60% de defoliación por roya, 4 = 61% - 100% (figura 11).



Fuente: SAGARPA, 2013.

Figura 11. Escala diagramática de defoliación por roya.

2.6.2 Estimación de los costos de aplicación

Se realizó una simulación en campo para determinar el tiempo de aplicación de cada producto, en base a ello se determinó el costo de aplicación de cada tratamiento, para la toma de datos se utilizó una boleta (cuadro 10A).

En campo se determinó el volumen de aspersion de cada tratamiento:

Se realizó la aspersion para determinar la dosis de cada tratamiento y el volumen de agua de aspersion por unidad de área:

- 100 m², equivalente a 25 plantas de café (2 m x 2 m).

Se realizó la simulación de aspersión en el área delimitada, con 3 repeticiones, en base a ello se determinó:

- Número de bomba/ha
- Dosis por bomba = Dosis recomendada/ha.

Se determinó el tiempo de aspersión y en base a ellos se determinó el número de jornales y el costo de éstos por hectárea.

- Medición del tiempo de aspersión en 25 plantas (100 m²).

Todos los datos levantados en campo se utilizaron a nivel de gabinete para la estimación del volumen de agua, dosis de cada tratamiento por unidad de área y el costo en mano de obra por concepto de aspersión por hectárea (10,000 m²).

2.6.3 Determinación del Índice de Área Foliar (IAF)

La metodología correspondiente para esta variable se plasma literalmente de la siguiente manera:

La metodología utilizada en campo de esta variable fue la medición de la arquitectura de copa de la planta utilizando una cinta métrica, los datos a nivel de gabinete fueron incorporados en la siguiente ecuación:

$$Hd = ht - hi$$

Dónde:

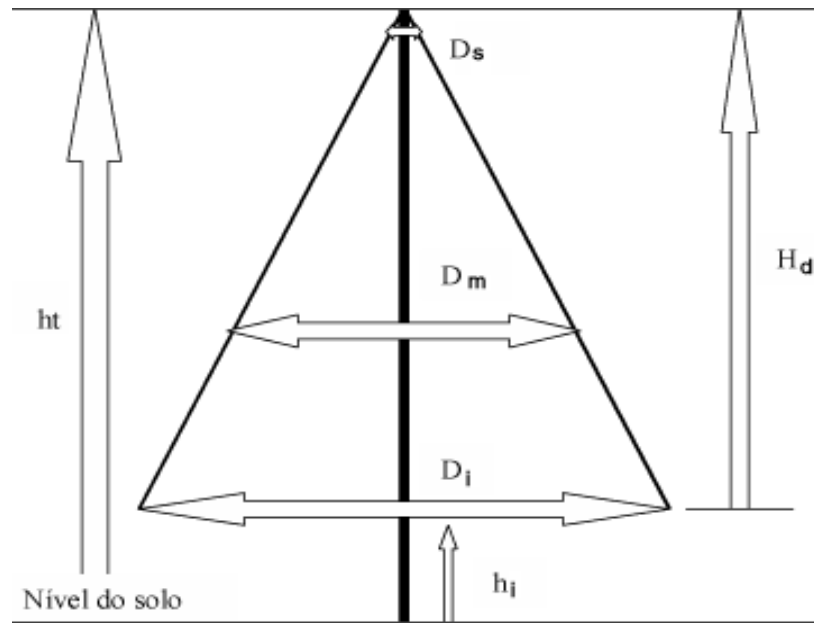
Hd = altura del dosel

ht = altura total

hi = altura a la primera rama plagiotrópica

D_i = diámetro del dosel a la altura de la primera rama plagiotrópica.

Con una cinta métrica se midió la altura total (ht), altura a la primera rama plagiotrópica (h_i) y el diámetro del dosel a la altura de la primera rama plagiotrópica (figura 12).



Fuente: Favarin *et. al*,2002.

Figura 12. Variables de arquitectura de la parte aérea de la planta de café.

A nivel de gabinete se procedió a tabular los datos utilizando las siguientes ecuaciones:

1. El cálculo del volumen del dosel se realizó mediante la ecuación:

$$Vc = \frac{\pi}{12} Hd Di^2$$

2. El cálculo del IAF se realizó mediante la ecuación:

$$IAF = \alpha + \beta X$$

$$IAF = 0.0134 + 0.7276(Vc)$$

2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.7.1 Porcentaje de Infección por Roya (%IR)

Esta variable permite observar de manera cuantitativa el índice de infección en la parcela, evaluando así el comportamiento de la enfermedad en el tiempo, lo cual tiene importancia sobre los índices de defoliación y a grosso modo sobre la producción, sin embargo, es afectado por el factor climático tales como las variaciones de temperatura, humedad y precipitación los cuales son el vehículo de la ocurrencia de altos y/o bajos porcentajes de infección por roya dentro de la plantación en específica. En la figura 13 se muestran los datos obtenidos en campo y la poca variabilidad que existió entre los distintos tratamientos.

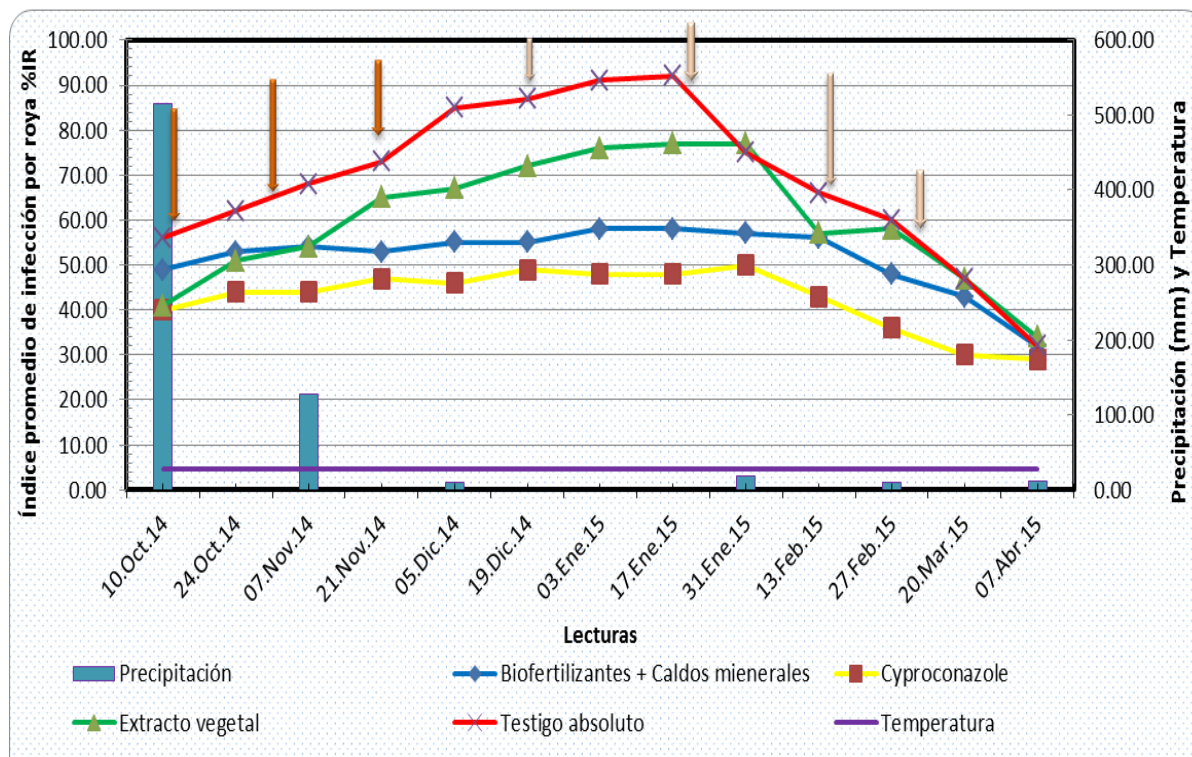


Figura 13. Gráfica del comportamiento del porcentaje promedio de infección por roya del café, por tratamiento evaluado durante 13 lecturas quincenales. Las flechas señalan las aplicaciones realizadas de cada tratamiento.

Para los cuatro tratamientos los resultados obtenidos de un total de 13 lecturas realizadas se describe de la siguiente manera, el comportamiento inicial en términos de promedios de porcentaje de infección por roya bajo la acción de cada tratamiento variaron de acuerdo al nivel en que estaba afectada la plantación de café, si se hace mención de los factores que influyen sobre el comportamiento de la enfermedad y los focos iniciales tales como el manejo de sombra, la densidad de siembra, el manejo de tejidos, los niveles de temperatura, humedad relativa y la precipitación pluvial y otros factores, afectaron indistintamente el comportamiento de la enfermedad, por tanto, bajo la acción del fungicida comercial Cyproconazole el porcentaje inicial de infección por roya fue del 43% lo que evidencia diferencia del valor encontrado bajo la acción del tratamiento biofertilizantes más caldos minerales que fue del 46%, extracto vegetal el 41% y para el testigo absoluto el 53% encontrando diferencias entre valores iniciales en porcentaje de infección por roya.

Estos porcentajes iniciales son considerados altos, entendiendo que tanto los productos sistémicos y protectantes pueden no ser efectivos, ya que como el caso de los protectantes deben ser empleados cuando el hongo aún no está establecido lo que significa que aplicando el principio de la oportunidad de aplicación para el control efectivo de cualquier enfermedad, aquí dentro de la investigación evidentemente fue obviada, justificando entonces la poca o nula efectividad de la acción ejercida por cada tratamiento.

“Anacafe, 2012, fungicidas de contacto solamente inhiben la germinación de esporas o evitan la penetración en la planta, son utilizados con niveles bajos de incidencia de roya alrededor del 5%”, se puede observar claramente que el nivel de infección por roya sobrepasaba el 40%, paralelo a ello, los ingredientes activos del sulfocálcico y el bordelés que son azufre y cobre respectivamente forman una película superficial de protección que evita que las esporas de los hongos se establezcan y se desarrollen, lo que pone en claro el poco efecto alcanzado por dichos productos, sin embargo, la mezcla de éstos con un biofertilizante accionaron como fertilizante supliendo de alguna manera nutrientes a la planta sobre la otra variable que se discutirá más adelante, encaja sobre el criterio de que una planta nutrida es resistente contra el ataque del patógeno, por lo tanto, se deduce que

la acción de este tratamiento biofertilizantes más caldos minerales comparado con el extracto vegetal y el testigo fue mejor bajo el panorama ya discutido, alcanzando un valor máximo en términos de IR del 59% comparado con los valores alcanzados bajo la acción del tratamiento extracto vegetal que fue del 72% y del testigo absoluto un 91%.

Considerando el modo de acción del Cyproconazole en comparación con el caldo bordelés, el caldo sulfocálcico y el extracto vegetal (sávila y papaya), tiene mayor grado de selectividad, *“Rivillas et al, 2011, el mecanismo de acción del grupo triazoles está relacionado con el bloqueo en la formación de una molécula específica del hongo patógeno llamada Ergosterol, mediante un proceso denominado desmetilación”* por lo tanto el valor de la variable alcanzado bajo la acción de este tratamiento fue de un máximo de 53% de IR, evidenciando poca efectividad ya por razones mencionadas, aunque comparado con el tratamiento extracto vegetal, testigo absoluto y biofertilizantes más caldos minerales mantuvo el %IR por debajo del 60%, protegiendo así a la planta contra ataques severos del hongo.

Los otros factores que se discuten bajo este enfoque fue la época de alta incidencia de la enfermedad, los valores de temperatura se mantuvieron en 27.54 °C y HR 98.56%, valores que son considerados óptimos para el desarrollo del hongo.

Debido a los altos índices de infección por roya encontrados y su constante aumento, aunado el déficit hídrico en el mes de diciembre y enero, el estrés mecánico durante los procesos de recolección de frutos y tomando en cuenta el tiempo de vida de las hojas, el cafeto sufre defoliación intensa, evidenciando descenso de los valores de %IR en las diez y seis unidades experimentales, respondiendo en relación directa al mecanismo de toma de datos debido a la metodología empleada.

2.7.2 Defoliación

La variable defoliación es un indicador de las respuestas de la planta a las aplicaciones tanto de fertilizantes para suplir los nutrientes como también a los fungicidas para el

control de la roya, a continuación se aprecia en la figura 14 la variabilidad que existió entre tratamientos.

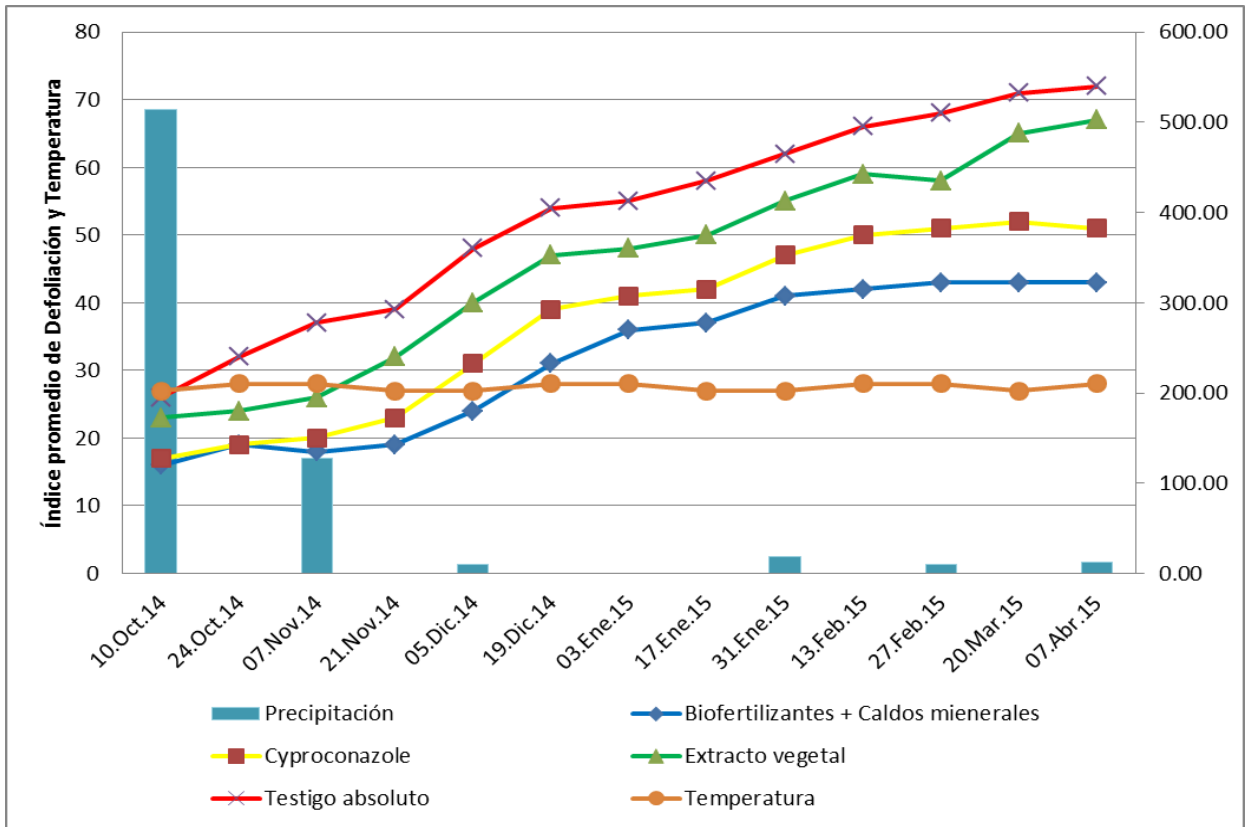


Figura 14. Gráfica del comportamiento del índice promedio de defoliación en café, por tratamiento evaluado durante 13 lecturas quincenales.

El comportamiento de los valores de la variable bajo la acción de los biofertilizantes + caldos minerales comparado con el tratamiento extracto vegetal, testigo absoluto y el testigo relativo, se mantuvo por debajo del 43%, evidenciando la acción fertilizante de los biofertilizantes, los cuales aportan macronutrientes y micronutrientes a la planta (ver anexo), según *Anacafé, 2012, una buena fertilización preserva el vigor de las hojas y el estado general de la planta*, lo cual justifica entonces que el resto de tratamientos carecieron y no aportaron ningún nutrimento, bajo la acción de los cuales los niveles en términos de defoliación fueron altos, los cuales fueron 52% para el tratamiento cyproconazole, sin embargo, gracias al modo de acción de éste, el valor alcanzado es

menor comparado con los valores alcanzados bajo la acción del tratamiento extracto vegetal 67% y un 72% para el testigo absoluto, cabe mencionar entonces que fue evidente el daño hacia la expresión fisiológica de las plantas y la nula preparación de las mismas para el siguiente ciclo de producción.

El tratamiento biofertilizantes más caldos minerales alcanza un valor del 41% de defoliación, dicho valor es considerado bajo comparado con los valores alcanzados bajo la acción del resto de tratamientos, se deduce entonces que la acción fertilizante de los biofertilizantes aumenta la resistencia a favor de la planta contra los ataques de la roya.

La ausencia de lluvia observada en el mes de diciembre y el mes de enero influyo en los resultados obtenidos de esta variable, según *“Arcila 2007 mientras más severo es el daño ocasionado por la enfermedad a nivel de hoja y el porcentaje alto de infección dentro de la plantación, aunado la deficiencia hídrica que se presenta en los meses de diciembre, enero, febrero y la falta de aplicaciones de fertilizantes, se da el repunte en defoliación”*, esto explica entonces la agresividad observada para las lecturas mencionadas en términos de defoliación (figura 15) bajo la acción de los tratamientos Cyproconazole, extracto vegetal y testigo absoluto, como también justifica el descenso drástica encontrado en la 8 y 9 lectura para la variable %IR



Figura 15. Fotografías de planta de café de la variedad Catuaí con diferentes niveles de defoliación bajo la acción de los tratamientos evaluados. a) testigo absoluto. b) biofertilizantes mas caldos minerales. c) extracto vegetal.

2.7.3 Costos de aspersión por tratamiento

Los costos de aplicación por tratamiento por hectárea se presenta en cuadro 7.

Cuadro 7. Costos de aspersión de cada tratamiento para el control de la roya *Hemileia vastatrix* del café por hectárea.

No.	Insumos/Equipo	Cantidad	Unidad de	Costo por	Total
Biofertilizantes y					
1	Caldos sulfocálcico	30.74	L	Q5.00	Q153.71
2	Engorde de granos	30.74	L	Q5.00	Q153.71
3	Adherente	768.57	cc	Q0.02	Q15.37
4	Jornal	1.5	---	Q50.00	Q75
5	Depreciación de			Q6.67/mes	Q6.67
					Q404.36
Químico					
1	Cyproconazole	361.5	cc	Q0.615	Q222.32
2	Adherente	768.57	cc	Q0.02	Q15.37
3	Jornal	1.5		Q50.00	Q75
4	Depreciación de			Q6.67/mes	Q6.67
					Q319.36
Extracto Vegetal					
1	Solución hoja de	30.74	L	Q3.50	Q107.6
2	Adherente	768.57	cc	Q0.02	Q15.37
3	Jornal	1.5		Q50.00	Q75
4	Depreciación de			Q6.67/mes	Q6.67
					Q204.64

Debido a que el tratamiento químico (Cyproconazole) es sistémico la banda de aspersión fue dirigida directamente sobre el follaje de la planta, es decir, sobre el haz de las hojas de café, por tal razón la cobertura y la velocidad de aspersión fue más fluido hasta cierto punto, lo cual influyó en el tiempo de aplicación y los costos de mano de obra, por lo tanto,

el costo de aplicación de dicho tratamiento fue de Q319.36/ha, que comparado con el costo de aplicación del tratamiento biofertilizantes más caldos minerales es visiblemente menor.

La aspersión del tratamiento biofertilizantes más caldos minerales como también el tratamiento extracto vegetal, fue dirigida hacia el envés de las hojas, es decir la aspersión fue localizada debido a que la etapa de incubación y colonización se desarrolla en el envés de la hoja de la planta del café, el tiempo y el volumen de aspersión aumenta y aunado la dosificación del tratamiento, el costo de aspersión asciende a la cantidad de Q404.36/ha, dicho valor supera con Q85.10/ha y Q199.82/ha el valor del costo de aplicación del tratamiento químico y el tratamiento extracto vegetal respectivamente, cabe resaltar que para los dos últimos tratamientos no se consideró ninguna fórmula de fertilizante químico y ni de otra procedencia.

2.7.4 Índice de Área Foliar (IAF)

Esta variable permite observar el comportamiento del volumen del dósel de la planta a través del tiempo, determinando así el efecto que ejerce cada tratamiento sobre la planta y que puede ejercer sobre la productividad, en la siguiente página, en la figura 16 se aprecian los datos obtenidos en campo y la variabilidad que existió entre los distintos tratamientos.

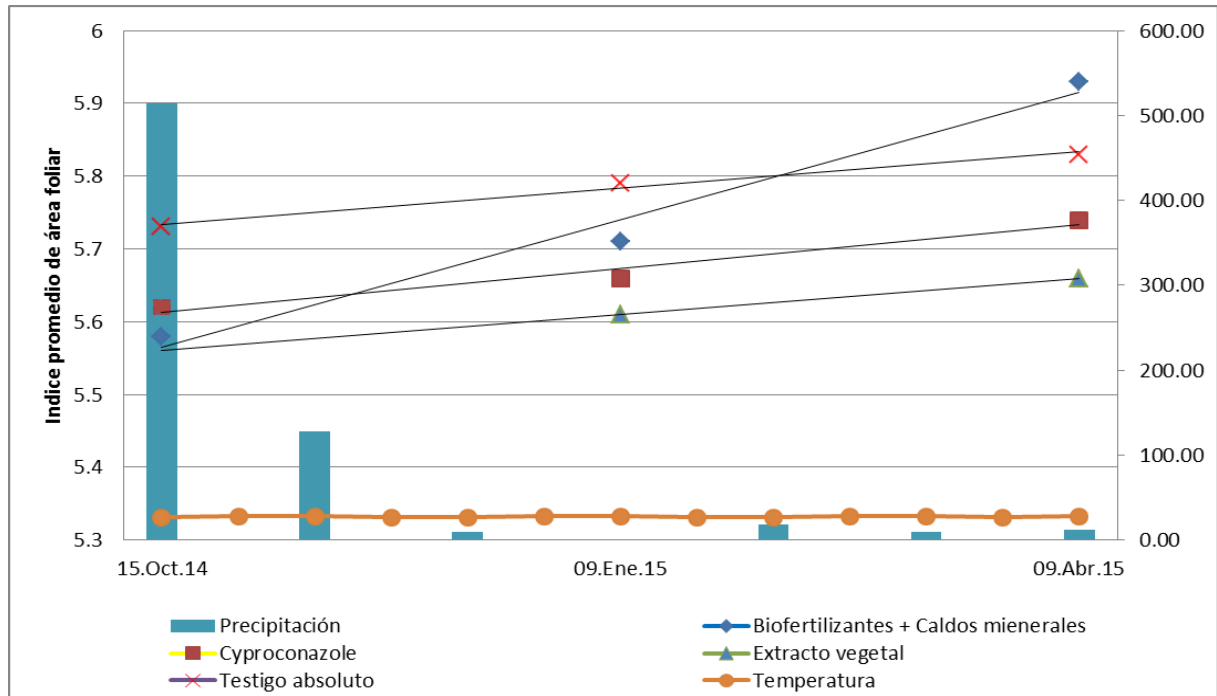


Figura 16. Gráfica del comportamiento del Índice promedio del Área Foliar (IAF) en café de la variedad Catuaí, por tratamiento evaluado durante 3 lecturas.

Debido a la presencia de plantas de la variedad Bourbon en las unidades experimentales, dicha variedad se caracteriza por un dosel de porte alto los valores promedio iniciales en términos índice de área foliar son altos en comparación con el resto de tratamientos, sin embargo, bajo la acción del tratamiento biofertilizantes más caldos minerales, la variación temporal del índice de área foliar en la segunda y tercera lectura fue de 0.08 y, así en el mismo lapso de tiempo de 86 días se obtienen 0.15.

Es evidente la labor de la acción fertilizante de los biofertilizantes sobre la relación funcional existente entre el área foliar y el área del terreno ocupado por la planta, ya que se evidencia la diferencia entre efectos de tratamiento, lo que significa que el tratamiento biofertilizantes más caldos minerales ejerció un efecto favorable y se percibe un mutuo progreso en materia disponible para la intercepción de energía luminosa y su permutabilidad en energía química para los usos de la planta y por ende garantiza con mayor probabilidad un mejor rendimiento y producción de la plantación, es predecible

entonces que a mayor índice de área foliar mayor incremento en productividad en relación directa, *favarín et al, 2002, explica que la productividad del cafeto está determinada por biomasa que se traduce en número de bandolas, número de nudos y número de frutos, los cuales dependen de la fotosíntesis y del suministro de sales minerales.*

Bajo la acción del tratamiento Cyproconazole los valores en términos de IAF percibidos fue de 0.06 y 0.07 respectivamente, esto se debe a que el tratamiento no influye directamente en el desarrollo vegetativo de la planta por no aportar nutrimentos a la misma.

Para el tratamiento extracto vegetal se percibe un 0.05 y 0.06 de índice de área foliar y para el tratamiento testigo absoluto se observa el crecimiento de 0.05 y 0.06 de índice de área foliar, el hecho de que no se hizo ninguna aplicación, significó una leve disminución en términos de crecimiento de la planta a través del tiempo, como consecuencia de la defoliación intensa y un desgaste fisiológico en la planta, llega a un punto de abstinencia debilitando así el proceso de crecimiento y desarrollo vegetativo de la planta.

2.7.5 Análisis de la varianza (ANDEVA) en parcelas divididas

A. Análisis de varianza de índice de área foliar (IAF)

En la siguiente página se muestra en el cuadro 8 el análisis de varianza bajo el diseño de parcelas divididas en bloques al azar, en la parcela grande se asignaron los tratamientos y en la parcela pequeña se asignaron las lecturas.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable índice de área foliar (IAF)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IAF	48	1.00	0.99	3.41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Tratamiento	0.20	3	0.07	0.05	0.9827	
(Tratamiento*Repetición)						
Tratamiento*Repetición	11.19	9	1.24	375.56	<0.0001	
Repetición	4.40	3	1.47	442.96	<0.0001	
Lecturas	0.14	2	0.07	20.49	<0.0001	
Tratamiento*Lecturas	0.03	6	5.0E-03	1.50	0.2210	
Error	0.08	24	3.3E-03			
Total	16.04	47				

Dado el análisis de varianza para esta variable, ninguno de los tratamientos presentó diferencia significativa, por lo que se deduce que el crecimiento del desarrollo vegetativo del cafeto y como consecuencia el volumen del dósel, observado durante todas las lecturas fue natural, por otro lado, se explica que el efecto de cada tratamiento es similar, lo que significa que el comportamiento del volumen del dósel seguiría siendo la misma bajo el empleo de cualquiera de estos tratamientos.

B. Análisis de varianza de la variable porcentaje de infección por roya (%IR)

En la siguiente página se muestra en el cuadro 9 el análisis de varianza bajo el diseño de parcelas divididas en bloques al azar, en la parcela grande se asignaron los tratamientos y en la parcela pequeña se asignaron las lecturas.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable porcentaje de infección por roya (%IR).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%IR	208	0.87	0.82	15.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	680.35	63	10.80	15.59	<0.0001	
Tratamiento	194.76	3	64.92	3.48	0.0636	(Tratamiento*Repetición)
Tratamiento*Repetición	167.90	9	18.66	26.93	<0.0001	
Repetición	21.20	3	7.07	10.20	<0.0001	
Lecturas	238.01	12	19.83	28.63	<0.0001	
Tratamiento*Lecturas	58.48	36	1.62	2.35	0.0002	
Error	99.75	144	0.69			
Total	780.10	207				

De acuerdo al análisis de varianza con un valor de probabilidad de 0.0002, estadísticamente existe diferencia significativa de la interacción entre tratamientos y lecturas, lo que significa que la acción de los tratamientos cambia de acuerdo al tiempo, alcanzando valores dispares en términos de %IR, sin embargo, se rechazan la hipótesis alterna ya que no hay diferencia significativa entre tratamientos, lo que significa que todos los tratamientos son iguales.

C. Análisis de varianza para la variable defoliación

En la siguiente página, se muestra en el cuadro 10 el análisis de varianza bajo el diseño de parcelas divididas en bloques al azar, en la parcela grande se asignaron los tratamientos y en la parcela pequeña se asignaron las lecturas.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable defoliación.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Defoliación	208	0.93	0.90	13.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	6.48	63	0.10	30.66	<0.0001	
Tratamiento	1.42	3	0.47	3.61	0.0587	
Tratamiento*Repetición	1.18	9	0.13	39.23	<0.0001	
Repetición	0.20	3	0.07	19.54	<0.0001	
Lecturas	3.53	12	0.29	87.66	<0.0001	
Tratamiento*Lecturas	0.15	36	4.0E-03	1.21	0.2200	
Error	0.48	144	3.4E-03			
Total	6.96	207				

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza, estadísticamente hay diferencia significativa en las sub parcelas, lo que significa que el efecto de los tratamientos a través del tiempo fue diferente. En las siguiente página, en el cuadro 11 se aprecian una comparación de medias por medio del criterio de tukey.

Cuadro 11. Comparación de medias de la variable defoliación por medio del criterio de tukey.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.06799

Error: 0.0034 gl: 144

Lecturas	Medias	n	E.E.				
13	0.57	16	0.01	A			
12	0.57	16	0.01	A			
11	0.55	16	0.01	A			
10	0.54	16	0.01	A			
9	0.51	16	0.01	A	B		
8	0.47	16	0.01		B	C	
7	0.45	16	0.01		B	C	
6	0.43	16	0.01			C	
5	0.36	16	0.01				D
4	0.28	16	0.01				E
3	0.25	16	0.01				E F
2	0.23	16	0.01				E F
1	0.21	16	0.01				F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

De acuerdo al criterio de tukey uno de los niveles del factor B presenta diferencia significativa a los demás, siendo la lectura número 5 realizada en el mes de diciembre, por tanto el mejor tratamiento en la lectura 5 fue el tratamiento caldos minerales más biofertilizantes.

2.8 CONCLUSIONES

1. Estadísticamente ninguno de los tratamientos presenta diferencia significativa para el control de la roya, considerando los niveles iniciales de infección y los ingredientes activos empleados dentro de la investigación. El tratamiento Cyproconazole y el tratamiento biofertilizantes + caldos minerales mantuvieron el %IR por debajo del 60% en comparación con los del tratamiento extracto vegetal y testigo absoluto.
2. El costo de una sola aplicación por hectárea del tratamiento biofertilizantes + caldos minerales supera el costo de aplicación del tratamiento Cyproconazole por Q85.10, supera de igual manera el costo de aplicación del tratamiento extracto vegetal por Q199.82, cabe mencionar que tanto el tratamiento químico como el tratamiento extracto vegetal ejercieron acción fungicida y no fertilizante.
3. Estadísticamente ninguno de los tratamientos presentó diferencia significativa sobre el índice del área foliar, bajo el empleo de cualquiera de los cuatro tratamientos los valores de índice de área foliar (IAF) seguirían siendo los mismos, el crecimiento observado se deduce, fue natural.

2.9 RECOMENDACIONES

1. Los biofertilizantes más caldos minerales se deben emplear bajo un programa de aplicación, iniciando las aspersiones de los biofertilizantes en el mes de enero, inmediatamente después de la cosecha, para suplir oportunamente los nutrimentos necesarios para el desarrollo de la planta de café. Las aplicaciones oportunas favorecen la planta de café en su desarrollo tanto morfológico y fisiológico para la siguiente temporada de producción.
2. Los caldos minerales se deben emplear bajo modelos de aplicación netamente preventivos.
3. Es recomendable realizar una nueva investigación sobre el efecto de los biofertilizantes más caldos minerales bajo otras condiciones, iniciando las aspersiones en la plantación con una infección por debajo del 5%, antes de las primeras lluvias, específicamente a principio del mes de mayo, no debiéndose hacer falta una minuciosa recopilación de datos sobre producción en respuesta de los tratamientos a ser evaluados.

2.10 BIBLIOGRAFÍA

1. ABG (Asociación Bancaria de Guatemala, GT). 2014. Sector cafetalero (en línea). Guatemala, ABG, Análisis Económico de ABG, marzo, 4 p. Consultado 30 jun 2015. Disponible en <http://abg.org.gt/pdfs/Marzo-2014/SECTOR%201%20CAFE%20MARZO%202014.pdf>
2. ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT.) 2006. Guía técnica de caficultura. Guatemala. 213 p.
3. Arcila Pulgarin, J. 2007. Crecimiento y desarrollo de la planta de café (en línea). In Arcila P, J; Farfán V, F; Moreno B, AM; Salazar G, LF; Hincapié G, E. Sistema de producción de café en Colombia. Colombia, CENICAFE. p. 21-60.
4. Arneson, PA. 2000. Coffee rust. US, APS, The American Phytopathological Society, *The Plant Health Instructor*. Consultado 13 mar 2015. Disponible en <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Basidiomycetes/Pages/CoffeeRust.aspx>
5. Avelino, J; Muller, R; Eskes, A; Santacreo, R; Holguin, F. 1999. La roya anaranjada del cafeto: mito y realidad. In Bertrand, B; Rapidelm, B. Desafíos de la caficultura de Centroamérica. San José, Costa Rica, IICA / PROMECAFE / IRD / CCCR-Francia. P. 193-242
6. Bejarano Mendoza, CA; Restrepo Rivera, J. 2002. Agricultura sostenible: biofermentos y caldos minerales. Cali, Colombia, Universidad de Santiago de Cali. 40 p.
7. Calderón Estrada, GC. 2012. Epidemiología de la roya del café causado por *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en las regiones central y sur occidental de Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 102 p.
8. Campos-Almengor, OG; Santos Colom, D; Reyes, JN; Mazariegos, RJ. 2006. Análisis de 5 fungicidas de contacto para el control de la roya del café *Hemileia vastatrix* Berk & Br. (en línea). El Cafetal no. 38:10-12. Consultado 20 ene 2016. Disponible en [http://www.anacafe.org/glifos/images/2/2e/Web_Revista_12_El_Cafetal_\(1_Cuatrimestre\)_Anacafe_14.pdf](http://www.anacafe.org/glifos/images/2/2e/Web_Revista_12_El_Cafetal_(1_Cuatrimestre)_Anacafe_14.pdf)

9. Campos-Almengor, OG; Santos Colom, D; Reyes, JN; Mazariegos, RJ. 2006. Nuevos análisis sobre eficiencia de fungicidas sistémicos contra la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk & Br. (en línea). El Cafetal no. 38:10-12. Consultado 20 ene 2016. Disponible en [http://www.anacafe.org/glifos/images/2/2e/Web_Revista_12_El_Cafetal_\(1_Cuatrimestre\)_Anacafe_14.pdf](http://www.anacafe.org/glifos/images/2/2e/Web_Revista_12_El_Cafetal_(1_Cuatrimestre)_Anacafe_14.pdf)
10. Di Rienzo, J; Macchiavelli, R; Casanoves, F. 2012. Aplicaciones de modelos lineales mixtos en InfoStat. Córdoba, Argentina, Grupo InfoStat. 11 p.
11. Dibut, B. 2006. Biofertilizantes como insumos en agricultura sostenible. Culiacán, Sinaloa, México, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humbolt" (INIFAT). 132 p.
12. Dirección General de Sanidad Vegetal, Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria, MX. 2013. Ficha técnica de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome (en línea). México. p. 5-23. Consultado 20 ene 2016. Disponible en <http://amecafe.org.mx/downloads/FichaTécnicaRoyaDelCafeto.pdf>
13. Favarin, JL; Neto, DD; García, A; Villa, NA; Vieira, M. 2002. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira 37(6). Consultado 20 ene 2016. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2002000600005
14. Guharay, F. 2001. ¿Cómo saber cuántas plagas y enfermedades tenemos en una plantación? In. Seminario latinoamericano sobre la broca (1, 2001, CR). San José, Costa Rica, ICAFE / PROMECAFE. p. 27-32.
15. Kushalappa, AC; Akutsu, M; Oseguera, SH; Chaves, GM; Melles, CA; Miranda, JM; Bartolo, GF. 1984. Equations for predicting the rate of coffee rust development based on net survival ratio for manocyclic process of *Hemileia vastatrix*. Fitopatologia Brasileira 9:255-271.
16. Leal Trujillo, SE. 2011. Evaluación de fungicidas químicos y biológicos para el manejo de ojo de gallo. Tesis Ing.Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 71 p.
17. López Bravo, DF. 2010. Efecto de la carga fructífera sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) del café, bajo condiciones microclimáticas de sol y sombra, en Turrialba, Costa Rica. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 99 p.

18. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2014. Informe del plan de contingencia para el control de la roya del café. Guatemala. 10 p.
19. Miranda, M. 2013. Recomendaciones para el combate de la roya. 3 ed. San José, Costa Rica, ICAFE. 35 p.
20. Moreno, RG; Alvarado, AG. 2000. La variedad Colombia 20 años de adopción y comportamiento frente a nuevas razas de la roya del cafeto. Colombia, CENICAFÉ, Boletín Técnico no. 22:1-32.
21. Rivillas, OC; Serna, GC; Cristancho, AM; Gaitán, BA. 2011. La roya del cafeto en Colombia (impacto, manejos y costos del control, resultados de investigación). Chinchiná, Caldas, Colombia, CENICAFÉ). 53 p.
22. Salazar, LJ. 2008. Comercialización (producción de café) y proyecto: producción de arveja china. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 106 p.
23. Sánchez, J. 1990. Caficultura moderna: control de la roya. 2 ed. Guatemala, Colofón. 140 p.



Figura 17A. Esquema de la parcela experimental (parcela bruta y neta) y la aleatorización de los tratamientos.

Figura 18A. Análisis de contenido de biofertilizantes y caldos minerales

PROCEDENCIA: SAN LUCAS TOLIMAN, SOLOLA
 FECHA DE INGRESO: 4/3/2014
 ANALISIS DE SOLUCIONES NUTRITIVAS

MATERIAL	% N	ppm P	%				ppm			
			K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn
M-1 Desarrollo vegetativo	0.016	0.00	0.77	0.06	0.13	0.40	0.00	3250.00	600.00	43.00
M-2 Floración	0.008	0.00	0.47	0.18	0.004	0.40	0.00	55.00	83.00	3.30
M-3 Mineral	0.0002	3.25	0.68	0.19	0.0009	1.10	0.90	0.00	0.30	0.00
M-4 Boton floral	0.020	3.54	0.17	0.10	0.020	0.50	0.40	0.70	9.50	5.00
M-5 Caldo sulfocálcico	0.0002	38.55	0.63	0.15	0.001	0.005	0.30	0.60	0.80	0.00
M-6 Multi mineral	0.020	0.00	0.60	0.06	0.14	0.40	3.00	1400.00	95.00	2650.00

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS
 DE SUELO AGUA Y PLANTAS
 SALVADOR CASTILLO NEGLIANA
 SUB-AREA DE MANEJO DE SUELO Y AGUA

Figura 19A. Análisis foliar de café de la parcela experimental

Orden: 22 - 496 Analisis: AF-6

Ciente: PEQUEÑOS PRODUCTORES

Localización: San Lucas Tolimán SOLOLA
 Cultivo: CAFE
 Finca: CCDA

Fecha de Ingreso: 09/12/2014 Fecha de Ejecución: 23/12/2014 08:01:51 Fecha de Impresión: 30/12/2014 11:34:39

Informe de Resultados de Análisis Foliar

=Bajo
 =Adecuado
 =Alto

Macronutrientes (Elementos Mayores)							Micronutrientes (Elementos Menores)					
%							ppm					
Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	Boro		
2.3-2.8	0.11-0.15	1.9-2.5	1.1-1.5	0.29-0.35	0.16-0.25	6-9	91-108	50-150	14-18	41-90		
Muestra: 1327	Identificación de la Muestra: PA SINAI CERRO DE ORO	3.10	0.12	1.24	1.73	0.48	0.07	10.65	124.20	86.32	6.26	35.19

Niveles Adecuados →

Determinación de Nitrógeno por Método de Dumas.
 Preparación de la muestra: Incineración en Mufla
 y análisis de los elementos: P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn y B Espectrometría de Emisión de Plasma - ICP
 y análisis de los elementos: P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn y B Espectrometría de Emisión de Plasma - ICP por subcontratación



3 CAPÍTULO III: INFORME DE SERVICIOS

**REALIZADOS EN EL PROYECTO “APOYO AL PLAN NACIONAL DEL COMBATE DE
LA ROYA DEL CAFÉ EN EL ALTIPLANO DE GUATEMALA” BAJO LA
COORDINACIÓN DE LA ASOCIACIÓN COMITÉ CAMPESINO DEL ALTIPLANO
-CCDA-.**

3.1 PRESENTACIÓN

El cultivo de café en el Altiplano es una de las actividades importantes para la economía de las familias campesinas. La caficultura viene siendo parte importante de las actividades agrícolas en el Altiplano, sin embargo, durante el transcurso del tiempo y aunado el cambio climático las plantaciones han sufrido ataques de plagas patógenos de las cuales la más sonante e importante es la *Hemileia vastatrix* agente causal de la roya del café.

Alrededor de este problema se han tenido iniciativas privadas y nacionales para combatir dicha enfermedad, una de estas es el desarrollo y ejecución de alternativas muy apartadas del manejo convencional, por ende, un paulatino distanciamiento de la revolución verde. Por tanto, las alternativas orgánicas, minerales y agroecológicas están teniendo auge e importancia en sectores de café para el manejo y control de la enfermedad.

En la asociación Comité Campesino del Altiplano -CCDA- se impulsa y se desarrolla el Proyecto Combate de la Roya en el Altiplano de Guatemala, financiado por la Misión Técnica Alemana -GIZ-, a través del programa Cambio Climático y Desarrollo Rural.

Dado los resultados del diagnóstico se determinaron las actividades a ser priorizadas dentro de los servicios como parte del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- de la Facultad de Agronomía –FAUSAC-:

- a. Implementación y establecimiento de microbiofábricas en comunidades beneficiadas vinculadas con la asociación.
- b. Fomento y fortalecimiento del programa para el control orgánico-mineral de la roya del café hacia los principales actores locales de cada comunidad, en este caso los caficultores, por medio de asistencia técnica y parcelas demostrativas, con el objetivo de lograr cambios de actitud de los caficultores hacia un cambio progresivo en el manejo de sus parcelas en busca de una mejor producción.
- c. Elaboración de un manual técnico que coadyuva en la elaboración, producción y uso de los biofertilizantes y caldos minerales.

- d. Propuesta de rediseño de la biofábrica estableciendo áreas específicas de producción, aprovechando así el área disponible dentro de la biofábrica, así maximiza el uso de los recursos disponibles.

3.2 Servicio No. 1. Establecimiento de tres microbiofábricas en comunidades que conforman la estructura del CCDA, de los municipios de San Lucas Tolimán y San Antonio Palopó.

3.2.1 Definición del problema

Debido a que el 70% de los 1200 caficultores socios de la asociación no tenían acceso a los insumos elaborados en la biofábrica por la lejanía de las comunidades en donde residen los socios a la macrobiofábrica, se genera la necesidad de establecer tres biofábricas en las comunidades de mayor número de socios caficultores, por ende, mayor número de demandantes.

3.2.2 Objetivos

A. Objetivo general

Establecer tres biofábricas en comunidades en donde se concentra mayor número de caficultores socios del CCDA.

B. Objetivos específicos

- a. Establecer una biofábrica en la Colonia Quixayá, San Lucas Tolimán.
- b. Establecer una biofábrica en el Cantón Las Brisas, San Lucas Tolimán.
- c. Establecer una biofábrica en la Aldea El Naranjo, San Antonio Palopó.
- d. Facilitar talleres teórico-práctico en elaboración de biofertilizantes y caldos minerales en la biofábrica.

3.2.3 Metodología

Debido a que las sales minerales, toneles y bombas de mochila estaban almacenados en el beneficio húmedo de café del CCDA, con la ayuda del asesor del proyecto Freddy González se logró transportar los materiales.

Por cada comunidad se hizo entrega a cada coordinador o líder comunitario la entrega de los materiales aportados.

Los talleres teórico-prácticos se realizaron en cada biofábrica en base del programa de aplicaciones elaborado, utilizando los materiales entregados, y así de esta manera se incluyó el actor local, en este caso los caficultores y caficultoras.

3.2.4 Resultados

A. Establecimiento de biofábricas

El fortalecimiento y el fomento a nivel local del programa para el manejo de la roya del cafeto, se llevó a cabo a través del establecimiento de biofábricas en las comunidades de mayor número de beneficiarios, por medio de éstas los caficultores y caficultoras pudieron acceder con mayor facilidad a los insumos.

Las biofábricas fueron establecidas en las siguientes comunidades:

- El Naranjo (San Antonio Palopó).
- Las Brisas (San Lucas Tolimán).
- Quixayá (San Lucas Tolimán).

En la siguiente página, se presentan los datos de material y equipos entregados en el cuadro 15:

Cuadro 15. Material y equipos entregados por cada comunidad.

No.	Material y Equipo.	Cantidad	Unidad de medida
1	Tonel	1	Capacidad 200 L
2	Boro	50	lbs
3	Sulfato de Potasio	50	lbs
4	Magnesio	16	lbs
5	Manganeso	16	lbs
6	Cal	50	lbs
8	Azufre	50	lbs
9	Cobre	50	lbs
10	Ferti Plus	50	lbs
11	Sulfato de Zinc	50	lbs
12	Bombas de Mochila	3	Capacidad 16 L

En el cuadro se aprecian los datos en cantidad de material e insumos entregados por comunidad, cabe mencionar, que solamente se hizo entrega de sales minerales más no materiales tales como: suero de leche, estiércol de vaca, harina de piedra, harina de cascara de huevos, material vegetal seco y verde (figura 20,21 y 22).



Figura 20. Entrega de materiales y sales minerales a caficultores beneficiarios en la Colonia Quixayá.



Figura 21. Entrega de toneles en las Brisas, San Lucas Tolimán.



Figura 22. Entrega de bombas y programa de aplicaciones a los líderes comunitarios de la Aldea El Naranjo.

La distribución de los insumos elaborados en las biofábricas se focalizó a las comunidades en donde no fueron instaladas las biofábricas las cuales fueron las siguientes, San Andrés, esta actividad también fue fundamental para cumplir uno del proyecto Roya, como también fue sustancial para complementar este servicio.

B. Taller: elaboración de biofertilizantes y caldos minerales

El fomento y fortalecimiento del programa de aplicación de biofertilizantes y caldos minerales para el control de la roya del café, se llevó a cabo realizando talleres teórico-práctico en cada comunidad que conforma la estructura del CDDA, para la elaboración de los productos a base de mineral y orgánico con el principal objetivo de involucrar y, que se sienta partícipe el caficultor y la caficultora en los procesos de elaboración, adaptación e implementación del programa en mención, en las figura 23 al 27 se muestra la participación de los caficultores en la preparación y elaboración de los insumos.



Figura 23. Mujeres caficultoras de la Aldea San Andrés, San Lucas Tolimán elaborando caldo bordelés.



Figura 24. Caficultoras y caficultores de la aldea Totolyá, San Lucas Tolimán, participan en la elaboración del biofertilizante para Formación de Frutos.



Figura 25. Elaboración del biofertilizante Formación de Frutos, en la Colonia Quixayá.

En la Colonia Quixayá se tiene bajo cobertura 24 cuerdas de café, lo cual indica que se asperjan aproximadamente 50 litros de un producto en específico.



Figura 26. Explicación sobre la elaboración, función, forma de aplicación de los biofertilizantes y caldos minerales. Explicación sobre las condiciones que favorecen el establecimiento y desarrollo del patógeno agente causal de la roya del café.



Figura 27. Elaboración de Sulfocálcico en la colonia Quixayá, se aprecia el proceso de cocción. (Caldo mineral = Fungistático). Ingredientes: Cal viva, Ceniza y Azufre.

3.2.5 Evaluación

Se cumplieron los objetivos propuestos sin mayores dificultades, se logró establecer las tres micro biofábricas en las comunidades que contaban con mayor número de caficultores socios del CCDA.

Se cumplió las expectativas de los caficultores y caficultoras durante y después de cada taller teórico-práctico realizado en cada biofábrica, mostrando convalecencia de sus conocimientos y experiencias relacionado al manejo del café y de la roya.

3.3 Servicio No. 2. Fomento y el fortalecimiento del programa “control orgánico-mineral” de la roya del café por medio de asistencia técnica y parcelas demostrativas.

3.3.1 Definición del problema

Debido al poco conocimiento de los caficultores y caficultoras en el manejo agronómico de los productos y el EPP, surgió la necesidad de realizar demostraciones de aplicación de los productos elaborados en la biofábrica, de esta manera generar y fortalecer los conocimientos y experiencias de los pequeños caficultores sobre el manejo y control de la roya del café, enfermedad que ha causado estragos y decadencia en la producción, afectando el bienestar de las familias caficultoras campesinas.

La decadencia del manejo de los cafetales se rige en la carencia de preparación e información con las que cuenta el caficultor, un 80% de las plantaciones no se renuevan por falta de capacidad y de recursos indispensables tales como económico, humano y tiempo, por lo que estratégicamente a través de parcelas demostrativas se proyecta un paulatino cambio en cada caficultor para cuando requieran mejorar sus plantaciones.

3.3.2 Objetivos

A. Objetivo general

Contribuir en el fomento y mejoramiento de las aplicaciones prácticas en el marco de la agricultura orgánica en plantaciones de café de los socios del CCDA.

B. Objetivo específico

- a. Demostrar a los caficultores y caficultoras la aspersión en campo de los biofertilizantes y caldos minerales en plantaciones de café.

- b. Explicar a los caficultores y caficultoras el uso y manejo agronómico en campo de los insumos elaborados en la biofábrica.
- c. Establecer parcelas demostrativas para el fomento del manejo integral de la roya y las plantaciones de café en busca del fortalecimiento de la agricultura orgánica y agroecológica.

3.3.3 Metodología

El fortalecimiento de conocimientos de los caficultores y las caficultoras se llevó a cabo directamente en el campo.

Se realizó una demostración de aspersión de los biofertilizantes y los caldos minerales utilizando una bomba manual de aspersión.

Cada participante (caficultor) hizo la mezcla correspondiente para asperjar un surco de 20 m de largo.

Por medio de material didáctico se hizo una explicación sobre la importancia y los beneficios de los biofertilizantes y caldos minerales elaborados en la biofábrica.

Para el establecimiento de parcelas demostrativas fue necesario el apoyo en rubros de mano de obra del CCDA para la realización de actividades en las plantaciones de café seleccionadas.

3.3.4 Resultados

A. Asistencia técnica y supervisión en campo

La asistencia técnica y la visita en campo son determinantes en la ejecución del programa ya que fue un aspecto esencial en la asimilación de información y las prácticas por parte

de los caficultores, el espacio generado en campo se aprovechó para la resolución de dudas, para la reprogramación de visitas, para evidenciar resultados, para hacer recomendaciones e intercambio de experiencias.

Se realizaron visitas en las parcelas de los caficultores beneficiarios (figura 28) para el intercambio de experiencias sobre los resultados notorios de los efectos de los productos en las plantas de café.

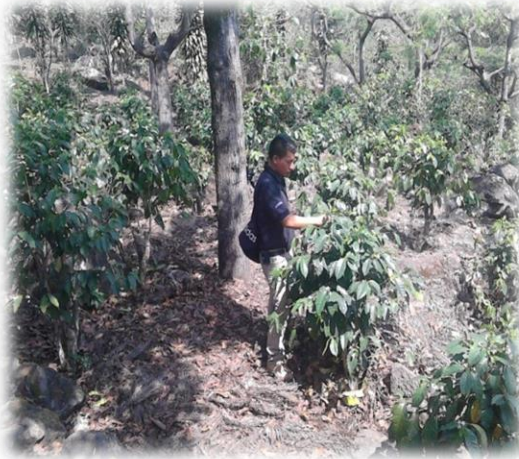


Figura 28. Visita realizada en parcelas de café, ubicada en la Aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán.

d. Demostración de aspersión de los biofertilizantes y caldos minerales en campo

Para una buena aplicación y lograr mejor cobertura de aplicación, el caficultor debe estar capacitado para realizar adecuadamente y oportunamente la aspersión del biofertilizante o el caldo mineral sobre su plantación de café, por lo que fue necesario explicar y demostrar a los caficultores los siguientes aspectos antes de realizar la aspersión:

- Método de aplicación.
- Calibración de equipo de aspersión.
- Dosis del producto por área y por volumen.
- Momento oportuno de aplicación.

- Equipos de protección personal (EPP).

Se realizaron demostraciones sobre la mezcla, dosis, frecuencia y forma de aplicación de los biofertilizantes y caldos minerales (figura 29). Se aprecian los números en dosis en el cuadro 16.

Cuadro 16. Dosis de biofertilizantes y caldos minerales.

No.	Producto	Dosis		
		Bomba 16 L	Edad	Área
1	Biofertilizantes	1 L	3 años en adelante.	2 L/cuerda
2	Caldos Minerales	1L	3 años en adelante.	2 L/cuerda
3	Biofertilizantes	1/2	1-2 años.	1 L/cuerda
4	Caldo Mineral	1/2	1-2 años.	1 L/cuerda



Figura 29. Caficultoras y caficultores participando en la demostración y práctica de aspersión de biofertilizantes en plantaciones café de un año de edad.

B. Parcelas demostrativas

El Proyecto Combate de la Roya del Café en el Altiplano de Guatemala impulsado y financiado por la Cooperación Alemana -GIZ-, rige importancia máxima en la región por ser netamente caficultora. La caficultura es una actividad importante que genera ingresos a las familias campesinas, sin embargo, la proliferación del hongo agente causal de la roya del café, afectó la producción y el bolsillo de los caficultores.

Para hacer llegar objetivamente la información sobre el programa de aplicaciones a base de caldos minerales y biofertilizantes para el control de la roya a cada caficultor, fue necesario establecer parcelas demostrativas para asegurar la recepción de la información en el manejo integral del cafeto y de la roya.

a. Parcela experimental

La parcela experimental de la investigación en donde se evaluó el efecto de los biofertilizantes más caldos minerales en comparación de un químico y extracto vegetal, fue oportuno y clave para el fomento y fortalecimiento del programa de aplicación de biofertilizantes y caldos minerales, en la cual se desarrollaron actividades de intercambio de experiencias con los caficultores y, la respectiva exposición sobre los diferentes tratamientos aplicados, específicamente sobre los biofertilizantes más caldos minerales y los resultados visualizados en campo.



Figura 30. Diferencia observada en la unidad experimental a) con el tratamiento biofertilizantes y caldos minerales. b) testigo absoluto.

Para la socialización de la experiencia y resultados obtenidos en la parcela experimental, asistieron caficultores y caficultoras provenientes de las siguientes comunidades:

- | | |
|----------------------|------------------------|
| a. Cerro de oro. | d. Santa Ana Sheiffer. |
| b. Aldea El Naranjo. | e. Las Brisas. |
| c. Colonia Quixayá. | f. Aldea San Andrés |

b. Establecimiento de parcelas demostrativas en el -CCDA-

En las plantaciones de café de la asociación se desarrollaron actividades de manejo de tejido del café y de la sombra, aspersiones de biofertilizantes más caldos minerales y otras, sin embargo, el hecho de renovar el tejido de las plantaciones fue parte del fomento del manejo integral de la roya como también del fortalecimiento de la producción orgánica y agroecológica en busca de una mejor producción.

i. Renovación de tejido: recepa

La renovación de tejidos se realizó con la finalidad de que la planta de café genere nuevos tejidos potenciales para una producción segura, esto coadyuva a la resistencia a enfermedades, mejor asimilación de nutrientes y mejor viabilidad.



Figura 31. Fotografía en donde se aprecia la recepa de la parcela en Pasanahí, Cerro de oro.

ii. Poda de esqueleto

Se realiza el descope respetivo del árbol, se realizó la poda en todo el dosel específicamente de las ramas plagiotrópicas, dejando 25 cm a partir del dosel principal.



Figura 32. En la imagen se aprecian las plantas con poda de esqueleto.

iii. Agobiado

Esta práctica es poco común, se práctica principalmente para que la planta regenere tejido nuevo. La práctica de agobiado del café requiere labores como la selección de los brotes macizos y de sutil vigor, el amarre del dosel y otros.



Figura 33. Práctica de agobiado de café.

iv. Enmiendas

Se realizó aplicación de abono sólido orgánico en la parcela demostrativa con el fin de demostrar que trabajar con estos insumos se alcanza mejorar las condiciones del suelo y de manera objetiva suelo-planta alcanzan un equilibrio en intercambio de nutrientes.



Figura 34. Aplicación de abono sólido orgánico al pie de la planta.

v. Desombrado

El desarrollo y crecimiento adecuado del cafeto está en función de la cantidad de horas luz, el manejo de la sombra es un factor determinante en el desarrollo de las plantaciones de café, el descope de árboles sombra del cafetal en este caso el género *Gravilea*, permite la entrada de los rayos del sol dentro de la plantación.



Figura 35. En la imagen se observan la poda realizada en árboles del genero *Gravilea*.

3.3.5 Evaluación

Al finalizar cada intercambio de experiencias se pudo observar en los participantes el interés a través de la generación de dudas que fueron resueltos en el mismo momento, el total de participante fue de 47.

Se logró realizar todas las prácticas en la parcela demostrativa establecida en plantaciones de la Asociación Comité Campesino del Altiplano -CCDA-

3.4 Servicio No. 3. Elaboración de manual técnico para la producción y empleo de biofertilizantes y caldos minerales en la biofábrica.

3.4.1 Definición del problema

En todo proceso de producción de un producto se debe contar con un manual que contenga información necesaria, debido a la carencia de información compacta e inmediata encontrada en la biofábrica, surgió la necesidad de elaborar un manual técnico que coadyuve en todos los procesos de producción de biofertilizantes y caldos minerales.

3.4.2 Objetivos

A. Objetivo general

Contribuir en el mejoramiento y estabilización informática relacionado a los proceso de producción en la biofábrica.

B. Objetivo específico

a. Elaborar un manual técnico que coadyuve en todos los procesos de producción.

b. Entregar un manual por cada biofábrica establecida.

3.4.3 Metodología

A. Información primaria

Se recopiló información en la macro biofábrica sobre cada proceso de producción, cantidad en volumen y peso de materia prima utilizada para la producción de cada producto.

B. Información secundaria

Se recopiló información en folletos elaborados por COMSA.

Se hizo entrega a cada líder comunitario un manual técnico.

3.4.4 Resultados

En el manual se plasmó información sobre la cantidad, concentración y volumen de ingredientes para la elaboración de un volumen determinado de un producto en específico, como también contiene información sobre la función, modo de uso, forma y frecuencia de aplicación y dosis de cada producto, sin embargo, se especifica que para cada altitud existe intervalos muy definidos de aplicaciones, en la boca costa desde una altitud de 600 m a 800 m el ciclo de producción es temprana, es decir, las etapas fenológicas del café se presentan o se desarrollan antes comparado con la región de una altitud que va de los 1000 m a 1600 m específicamente la región de Santiago Atitlán y parte alta del San Lucas Tolimán. Los productos contemplados en el manual son los siguientes:

A. Biofertilizantes

1. Supermagro para Desarrollo Vegetativo
2. Microorganismo de Montaña Sólido.

3. Microorganismos de Montaña líquido.
4. Biofermento para Pre floración
5. Biofermento para Post floración.
6. Biofermento para Engorde de granos de café.
7. Biofermento para Maduración de granos de café

B. Caldos minerales

1. Caldo bordelés.
2. Caldo visosa.
3. Caldo Multimineral.
4. Caldo Sulfocálcico.

3.4.5 Evaluación

Se logró elaborar un manual técnico para la producción y uso de biofertilizantes y caldos minerales. En dicho manual se plasmó información puntual sobre los biofertilizantes y caldos minerales.

Se logró entregar 11 manuales a cada líder comunitario y uno al Director general del CCDA Elvis Morales.

3.5 Servicio No. 4. Propuesta de rediseño de Biofábrica ubicada en Pacamán, Cerro de Oro, Santiago Atitlán.

3.5.1 Definición del problema

Dado a la información recopilada y a los resultados del diagnóstico se detectó poco aprovechamiento del área disponible de la biofábrica, por lo que fue necesario hacer una propuesta de rediseño de la misma con el fin de maximizar el uso de los recursos disponibles.

3.5.2 Objetivos

A. Objetivo general

Contribuir en el aprovechamiento del área disponible en la biofábrica del CCDA.

B. Objetivo específico

Elaborar un rediseño que contemple el aprovechamiento de área disponible en la biofábrica del CCDA.

3.5.3 Resultados

Inmerso en los procesos de producción dentro de la biofábrica deben existir áreas específicas de producción para la mejor sincronización y orientación de actividades que garantizan calidad y mayor control sobre los productos que se elaboran.

La biofábrica cuenta con las siguientes medidas, tiene 25 m de ancho y 27 m de largo que equivale a 675 m². La propuesta del rediseño de la biofábrica es con el fin de aprovechar el área disponible para la colocación y almacenamiento tanto de materia prima como del producto final (biofertilizantes, caldos minerales, abonos sólidos y líquidos), también para las demás actividades que conforman un proceso de producción tales como área de lavado, área de cocción, área de fermentación, área de recepción, área de etiquetado, empaçado y selección, en la figura 36 se aprecia el esquema del rediseño.

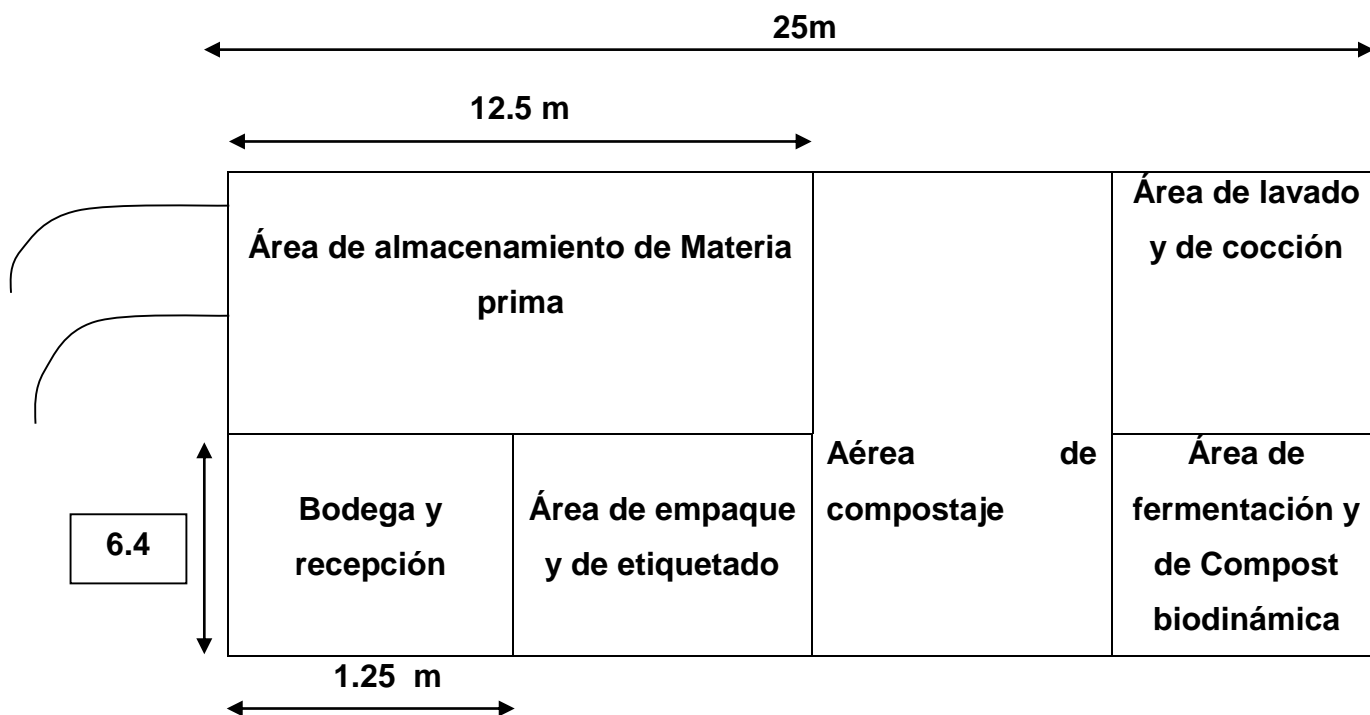


Figura 36. Rediseño de ordenamiento para el mayor aprovechamiento de espacio a cada proceso de producción, en el documento elaborado se detallan las herramientas, equipos y material necesario por cada área.

3.5.4 Evaluación

Se logró realizar el rediseño y la entrega del mismo al Director general del CCDA Elvis Morales.

3.6 Anexo



Figura 37A. Portada del manual técnico para la elaboración de biofertilizantes y caldos minerales entregado a los líderes comunitarios y al Coordinador general del CCDA.