

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICOS EN
COMBINACIÓN CON MATERIA ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE
ALMÁCIGOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS
REALIZADOS EN LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL CACAOTAL,
GUANAGAZAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

EDUARDO MUÑOZ FRANCO
GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICOS EN
COMBINACIÓN CON MATERIA ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE
ALMÁCIGOS DE CAFÉ (***Coffea arabica*** L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS
REALIZADOS EN LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL CACAOTAL,
GUANAGAZAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

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

POR
EDUARDO MUÑOZ FRANCO
EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Decano	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
Vocal I	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámbara
Vocal II	Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras
Vocal III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
Vocal IV	P. en Electrónica. Carlos Waldemar De León Samayoa
Vocal V	P. Agr. Marvin Orlando Sicajau Pec
Secretario	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, octubre de 2018

Guatemala, octubre de 2018

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

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación: “Evaluación de programas de fertilización inorgánicos en combinación con materia orgánica en la producción de almácigos de café (***Coffea arabica*** L.), diagnóstico y servicios realizados en la comunidad de San Rafael Cacaotal, Guanagazapa, Escuintla, Guatemala, C.A.”; 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 para su aprobación, me es grato suscribirme,
Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Eduardo Muñoz Franco

ACTO QUE DEDICO

A MIS PADRES:

Edwin Muñoz Martínez y Edelmira Franco Lima, por ser ejemplo de trabajo y dedicación en la lucha por alcanzar nuestras metas propuestas.

A MI HERMANO

Edwin Arnulfo Muñoz Franco, por motivarme siempre a ser mejor persona y mejor agrónomo.

A MI ABUELA

Virgina Martínez Mangandid, mi segunda madre y ejemplo de trabajo incansable aún en las condiciones más adversas.

A LA FAMILIA RECINOS MUÑOZ

Por motivarme siempre en mi superación académica, en especial a Dina Muñoz.

A LA FAMILIA FRANCO LIMA

Por el apoyo con el que he contado desde siempre.

A FINCA EL GUAYABO Y SU PERSONAL PERMANENTE

Por ser la fuente del deseo de superación y fuente de conocimiento práctico.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por abrirme sus puertas y guiarme por el camino del saber.

A LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Por reforzar y orientar mis conocimientos en pro de un mejor futuro.

A LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA

ALMA MATER, institución forjadora de carácter, disciplina y conocimiento agronómico.

A LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL CACAOTAL

Por recibirme con los brazos abiertos y confiar en mi para acompañarlos en su proyecto agrícola.

AGRADECIMIENTOS

A la familia Barragán Franco

Por recibirme con los brazos abiertos desde el inicio de mi carrera y brindarme el cariño de un hogar todo este tiempo, de todo corazón, muchas gracias tía Albita.

Programa Nacional de Resarcimiento

Por el apoyo logístico y financiero brindado durante la realización del presente EPS.

A Iris Santos

Por tu apoyo, compañía y cariño en esta etapa de mi vida.

A la subárea de Manejo y Mejoramiento de Plantas

Ing. Agr. Eduardo Pretzazin, Ing. Agr. Francisco Vásquez, Ing. Agr. Edgar Franco, Ing. Agr. Pablo Vásquez, Ing. Agr. Amílcar Sánchez, por sus enseñanzas en el ámbito profesional y académico.

A mis asesores

Ph. D. Aníbal Sacbajá, por su dedicación y enseñanzas a lo largo de esta carrera.

Ph. D. Silvel Elías, por la paciencia, dedicación y guía durante el EPS.

A mis amigos:

Alejandro González, Camilo Wolford, Ana Isabel Fión, Hugo Ferres, Jorge Sandoval, José Adolfo Roldán, Ludwing Escobar, Yasmín Silvestre, Raúl Lemus, Milvia Liquez, Luis Antonio López, Pedro Julio García, José Manuel Palacios, entre otros, por su valiosa amistad y colaboración durante todo este tiempo.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
1	Capítulo I: Diagnóstico del sistema de producción de café en la cooperativa agrícola integral “Las Murallas de Campeche”, Responsabilidad Limitada, ubicada en la comunidad San Rafael Cacaotal, Guanagazapa, Escuintla, Guatemala, C.A. 1
1.1	INTRODUCCIÓN 3
1.2	DEFINICIONES 4
1.2.1	Diagnóstico..... 4
1.2.2	Información de fuentes primarias 4
1.2.3	Información de fuentes secundarias..... 4
1.2.4	Análisis del sistema productivo 4
A.	Aspectos históricos que influyen en la situación actual 4
B.	Situación de la tenencia de la tierra 4
C.	Estructura económico-productivo 5
1.3	OBJETIVOS 6
1.3.1	General 6
1.3.2	Específicos 6
1.4	METODOLOGÍA..... 7
1.4.1	Recopilación de información primaria 7
1.4.2	Recopilación de información secundaria 7
1.4.3	Análisis de la información..... 7
1.4.4	Materiales y equipo 7
1.5	RESULTADOS 8
1.5.1	Origen de la comunidad San Rafael Cacaotal..... 8
1.5.2	Recursos disponibles: hídricos, suelo, clima 9
A.	Hídricos 9
B.	Suelos 9
C.	Zona de vida..... 9
1.5.3	Situación de las plantaciones de café de las familias productoras de café asociadas a CIAMCA R.L..... 9

Contenido	Página
A. Variedades de café (<i>Coffea arabica</i> L.) empleada por los caficultores de la localidad	9
a. Bourbon.....	10
b. Caturra	10
c. Catimor.....	10
B. Distanciamiento de siembra	10
C. Manejo de tejido	11
D. Sombra de los cafetales.....	12
E. Manejo de malezas	12
F. Nutrición del cultivo	12
G. Plagas de mayor frecuencia encontradas en las plantaciones.....	13
H. Enfermedades con mayor presencia en las plantaciones de café	13
I. Cosecha	14
J. Manejo poscosecha	14
K. Comercialización	15
1.6 IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	16
1.7 CONCLUSIONES.....	17
1.8 RECOMENDACIONES	17
1.9 BIBLIOGRAFÍA	18
1.10 ANEXOS	19
2 Capítulo II: Evaluación de programas de fertilización inorgánicos en combinación con materia orgánica en la producción de almácigos de café (<i>Coffea arabica</i> L.), en la comunidad de San Rafael Cacaotal, Guanagazapa, Escuintla, Guatemala, C.A.....	23
2.1 INTRODUCCIÓN	25
2.2 MARCO TEÓRICO.....	26
2.2.1 Marco Conceptual	26
A. Fertilizantes convencionales	26
B. Fertilizantes hidrosolubles.....	28
C. Fertilizantes de liberación controlada	28

Contenido	Página
D. Materiales orgánicos como fertilizantes	29
E. Funciones de los nutrientes en el café (<i>C. arabica</i> L.)	31
F. Manejo y producción de almácigos	33
G. Antecedentes	35
2.2.2 Marco referencial.....	38
A. Ubicación geográfica de la comunidad San Rafael Cacaotal	38
B. Acceso	39
C. Recursos disponibles: hídricos, suelo, clima	39
D. Producción de almácigos en la comunidad de San Rafael Cacaotal previo al proyecto de renovación, plantación y mantenimiento de café	40
2.3 OBJETIVOS	42
2.3.1 Objetivo General	42
2.3.2 Objetivos Específicos	42
2.4 HIPÓTESIS	43
2.5 METODOLOGÍA.....	43
2.5.1 Diseño experimental.....	43
2.5.2 Unidad experimental	43
2.5.3 Fuentes nutrimentales evaluadas.....	44
A. Fertilizante de liberación controlada: Basacote ® 6M	44
B. Fertilizantes hidrosolubles.....	44
C. Fertilizantes convencionales	45
D. Materia orgánica.....	45
2.5.4 Variedad de café (<i>C. arabica</i> L.) empleada para evaluación de programas de fertilización	46
2.5.5 Suelo utilizado.....	46
2.5.6 Sustrato elaborado	48
2.5.7 Factor evaluado: programas de fertilización.....	48
2.5.8 Tratamientos	49
A. Fertilización con fertilizante de liberación controlada y fertilizante hidrosoluble (LC), con y sin material orgánico.....	49

Contenido	Página
B.	Fertilización con fertilizante hidrosoluble (HS), con y sin material orgánico 50
C.	Fertilización convencional (CONV), con y sin material orgánico 51
D.	Sin fertilizantes químicos, con materia orgánica (Testigo relativo)..... 52
E.	Sustrato sin fertilizantes químicos ni materia orgánica (Testigo absoluto) 53
2.5.9	Variables de respuesta..... 53
2.5.10	Manejo del experimento 54
2.5.11	Análisis de la información..... 55
A.	Modelo Estadístico 56
B.	Análisis subsiguientes 56
2.6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 58
2.6.1	Análisis de resultados para el peso seco foliar 59
A.	Análisis de varianza 59
B.	Prueba de Tukey 60
C.	Prueba de contrastes ortogonales 61
2.6.2	Análisis de resultados para el peso seco radicular 63
A.	Análisis de varianza 63
B.	Prueba de Tukey 64
C.	Prueba de contrastes ortogonales 65
2.6.3	Análisis de resultados para el peso seco total 67
A.	Análisis de varianza 67
B.	Prueba de Tukey 68
C.	Prueba de contrastes ortogonales 69
2.6.4	Análisis de crecimiento en altura..... 71
2.6.5	Análisis de costos parciales de fertilización 74
2.6.6	Análisis foliar 75
2.7	CONCLUSIONES..... 80
2.8	RECOMENDACIONES 81
2.9	BIBLIOGRAFÍA 82
2.10	ANEXOS 85

Contenido	Página	
3	Capítulo III: Informe de servicios prestados durante el EPS cohorte agosto 2014-mayo2015 en la cooperativa agrícola integral “Las Murallas de Campeche”, Responsabilidad Limitada, ubicada en la comunidad San Rafael Cacaotal, Guanagazapa, Escuintla, Guatemala, C.A.....	87
3.1	PRESENTACIÓN	89
3.2	CAPACITACIÓN TÉCNICA A LAS FAMILIAS PRODUCTORAS DE CAFÉ ASOCIADAS A CIAMCA R.L.....	90
3.2.1	OBJETIVOS	90
A.	Objetivo General	90
B.	Objetivos Específicos	90
3.2.2	METODOLOGÍA.....	90
A.	Materiales y equipo	91
3.2.3	RESULTADOS: CAPACITACIONES IMPARTIDAS.....	91
A.	Capacitación del proceso de beneficiado húmedo del café: despulpado, lavado y secado	91
B.	Capacitación sobre elaboración de semilleros y almácigos de café.....	92
3.2.4	EVALUACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE METAS	95
3.2.5	CONCLUSIONES.....	96
3.3	ELABORACIÓN DE SEMILLERO Y PRODUCCIÓN DEL ALMÁCIGO PARA LA SIEMBRA DE 1 mz DE CAFETAL PROPIEDAD DE CIAMCA, R.L.....	97
3.3.1	OBJETIVOS	97
A.	Objetivo General	97
B.	Objetivos Específicos	97
3.3.2	METODOLOGÍA.....	97
A.	Materiales y equipo	98
3.3.3	RESULTADOS	98
3.3.4	EVALUACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE METAS	103
3.3.5	CONCLUSIONES.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Fotografía de cafetales adultos con bajo potencial productivo.	11
Figura 2A. Fotografía del daño ocasionado por el barrenado de tallo en café (<i>Plagiohamus masculosus</i> Bates.).....	19
Figura 3A. Fotografía del daño encontrado por la broca del café (<i>Hypothenemus hampei</i> Ferr.).....	19
Figura 4A. Fotografía de túneles cavados por taltuza (<i>Orthogeomys</i> spp) encontrados en una parcela de café.	20
Figura 5A. Fotografía del daño foliar ocasionado por la roya del café (<i>Hemileia vastatrix</i> Berkeley & Broome).....	20
Figura 6A. Fotografía del daño provocado al área foliar de café por Ojo de gallo (<i>Mycena citricolor</i> Berk & Curt).....	21
Figura 7A. Fotografía del daño encontrado ocasionado por antracnosis en café (<i>Colletotrichum coffeanum</i> Noack)	21
Figura 8. Ubicación geográfica de la comunidad de San Rafael Cacaotal, municipio de Guanagazapa, departamento de Escuintla, Guatemala.....	38
Figura 9. Gráfica de la curva de desarrollo de altura de las plantas de café durante los cinco meses de crecimiento, expresada en cm.	72
Figura 10A. Fotografía de la aplicación espequeada a doble postura del fertilizante de liberación controlada Basacote®.....	85
Figura 11A. Fotografía de la aplicación diluida de fertilizantes hidrosolubles y convencionales.....	85
Figura 12A. Fotografía de la aplicación de biodegradante comercial para acelerar la descomposición de la pulpa de café.	86
Figura 13. Fotografías de capacitación en desarrollo.....	95
Figura 14. Semillero de café con distribución de semilla en bandas.	99
Figura 15. Distribución de bolsas de almácigo, sistema de riego y sombra artificial.	100
Figura 16. Plantas de café recién trasplantadas.	101
Figura 17. Fertilización granulada del almácigo de café.....	102

Figura	Página
Figura 18. Almacigo de café en proceso de aclimatación para trasplante en el mes de junio del 2015.....	103

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Análisis químico de la pulpa de café. Resultados del análisis de laboratorio de la pulpa de café para su caracterización química.....	46
Cuadro 2. Análisis químico del suelo utilizado para la preparación del sustrato.....	47
Cuadro 3. Análisis de textura del suelo, proporciones de los componentes minerales del suelo expresadas en %.	47
Cuadro 4. Resultados del análisis químico del sustrato preparado.	48
Cuadro 5. Nutrientes totales aportados por los fertilizantes del programa de fertilización con abono de liberación controlada e hidrosoluble por planta.....	50
Cuadro 6. Nutrientes totales aportados por los fertilizantes del programa de fertilización hidrosoluble por planta.	51
Cuadro 7. Nutrientes totales aportados por los fertilizantes del programa de fertilización convencional por planta.....	51
Cuadro 8. Nutrientes totales aportados por la materia orgánica al sustrato por planta.....	52
Cuadro 9. Descripción de los contrastes ortogonales evaluados.....	57
Cuadro 10. Promedios de los pesos de biomasa foliar, biomasa radicular y biomasa total, secados a 65 ° C por 72 h.	58
Cuadro 11. Resumen de análisis de varianza para biomasa foliar expresada en peso seco de las plantas de café 5 meses después de trasplante a bolsa.....	59
Cuadro 12. Resumen de la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para peso seco foliar.	60
Cuadro 13. Resumen de prueba de contrastes para peso seco foliar.	61
Cuadro 14. Resumen del análisis de varianza para el peso seco radicular.....	63
Cuadro 15. Resumen de la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para peso seco radicular.	64
Cuadro 16. Resumen de prueba de contrastes para peso seco foliar.	65
Cuadro 17. Resumen de análisis de varianza para diseños completamente al azar, sobre biomasa total de las plantas de café.	67
Cuadro 18. Resumen de la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para peso seco total.	68

Cuadro	Página
Cuadro 19. Resumen de prueba de contrastes para peso seco total.	69
Cuadro 20. Datos de altura mensual promedio tomados a partir de la base de la planta hacia el ápice en cm.....	71
Cuadro 21. Resumen de los costos de fertilización para cada uno de los tratamientos, en fertilizante, materia orgánica y aplicación, en quetzales.	74
Cuadro 22. Concentración foliar de nutrientes para cada grupo Tukey analizado según el muestreo de peso foliar.	75
Cuadro 23. Extracción de nutrientes para cada grupo de tratamientos analizados en el laboratorio.	76
Cuadro 24. Aporte de nutrientes de los materiales aplicados a las plantas de café.	77
Cuadro 25. Promedio de aporte nutricional de los 3 programas de fertilización.	78
Cuadro 26. Eficiencia de los nutrientes de cada programa de fertilización empleado.	78

EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICOS EN COMBINACIÓN CON MATERIA ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE ALMÁCIGOS DE CAFÉ (Coffea arabica L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL CACAOTAL, GUANAGAZAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

En el marco de los procesos requeridos para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, se encuentra el Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA), el cual se llevó a cabo en la comunidad de San Rafael Cacaotal, municipio de Guanagazapa, Escuintla, entre los meses de agosto/2014 a mayo/2015, donde por medio del Programa Nacional de Resarcimiento (PNR) se hicieron las gestiones respectivas para la colaboración interinstitucional entre la Facultad de Agronomía (FAUSAC) y la Cooperativa Integral Agrícola “Las Murallas de Campeche”, R.L. (CIAMCA, R.L.), formando parte del cuerpo técnico de la última, figura creada por los miembros de dicha comunidad.

Como un primer paso para la toma de decisiones técnicas relevantes en la comunidad, se realizó un diagnóstico al sistema de producción de café de los agricultores de la comunidad. La mayoría de las familias de la localidad fueron víctimas en el pasado del conflicto armado, por lo cual, fueron beneficiadas con un proyecto de capital semilla para la siembra, renovación y mantenimiento de sus cafetales como resarcimiento del Estado de Guatemala, por medio del PNR. Durante el reconocimiento de las parcelas de café, se determinó que la mayoría se encontraba en un estado de agotamiento del material productivo, debido a factores fitosanitarios, como el ataque de roya, ojo de gallo y una edad avanzada de los materiales sembrados; a la vez, se determinó que debido a la cosecha temprana del fruto, los precios logrados por los caficultores son bastante bajos, característicos de la época.

En base a la necesidad de renovar sus plantaciones, era necesario la producción de almácigo de café, siendo una deficiencia en esta actividad, la fertilización adecuada, por lo cual, la investigación desarrollada durante el EPSA fue la evaluación de programas de fertilización inorgánicos en combinación con materia orgánica. Las fuentes nutrimentales

inorgánicas evaluadas fueron los fertilizantes de liberación controlada, fertilizantes hidrosolubles y los fertilizantes convencionales, combinados con 25 % sobre volumen de una fuente de materia orgánica, la cual fue pulpa de café tratada con cultivos iniciadores de bacterias para acelerar su descomposición, mezclada entre el sustrato.

El programa de fertilización que presentó los mejores resultados fue el que incluía fertilizante de liberación controlada y fertilizante hidrosoluble, en combinación con materia orgánica, produciendo un promedio de 10.17 g de materia seca total. Sin embargo, el programa de fertilización convencional en combinación con materia orgánica presentaba un desarrollo foliar y radicular estadísticamente igual al antes mencionado, con un costo 40 % menor en fertilización que el anterior; por lo que al tomar en consideración el factor económico, se optó por que la mejor opción para fertilizar los almácigos por las familias productoras locales sería la fertilización convencional en combinación con materia orgánica.

Los servicios prestados a la cooperativa “Las Murallas de Campeche” comprendieron capacitaciones técnicas sobre la elaboración de semilleros y producción de almácigos de café y proceso de beneficiado húmedo de café, así como la producción del almácigo de café propiedad de la cooperativa. Las capacitaciones brindadas surgen de la necesidad de homologar la metodología en la producción de plantas en la comunidad y mejorar la capacidad de comercialización de los caficultores, con lo cual podrán desde ese mismo año, optar a mejores precios durante los meses tardíos de la temporada de cosecha del café. Así como dotar a la cooperativa de café para una nueva plantación y brindar acompañamiento a las demás familias campesinas.

Capítulo I

Diagnóstico del sistema de producción de café en la cooperativa agrícola integral “Las Murallas de Campeche”, Responsabilidad Limitada, ubicada en la comunidad San Rafael Cacaotal, Guanagazapa, Escuintla, Guatemala, C.A.

1.1 INTRODUCCIÓN

San Rafael Cacaotal es una comunidad que se formó en el año de 1998, la población que la conformó fue exiliada en años de conflicto armado interno al vecino país de México, en el estado de Campeche la mayoría. Como parte de un programa para el resarcimiento de los afectados durante la guerra interna, por medio de la ONU, fueron adquiridos los terrenos de una finca del mismo nombre, la cual da origen al nombre de la comunidad y los terrenos fueron distribuidos entre los integrantes de la nueva comunidad. En los terrenos adquiridos, fueron distribuidas zonas que se encontraban cultivadas con café (*Coffea arabica* L.), zonas para siembras anuales como maíz y frijol y zonas sin cultivar aún. Con esta distribución, los pobladores ahora se dedicaron al cultivo de café, quienes se organizaron como una cooperativa agrícola para el mejoramiento de sus condiciones agrícolas.

En el 2014, el estado de Guatemala, por medio del Programa Nacional de Resarcimiento (PNR) les otorgó un proyecto de restitución material por daños ocasionados durante el conflicto armado a los pobladores de dicha comunidad, adoptando la figura de inversión productiva para ello. Con esto, recibieron un fondo para compra de insumos, equipo y herramienta, así como asesoría técnica para el mantenimiento de 1 mz de cafetal, nueva siembra de 1 mz de cafetal en asocio con aguacate (*Persea americana* L. var. Booth 8).

A continuación, se presentan los resultados del diagnóstico realizado en el sistema de producción de café de los integrantes de la Cooperativa Integral Agrícola “Las Murallas de Campeche” como parte del ejercicio profesional supervisado realizado en dicha institución, colaborando como apoyo técnico a los caficultores de la comunidad, en donde se describe cual es la situación generales de las plantaciones, las variedades cultivadas, aspectos de sombra y las problemáticas encontradas de manejo de plagas y enfermedades que afectan a los caficultores.

1.2 DEFINICIONES

1.2.1 Diagnóstico

Es un estudio que consiste en la recopilación de información, ordenamiento e interpretación de la misma, de manera que esta pueda brindar información para comprender un sistema y poder proponer cambios en objeto de estudio, los cuales puedan ser útiles y substanciales y cuyos resultados sean previsibles (Cauqueva Rodríguez, 2007).

1.2.2 Información de fuentes primarias

La información de fuentes primarias es aquella que es obtenida directamente bajo las condiciones de campo del objeto de estudio (Abril, 2008)

1.2.3 Información de fuentes secundarias

La información de fuentes secundarias fue obtenida a partir de la revisión de documentos realizados con anterioridad (Abril, 2008)

1.2.4 Análisis del sistema productivo

Cauqueva Rodríguez en 2007 indica que este procedimiento consiste en describir la zona de estudio con la finalidad de comprender el funcionamiento del sistema en cuestión. Además explica en su guía de diagnóstico los siguientes datos relevantes a levantar para la realización de un diagnóstico en un sistema productivo, lo cuales son los siguientes:

A. Aspectos históricos que influyen en la situación actual

Estos elementos brindan información que puedan estar marcando tendencias y explicar las razones del funcionamiento actual del sistema productivo, es decir, darle un sustento histórico al diagnóstico.

B. Situación de la tenencia de la tierra

Se entiende como la forma en la cual está distribuida la tierra entre los productores de la misma zona.

C. Estructura económico-productivo

Esta información señala cuales son los procesos productivos que se llevan a cabo en el sistema, iniciando por los recursos disponibles, la producción a llevarse a cabo, el proceso de producción y los carriles de comercialización del producto obtenido.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Conocer la situación general actual del sistema de producción de café de los integrantes de la cooperativa “Las Murallas de Campeche”, habitantes de la comunidad San Rafael Cacaotal, Guanagazapa, Escuintla.

1.3.2 Específicos

1. Identificar los recursos naturales, financieros y laborales disponibles por las familias productoras de café de la comunidad San Rafael Cacaotal con los que cuentan para sus plantaciones.
2. Describir la situación actual del sistema de producción de café, las plantaciones, la infraestructura y manejo poscosecha del café que realizan los miembros que conforman la cooperativa.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Recopilación de información primaria

Para el presente diagnóstico se definió como objeto de estudio las plantaciones de café de las familias cafetaleras integrantes de la cooperativa integral agrícola “Las Murallas de Campeche”, R.L. Para la obtención de dicha información se visitaron las plantaciones de 10 familias, en donde en base a un cuestionario previo, se realizó una entrevista en formato de plática para determinar antecedentes de manejo en la plantación.

1.4.2 Recopilación de información secundaria

Para lo cual se consultó con el personal administrativo de la cooperativa para tener acceso a dichos documentos.

1.4.3 Análisis de la información

El análisis de la información recopilada fue realizado en gabinete, para lo cual se creó un cuadro resumen de la situación de los cafetales encontrada durante las visitas con las respuestas obtenidas de la plática con los representantes de las familias productoras consultadas y se describieron más adelante.

1.4.4 Materiales y equipo

- Libreta de campo
- Computadora personal
- Cámara fotográfica
- Guía de preguntas para entrevista

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Origen de la comunidad San Rafael Cacaotal

La comunidad San Rafael Cacaotal se encuentra conformada en su mayoría por personas retornadas de México, quienes en tiempos del conflicto armado interno se vieron en la necesidad de refugiarse en ese país. La comunidad fue fundada en 1998, cuando los miembros de la comunidad llegaron a la finca, habiéndose entregado la finca en compensación por los terrenos perdidos durante el conflicto interno, refieren que no tienen deuda por la finca pues esta fue comprada por las Naciones Unidas (Gobierno de Guatemala, Programa Nacional de Resarcimiento, 2013).

Se encuentra ubicada en el municipio de Guanagazapa, departamento de Escuintla, conformada actualmente por aproximadamente 85 familias, en su mayoría provenientes del departamento de Huehuetenango. Esta se estableció en una finca del mismo nombre, con una extensión de 6 caballerías, de las cuales ya se contaba con 2 caballerías sembradas con café (Gobierno de Guatemala, Programa Nacional de Resarcimiento, 2013).

El patrón de asentamiento es un núcleo central con viviendas dispersas, conformado por una calle principal y a los costados de esta se encuentran las casas, iglesia, bodega de la cooperativa, polideportivo y escuela (Gobierno de Guatemala, Programa Nacional de Resarcimiento, 2013).

La población está conformada por familias de origen étnico Mam y Kanjobal, quienes se miran como iguales, sin distinción de culturas, religión o creencias, mantiene las costumbres del uso de traje, religiones, artesanías, en su mayoría provienen retornados de Campeche y de Chiapas (Gobierno de Guatemala, Programa Nacional de Resarcimiento, 2013).

El acceso a San Rafael Cacaotal es por un camino de terracería en regulares condiciones, con tramos en malas condiciones. Se encuentra ubicada a 8 km del casco urbano de Guanagazapa y a 93 km de la ciudad capital, 85 km asfaltados y 8 km de terracería antes mencionada (Gobierno de Guatemala, Programa Nacional de Resarcimiento, 2013).

1.5.2 Recursos disponibles: hídricos, suelo, clima

A. Hídricos

La finca cuenta con el paso de varios afluentes, así como servicio de agua entubada, no potable, para la comunidad (Gobierno de Guatemala, Programa Nacional de Resarcimiento, 2013).

B. Suelos

Los suelos de la comunidad de San Rafael Cacaotal corresponden la serie de suelos de Barberena, los cuales se caracterizan por ser profundos, bien drenados, desarrollados sobre lahar, en un clima húmedo-seco. A una profundidad de 0.5m, su textura es franco arcilloso, friable, de color café muy oscuro, con estructura granular en la superficie. La reacción es ligeramente ácida, pH 6.0 a 6.5. (Simmons, Taranto T., & Pinto, 1959). Actualmente se clasifican dentro de los subórdenes Ustults-Ustolls, según la clasificación taxonómica de los suelos de Guatemala (Tobias, 2010).

C. Zona de vida

La comunidad de San Rafael Cacaotal se encuentra ubicada en la zona de vida de bosque muy húmedo tropical (bmh-T) (De La Cruz, 1983).

1.5.3 Situación de las plantaciones de café de las familias productoras de café asociadas a CIAMCA R.L.

A. Variedades de café (Coffea arabica L.) empleada por los caficultores de la localidad

Las variedades de café que predominan en los sistemas de producción actualmente son Caturra, Catimor y Bourbon, siendo la más afectada por la roya del café la variedad Bourbon, y la que mejor resistencia a esta enfermedad presenta, Catimor.

a. Bourbón

Variedad de café de porte alto, sobrepasando los 2.00 m de altura, ramas secundarias abundantes con un ángulo cerrado. Los brotes son de color verde, hojas anchas con bordes ondulados. Es una variedad muy precoz en su maduración, con riesgos de caída de frutos en zonas donde la cosecha coincide con las lluvias intensas (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

b. Caturra

Esta variedad de café es originaria de Brasil, resultado de una mutación de Bourbón. Presenta un porte bajo, alrededor de 1.80 m de altura, con bandolas que forman un ángulo de 45° en el eje principal, hojas terminales de color verde tierno, redondeadas y brillantes, con entrenudos cortos. Es una variedad excelente para la producción y resistente al viento (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

c. Catimor

La variedad Catimor hace referencia a una gran cantidad de líneas y poblaciones de cafetos, resultantes del cruce entre el Híbrido de Timor #832-1, resistente a la roya y Caturra. Los Catimores tienden a ser precoces y muy productivos, por lo cual son exigentes en el manejo del cultivo, sobre todo en la fertilización y manejo de sombra. Presentan resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome) pero evidencian mayor susceptibilidad al Ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk & Curt), en zonas altas presenta una calidad de taza inferior. Por ello es recomendado para siembras a bajas altitudes, donde la roya constituye un problema (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

B. Distanciamiento de siembra

En las plantaciones que se encontraban ya establecidas con las variedades antes mencionadas, estas distancias podían presentarse de 1.5 m entre plantas X 2 m entre surcos, como en la variedad Bourbón, o de 1.5 m entre plantas X 1.5 m entre surcos en las variedades de porte bajo, como Caturra o Catimor. En las siembras establecidas por los productores actuales, el distanciamiento cambia, siendo el más usual de 1.80m entre surco x 1.5 entre plantas, en el caso de la variedad Catimor, la más sembrada actualmente.

C. Manejo de tejido

La práctica del manejo del tejido en las plantaciones de café es una forma de renovar material agotado, tanto por la edad como por el tejido afectado por enfermedades como la roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome), antracnosis (*Colletotrichum coffeanum* Noack) u ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk & Curt), con el fin de retirar material viejo y enfermo y de esta forma aumentar la productividad de las plantas, produciendo entonces en material vegetativo renovado y con mayor vigorosidad (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

Debido a la edad de algunas plantaciones, hay parcelas en donde este manejo no responde como se espera, por lo cual resulta necesario renovar la plantación por completo por variedades de alta productividad y con resistencia genética a ciertas enfermedades o plagas. En la figura 1 se puede observar la situación de desgaste en que se encuentran algunos cafetales adultos, debido a circunstancias variadas.



Fuente: Elaboración propia, 2014

Figura 1. Fotografía de cafetales adultos con bajo potencial productivo.

D. Sombra de los cafetales

La sombra existente en las plantaciones de café corresponde a árboles de bosque latifoliado que se encontraban previo al establecimiento de la plantación, así como la siembra de especies para este fin, como los son cuje (*Inga spuria* Humb & Bonpl), chalum (*L. vera* Willd) y cushín (*L. laurina* Willd), estas especies son características como sombra de cafetales en plantaciones establecidas por debajo de los 1,400 msnm, pertenecientes a la familia Fabaceae, por lo cual participan en la nutrición al fijar nitrógeno y sirve a las familias como fuente de leña para consumo propio. Así mismo se plantea asociar el cultivo de café con aguacate, el cual a su vez funciona como sombra de un cafetal.

E. Manejo de malezas

Se observó una gran presencia de hierba de pollo (*Commelina erecta* L.) en los cafetales, así como zacates, principalmente en las partes que contaban con mayor penetración de luz, mientras que en las partes con sombra más espesa la presencia de malezas se reducía considerablemente. El principal manejo para el control de malezas es manual, realizando dos chapias al año, en caso de ser control químico se realiza con aplicación de glifosato.

F. Nutrición del cultivo

En cuanto a la fertilización que se realiza en las plantaciones de café las familias emplean fertilizantes granulados. Comúnmente se realiza una primera aplicación con fertilizantes 20-20-0 (porcentaje de contenido de nitrógeno, fósforo y potasio), pocas veces aplicando un fertilizante completo que incluya potasio o demás elementos secundarios. Llevan a cabo una segunda fertilización, para la cual aplican fertilizante urea (46-0-0 NPK), argumentado el efecto de enverdecimiento de las plantaciones, efecto que suele asociarse con una buena nutrición.

Como parte del proyecto de mantenimiento otorgado por el PNR y la asesoría técnica se realizó en 2014 una segunda aplicación de fertilizante que incluyera una nutrición adecuada al estado productivo de las plantaciones, el cual fue 19-4-19 (NPK) más elementos menores (Zn, B y Ca). En años anteriores se ha aplicado poco fertilizantes que incluyera potasio, principalmente por la falta de recursos monetarios, así como falta de una asesoría técnica.

G. Plagas de mayor frecuencia encontradas en las plantaciones

Durante las visitas realizadas a las parcelas de café de las de las familias productoras, los representantes demostraron su preocupación por la aparición de aserrín junto al tronco de las plantas de café, habiéndose encontrado barrenador del tallo del café (*Plagiohamus masculosus* Bates.), así mismo se revisó los granos de café en busca de plagas directas, encontrando gran presencia de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.), granos comidos por babosas (Fam. Limacidae) y hojas atacadas por grillo o chacuatete (*Paraecathus guatemalae* Saussure & Pictet, *Idiarthron subquadrotum* Saussure & Pictet y *Gongrocnemis* sp.) principalmente. Se observó la presencia de ciertas plagas en el suelo como la gallina ciega. (Ver anexo).

Los representantes indicaron que en la región se encuentran altas poblaciones de taltuzas (*Orthogeomys* spp), la cual ocasiona daños en los sistemas radicales, motivo por el cual, el establecimiento de cultivos secundarios, como banano o plátano (*Musa* spp.) se vuelve difícil de establecer pues esta se alimenta de raíces y otras partes vegetales subterráneas (Coto & Rivera, 2005). (Ver anexo)

a. Manejo actual contra plagas

Se proporcionó a los agricultores con insecticida Muralla delta® (Imidacloprid, Deltametrina) para el control del barrenador, aplicando directamente sobre la plaga con ayuda de una jeringa, por lo que no hay problema con la residualidad del producto a los días de cosecha, sin embargo, no se ha visto ninguna actividad que se realice para controlar la broca del café y las otras plagas mencionadas no presentan daños significativos en el cultivo.

H. Enfermedades con mayor presencia en las plantaciones de café

En las variedades de porte alto, como borbones, que se encuentran en las plantaciones establecidas previo a la fundación de la comunidad, se ven severamente afectadas por la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome), pues estas son variedades susceptibles a dicha enfermedad. Así mismo se ven plantaciones ubicadas en hondonadas, donde hay elevada humedad relativa la mayor parte del tiempo, que son afectadas por ojo de

gallo (*Mycena citricolor* Berk & Curt). En las plantaciones en donde empieza a madurar el fruto de café se encuentran ramas afectadas por antracnosis (*Colletotrichum coffeanum* Noack), enfermedad común previo a la maduración del café ocasionada por la demanda de nutrientes de los frutos y deficiencias de calcio y potasio en la nutrición. (Ver anexo)

a. Manejo actual contra enfermedades

En el caso de la roya del café, actualmente se cuenta con un proyecto de renovación de plantaciones de café empleando variedades resistentes, como lo es la variedad Catimor, con semilla obtenida en las plantaciones de la comunidad que se encuentran aclimatadas. Así mismo como parte del programa establecido por la asesoría técnica se han realizado aspersiones con fungicidas, una primera aplicación de Opus® (Epoconazole), además, para una segunda aplicación se brindó el fungicida Opera® (Epoconazole + Pyraclostrobin) pero debido a la residualidad del producto y el corto tiempo para la cosecha del café en la región, no fue posible su aplicación.

En cuanto a ojo de gallo, el asesor técnico de la cooperativa recomendó un manejo de la sombra del cafetal, permitiendo mayor ventilación en las plantaciones y mayor penetración de luz solar, con lo cual se reducen las condiciones para el desarrollo de la enfermedad. Para la antracnosis no se ha realizado ningún manejo para su control.

I. Cosecha

La cosecha del café es realizada por toda la familia, habiendo pocas familias que contratan mano de obra extra para coleccionar el fruto. Por las condiciones del clima del lugar y la altura promedio sobre el nivel del mar a la que se encuentra la zona, la maduración del café se da en a partir de la segunda quincena de septiembre y el mes de octubre, por lo que suele coincidir aún con la época lluviosa, con bastante precipitación característica de la región.

J. Manejo poscosecha

Dependiendo de la situación económica de los agricultores, estos venden su producto como grano maduro después de cosecharlo o lo procesan en su casa, empleando despulpadores manuales, fermentando el café en baños plásticos y secándolo en el patio de su casa o

techo, así como nailon tendido al suelo. Debido a que aún se presentan precipitaciones pluviales durante la cosecha, es necesario que quienes realizan este proceso, deban cubrir el café que aún está en proceso de secado para evitar que se vuelva a humedecer. Cuando el café se vuelve a humedecer por cualquier motivo, se puede enmohecer, y con ello pierde calidad para su comercialización.

K. Comercialización

El café es comercializado por dos vías, se comercializa en maduro con compradores denominados “coyotes” quienes suelen aprovechar los precios bajos de la temporada para la compra de café maduro, y los agricultores que procesan el café suelen hacer un viaje con el café pergamino hasta Huehuetenango con el fin de lograr vender más caro su producto, aproximadamente al doble del precio que lo pudieron haber vendido en maduro. El precio aproximado que se paga por el café maduro a la fecha es de Q100.00 por quintal de café maduro mientras que para el pergamino logran venderlo hasta Q 1,000.00 por quintal.

Se considera que para la transformación de café en uva a café pergamino, se necesitan 5.5 qq de café en uva por 1 qq de café pergamino, y su proceso conlleva un costo de Q75.00 por quintal de café pergamino obtenido. Con ello, quienes procesaron su cosecha, logran alcanzar un precio de café maduro de Q 168.00 aproximadamente.

1.6 IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El proyecto de inversión otorgado por el PNR dio inicio en el año 2,014 por lo que el estado de las plantaciones observado aún es reflejo del manejo empírico que los caficultores locales le han brindado a la plantación hasta antes de ese año. Este tipo de manejo es debido en parte la poca asistencia técnica que se había brindado en la comunidad, marcada por el pequeño tamaño de la comunidad y el difícil acceso a la misma durante la época de invierno, por lo que el acceso a información reciente de tecnologías de producción se vuelve reducido.

Así mismo, la situación económica de las familias no les ha permitido tener acceso a un capital de trabajo considerable para invertir en sus plantaciones en años anteriores y por lo cual el estado de sanidad de los cafetales que se ha encontrado en la mayoría de parcelas presenta una elevada incidencia de roya, ojo de gallo y antracnosis con severidad variable entre plantaciones, así como el aspecto de incidencia de plagas como la broca del café y el barrenador del tallo, las cuales se han presentado con regularidad en las plantaciones en el presente año.

1.7 CONCLUSIONES

1. Cada familia productora de café de San Rafael Cacaotal cuenta con 4 manzanas de terreno en promedio, distribuidas en siembras establecidas con café, áreas para siembra de cultivos anuales, áreas boscosas y vivienda.
2. La situación de las áreas de producción de café es muy variada en cuanto al manejo brindado por los productores, pero coinciden en el desgaste que han tenido los cafetales afectados por la roya del café, alta presencia de broca del café y barrenador del tallo.

1.8 RECOMENDACIONES

1. Es necesario que las plantaciones agotadas sean renovadas pensando desde antes en el uso de variedades que sean resistentes a enfermedades como la roya del café u ojo de gallo, pues son estas las que se presentan con mayor incidencia, por lo que hay que estar al tanto de las variedades que ANACAFE desarrolla o introduce para estos fines.
2. Para efficientizar el manejo de las plantaciones con las que cuentan, es recomendable que como cooperativa, las familias campesinas busquen mantener activa la visita de técnicos que les brinden capacitaciones, ya sea por parte de organizaciones públicas o privadas, como representantes del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, ANACAFE o empresas comerciales.

1.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Abril, V. H. (2008). *Técnicas e instrumentos de la investigación*. Retrieved from https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/41375407/Tecnicas_e_Instrumentos_Material_de_clases_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1533325523&Signature=zGzBtqDTN9icxp6NISbdCEjAzvg%3D&response-content-disposition=inline%3B filename%3DT
2. Asociación Nacional del Café Guatemala, (ANACAFE). (2006). *Guía técnica de caficultura*. Guatemala: Asociación Nacional del Café.
3. Cauqueva Rodríguez, J. (2007). *Guía de elaboración de diagnósticos*. Retrieved from <http://contactoradio.com.co/wp-content/uploads/2014/02/Gu%23U00eda-de-elaboraci%23U00f3n-de-diagn%23U00f3sticos.pdf>
4. Coto, J., & Rivera, M. (2005). *Control de taltuza (Orthogeomys spp) en cultivos de banano y plátano dentro de plantaciones de café*. La Lima. Retrieved from http://www.fhia.org.hn/downloads/proteccion_veg_pdfs/ctbananoyplatanoencafe.pdf
5. De La Cruz, J. R. (1983). *Mapa de zonas de vida, según el sistema Holdridge, de la república de Guatemala*. Guatemala. Retrieved from <http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/maps/nac/250/ambientales/vegetacion/zonas-de-vida.pdf>
6. Gobierno de Guatemala, Programa Nacional de Resarcimiento, (PNR). (2013). *Medida de restitución material en su modalidad de inversión productiva: Plantación, mantenimiento y renovación de café, en asocio con plátano y aguacate, Comunidad San Rafael Cacaotal, Municipio de Guanagazapa, Departamento de Escuintla, Guatemala*. Guatemala.
7. Tobias, H. (2010). *Cartografía de suelos en Guatemala; cartografía convencional de suelos*. Guatemala: USAC, Facultad de Agronomía. Retrieved from http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/Library/Maps/LatinAmerica_Atlas/Meeting2010/08Sep/14_Guatemala.pdf

1.10 ANEXOS



Fuente: Elaboración propia, 2014.

Figura 2A. Fotografía del daño ocasionado por el barrenado de tallo en café (*Plagiohamus masculosus* Bates.)



Fuente: Elaboración propia, 2014

Figura 3A. Fotografía del daño encontrado por la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.)



Fuente: Elaboración propia, 2014

Figura 4A. Fotografía de túneles cavados por taltuza (*Orthogeomys* spp) encontrados en una parcela de café.



Fuente: Elaboración propia, 2014

Figura 5A. Fotografía del daño foliar ocasionado por la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome)



Fuente: Elaboración propia, 2014

Figura 6A. Fotografía del daño provocado al área foliar de café por Ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk & Curt)



Fuente: Elaboración propia

Figura 7A. Fotografía del daño encontrado ocasionado por antracnosis en café (*Colletotrichum coffeanum* Noack)

Capítulo II

Evaluación de programas de fertilización inorgánicos en combinación con materia orgánica en la producción de almácigos de café (*Coffea arabica* L.), en la comunidad de San Rafael Cacaotal, Guanagazapa, Escuintla, Guatemala, C.A.

Evaluation of inorganic fertilization programs in combination with organic matter in the production of coffee seedlings (*Coffea arabica* L.), in the community of San Rafael Cacaotal, Guanagazapa, Escuintla, Guatemala, C.A.

2.1 INTRODUCCIÓN

La producción de plantas de café para el trasplante a campo definitivo es una de las actividades para el establecimiento de las plantaciones de las que depende el éxito de esta, pues una planta sana, bien desarrollada y bien nutrida significa una buena adaptación a las condiciones de sol, lluvia y sequía, un rápido crecimiento de los tejidos productivos y una adaptación del sistema radicular a las nuevas condiciones de suelo. La fertilización de las plantas constituye una de las principales actividades que se realizan durante la producción de plantas para cumplir con los aspectos de calidad necesarios para el momento de trasplante a campo definitivo de las plantas.

En la comunidad de San Rafael Cacaotal, la producción de plantas de café (*Coffea arabica* L.) a cargo de familias campesinas locales, ha sido una actividad deficiente en cuanto al manejo nutricional de las plantas y la inadecuada preparación del sustrato en que se desarrollan las plantas. Esto da como resultado que, al no tener plantas aptas para su trasplante a campo definitivo, pierdan la inversión realizada en estas plantas e incurran en más gastos al tener que comprar las plantas a otro productor.

Es por ello que en el siguiente ensayo se evaluaron 3 programas de fertilización química, entre ellos los fertilizantes convencionales, los cuales han sido parte de las recomendaciones de los técnicos de la Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ) en la producción de almácigos, fertilizantes hidrosolubles y fertilizantes de liberación controlada, estos dos, como nuevas alternativas tecnológicas para ser implementadas en la comunidad, así mismo se evaluó el efecto del uso de material orgánico como parte del sustrato, en este caso el material orgánico evaluado fue la pulpa de café tratada con cultivos iniciadores de bacterias, también se realizó un análisis económico de los programas de fertilización con el fin de establecer el programa de fertilización que mejores resultados brinde a un costo accesible para los agricultores de San Rafael Cacaotal.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco Conceptual

A. Fertilizantes convencionales

Entre los fertilizantes de uso convencional se encuentran la urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio, fosfato monoamónico (MAP), fosfato diamónico (DAP) y muriato de potasio (MOP), (Boaretto, Muraoka, & Trevelin, 2008). Estos fertilizantes son la base para la creación de distintas fórmulas en el mercado, las cuales se han vuelto populares debido a su uso constante y proporciones comerciales que se adaptan grandemente a las necesidades de los cultivos, como los fertilizantes ricos en fósforo, fertilizantes con alta concentración de potasio, altos niveles de nitrógeno, formulados a partir de la demanda más común de nutrientes en la mayoría de los cultivos dependiendo de su estado fenológico.

Normalmente estos fertilizantes se han utilizado en aplicaciones sobre grandes extensiones debido a su disponibilidad comercial o como materias primas para fertilizantes de mezclas específicas (Guzmán-Ortiz, 2004).

Estos fertilizantes carecen en su mayoría del aporte de elementos menores, los cuales, a pesar de requerirse en bajos niveles, ocasionan deficiencias nutricionales al no encontrarse disponibles para los cultivos, ya sea por la falta de estos en el suelo o por no encontrarse disponibles para ser absorbidos por las plantas.

a. Consideraciones de su uso

El uso de estos fertilizantes requiere un conocimiento más aplicado a los requerimientos del cultivo, como por ejemplo es el caso del nitrógeno, un elemento con alta movilidad en el suelo, requerido en un bajo nivel durante las etapas de establecimiento del cultivo, aumentando con el tiempo, de igual manera que la aportación de este, pues una aplicación elevada del mismo en etapas jóvenes puede llevar al daño de la planta por quemaduras.

Para el caso de los fertilizantes fosfatados, es un elemento que, dependiendo del pH, puede reaccionar en compuestos químicos muy poco solubles, formando compuestos de fosfatos de calcio en suelos neutros a alcalinos o fosfatos de hierro y aluminio en suelos ácidos. Por

lo que el fósforo disponible para las plantas puede ser apenas 1% de lo que se aplica (Guzmán-Ortiz, 2004), es decir que aun aplicando fertilizantes fosfatados como un superfosfato, este puede formar fácilmente compuestos inorgánicos insolubles, debido a su inmovilización sobre la materia orgánica y las arcillas (Cerón & Aristizábal, 2012).

Con los fertilizantes potásicos, como el MOP, la disponibilidad y fijación de este nutriente se ve afectada por la cantidad aplicada, el mineral arcilloso y la saturación potásica. Este mineral es fijado a las cargas negativas del mineral arcilloso y que pueden variar de ubicación en este, lo que puede incrementar o decrecer la fuerza con que es fijada, así, para el caso de las esmectitas (mineral trilaminar, 2:1 expandente), este mineral es intercambiable en condiciones de humedad presente en el suelo y cuando se presentan condiciones ambientales más secas es fijado en las arcillas, volviendo muy difícil su liberación más adelante (Conti, 1987).

Ventajas de su uso

Tienen un bajo costo relativo a fertilizantes especializados, se encuentran con alta disponibilidad en el mercado y el aporte de nutrientes puede ser en altos niveles.

Desventajas de su uso

Para el caso del nitrógeno, se dan la baja eficiencia de absorción y la pérdida por evaporación o lixiviación. En los fertilizantes fosfatados, se ve fijado casi el 99% de lo que se aplica, debido a que reacciona tanto en suelo ácidos como en suelos básicos (Guzmán-Ortiz, 2004). Elevadas aplicaciones de fertilizantes potásicos pueden alterar la disponibilidad del potasio existente en el suelo ya que los incrementos de potasio en la solución del suelo ocasionan una mayor fijación del potasio fijado y estructural (Conti, 1987).

Los fertilizantes convencionales comerciales disponen en su mayoría de nutrientes primarios y secundarios, dejando de lado los micronutrientes. Para las mezclas físicas de fertilizantes completos, puede ocurrir la diseminación o separación de fertilizantes por diferentes granulometrías y provocarse una distribución desigual de los nutrientes (Guzmán-Ortiz, 2004).

B. Fertilizantes hidrosolubles

Los fertilizantes hidrosolubles son abonos en forma de polvo cristalino, perfectamente solubles en agua, con un aporte de macro y microelementos en diversas concentraciones, aportando entonces una amplia gama de elementos necesarios para el desarrollo de una plantación y que se pueden aplicar en forma combinada con el agua de riego en las plantaciones, especialmente con métodos de riego localizados (Bello & Pino, 2000). Se utilizan principalmente en plantaciones que poseen un riego localizado, como lo es el riego por goteo en forma de fertirriego. Puede ser utilizado en plantaciones intensivas como las siembras hortícolas y en frutales.

Ventajas de su uso

Por aspectos técnicos, presentan un bajo costo de aplicación en fertirriego, con lo que se logra la automatización de la fertilización en riego localizado y mayor eficiencia y rentabilidad de los fertilizantes (Bello & Pino, 2000).

Desventajas de su uso

Hay que tomar en cuenta que presentan un alto costo de inversión en equipo (costo inicial en infraestructura) con lo cual el requerimiento de mano de obra calificada se vuelve algo indispensable. Además de existir el riesgo de incrementar la salinidad del sustrato y el riesgo de reducir pH por destapar tuberías con ácidos fuertes (Bello & Pino, 2000).

C. Fertilizantes de liberación controlada

Los fertilizantes de liberación controlada contienen los nutrientes (formulados como fertilizante hidrosoluble) en una forma que un tiempo después de su aplicación, demora significativamente más tiempo su disponibilidad para la absorción por la planta que un fertilizante común o convencional. Esto se logra mediante la cobertura del fertilizante común con azufre o con un material semipermeable, usualmente un polímero. Debido a que la disponibilidad de los nutrientes también depende de la temperatura del suelo y de la humedad, el fertilizante será disponible dependiendo de estas condiciones (FAO & International Fertilizer Association, 2002).

Se utilizan comúnmente en cultivos anuales, de producción intensiva y de alto valor económico, lo que se traduce como cultivos con una tasa de retorno de capital elevada (Red agrícola). Presenta un uso potencial para la producción de almácigos, pues reduce en gran cantidad la necesidad de contar con mano de obra para realizar las aplicaciones de fertilizantes, así como el tiempo necesario para llevar a cabo esta actividad. Se logra estabilizar el comportamiento nutricional al liberar pequeñas dosis de fertilizante conforme el tiempo pasa, reduciendo los altibajos nutricionales y el estrés provocado por la falta de nutrientes, que puede llegar a retardar el crecimiento de las plantas (Red Agrícola, n.d.).

Ventajas de su uso

Posibilidad de reducir la mano de obra en aplicaciones de fertilizantes (en lugar de varias aplicaciones repartidas, se necesita sólo una para el período completo de crecimiento). A la vez, brindan una disponibilidad de nutrientes para la planta durante el tiempo de duración del fertilizante y son capaces de reducir las pérdidas ambientales de los nutrientes (prevención de la lixiviación de nitrato) (FAO & International Fertilizer Association, 2002), esto mejora la eficiencia de absorción de los fertilizantes aplicados (con el 15 al 20 % menos de fertilizante aplicado, ha sido obtenido el mismo rendimiento con fertilizantes comunes) (FAO & International Fertilizer Association, 2002), (Red Agrícola, n.d.).

Desventajas de su uso

Es una tecnología limitada para su adquisición, uso casi exclusivo en cultivos de alto valor (FAO & International Fertilizer Association, 2002) y un costo por unidad de nutriente considerablemente más elevado que un fertilizante convencional (FAO & International Fertilizer Association, 2002), (Red Agrícola, n.d.).

D. Materiales orgánicos como fertilizantes

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal o vegetal de los cuales las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrientes, a su vez el suelo, por medio de la descomposición de esta, se ve enriquecido con carbono orgánico, lo que mejora sus características físicas, químicas y biológicas (Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación México (SAGARPA), 2007). La materia orgánica tiene

efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y brindando estabilidad estructural, favorece la penetración del agua y su retención, y favorece el intercambio gaseoso (Julca-Otiniano, Meneses-Florian, Blas-Sevillano, & Bello-Amez, 2006), disminuye la densidad aparente del suelo y la resistencia a la penetración, también aumenta su capacidad de retener la humedad (Salamanca Jiménez & Sadeghian Khalajabadi, 2005).

Lo que se refiere al efecto sobre las propiedades químicas del suelo, los autores mencionan que aumenta la capacidad de intercambio catiónico del suelo y la reserva de nutricional al aportar elementos nutritivos, así como la capacidad buffer del suelo (Salamanca Jiménez & Sadeghian Khalajabadi, 2005). Y en cuanto a su efecto sobre las propiedades biológicas, favorece los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, sirve de alimento a una multitud de microorganismos y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado (Julca-Otiniano et al., 2006), (Salamanca Jiménez & Sadeghian Khalajabadi, 2005).

Ventajas de su uso

Es tradicionalmente considerada como fuente de nutrientes en formas de liberación retardada, y como una reserva de coloides orgánicos que intervienen en los procesos de retención hídrica de los suelos. A la vez, puede mejorar el balance nutricional y el aprovechamiento del fósforo y microelementos (CATIE/GTZ, Universidad de Costa Rica, & Cámara de Insumos Agropecuarios no Sintéticos, 2003). Y el aporte de MO disminuye la densidad aparente y la resistencia a la penetración, mejora el flujo de aire y la capacidad buffer del suelo, (Salamanca-Jiménez & Sadeghian-Khalajabadi, 2008).

Desventajas de su uso

Deben ser usados con prudencia, ya que algunas aplicaciones pueden requerir complementos de nitrógeno, inmovilizando el N existente en el suelo. Dependiendo del material de origen, la MO que se utilice puede llevar consigo contaminantes químicos y/o biológicos (Julca-Otiniano et al., 2006).

E. Funciones de los nutrientes en el café (*C. arabica* L.)

a. Nitrógeno:

Forma parte de la clorofila, encontrándose de un 2 % a un 4 % en la materia seca del café (*C. arabica* L.), interviene en la formación de tejidos para el crecimiento y desarrollo de las plantas, constituyente de los ácidos nucleicos (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

b. Fósforo

En las primeras etapas del crecimiento de la planta es el responsable de formarlo vigorosamente, con buen sistema de raíces y como promotor de la floración y del desarrollo del fruto en la etapa de producción, imprescindible en la formación, crecimiento y multiplicación en la formación de los órganos de la flor (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

c. Potasio

Este elemento es requerido en los vegetales en mayor cantidad que otros cationes, confirmando su alto requerimiento por la planta, funciona como activador enzimático, incrementa el efecto del nitrógeno, acelera y mejora la translocación de metabolitos, controla el nivel hídrico de las hojas, propicia mejores sistemas de conducción internos y brinda mayor resistencia a plagas y enfermedades (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

d. Calcio

Juega un papel importante como regulador en el crecimiento de las plantas, desarrollo y habilidad para adaptarse a las condiciones adversas del ambiente, aumenta la absorción de potasio, y utilización de nitrógeno, aumenta la resistencia de la planta a enfermedades (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

e. Magnesio

Forma parte de la molécula de clorofila, participa en la fotosíntesis (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

f. Azufre

Interviene en la producción de proteínas, participa en la producción de clorofila, algunas proteínas de las plantas contienen azufre (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

g. Boro

Desempeña funciones fisiológicas asociadas con las relaciones hídricas, con el metabolismo del nitrógeno, acumulación de azúcares, formación de metaxilema en ápices gemales, el boro está involucrado en el metabolismo de las auxinas y en el crecimiento de las raíces, contribuye a mantener el calcio en forma soluble dentro de las plantas (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

h. Cobre

Necesario para la formación de clorofila (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

i. Hierro

Necesario para el mantenimiento de la clorofila en las plantas y es esencial como componente de muchas enzimas y transportadores (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

j. Manganeso

Actúa en la respiración, participa específicamente en el metabolismo del nitrógeno y en la fotosíntesis, ejerce influencia en el transporte y utilización del hierro en la planta (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

k. Molibdeno

Requerido para la asimilación normal del nitrógeno, importante en el metabolismo del fósforo, y del ácido ascórbico, asociado a los mecanismos de absorción y translocación del hierro (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

I. Cinc

Responsable de las síntesis de auxinas (hormonas del crecimiento que inducen formación de raíces) (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

F. Manejo y producción de almácigos

a. Semilleros

En la producción de plantas de café (*C. arabica* L.) para el trasplante se debe realizar un semillero para mejorar el porcentaje de plantas germinadas, así como facilitar el manejo fitosanitario durante los primeros días después de que la semilla ha germinado y en el caso de ser café injertado, facilitar el acceso a la planta que servirá de patrón o porta injerto y la planta que será la variedad productora (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

b. Injerto

Este método de propagación se utiliza en café (*C. arabica* L.) como una alternativa para la resistencia de las plantas al ataque de nemátodos, utilizando una especie resistente al ataque de nematodos, con una producción de raíz más resistente que las variedades comerciales y utilizando en la parte superior una variedad ya sea de alta producción, de producción de calidad o con resistencia a ciertas enfermedades, las cuales poseen una raíz con un menor crecimiento (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

c. Manejo fitosanitario

Plagas: las principales plagas que se presentan en el almacigo de café son las que se presentan en el suelo, tales como la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), y cochinillas de la raíz (*Dysmicoccus crytus* Hempel, *D. brevipes* Cockerell, *Geococcus coffeae*, Green), para lo cual se hace necesario la desinfestación del suelo con un insecticida aplicado al suelo (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006). Estos se hacen presentes cuando se utiliza materia orgánica como la bovinaza o gallinaza sin un buen proceso de compostaje, el cual es capaz de matar estos insectos por medio del calor producido durante dicho proceso.

Enfermedades: La principal enfermedad que se presenta en los almácigos es el complejo de patógenos que ocasionan el damping off o mal de talluelo, (*Pythium* spp., *Fusarium* spp.

Phytophthora spp., *Rhizoctonia solani* Kuhn.), ocasionados por una condición de mucha humedad en el suelo con sustrato contaminado y no desinfectado. Para su control se realizan aplicaciones de fungicidas tronqueados durante los primeros días de trasplante desde el semillero. En el caso de enfermedades foliares, principalmente se encuentran la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk y Cooke). Se controlan mediante aplicación de fungicidas asperjados foliarmente (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006)

d. Fertilización

La plantas en desarrollo requieren aplicación de fertilizantes que aporten un contenido alto de fósforo en un principio, como un elemento demandado por las plantas para el desarrollo radicular, así como nitrógeno y otros elementos en menor cantidad como magnesio, manganeso, hierro y cobre, para el desarrollo normal de las plantas, a su vez un aporte de potasio para la regulación osmótica y otras funciones que desde pequeñas comienzan a realizar las plantas, no solo requiriendo este nutriente en edad adulta de producción (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006).

Generalmente se realiza empleando fertilizantes convencionales, con nitrógeno y fósforo, como los son el fosfato monoamónico (MAP, 10-52-0), fosfato diamónico (DAP 18-46-0) o fertilizante de formulación 20-20-0 y en ocasiones se adiciona potasio por medio de un fertilizante completo, generalmente aplicaciones mensuales, granuladas, adicionando materiales orgánicos.

e. Selección y reacondicionamiento

Aún con un buen manejo agrícola de las plantas de café, se presentarán diferencias en ciertas plantas en cuanto a su crecimiento, debiéndose a algunos factores como lo pueden ser genéticos o mala administración de la mano de obra, por lo cual, según comenta el señor Rodolfo Santos, administrador de una finca de café en la región, se hace necesario su selección y reagrupamiento para brindar el manejo acorde al crecimiento de las plantas, esta actividad va de la mano con un reacondicionamiento general de las plantas para separarlas y favorecer la ventilación y reducir la competencia por la sombra que se hacen a si mismo las plantas debido al follaje (R. Santos, comunicación personal, 19 de abril de 2015).

f. Acondicionamiento a campo

Con esta actividad se pretende adecuar las plantas a las condiciones de luz que se presentarán cuando se trasplanten a campo definitivo, pues en el almácigo se encuentran en condiciones de sombra y pasarán a recibir mayor radiación solar, por lo cual se retira la sombra y se deja a las plantas adaptarse a las nuevas condiciones de radiación, durante por lo menos uno o dos meses antes de trasplantarlas a campo definitivo. Según el señor Rodolfo Santos, administrador de una finca de café en la región, esta actividad se realiza en el momento en que inicia la temporada lluviosa, pues se reduce el requerimiento de aplicar riegos más seguidos por la luz directa del sol (R. Santos, comunicación personal, 19 de abril de 2015).

g. Selección previa a trasplante

Se seleccionan las plantas que hayan crecido el tamaño adecuado y presenten las condiciones de ser una planta de calidad, sana y sin presencia de plagas, con tallo y raíz debidamente desarrollados, y con tejido foliar en buenas condiciones (R. Santos, comunicación personal, 19 de abril de 2015).

G. Antecedentes**a. Evaluación de fertilizantes para almácigo en bolsa (ICAFE & CICAPE, 2009)**

En este ensayo el objetivo fue la evaluación de diferentes formulaciones de fertilizantes de liberación lenta y convencionales para su empleo en la producción de almácigo en bolsa.

Dentro de los fertilizantes evaluados, se encuentran dos de liberación controlada a base de cubiertas de polímeros, Osmocote® y Basacote®, este último como nueva alternativa.

Se realizaron 2 ensayos, el primero se trató de la evaluación de dos dosis de Osmocote® (4 y 6 g/planta), dos dosis de Basacote® (4 y 6 g/planta), un testigo relativo (método tradicional de fertilización) alternando DAP y fórmula completa 18-5-15-0.2, mezcla química, habiendo realizado 7 aplicaciones al final del ensayo, a partir de los 42 días de trasplantadas las

plantas, cada 30 días. Mientras que los fertilizantes de liberación lenta se agregaron en una sola aplicación a partir de los 42 días igual que el tratamiento tradicional. Así mismo se montó un tratamiento testigo absoluto.

En esta evaluación obtuvieron como resultado que la mayor producción de biomasa (mayor desarrollo de plantas) y el menor costo fue el tratamiento tradicional (método tradicional de fertilización), por lo que se clasificó como la mejor opción. Mientras tanto, los tratamientos con fertilizantes de liberación controlada mostraron un desempeño similar.

El segundo ensayo constó también de 6 tratamientos: Un testigo absoluto sin fertilización, Osmocote® a 6 g/planta, Basacote® 9M a 6 g/planta, Entec Azul Especial (12-12-17), Hydrocomplex (12-11-18-3 + EM) y un testigo relativo en donde se alternó DAP y fórmula completa (18-5-15-6 -.2). Los fertilizantes de liberación lenta Osmocote y Basacote se aplicaron a una dosis de 6 g/planta, en forma espequeada en una sola aplicación, 42 días después de sembrados los manquitos. Al mismo tiempo, se iniciaron las aplicaciones de los demás fertilizantes, 2.5 g/planta cada 30 días.

En este segundo ensayo, los tratamientos que presentaron mejores resultados fueron el testigo relativo o fertilización tradicional y el tratamiento con Basacote® 9M, produciéndose el mejor desarrollo radicular en este último mencionado. Ambos ensayos concluyen en que la opción de fertilización tradicional presenta mejores resultados en cuanto a desarrollo de las plantas y un menor costo. Y el fertilizante Basacote® presenta mejores resultados sobre los fertilizantes especializados

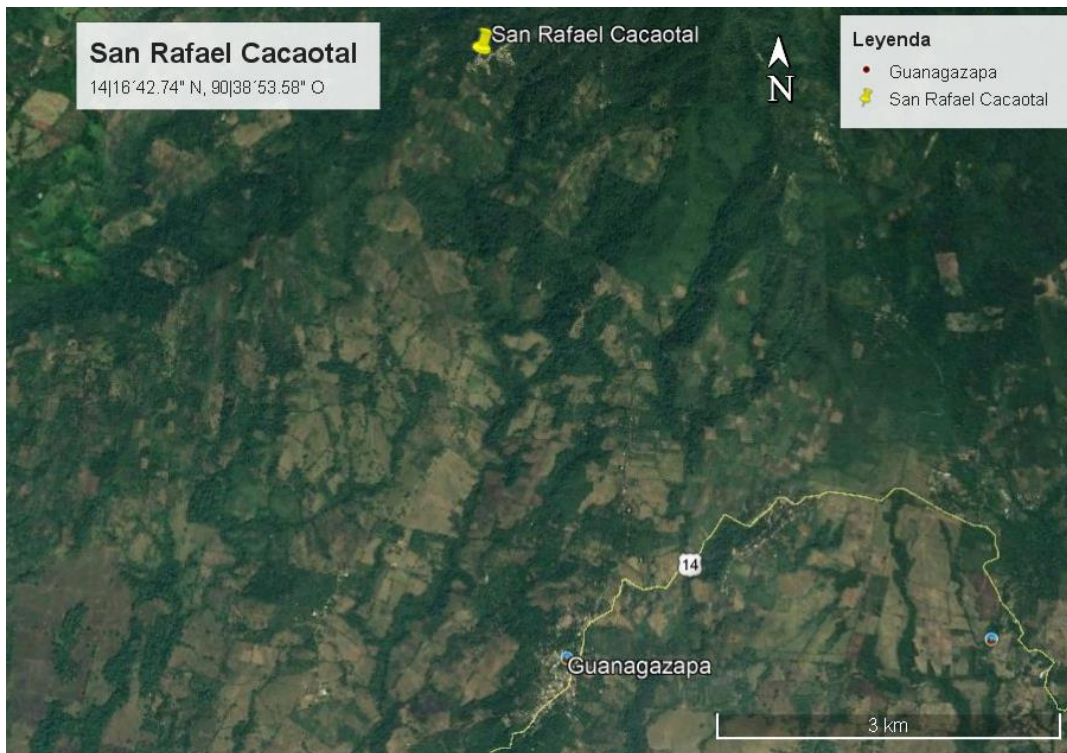
b. Almácigos de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica (Salamanca-Jiménez & Sadeghian-Khalajabadi, 2008)

Se realizó un experimento en Cenicafe, Colombia, con el propósito de estudiar el efecto de la lombrinaza en el crecimiento de almácigos de café con diferente contenido de materia orgánica, evaluando cuatro proporciones de lombrinaza en mezcla con el suelo, (v/v): 0 %, 25 %, 50 % y 75 %. Después de seis meses se determinó el peso seco de las raíces y de la parte aérea de las plantas. En siete de ocho suelos evaluados, la proporción de 25 % de lombrinaza aumentó el peso seco de las plantas entre 180 % y 1,500% con respecto al suelo únicamente e independiente de los contenidos de MO. Mientras que las proporciones de 50% y 75% de lombrinaza afectaron negativamente el crecimiento de las plantas en todos los suelos.

2.2.2 Marco referencial

A. Ubicación geográfica de la comunidad San Rafael Cacaotal

San Rafael Cacaotal se encuentra en el municipio de Guanagazapa, en el departamento de Escuintla, Guatemala. Actualmente cuenta con la categoría geográfica de comunidad, esta fue fundada el 17 de agosto de 1,998 (Gobierno de Guatemala, Programa Nacional de Resarcimiento, 2013). En la figura 1 se observa el mapa de la ubicación geográfica de San Rafael Cacaotal.



Fuente: Google Earth, 2018

Figura 8. Ubicación geográfica de la comunidad de San Rafael Cacaotal, municipio de Guanagazapa, departamento de Escuintla, Guatemala.

En el anterior mapa se observa la ubicación de la comunidad de San Rafael Cacaotal y se señala la ubicación donde se llevó a cabo el ensayo de programas de fertilización en almácigo de café, ubicándose este punto en las coordenadas 14°16'42.74" N y 90°38'53.58" O.

B. Acceso

San Rafael Cacaotal se encuentra ubicada a 8 km del casco urbano de Guanagazapa, a la cual se llega por un camino de terracería en regulares condiciones, con tramos en malas condiciones. Así como a 93 km de la ciudad capital, 85 km asfaltados y 8 km de terracería antes mencionada (Gobierno de Guatemala, Programa Nacional de Resarcimiento, 2013)

C. Recursos disponibles: hídricos, suelo, clima**a. Hídricos**

La finca cuenta con el paso de varios afluentes, así como servicio de agua entubada, no potable, para la comunidad (Gobierno de Guatemala, Programa Nacional de Resarcimiento, 2013).

b. Suelos

Los suelos de la comunidad de San Rafael Cacaotal corresponden la serie de suelos de Barberena, los cuales se caracterizan por ser profundos, bien drenados, desarrollados sobre lahar, en un clima húmedo-seco. A una profundidad de 0.5m, su textura es franco arcilloso, friable, de color café muy oscuro, con estructura granular en la superficie. La reacción es ligeramente ácida, pH 6.0 a 6.5. (Simmons, Taranto T., & Pinto, 1959). Actualmente se clasifican dentro de los subórdenes Ustults-Ustolls, según la clasificación taxonómica de los suelos de Guatemala (Tobias, 2010).

c. Zona de vida

La comunidad de San Rafael Cacaotal se encuentra ubicada en la zona de vida de bosque muy húmedo tropical (bmh-T) (De La Cruz, 1983).

D. Producción de almácigos en la comunidad de San Rafael Cacaotal previo al proyecto de renovación, plantación y mantenimiento de café

En la comunidad de San Rafael Cacaotal las familias productoras de café (*C. arabica* L.) han sido quienes realizan sus propios almácigos, debido al difícil acceso a la comunidad durante la época de lluvias, época en la cual se llevan a cabo las siembras y el costo que implica comprar las plantas fuera de la comunidad debido al desembolso inmediato que esto significa. Así mismo, la producción de almácigos de café (*C. arabica* L.) la han realizado sin apoyo técnico constante y bajo la experiencia del uso de los fertilizantes más convencionales, 20-20-0 y 18-46-0 (DAP) sin tomar en cuenta factores como el suelo, uso de materiales orgánicos, semilleros en sustratos inertes o desinfección de estos.

Los semilleros los llevan a cabo en tablones de 0.2 m de altura X 1 m de ancho con una longitud variable, a razón de 1 m de longitud para 1,000 plantas. El sustrato empleado regularmente es únicamente tierra, en la cual colocan las semillas y las cubren con una capa delgada del mismo material. Para evitar que la semilla sea levantada por efectos de la lluvia o riego y aumentar la retención de agua, se cubre con material vegetal, regularmente pastos secos, aplicando riegos una a dos veces por semana.

El almácigo lo llevan a cabo en bolsas de polietileno negro de 5X7X3, tamaño que justifican por el corto tiempo que pasa la planta en vivero (almácigo) y la facilidad de transporte en cajas tomateras de plástico acarreadas manualmente. Al igual que en el semillero, el material empleado como sustrato es únicamente tierra superficial. Una vez llenas las bolsas, los agricultores con más acceso a insumos aplican fungicida para desinfectar el suelo, comúnmente Banrot® 40 WP. La producción de los almácigos la realizan regularmente entre los meses de febrero a julio, lo que da de 5 a 6 meses en condiciones de vivero. Debido a que el café necesita condiciones de sombra para su desarrollo, ésta la proveen construyendo un enramado sobre las bolsas, con hojas de especies musáceas o palmas.

Durante el desarrollo del almácigo, el manejo de la fertilización lo realizan mensualmente, aplicando fertilizante 20-20-0 de forma diluida. Diluyen 2 lb de fertilizante por bomba de mochila de 16 L, con lo que alcanza a aplicar 500 plantas. Con esta aplicación están

agregando 1.8 g de fertilizante por planta mensualmente. El factor que les indica que las plantas están listas para trasplante a campo definitivo es la brotación del primer par de ramillas o bandolas. Una vez hayan brotado las bandolas, el trasplante lo realizan cuando ha finalizado el período de la canícula.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo General

Comparar el desarrollo en la producción de almácigo de café utilizando programas de fertilización que incluyen fertilizantes de liberación controlada, fertilizantes hidrosolubles, fertilizantes convencionales y una fuente orgánica en combinación a los anteriores.

2.3.2 Objetivos Específicos

1. Determinar el programa de fertilización que presente mejores resultados en cuanto a desarrollo (peso seco total y altura) en etapa de almácigo.
2. Realizar un análisis económico para determinar el programa que sea viable económicamente y presente resultados aceptables para su uso por pequeños productores de café.

2.4 HIPÓTESIS

El tratamiento con fertilizante de liberación controlada, fertilizante hidrosoluble y materia orgánica incorporada en el sustrato producirá plantas de mayor desarrollo total.

Se producirá un mejor desarrollo de las plantas de café por efecto de la interacción de las fuentes orgánicas con las fuentes inorgánicas.

2.5 METODOLOGÍA

En experiencias anteriores se ha observado que en fincas donde la producción de almácigos es una actividad permanente cada año, debido a las tazas de renovación de cafetales y expansión de las mismas, se han realizado almácigos de café empleando diversos programas de fertilización, los cuales han variado en las clases de fertilizantes utilizados, como fertilizantes de liberación controlada y fertilizantes hidrosolubles, además de los fertilizantes ya tradicionalmente aplicados, los cuales se ensayaron en San Rafael Cacaotal.

2.5.1 Diseño experimental

El diseño experimental elegido para desarrollar el ensayo fue completamente al azar. Debido a que se tomaron los insumos combinados como un programa de fertilización, que pudiera incluir MO como parte del plan nutricional o aplicar solamente fertilizantes químicos para suplir el requerimiento nutricional para el crecimiento de las plantas de café.

2.5.2 Unidad experimental

Cada unidad experimental constó de 10 plantas o bolsas de café y de las cuales se tomaron de muestra 3 plantas listas para el trasplante para cada repetición, evitando extremos pequeños y grandes, y se promedió el peso por planta. Se realizaron 4 repeticiones de cada tratamiento.

2.5.3 Fuentes nutrimentales evaluadas

A. Fertilizante de liberación controlada: Basacote® 6M

Fertilizante completo 100% recubierto de capa de ceras elásticas. Abono de liberación controlada que libera los nutrientes progresivamente, en el transcurso del tiempo dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura del lugar donde se utilice. Su contenido nutricional es el siguiente:

16% de nitrógeno total (8,6 % nitrógeno amoniacal, 7,4 % nitrógeno nítrico), 8% de P₂O₅ (anhídrido fosfórico soluble en citrato de amonio neutro), 12% de K₂O (óxido potásico).

Nutrientes secundarios y micronutrientes:

2% de MgO (óxido de magnesio), 12% de SO₃ (anhídrido sulfúrico total), 0.02% de B (boro), 0.05% de Cu (cobre), 0.4% de Fe (hierro), 0.06% de Mn (manganeso), 0.015% de Mo (molibdeno) y 0.02% de Zn (Cinc).

B. Fertilizantes hidrosolubles

Los tratamientos con fertilizantes hidrosolubles se realizaron con productos cuyo contenido nutricional es recomendado por el fabricante para la etapa de establecimiento de los cultivos (por su alto contenido de fósforo) y para el mantenimiento de los mismo, teniendo en común la característica de ser altamente solubles.

a. Hidrosoluble 1:

Hakaphos® violeta: fertilizante con alto contenido de fósforo, recomendado por el fabricante para el establecimiento de cultivos.

13% de nitrógeno total (4,3% nitrógeno nítrico y 8,7% nitrógeno amoniacal), 40% de P₂O₅ y 13% de K₂O.

Micronutrientes:

0.01% de B, 0.02% Cu quelado por EDTA, 0.05% de Fe quelado por EDTA, 0.05% de Mn quelado por EDTA, 0.001% de Mo, 0.02% de Zn quelado por EDTA.

b. Hidrosoluble 2:

Hakaphos® verde: fertilizante recomendado por el fabricante para inicio y mantenimiento de cultivos varios.

15% de nitrógeno total (11% nitrógeno amoniacal, 4% nitrógeno nítrico), 10% de P₂O₅ y 15% de K₂O.

Nutrientes secundarios y micronutrientes

2% de MgO, 30% de SO₃, 0.01% de B, 0.02% de Cu quelado por EDTA, 0.05% de Fe quelado por EDTA, 0.05% de Mn quelado por EDTA, 0.001% de Mo y 0,02% de Zn quelado por EDTA.

C. Fertilizantes convencionales

a. Fosfato diamónico (DAP):

Este fertilizante es una molécula química, con un contenido de nutrientes de 18% de nitrógeno y 46 % de P₂O₅, fertilizante comúnmente utilizado para el enraizamiento y etapa inicial de los cultivos, justo como lo es el almácigo de café.

b. Fertilizante 20-20-0:

Fertilizante granular formulado como mezcla química para mejorar la distribución de los nutrientes, 20% de nitrógeno total y 20 % de P₂O₅.

c. Fertilizante 19-4-19 +EM:

Comercialmente se encuentra en el mercado como YaraMila® Hydran, este es un fertilizante formulado como mezcla química, con un contenido de 19% de nitrógeno total, 4% de P₂O₅ y 19% de K₂O, además de contener 1.8% de azufre, 3 % de MgO, 0.1 % de Zn y 0.1 % de B.

D. Materia orgánica

La fuente de materia orgánica evaluada fue pulpa de café (*C. arabica* L.) descompuesta, a la cual le fue aplicado un cultivo iniciador de bacterias comercial, para acelerar la fermentación y reducir el riesgo de provocar quemaduras a las plantas una vez incorporada en el sustrato,

en el cuadro 1 se presentan los resultados del análisis químico del material orgánico empleado.

Cuadro 1. Análisis químico de la pulpa de café. Resultados del análisis de laboratorio de la pulpa de café para su caracterización química.

Idnt	pH	mS/cm C.E.	%				ppm					%		C:N
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	C.O.	NT	
M-2	6	11.5	0.14	0.75	1.31	0.21	30	15	3,350	350	170	17.97	2.93	6.1:1

Fuente: Laboratorio de Suelo-Planta-Agua "Salvador Castillo Orellana", FAUSAC, 2015.

Se puede observar en el cuadro anterior, mediante el análisis químico realizado al material orgánico empleado, que las concentraciones de carbono orgánico y nitrógeno total presentan una proporción baja, respectivamente, lo que indica que este material se encuentra bastante mineralizado, proceso requerido para la disponibilidad de los nutrientes por las plantas. Esta mineralización se debería a la aplicación de bacterias que aceleraron su descomposición.

2.5.4 Variedad de café (C. arabica L.) empleada para evaluación de programas de fertilización

Por aspectos de disponibilidad de semillero y tiempo, las plantas en que se evaluaron los tratamientos corresponden a la variedad Pache común, la cual es una mutación de la variedad Typica, más conocida como Arábigo. Esta mutación fue encontrada en la finca El Brito, Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa, en 1949. Es un cafeto de porte bajo con buena ramificación secundaria, con entrenudos cortos y abundante follaje, termina en una copa bastante aplanada o "pache" (Asociación Nacional del Café Guatemala, 2006). Al igual que la variedad de la cual deriva, sus hojas son oblongas, elípticas, base y ápice agudo, de textura lisa y fina y los brotes nuevos son de color bronceado.

2.5.5 Suelo utilizado

El suelo empleado en la preparación del sustrato se extrajo de los 10 cm superficiales de un terreno manejado por la cooperativa de la comunidad, el cual sería sembrado el siguiente

año con el café que sería producido el año del ensayo. Se realizó un análisis químico y de textura del suelo utilizado, los resultados se pueden observar en el cuadro 2 y el cuadro 3 respectivamente.

Cuadro 2. Análisis químico del suelo utilizado para la preparación del sustrato

Identificación	pH	ppm		meq/100 g		ppm				% MO
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	
Rango medio	6-6.5	12 - 16	120-150	6 - 8	1.5-2.5	2 - 4	4 – 6	10 - 15	10 - 15	4 – 5
M-1	6.2	3.36	208	12.17	2.57	0.1	2.5	5	11	3.26

Fuente: Laboratorio de Suelo-Planta-Agua “Salvador Castillo Orellana”, FAUSAC, 2015.

En el cuadro anterior se observa que en el suelo que se empleó en la preparación del sustrato el nivel de fósforo se encontraba por debajo del rango medio, al igual que el cobre y el hierro, aunque estos últimos nutrientes son requeridos en menor cantidad, por lo que el factor más limitante para este suelo es su bajo aporte de fósforo, mientras que los demás nutrientes se encuentran presentes en niveles óptimos para el crecimiento de plantas. El porcentaje de materia orgánica se encontró por debajo de lo ideal.

Cuadro 3. Análisis de textura del suelo, proporciones de los componentes minerales del suelo expresadas en %.

Análisis físico de suelo	Arcilla	Limo	Arena	Clase textural
M-1	24.78	27.89	47.33	Franco arcillo-arenoso

Fuente: Laboratorio de Suelo-Planta-Agua “Salvador Castillo Orellana”, FAUSAC, 2015.

Se puede observar en el anterior cuadro que las proporciones de arcilla, limo y arena indican que la textura del suelo es franco arcillo-arenoso, textura óptima en la elaboración de sustratos para almácigos, pero que se puede aumentar la porosidad para facilitar la penetración radicular e infiltración de agua incorporando arena al sustrato.

2.5.6 Sustrato elaborado

El sustrato empleado en los tratamientos se preparó en una relación 2:1 de suelo y arena blanca, tipo pómez, pasando por un tamiz con agujeros de ¼” para retirar gravas de mayor tamaño que pudieran afectar el desarrollo radicular. En el cuadro 4 se muestran los resultados del análisis químico de la mezcla.

Cuadro 4. Resultados del análisis químico del sustrato preparado.

Identificación	pH	ppm		meq/100 g		ppm				% MO
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	
Rango medio	6-6.5	12 - 16	120-150	6 - 8	1.5-2.5	2 - 4	4 – 6	10 - 15	10 - 15	4 – 5
Suelo + Arena	5.9	22.63	198	9.67	2.06	0.5	1.5	9	6.5	2.22

Fuente: Laboratorio de Suelo-Planta-Agua “Salvador Castillo Orellana”, FAUSAC, 2015.

En el cuadro anterior se observa que esta mezcla dio como resultado una mejora en el factor químico limitante del suelo, su bajo nivel de fósforo, sin alterar en mayor medida el nivel de los demás nutrientes, a excepción del contenido de materia orgánica, lo que evidencia la necesidad de incorporar material orgánico al sustrato.

2.5.7 Factor evaluado: programas de fertilización

Cada programa de fertilización estuvo constituido con fuentes de fertilizantes químicos, de los cuales difiere el tipo de fertilizante aplicado, siendo estos, fertilizantes de liberación controlada, fertilizantes hidrosolubles y fertilizantes convencionales. Estos fertilizantes se combinaron con una fuente de materia orgánica incorporada en el sustrato en proporción 1:3 respectivamente, en este ensayo se empleó pulpa de café tratada con bacterias.

Los programas evaluados fueron basados en las tecnologías de fertilizantes que utilizan productores de almácigo de café en una escala mayor de producción comparado a las tecnologías de fertilización que se emplean en la comunidad. La decisión de evaluar pulpa de café fue basada en la disponibilidad del material por los caficultores de la comunidad. Estos

agricultores fueron beneficiados con un proyecto de resarcimiento, en el cual fueron equipados con maquinaria para procesar su cosecha, de lo cual, uno de los subproductos es la pulpa de café.

2.5.8 Tratamientos

Se trabajaron 8 tratamientos, de los cuales 6 fueron un programa de fertilización, los que se establecieron utilizando fertilización química y MO incorporada en el suelo, aplicando solamente fertilizantes químicos, y el resto fueron un testigo relativo (incorporación de MO) y un testigo absoluto, siendo los siguientes:

- T1: Una aplicación de fertilizante hidrosoluble y una aplicación de fertilizante de liberación controlada y 25 % de materia orgánica sobre el volumen en el sustrato.
- T2: Aplicación de dos fórmulas de fertilizante hidrosoluble intercaladas entre aplicaciones y 25 % de materia orgánica sobre el volumen en el sustrato.
- T3: Aplicación de fertilizantes convencionales y 25 % de materia orgánica sobre el volumen en el sustrato.
- T4: Testigo relativo, sin fertilizantes químicos y 25 % de materia orgánica incorporado en el sustrato.
- T5: Una aplicación de fertilizante hidrosoluble y una aplicación de fertilizante de liberación controlada, sin aporte de materia orgánica
- T6: Aplicación de dos fórmulas de fertilizante hidrosoluble intercaladas entre aplicaciones, sin aporte de materia orgánica
- T7: Aplicación de fertilizantes convencionales, sin aporte de materia orgánica
- T8: Testigo absoluto

A. Fertilización con fertilizante de liberación controlada y fertilizante hidrosoluble (LC), con y sin material orgánico

Se realizó una aplicación inicial de 1 g del fertilizante hidrosoluble 1 (Hakaphos® violeta), diluido en 50 cc de agua, como refuerzo de fósforo. A los 15 días de la aplicación de hidrosoluble, se realizó una única aplicación de fertilizante de liberación controlada, haciendo un aprovechamiento de su principal característica de liberar los nutrientes de forma

controlada, a razón de 4 g de fertilizante por planta. En el cuadro 5, se presenta el aporte nutricional del presente programa de fertilización.

Cuadro 5. Nutrientes totales aportados por los fertilizantes del programa de fertilización con abono de liberación controlada e hidrosoluble por planta.

Fertilizante	mg N	mg P ₂ O ₅	mg K ₂ O	mg S	mg Mg	mg B	mg Cu	mg Fe	mg Mn	mg Mo	mg Zn
1 g HS 1	130	400	130	0	0	0.1	0.2	0.5	0.5	0.01	0.2
4 g LC	640	320	480	600	100	1	0.5	4	0.6	0.15	0.2
Total	770	720	610	600	100	1.1	0.7	4.5	1.1	0.16	0.4

La aplicación del fertilizante hidrosoluble se realizó al momento en que el 80% de las plantas presentaron su primer par de hojas verdaderas, aproximadamente a los 75 días después de siembra, y la aplicación del fertilizante de liberación controlada se realizó de forma espequeada en el sustrato. Este programa de fertilización se repitió en dos tratamientos, uno con aporte de materia orgánica en el sustrato, de la forma como se describe más adelante en la literal d, que corresponde al tratamiento T1 y otro sin materia orgánica, solamente el sustrato base, el cual corresponde al tratamiento T5.

B. Fertilización con fertilizante hidrosoluble (HS), con y sin material orgánico

Para estos tratamientos se trabajó con aplicaciones diluidas con medida de volumen fija, a razón de 50 cc por planta, con una concentración de 10 g de fertilizante comercial por litro de agua, dando una aplicación total de 0.5 g de fertilizante por aplicación, una aplicación quincenal de marzo a julio, iniciando en el momento en que el 80% de las plantas presentaron el primer par de hojas verdaderas, intercalando en cada aplicación el hidrosoluble 1 por el hidrosoluble 2, con lo cual se completaron 5 aplicaciones de cada fertilizante.

Se realizó una aplicación quincenal con la finalidad de simular a la vez la aplicación de fertilizante por medio de fertirriego en cuanto al tiempo de aplicación y la frecuencia, con el fin de aportar el equivalente comercial del fertilizante de liberación controlada y el fertilizante

convencional. En el cuadro 6 se muestra el aporte nutricional del programa de fertilización hidrosoluble

Cuadro 6. Nutrientes totales aportados por los fertilizantes del programa de fertilización hidrosoluble por planta.

Fertilizante	mg N	mg P ₂ O ₅	mg K ₂ O	mg S	mg Mg	mg B	mg Cu	mg Fe	mg Mn	mg Mo	mg Zn
2.5 g HS 1	325	1000	325	0	0	0.25	0.2	0.5	0.5	0.01	0.2
2.5 g HS 2	375	250	375	750	50	0.25	0.2	0.5	0.5	0.01	0.2
Total	700	1250	700	750	50	0.5	0.4	1	1	0.02	0.4

Este programa de fertilización se repitió en dos tratamientos, uno con aporte de materia orgánica en el sustrato, de la forma como se describe más adelante en la literal d, que corresponde al tratamiento T2 y otro sin materia orgánica, solamente el sustrato base, el cual corresponde al tratamiento T6.

C. Fertilización convencional (CONV), con y sin material orgánico

Se realizó una aplicación mensual a partir de marzo, al momento en que el 80% de las plantas presentaron su primer par de hojas verdaderas, estado fenológico en el cual las plantas comienzan a requerir aporte de nutrientes. La primera aplicación fue con fertilizante DAP, dos aplicaciones de fertilizante 20-20-0, una cuarta aplicación con YaraMila® (19-4-19 + EM) y la última nuevamente con 20-20-0, cada aplicación de un gramo por planta, como parte del programa establecido para el proyecto de renovación de cafetales. En el cuadro 7 se muestran los nutrientes aportados por el presente programa de fertilización.

Cuadro 7. Nutrientes totales aportados por los fertilizantes del programa de fertilización convencional por planta.

Fertilizante	mg N	mg P ₂ O ₅	mg K ₂ O	mg S	mg Mg	mg B	mg Cu	mg Fe	mg Mn	mg Mo	mg Zn
1 g 18-46-0	180	460	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 g 20-20-0	600	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 g 19-4-19+em	190	40	190	18	20	1	0	0	0	0	1
Total	970	1100	190	18	20	1	0	0	0	0	1

Este programa de fertilización se repitió en dos tratamientos, uno con aporte de materia orgánica en el sustrato, de la forma como se describe más adelante en la literal d, que corresponde al tratamiento T3 y otro sin materia orgánica, solamente el sustrato base, el cual corresponde a tratamiento T7.

D. Sin fertilizantes químicos, con materia orgánica (Testigo relativo)

Se trabajó un tratamiento sin fertilización, siendo este el testigo relativo, únicamente con incorporación de materia orgánica, agregando al sustrato un aporte de 25 % sobre volumen de material orgánico, es decir, una proporción de sustrato:MO 3:1 (Salamanca-Jiménez & Sadeghian-Khalajabadi, 2008). Este tratamiento corresponde a T4. El mismo sustrato sirvió de base para los tratamientos T1, T2 y T3, como se describió anteriormente en las literales a, b y c, para evaluar el efecto de la materia orgánica y su interacción con los programas de fertilización antes descritos. En el cuadro 8 se observa el aporte total de nutrientes de la MO.

Cuadro 8. Nutrientes totales aportados por la materia orgánica al sustrato por planta.

Material	mg N	mg P	mg K	mg Ca	mg Mg	mg Cu	mg Fe	mg Mn	mg Zn	mg Na
25% MO	7691.25	367.5	1968.75	3438.75	551.25	7.875	879.375	91.875	3.9375	44.625

En el cuadro anterior se puede observar que el nivel de aporte nutricional hecho por la materia orgánica fue por mucho, más elevada que el aporte hecho por los fertilizantes químicos. Este aporte fue calculado en base al análisis químico realizado a la MO, el volumen estimado que se aportó de MO de 375 cc y una densidad de la MO de 700 kg·m⁻³ según Romano, Figueroa, Gaime-Perraud, Gutiérrez-Rojas, & Saucedo-Castañeda, 2001, por lo que el aporte de MO fue de 262.5 g. Cabe mencionar que estos niveles son basados en el contenido total de la MO y son disponibles para la absorción por las plantas dependiendo de la mineralización de los nutrientes (CATIE/GTZ et al., 2003), es decir que son nutrientes disponibles en el largo plazo y no mostrarían un efecto inmediato.

E. Sustrato sin fertilizantes químicos ni materia orgánica (Testigo absoluto)

Se contó con un tratamiento testigo absoluto del efecto del aporte natural de nutrientes del suelo, únicamente del sustrato empleado, siendo este la mezcla de suelo + arena. Esta mezcla correspondió al tratamiento T8.

2.5.9 Variables de respuesta

Durante los 5 meses que duró el experimento se tomaron datos de:

- Altura mensual a partir de la base del tallo hacia el ápice con una cinta métrica, con lo cual se realizó una curva de crecimiento para cada tratamiento durante los meses de febrero a junio, para un total de 5 mediciones.

Al final del ensayo se tomaron los siguientes datos:

- Biomasa foliar (o peso seco foliar): se tomó el peso seco de la parte aérea promedio de las plantas muestreadas de cada tratamiento, para cuantificar el desarrollo foliar de las plantas y el efecto de cada tratamiento, esto incluyó hojas, tallos y bandolas, secadas a 65 °C durante 72 h en un horno de convección forzada, tomando el peso con una balanza analítica a los 5 meses desde el momento de la aplicación de los tratamientos.
- Biomasa radicular (o peso seco radicular): de igual forma que con la masa aérea, se tomó el peso seco de la raíz completa, para cuantificar el desarrollo radicular de las plantas en cada tratamiento. De las mismas plantas analizadas foliarmente, se lavó completamente el sustrato de la raíz, retirando cualquier resto del sustrato que estuviera adherido a la raíz y se pusieron a secar en horno de convección forzada a 65 °C durante 72 h en bolsas de papel periódico. Una vez secas las raíces, se tomó el peso en una balanza analítica a los 5 meses desde el momento de la aplicación de los tratamientos.
- Biomasa total (o peso seco total): se sumaron los datos de peso seco foliar y peso seco radicular para determinar el peso seco total y el efecto de cada tratamiento en la planta.

- Análisis foliar: Como dato secundario, se realizó un análisis foliar de los tratamientos fertilizados, testigo relativo y testigo absoluto para determinar las concentraciones de los distintos nutrientes.

2.5.10 Manejo del experimento

En lo que respecta al manejo del experimento, la preparación del semillero, preparación del sustrato, manejo fitosanitario y de malezas, se llevaron a cabo conforme a lo programado en el manejo del almácigo para la comunidad, siendo lo siguiente:

La semilla empleada se adquirió en una plantación administrada por la cooperativa, correspondiendo a la variedad pache común, esta fue despulpada y lavada en la última semana de noviembre y almacenada en condiciones de sombra y ventilación para su siembra en el mes de diciembre. Para la elaboración del semillero, el sustrato empleado fue arena blanca cernida a $\frac{1}{4}$ de pulgada, como se describió anteriormente la elaboración de semillero. La preparación de la mezcla fue manual, llevando a cabo las mediciones con cubetas de 5 galones para que la proporción fuese homogénea. Para el sustrato sin MO se agregaron una cubeta de arena blanca por cada 2 cubetas de tierra y para los tratamientos con MO se mezclaron una cubeta de material orgánico por cada 3 cubetas de este sustrato.

Los contenedores donde se desarrollaron las plantas fueron bolsas de polietileno negro de 6X8X3, fueron llenadas completamente y puestas en los lugares donde corresponderían las unidades experimentales. Las unidades experimentales se colocaron en terrazas para mantener las bolsas bien colocadas y evitar que se desacomodaran por efecto del riego, lluvia, viento. Se colocaron grupos de 10 bolsas. Se proporcionó sombra muerta con malla sombra, con una claridad de 70 % y 30 % de sombra, para reducir el efecto de absorción de la luz disponible por sombra viva. Una vez colocadas se inició con el riego para asentar el sustrato y brindar las condiciones para realizar la desinfestación y desinfección de acuerdo con el programa de manejo fitosanitario.

En lo que respecta a la desinfestación, se realizó 2 semanas previo al trasplante, aplicando Vydate® 24 SL, 50 cc por bomba de 16 L, de esta solución se aplicaron 50 cc a cada bolsa. Y para la desinfección se aplicó Prevalor® 84 SL, con la misma dosis del producto anterior, una semana previa al trasplante. El trasplante se realizó en el momento que las plantas se encontraban en estado de soldadito. Durante el desarrollo del almácigo en la comunidad, se vieron almácigos con problemas de mal de talluelo, por lo que se brindó un manejo preventivo al ensayo, aplicando Banrot ® 40 WP, 50 cc por bomba de 16 L y 50 cc de esta suspensión a cada planta. En cuanto a enfermedades foliares, no se desarrollaron en el almácigo, por lo que no hubo necesidad de realizar manejos. Y tampoco hubo presencia de plagas.

El control de malezas se realizó de forma manual, debido al tamaño del almácigo fue un método de control viable, haciendo raspados del suelo y arrancando las malezas que se desarrollaban en el almácigo. Se realizaron riegos diarios de 10 minutos, tiempo en el cual la intensidad de riego era suficiente para mantener el sustrato húmedo y evitar el encharcamiento en el suelo donde se había colocado el ensayo, hasta mediado del mes de mayo, fecha en la cual se estableció la época lluviosa.

La fertilización del ensayo se llevó a cabo de acuerdo con cada programa evaluado, como se describe anteriormente. Se obvió la aplicación a la vez de fertilizantes foliares y estimulantes biológicos para evitar sesgos en el desarrollo de las plantas que pudiesen afectar los resultados.

2.5.11 Análisis de la información

Con los datos de peso seco aéreo, peso seco radicular y peso seco total, se realizó un análisis de varianza para arreglos completamente al azar.

A. Modelo Estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} : ij-ésima unidad experimental

μ : media general

τ_i : efecto del i-ésimo tratamiento (programas de fertilización)

ε_{ij} : error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental

B. Análisis subsiguientes

En los análisis de varianza donde se encontró diferencia significativa se realizaron las pruebas subsiguientes para determinar establecer cuál fue el tratamiento que presentó los mejores resultados. Debido a la estructura agrupada de los tratamientos, se estableció realizar una prueba de Tukey (Wong González, 2010), para ordenar los tratamientos y una prueba de contrastes ortogonales (Blanco, 2001) para diferenciar los programas de fertilización, en el cuadro 9 se muestra el arreglo de los tratamientos empleado en la prueba de contrastes ortogonales.

Cuadro 9. Descripción de los contrastes ortogonales evaluados

Contraste	Descripción
Contraste 1	Tratamientos de fertilizantes con y sin materia orgánica incorporada contra testigos.
Contraste 2	Testigo absoluto contra testigo relativo.
Contraste 3	Tratamientos de fertilización química y materia orgánica contra fertilización química sin materia orgánica.
Contraste 4	Fertilizante convencional con y sin MO contra fertilizantes especializados con y sin MO.
Contraste 5	Fertilizantes hidrosolubles con y sin MO contra fertilizantes de liberación controlada con y sin MO.

En el cuadro anterior se describe la forma como se agruparon los tratamientos para llevar a cabo la evaluación de contrastes ortogonales, para el análisis de todos los pesos se tomó el mismo criterio.

Se elaboró una curva de crecimiento en base a los datos de altura tomados mensualmente desde a la base hasta el ápice las plantas.

A su vez, se realizó un análisis económico sobre los costos parciales de fertilización en cada tratamiento, así como del testigo relativo y el testigo absoluto. Para ello se tomaron en cuenta el valor de la materia orgánica, el precio de los fertilizantes de cada programa en esa temporada y el costo de aplicación de los fertilizantes. Para su discusión posterior en el tratamiento que mejor se adapta a las condiciones de los agricultores locales.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 10, se presentan los resultados de peso seco obtenidos en el ensayo de fertilización en almácigo de café, presentados como biomasa aérea, biomasa radicular y biomasa total, en g/planta.

Cuadro 10. Promedios de los pesos de biomasa foliar, biomasa radicular y biomasa total, secados a 65 ° C por 72 h.

Tratamiento	Biomasa aérea (g/planta)	Biomasa raíz (g/planta)	Biomasa de planta completa (g/planta)
T1 Liberación controlada + hidrosoluble + MO*	7.52895	2.64084	10.16978
T2 Hidrosoluble + MO*	7.33650	2.71263	10.04913
T3 Convencional + MO*	6.79050	2.57450	9.36500
T4 Sustrato + MO*	4.42583	2.74417	7.17000
T5 Liberación controlada + hidrosoluble	6.62167	2.16250	8.78417
T6 Hidrosoluble	7.09000	1.91167	9.00167
T7 Convencional	6.54417	1.41250	7.95667
T8 Sustrato (testigo absoluto)	0.9	0.681666667	1.58167

* 25% de la mezcla sobre volumen

En el cuadro anterior se puede observar que las plantas sembradas en sustrato con materia orgánica y fertilizadas presentan una mayor biomasa total que las plantas también fertilizadas, pero sin materia orgánica incorporada en el sustrato. Así mismo se puede ver

que el tratamiento que únicamente cuenta con materia orgánica (T4= 7.17 g) presenta un peso seco cercano al tratamiento que cuenta únicamente con fertilización convencional (T7= 7.96 g) y demuestra que la respuesta de las plantas de café a la aplicación de materia orgánica es alta en relación con el testigo absoluto (T8= 1.58 g).

Se observa que el desarrollo radicular entre todos los tratamientos con materia orgánica es muy similar (entre 2.57 g y 2.74 g) y por encima de los tratamientos fertilizados sin materia orgánica, es decir, que las plantas de café tienen una alta respuesta radicular con solo la incorporación de MO en el sustrato. Por lo que se puede decir que existe un buen desarrollo de las plantas de café a la nutrición, con fuentes orgánicas e inorgánicas.

2.6.1 Análisis de resultados para el peso seco foliar

A. Análisis de varianza

En el cuadro 11 se presentan los resultados del ANDEVA realizado a los datos de peso seco foliar.

Cuadro 11. Resumen de análisis de varianza para biomasa foliar expresada en peso seco de las plantas de café 5 meses después de trasplante a bolsa.

Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Programa de fertilización	140.12	7	20.02	86.9	<0.0001**
Error	5.53	24	0.23		
Total	145.65	31			

En el cuadro anterior se puede observar que existen diferencias significativas en el desarrollo de masa seca foliar de las plantas que se produce por los programas de fertilización, por lo que corresponde realizar una prueba de comparación de medias para determinar donde se encuentran estas diferencias y contrastar las diferencias que producen los tratamientos. Por lo cual se realizó la prueba post-ANDEVA de comparación múltiple de medias de Tukey para la biomasa foliar (Wong González, 2010) y se compararon los tratamientos mediante un prueba de contrastes ortogonales (Blanco, 2001).

B. Prueba de Tukey

En el cuadro 12 se presenta el resumen de la prueba post-ANDEVA de comparación de medias de Tukey de los datos de peso seco foliar.

Cuadro 12. Resumen de la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para peso seco foliar.

Programa de fertilización	Medias	Grupo Tukey
LC + MO (T1)	7.53	A
HS + MO (T2)	7.34	A
HS sin MO (T6)	7.09	A
Conv + MO (T3)	6.79	A
LC sin MO (T5)	6.62	A
Conv sin MO (T7)	6.55	A
Testigo relativo (T4)	4.43	B
Testigo absoluto (T8)	0.9	C

Alfa=0.05 DMS=1.12398

Error: 0.2304 gl: 24

Se observa en el cuadro anterior que, al comparar las medias de los tratamientos, todos los tratamientos fertilizados con fuentes inorgánicas brindan un incremento en cuanto al desarrollo foliar de las plantas, así como lo es únicamente con la incorporación de MO, respecto al testigo absoluto, lo que indica que el crecimiento foliar del café (*Coffea arabica* L.) responde altamente a este aporte nutricional. Se pueden ver los grupos Tukey ordenados de la siguiente manera: Grupo A, todos los tratamientos que incluyen fertilización química con y sin MO. Grupo B, materia orgánica sin fertilizantes químicos. Grupo C, testigo absoluto. Este ordenamiento post-ANDEVA dio lugar a los análisis nutricionales foliares para un mejor entendimiento del efecto de los programas de fertilización, resultados que se discuten más adelante en el cuadro 22.

Este incremento foliar de las plantas se debe al aporte de nitrógeno por parte de todas las fuentes nutricionales aplicadas, ya que el análisis químico del sustrato mostraba que todos

los nutrientes se encontraban en un rango óptimo. El aporte de nitrógeno del sustrato se debió a la MO propia del este, 2.2 % en peso, lo cual es un valor menor a lo recomendable en cualquier análisis de suelo, incapaz de suplir las necesidades nutricionales de las plantas de café. Mientras que un contenido aproximado del 25 % sobre volumen (262.5 g de MO por contenedor de 1,500 cc), como en el testigo relativo, es suficiente para lograr un aumento significativo respecto al testigo absoluto en el desarrollo foliar y funcionar como un fertilizante alternativo en este cultivo (Beyra Cervantes, Castro Lizazo, Cabrera Alfonso, Fernández Valdéz, & Fernández Valdéz, 2015).

C. Prueba de contrastes ortogonales

En el cuadro 13 se presentan los resultados de la prueba de contrastes ortogonales realizada con los datos de peso seco foliar. Anteriormente, en el cuadro 9 se describe la forma en la cual se agruparon los tratamientos para realizar los contrastes ortogonales de los distintos tratamientos.

Cuadro 13. Resumen de prueba de contrastes para peso seco foliar.

Programa de fertilización	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste 1	4.32	0.2	112.06	1	112.06	486.48	<0.0001**
Contraste 2	3.53	0.34	24.89	1	24.89	108.04	<0.0001**
Contraste 3	0.47	0.2	1.3	1	1.3	5.65	0.0257*
Contraste 4	-0.48	0.21	1.21	1	1.21	5.27	0.0308*
Contraste 5	0.14	0.24	0.08	1	0.08	0.33	0.5685
Total			139.54	5	27.91	121.15	<0.0001

En el contraste 1 se puede observar que existe diferencia significativa al comparar todos los programas de fertilización contra los testigos, absoluto y relativo. Esto indica que el desarrollo de las plantas de café responde altamente a la aplicación de fertilizantes químicos bajo las condiciones evaluadas.

De igual forma, vemos que en el contraste 2, solo la incorporación de MO en el sustrato también presenta diferencia significativa, lo cual deja claro que en el aspecto foliar, la MO funciona como una buena fuente nutrimental para la producción de plantas.

El contraste 3, muestra también que existe una diferencia significativa en el uso de MO entre los programas de fertilización, aunque estos tratamientos forman parte del mismo grupo Tukey, coincide en que los programas de fertilización que incluyen MO ocasionan un incremento en el desarrollo foliar de las plantas.

Al comparar los programas de fertilización con abonos convencionales contra los abonos especializados en el contraste 4, se presenta una diferencia significativa en el desarrollo foliar de las plantas de café, sin embargo, deja claro que los fertilizantes especializados si producen mayor desarrollo foliar según el ordenamiento de grupos de la prueba de Tukey.

Por último, al comparar los programas de fertilización que aportan fertilizantes especializados en el contraste 5, no muestra diferencia significativa en el crecimiento a nivel foliar de las plantas de café, es decir que los fertilizantes especializados producen un efecto similar en el desarrollo foliar y queda a las consideraciones técnicas de uso la selección de estas fuentes.

2.6.2 Análisis de resultados para el peso seco radicular

A. Análisis de varianza

En el cuadro 14 se muestran los resultados del ANDEVA realizado con los datos de peso seco radicular.

Cuadro 14. Resumen del análisis de varianza para el peso seco radicular.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Programa de fertilización	15.33	7	2.19	41.42	<0.0001**
Error	1.27	24	0.05		
Total	16.6	31			

En el cuadro anterior se puede observar que el valor de p es menor a 0.05 lo que indica que existe diferencia significativa en la producción de raíces de las plantas de café a las que se les aplicó los distintos tratamientos, por lo que se llevó a cabo una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey y una prueba de contrastes ortogonales.

B. Prueba de Tukey

En el cuadro 15 se presenta el resumen de la prueba post-ANDEVA de comparación de medias de Tukey de los datos de peso seco radicular.

Cuadro 15. Resumen de la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para peso seco radicular.

Programa de fertilización	Medias	Grupo Tukey
Testigo relativo (T4)	2.75	A
HS + MO (T2)	2.71	A
LC + MO (T1)	2.64	AB
Conv + MO (T3)	2.57	AB
LC sin MO (T5)	2.16	B
HS sin MO (T6)	1.91	BC
Conv sin Mo (T7)	1.41	C
Testigo absoluto (T8)	0.68	D

Alfa=0.05 DMS=0.53855

Error: 0.0529 gl: 24

En el cuadro anterior, es de notar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos que incorporan MO en el sustrato ya que se encuentran en un mismo grupo Tukey, así mismo, se puede observar que la MO por si sola es capaz de provocar el mayor desarrollo radicular. Este resultado puede deberse a la distribución homogénea del material nutricional y a la mejora las características físicas del suelo, como estructura y permeabilidad (Julca-Otiniano et al., 2006), las cuales se comprobaron durante el muestreo y a lo largo del ensayo respectivamente y las características químicas, por medio del aporte de nutrientes a largo plazo, ácidos húmicos y fúlvicos y aminoácidos que estimulan el desarrollo radicular de las plantas (CATIE/GTZ et al., 2003).

Cabe mencionar que, durante la toma de datos, los pilones formados en los tratamientos con MO presentaron un menor desmoronamiento. Para los tratamientos con MO se observó una mejor infiltración del agua, al observar que la humedad se profundizaba más que en los

tratamientos sin MO. Estos resultados dejan claro que, para su implementación en los almácigos en San Rafael Cacaotal, los tratamientos recomendables son los que incorporan MO en el sustrato, reduciendo de los tratamientos del grupo Tukey “A” que se obtuvieron en el análisis de peso seco foliar a incluir ahora solamente a los tratamientos que aportan MO (T1, T2 y T3) ya que el efecto que esta produce en el peso radicular es significativamente más alto.

C. Prueba de contrastes ortogonales

En el cuadro 16 se presentan los resultados de la prueba de contrastes ortogonales realizada con los datos de peso seco radicular. El arreglo de los tratamientos para realizar los contrastes ortogonales del peso seco radicular se mostró anteriormente en el cuadro 9.

Cuadro 16. Resumen de prueba de contrastes para peso seco foliar.

Programa de fertilización	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste 1	0.52	0.09	1.64	1	1.64	30.97	<0.0001**
Contraste 2	2.07	0.16	8.53	1	8.53	161.27	<0.0001**
Contraste 3	0.81	0.09	3.97	1	3.97	75.05	<0.0001**
Contraste 4	-0.36	0.1	0.71	1	0.71	13.34	0.0013*
Contraste 5	0.09	0.11	0.03	1	0.03	0.58	0.4541
Total			14.87	5	2.97	56.24	<0.0001

El contraste 1 indica que existe diferencia significativa en el efecto que producen los programas de fertilización en el desarrollo radicular de los pilones, crecimiento que beneficia el éxito en el establecimiento de una plantación de café. Sin embargo, este resultado podría no explicar claramente cual agrupamiento presente los mejores resultados, pues el testigo relativo y el testigo absoluto presentan la mayor y la menor producción de raíces del ensayo respectivamente, por lo que resulta mejor analizar los siguientes contrastes para definir el mejor programa de fertilización. Este resultado puede deberse a la combinación dada para realizar la presente prueba, pues el testigo relativo conlleva en si una fuente nutricional que

influye de forma positiva el desarrollo radicular de las plantas, pero no es suficiente para el desarrollo foliar.

En el contraste 2 existe una diferencia altamente significativa, pues la media de los tratamientos comparados son los valores extremos y deja ver que la MO por si sola es capaz de cumplir con los requerimientos nutricionales para desarrollar un buen sistema radicular de los pilones. Esto deja en claro que los efectos provocados por la MO en el sustrato, descritos en la prueba anterior, sí mejoran el desarrollo radicular de las plantas en esta etapa.

Al comparar los programas de fertilización que incluyen MO contra los que no la incluyen, en el contraste 3, se presenta diferencia significativa, dejando en claro que la MO es una excelente fuente nutricional y presenta un efecto enraizador (Cisneros, Franco, Realpe Fernández, & Fuenmayor, 2017) y el mejoramiento de las características físicas del suelo que permiten en mejor enraizamiento (Julca-Otiniano et al., 2006), por sobre la fertilización química de cualquiera de los otros programas.

El contraste 4 deja ver que, en las plantas donde se aplicaron los programas de fertilización que incluyen fertilizantes especializados, se produce un mejor desarrollo radicular que en las plantas donde se aplicaron fertilizantes convencionales. Los fertilizantes convencionales fueron aplicados cada mes, a diferencia de los hidrosolubles, en los cuales se pretendió aumentar la frecuencia de aplicación con un menor intervalo de aplicación, es decir, aplicaciones más fraccionadas para aumentar la eficiencia (Stewart, 2007), lo que pudo haber mejorado el aprovechamiento de los nutrientes.

Mientras que en el contraste 5, no existe una diferencia significativa en el uso de los programas de fertilización que incluyen fertilizantes especializados, por lo cual su uso puede quedar a discreción que otros factores tales como disponibilidad, economía, y conveniencia de aplicación. Este efecto similar puede ser debido a que el fertilizante de liberación controlada es un fertilizante hidrosoluble recubierto para liberar pequeñas dosis en función del tiempo y el fertilizante hidrosoluble se aplicó en intervalos de 15 días, por lo cual el efecto de ambos fertilizantes no presentó diferencias.

2.6.3 Análisis de resultados para el peso seco total

A. Análisis de varianza

En el cuadro 17 se presentan los resultados del ANDEVA realizado con los datos de peso seco total.

Cuadro 17. Resumen de análisis de varianza para diseños completamente al azar, sobre biomasa total de las plantas de café.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Programa de fertilización	217.09	7	31.01	97.36	<0.0001
Error	7.65	24	0.32		
Total	224.74	31			

En el cuadro anterior, el análisis de varianza el p-valor indica que existe diferencia significativa en los tratamientos. Este resultado deja la necesidad de realizar el análisis post-ANDEVA de comparación múltiple de medias de Tukey (Wong González, 2010), así como una prueba de contrastes ortogonales para comparar ciertas combinaciones.

B. Prueba de Tukey

En el cuadro 18 se presenta el resumen de la prueba post-ANDEVA de comparación de medias de Tukey de los datos de peso seco total.

Cuadro 18. Resumen de la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para peso seco total.

Programa de fertilización	Medias	Grupos Tukey
LC + MO (T1)	10.17	A
HS + MO (T2)	10.05	AB
Conv + MO (T3)	9.37	AB
HS sin MO (T6)	9	AB
LC sin MO (T5)	8.78	B
Conv sin Mo (T7)	7.96	BC
Testigo relativo (T4)	7.17	C
Testigo absoluto (T8)	1.58	D

Alfa=0.05 DMS=1.32176

Error: 0.3185 gl: 24

En el cuadro anterior, al comparar las medias de todos los tratamientos, se observa que los mejores tratamientos son aquellos en los que se aplica cualquiera de los programas de fertilización combinados con MO en el sustrato, habiendo quedado en el siguiente orden T1 (10.17 g), T2 (10.05 g) y T3 (9.37 g). Estos tratamientos presentan resultados satisfactorios en el desarrollo de las plantas de café lo que vuelve necesario realizar un análisis de costos para determinar el programa adecuado a los caficultores de San Rafael Cacaotal. El tratamiento T4 (7.17 g) produjo un efecto en el desarrollo vegetal muy cercano al producido por T7 (7.96 g), como consecuencia de una nutrición que mejora el desarrollo radicular y que suple parcialmente las necesidades nutricionales del café (Beyra Cervantes et al., 2015), (Cisneros et al., 2017) hasta cierta etapa en su desarrollo en el almácigo.

Esto indica que la MO brinda condiciones físicas y nutricionales en el suelo que mejoran la producción de biomasa radical y biomasa aérea de las plantas. En el caso del testigo

absoluto, la disponibilidad de nitrógeno, nutriente limitante según el análisis del sustrato (Contenido de MO como fuente de nitrógeno), no fue suficiente para un desarrollo óptimo como el observado en los tratamientos donde se aplicó cualquier fertilizante. Al incorporar materia orgánica en el sustrato se produjo plantas con mayor biomasa total respecto a la mezcla de tierra y arena únicamente, lo cual dio lugar a un mayor crecimiento significativo. Se observó durante la toma de muestras que el pilón producido de los tratamientos con MO mostraba una mejor composición, mayor solidez de este, evitando el desmoronamiento como lo observado en los pilones de tierra y arena.

C. Prueba de contrastes ortogonales

En el cuadro 19 se presentan los resultados de la prueba de contrastes ortogonales realizada con los datos de peso seco radicular. El arreglo de los tratamientos para realizar los contrastes ortogonales del peso seco radicular se mostró anteriormente en el cuadro 9.

Cuadro 19. Resumen de prueba de contrastes para peso seco total.

Programa de fertilización	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste 1	4.85	0.23	140.84	1	140.84	442.14	<0.0001**
Contraste 2	5.59	0.4	62.44	1	62.44	196.01	<0.0001**
Contraste 3	1.28	0.23	9.87	1	9.87	30.98	<0.0001**
Contraste 4	-0.84	0.24	3.76	1	3.76	11.81	0.0022*
Contraste 5	-0.05	0.28	0.01	1	0.01	0.03	0.8609
Total			216.93	5	43.39	136.2	<0.0001

Se observa en el cuadro anterior que el valor p del contraste 1 menor a 0.05, lo que indica que existe una alta diferencia significativa en la producción vegetativa de las plantas de café entre los programas de fertilización contra los testigos, absoluto y relativo, debido al aporte nutricional con disponibilidad en el corto tiempo, aún con el fertilizante de liberación controlada, pues este libera los nutrientes a una tasa más rápida de lo que la MO se encuentra disponible para las plantas.

Así mismo, el contraste 2 deja ver que al comparar los testigos también existe diferencia significativa, por lo cual, solo agregando materia orgánica al sustrato, se mejora por mucho la calidad de planta producida al comparar el incremento del testigo relativo sobre el testigo absoluto, aunque esta no sea capaz de suplir todo el requerimiento nutricional de las plantas, sin embargo, permite aumentar el desarrollo de las plantas. Como se vio anteriormente, el mayor desarrollo de este tratamiento fue a nivel radicular y el desarrollo foliar se vio limitado por el nitrógeno restringido a la tasa de mineralización de la MO.

Los resultados difieren de lo reportado por (Salamanca-Jiménez & Sadeghian-Khalajabadi, 2008) donde encontraron que con 25% de MO mezclada en el sustrato, se obtuvieron los valores más altos de las variables de crecimiento que tomaron y muestra que el aporte nutricional disponible de la MO no fue suficiente para lograr un desarrollo foliar que se pueda comparar a los programas de fertilización química.

El contraste 3 deja ver que existe diferencia significativa al incorporar MO en el sustrato y la aplicación de fertilizantes químicos contra aplicar únicamente los fertilizantes químicos. Al comparar las medias del peso seco total, se hace evidente que los tratamientos T1, T2 y T3 son los tratamientos con el mejor desarrollo. Este resultado es debido en parte al aporte nutricional de la MO y el mejoramiento en aspectos físicos del suelo, lo cual hace evidente que aspectos como porosidad del suelo, densidad aparente, capacidad de retención de humedad y mejor estructura (CATIE/GTZ et al., 2003; Julca-Otiniano et al., 2006) son factores que influyen en el desarrollo de las plantas.

El contraste 4 indica que existe diferencia significativa entre el uso de fertilizantes convencionales contra el uso de fertilizantes especializados, aunque no tan marcada como los anteriores, a considerar por las medias de peso seco total, los fertilizantes especializados producen un mejor desarrollo de las plantas de café. El fertilizante de liberación controlada liberó dosis pequeñas constantemente, mientras que el fertilizante hidrosoluble fue aplicado en intervalos cortos, lo que mejoró su eficiencia, lo cual se evidencia en un mejor resultado. Esta modalidad de aplicación es posible utilizando un sistema de fertirriego que pueda aplicar pequeñas dosis en intervalos de tiempo reducidos.

Por último, el contraste 5 indica que no existe diferencia en el uso de cualquiera de los fertilizantes especializados que se evaluaron durante el ensayo, y queda a consideración económica y conveniencia la aplicación de cualquiera de estos fertilizantes. Este resultado puede ser debido a que las aplicaciones de fertilizante hidrosoluble cada 2 semanas, igualaran el efecto del fertilizante de liberación controlada de dejar incorporarse a la solución del suelo pequeñas dosis de fertilizante, puesto que este es básicamente fertilizante hidrosoluble recubierto.

2.6.4 Análisis de crecimiento en altura

En el cuadro 20 se muestran los datos de altura tomados durante el desarrollo de las plantas de café en el tiempo que duró el ensayo en campo.

Cuadro 20. Datos de altura mensual promedio tomados a partir de la base de la planta hacia el ápice en cm.

Tratamiento	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto
T1	3.26	4.85	7.33	12.92	19.50	24.00
T2	3.27	4.92	7.52	13.38	19.13	23.58
T3	3.35	5.44	7.85	12.96	18.38	22.63
T4	3.27	4.52	7.00	11.17	17.25	20.67
T5	3.04	4.83	7.23	12.50	19.25	23.79
T6	3.29	4.90	7.75	13.21	18.67	23.21
T7	3.21	5.13	7.38	11.67	17.08	22.58
T8	3.21	5.13	6.77	9.04	10.92	12.13

En el cuadro anterior se observa la altura promedio de las plantas de cada tratamiento medidos mensualmente, a partir del primer mes después de haber sido trasplanto el café en estado de papalota.

En la figura 9 se muestra la curva de crecimiento generada a partir de los datos de altura mensual tomados durante a partir del primer mes después de haberse realizado el trasplante de las plantas de café en estado de papalota.

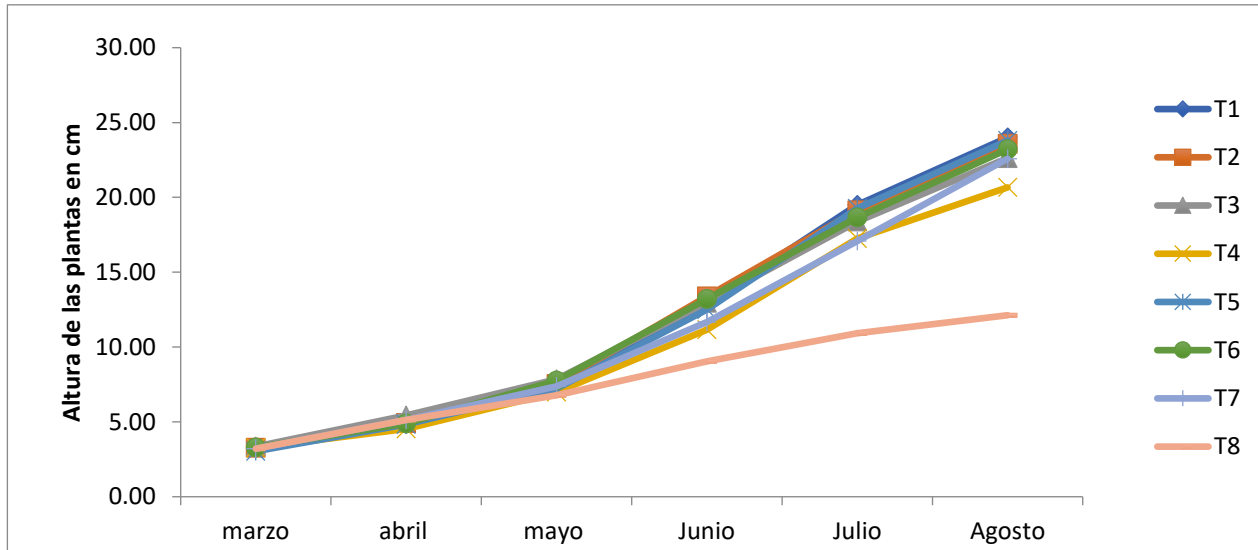


Figura 9. Gráfica de la curva de desarrollo de altura de las plantas de café durante los cinco meses de crecimiento, expresada en cm.

En la figura anterior se pueden observar de forma gráfica la alta respuesta de las plantas a los tratamientos con fuentes de nutrición, ya sea incorporando MO al sustrato únicamente, o fertilizantes químicos, lo que indica la elevada respuesta de las plantas de café a la aplicación de cualquier fuente de nutriente, aun en bajos niveles, demostrando que solamente la materia orgánica es capaz de nutrir las plantas de café, por lo menos en un tiempo de 5 meses que duró el ensayo para sobrepasar los 20 cm de crecimiento. Es de notar que, a pesar del aporte nutricional de la MO durante este ensayo como se detalla en el cuadro 8, la tasa de mineralización no es suficiente para suplir los requerimientos nutricionales de las plantas de café a partir del cuarto mes si se compara con los tratamientos con fertilización química.

Así mismo, se puede observar que durante los meses de marzo a mayo, la altura de las plantas presenta un desarrollo similar, época durante la cual el almácigo contaba con sombra artificial y riego por aspersión, las tasas de crecimiento fueron de 2.01 cm/mes, 1.87 cm/mes

y 1.78 cm/mes para los grupos A, B y C respectivamente. Debido a la sombra proporcionada no se dio un crecimiento estimulado por la radiación solar, lo que pudo deberse a que la demanda nutricional de las plantas fue relativamente baja, lo que explica que no se marquen diferencias en las tasas de crecimiento en ese momento.

De los meses de mayo en adelante se observa un cambio cuando se retira la sombra, coincidiendo con el establecimiento de la época lluviosa, lo que pudo originar un aumento en la tasa fotosintética y a la vez incremento de la demanda nutricional de las plantas, la tasa de crecimiento de las plantas aumentó considerablemente a 5.72 cm/mes, coincidiendo con las nuevas condiciones ambientales.

El testigo absoluto (T8) no fue capaz de cumplir la nueva demanda nutricional y presentó un resultado inferior, con una tasa de crecimiento mensual de 1.79 cm/mes. El testigo relativo (T4) si proporcionó una cantidad significativa de nutrientes mineralizados en ese momento, pero los nutrientes con disponibilidad inmediata fueron suficientes hasta el mes de julio mostrando una tasa de crecimiento al mes de julio de 5.13 cm/mes, como se puede observar en la gráfica, pues presenta un comportamiento de crecimiento allegado a los tratamientos fertilizados.

A partir de este mes, la tasa de mineralización de la MO no fue suficiente para suplir las necesidades nutricionales de las plantas de café del testigo relativo y el crecimiento decayó a 3.42 cm/mes. Mientras que los tratamientos fertilizados presentaron una tasa de crecimiento de 4.5 cm/mes, es decir, la nutrición aportada por los fertilizantes químicos logró suplir las necesidades nutricionales de las plantas por más tiempo sin agotarse.

2.6.5 Análisis de costos parciales de fertilización

En el cuadro 21 se presenta los costos parciales de la fertilización del almácigo de café, para cada uno de los tratamientos y ambos testigos.

Cuadro 21. Resumen de los costos de fertilización para cada uno de los tratamientos, en fertilizante, materia orgánica y aplicación, en quetzales.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	25% de Materia Orgánica (Pulpa tratada)				Sin MO adicional			
Insumo	LC	HS	CONV	Testigo	LC	HS	CONV	Testigo Absoluto
Fertilizante de liberación controlada	0.21	-	-	-	0.21	-	-	-
Hidrosoluble 1	0.04	0.10	-	-	0.04	0.10	-	-
Hidrosoluble 2	-	0.07	-	-	-	0.07	-	-
18-46-0	-	-	0.01	-	-	-	0.01	-
20-20-0	-	-	0.01	-	-	-	0.01	-
Yara mila® Hydran	-	-	0.01	-	-	-	0.01	-
Pulpa tratada	0.19	0.19	0.19	0.19	-	-	-	-
Aplicaciones								
Espequeada	0.01	-	0.07	-	0.01	-	0.07	-
Diluida	0.03	0.13	-	-	0.03	0.13	-	-
Costo de la aplicación	0.04	0.13	0.07	-	0.04	0.13	0.07	-
Total/bolsa	0.47	0.48	0.29	0.19	0.29	0.29	0.10	-
Para 3500 plantas	1,654.75	1,671.25	1,000.77	656.25	998.50	1,015.00	344.52	-

En el cuadro anterior, resumen de los costos de fertilización, se ve que el mayor costo lo tienen los tratamientos T1 y T2, que también son los tratamientos que presentan mayor peso seco total. Se puede observar también que los costos de los tratamientos T3, T5 y T6 son muy similares y que en la prueba de comparación de medias para peso seco total coinciden

en un mismo grupo Tukey, pues no presentan diferencia significativa en el peso total. A pesar de que el fertilizante de liberación controlada presenta la ventaja de requerir una única aplicación, la inversión que requiere su adquisición no es menor al costo de las aplicaciones mensuales del programa de fertilización convencional.

El tratamiento 3 es un 39.8% más económico que los tratamientos 1 y 2, y presenta una producción de biomasa total tan satisfactoria como los tratamientos mencionados. Respecto a T5 y T6, presentan un costo similar, pero el desarrollo radicular de T3 aumenta significativamente gracias al efecto de la MO, por lo que se puede considerar el tratamiento 3 el programa de fertilización que mejores resultados brinda respecto al costo que conlleva su uso, en otras palabras, brinda una mejor relación costo/beneficio.

2.6.6 Análisis foliar

En el cuadro 22 se muestra el resultado del análisis foliar de la parte aérea de las plantas de café, en el cual se ordenó en 3 grupos, testigo absoluto, testigo relativo y tratamientos con fertilización química, lo que coincide con el orden de los grupos de Tukey en la prueba múltiple de medias de peso seco foliar. El análisis se llevó a cabo en el laboratorio de suelo, planta y agua “Salvador Castillo Orellana” de la FAUSAC, en 2015.

Cuadro 22. Concentración foliar de nutrientes para cada grupo Tukey analizado según el muestreo de peso foliar.

Material	%					ppm					Peso total (g)
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	
Testigo	2.08	0.19	2.56	1.06	0.33	10	10	236	50	500	1.582
Sustrato + 25% M.O. volumen	3.25	0.25	2.88	0.94	0.29	10	10	310	50	600	7.170
tratamientos fertilizados	4.4	0.26	2.63	1	0.29	1	10	335	175	500	9.221

En el cuadro anterior, se observa que la mayor diferencia de nutrientes entre los tratamientos fertilizados químicamente, el testigo relativo y el testigo absoluto, es para el nitrógeno, mientras que en los demás nutrientes las concentraciones no varían mucho unas de otras, pero se marca cierta tendencia de mayor concentración de nutrientes en los tratamientos fertilizados, seguido del tratamiento con aporte de materia orgánica y por último el testigo. Al revisar el análisis del sustrato utilizado se observa que aparte del nitrógeno, las concentraciones de fósforo, potasio, nutrientes secundarios y menores, no son limitantes para el desarrollo de las plantas. En el cuadro 23 se muestra la extracción de nutrientes del sustrato que las plantas requirieron para su desarrollo, según el agrupamiento realizado.

Cuadro 23. Extracción de nutrientes para cada grupo de tratamientos analizados en el laboratorio.

Extracción (mg)	N	P	K	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	Ca
Tratamientos fertilizados	405.7	24.0	242.5	26.7	0.0	0.1	3.1	1.6	4.6	92.2
Sustrato + 25% de MO	233.0	17.9	206.5	20.8	0.1	0.1	2.2	0.4	4.3	67.4
Testigo	32.9	3.0	40.5	5.2	0.0	0.0	0.4	0.1	0.8	16.8

En el cuadro anterior se evidencia que los tratamientos fertilizados a pesar de presentar una concentración muy similar con el testigo relativo y el testigo absoluto, hay un mayor crecimiento debido al efecto del nitrógeno aportado por los fertilizantes químicos, al ser el nutriente limitante según el análisis químico del sustrato utilizado.

Lo que explicaría que un mayor crecimiento (gramos de materia seca) demanda mayor extracción de los demás nutrientes, manteniendo concentraciones similares como parte de su estructura, por lo que se dice que el nutriente limitante en este caso fue el nitrógeno, y que atendiendo a la Ley del Mínimo fue este el nutriente que limitó el desarrollo del testigo relativo y aún más para el testigo absoluto.

En el cuadro 24 se presenta el aporte de nutrientes que brindaron el sustrato y los materiales que se aplicaron para el desarrollo de las plantas de café, es decir, lo que las plantas aprovecharon del sustrato, lo que las plantas aprovecharon de la MO aportada y los nutrientes que las plantas tomaron del aporte de fertilizantes químicos.

Cuadro 24. Aporte de nutrientes de los materiales aplicados a las plantas de café.

Aporte (mg)	N	P	K	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	Ca
Sustrato	32.9	3.0	40.5	5.2	0.0	0.0	0.4	0.1	0.8	16.8
MO	200.1	14.9	166.0	15.6	0.1	0.1	1.8	0.3	3.5	50.6
Fertilizantes	172.7	6.0	36.0	5.9	-0.1	0.0	0.9	1.3	0.3	24.8
Fertilizantes + MO	372.8	21.0	202.0	21.5	0.0	0.1	2.7	1.5	3.8	75.4

En el cuadro anterior se observa que el aporte de nitrógeno por el sustrato es de casi 33 mg, lo que limita en este caso todo el crecimiento del tratamiento testigo. Luego se puede observar que el aporte de nitrógeno de la materia orgánica sobre el sustrato es más de la mitad de lo que aportaron únicamente los fertilizantes, lo cual explica que el testigo relativo, que cuenta únicamente con aporte de materia orgánica, es casi tan bueno como los tratamientos fertilizados, como sucedió con el nitrógeno, el aporte de los demás nutrientes de la materia orgánica es más de la mitad del aporte total, es decir, la materia orgánica, en un 25% del volumen total, aporta más de la mitad de los nutrientes extraídos por las plantas.

Cabe aclarar que el tiempo en que se desarrolló el ensayo fue de 5 meses, por lo cual pudo no haberse marcado mayor diferencia entre los tratamientos antes mencionados. El efecto de los tratamientos fertilizados sin aporte de MO se debió a la disponibilidad más inmediata de los nutrientes, ya que la disponibilidad nutricional de la MO es regida por la velocidad de la mineralización de la misma (CATIE/GTZ et al., 2003; Julca-Otiniano et al., 2006) y para el quinto mes, esta disponibilidad no fue suficiente, lo que se nota en la curva de alturas de las plantas.

En el cuadro 25 se indica la cantidad de cada nutriente que se aplicó en promedio de los 3 programas de fertilización química, y que se utilizaron luego para establecer la eficiencia promedio de los fertilizantes, en base las cantidades extraídas de nutriente, aportadas por los fertilizantes químicos y la cantidad que se aplicó en total.

Cuadro 25. Promedio de aporte nutricional de los 3 programas de fertilización.

	N	P₂O₅	K₂O	S	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	B	Mo
Aporte en mg	813.3	1023.3	500	456	56.7	0.3667	0.6	1.8333	0.7	0.8667	0.06

En el cuadro anterior se observa que los nutrientes con mayor aporte son nitrógeno y fósforo, a los cuales se les da mucho énfasis en la producción de plantas de cualquier especie, además, nutrientes como potasio y azufre se presentan en un aporte considerable. Haciendo énfasis en el nutriente limitante, el cual fue establecido anteriormente, el nitrógeno, tuvo una eficiencia promedio de 21.23%. Es decir, que, por cada gramo aplicado de nitrógeno total, la planta absorbió solamente 0.21 g.

En el cuadro 26 se presentan las eficiencias de los principales nutrientes que adicionaron los 3 programas de fertilización química a las plantas de café, con el fin de comparar si existen ventajas entre las clases de fertilizantes evaluados.

Cuadro 26. Eficiencia de los nutrientes de cada programa de fertilización empleado.

Eficiencia %	N	P₂O₅	K₂O	Mg	Zn
LC + HS	23.891	0.933	7.008	6.690	5.767
HS	26.585	0.547	6.289	13.661	5.888
Con	15.263	0.418	11.202	21.617	1.491
Promedio	21.234	0.591	7.204	10.497	3.418

En el cuadro anterior se puede observar que el fertilizante hidrosoluble al ser aplicado en pequeñas dosis a intervalos cortos presenta una eficiencia mayor que en el caso del tratamiento que aporta fertilizante de liberación controlada en el caso del nitrógeno, aun así,

estas dos fuentes de fertilizantes superan la eficiencia de los fertilizantes convencionales, para el nitrógeno.

Se ha hecho énfasis en este elemento, puesto que se ha determinado anteriormente que fue el factor nutricional limitante, lo que demuestra por qué los tratamientos T1 y T2 mejoran los resultados en la producción de plantas, esto coincide en que la disponibilidad de los nutrientes que aportan los fertilizantes especializados es mayor que lo aportados por fertilizantes convencionales según (Chavarría Vidal, 2013). En el caso del fósforo, el tratamiento con fertilizante de liberación controlada demostró mejorar la eficiencia del fósforo, al irse incorporando a la solución del suelo lentamente, elemento que tiende a fijarse en poco tiempo en el suelo (Cerón & Aristizábal, 2012) a lo cual la incorporación inmediata al suelo de los fertilizantes hidrosolubles y convencionales puede haber sido afectada.

2.7 CONCLUSIONES

1. El tratamiento que presenta un mejor desarrollo total (foliar y radicular) es el tratamiento T1, el cual incluye fertilizante de liberación controlada, fertilizante hidrosoluble rico en fósforo y 25% de material orgánico (pulpa de café tratada con cultivos iniciadores de bacterias).
2. Se determinó que la mejor opción para ser adoptada por los productores de almácigos de café de San Rafael Cacaotal es el tratamiento T3, fertilización convencional y 25% de material orgánico (pulpa de café tratada con cultivos iniciadores de bacterias) sobre volumen, ya que estadísticamente produce el mismo desarrollo que el tratamiento que produce más biomasa foliar y la incorporación de materia orgánica brinda un aumento significativo en el desarrollo de la planta, considerando que el costo de este programa es un 40% menor que los programas de fertilización con fertilizantes especiales.

2.8 RECOMENDACIONES

1. El tratamiento más viable para su implementación en la comunidad de San Rafael Cacaotal, considerando el costo, la facilidad de su implementación, la familiaridad de su uso y el efecto positivo en el desarrollo de la planta de café es el de la fertilización convencional, empleando una mezcla que considere un 25% de pulpa de café descompuesta.
2. El uso de fertilizantes de liberación controlada puede ser mejor adaptado a producciones a una escala mayor, en donde el factor limitante no sea el costo de los fertilizantes y la dificultad para obtenerlos, sino la disponibilidad de mano de obra para realizar las fertilizaciones.
3. Así mismo para el caso de los fertilizantes hidrosolubles, se puede aprovechar de mejor manera la ventaja de su alta solubilidad para aplicarlo en donde se cuente con sistemas de riego localizado, lo que facilita su aplicación y reduce la necesidad de contar con mano de obra, independientemente del costo que esta represente.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Nacional del Café Guatemala, (ANACAFE). (2006). *Guía técnica de caficultura*. Guatemala: Asociación Nacional del Café.
2. Bello, M. A., & Pino, M. T. (2000). Metodologías de Fertirrigación. *Boletín INIA*, (19), 1–20. Retrieved from <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/INIA+-+NR25630+METODOLOGIA+DE+FERTIRRIGACION.pdf/577110563/INIA+-+NR25630+METODOLOGIA+DE+FERTIRRIGACION.pdf>
3. Beyra Cervantes, R., Castro Lizazo, I., Cabrera Alfonzo, J. R., Fernández Valdéz, D., & Fernández Valdéz, D. (2015). Efecto de la pulpa de Coffea arábica L., sobre suelos del macizo montañoso Guamuhaya. *Bioteconología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 24(2), 38–43.
4. Blanco, F. A. (2001). Métodos apropiados de análisis estadístico subsiguientes al análisis de varianza (ANDEVA). *Agronomía Costarricense*, 25(1), 53–59. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43625105>
5. Boaretto, A., Muraoka, T., & Trevelin, P. (2008). Uso eficiente del nitrógeno de los fertilizantes convencionales. *Informaciones Agronómicas*, (68), 13–14. Retrieved from [https://ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/EF0539C4F335C93405257402006BEBC4/\\$file/Uso+Eficiente+del+Nitrógeno+de+los+Fertilizantes+Convencionales.pdf](https://ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/EF0539C4F335C93405257402006BEBC4/$file/Uso+Eficiente+del+Nitrógeno+de+los+Fertilizantes+Convencionales.pdf)
6. CATIE/GTZ, Universidad de Costa Rica, C. de investigaciones A., & Cámara de Insumos Agropecuarios no Sintéticos. (2003). Taller de abonos orgánicos día lunes 3 de marzo. Sabanilla, Costa Rica: CATIE / UCR / CANIAN.
7. Cerón, L., & Aristizábal, F. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(1), 285–295. Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/32889/32937>
8. Chavarría Vidal, A. E. (2013). *Eficiencias de tres dosis de fertilizantes de las fuentes hidrosoluble, granulado convencional y liberación lenta en la producción de chile dulce (Capsicum annum) c.v. Nathalie en invernadero, en Cartago, Costa Rica*. Universidad de Costa Rica. Retrieved from <http://163.178.205.27:8080/xmlui/handle/123456789/146>
9. Cisneros, C., Franco, J. M., Realpe Fernández, M., & Fuenmayor, J. C. (2017).

Influencia de microorganismos en la disponibilidad de fósforo en plántulas de café (*Coffea arabica*). *Bioteconología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(1), 19. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(15\)19-26](https://doi.org/10.18684/BSAA(15)19-26)

10. Conti, M. E. (1987). *Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo*. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Cátedra de Edafología. Retrieved from [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/C2645DDD711C34D303257967007D6ED5/\\$FILE/AA4.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/C2645DDD711C34D303257967007D6ED5/$FILE/AA4.pdf)
11. De La Cruz, J. R. (1983). *Mapa de zonas de vida, según el sistema Holdridge, de la república de Guatemala*. Guatemala. Retrieved from <http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/maps/nac/250/ambientales/vegetacion/zonas-de-vida.pdf>
12. FAO, & International Fertilizer Association, (IFA). (2002). *Los fertilizantes y su uso*. Roma, Italia: FAO / IFA. <https://doi.org/fertuso.pdf>
13. Gobierno de Guatemala, Programa Nacional de Resarcimiento, (PNR). (2013). *Medida de restitución material en su modalidad de inversión productiva: Plantación, mantenimiento y renovación de café, en asocio con plátano y aguacate, Comunidad San Rafael Cacaotal, Municipio de Guanagazapa, Departamento de Escuintla, Guatemala*. Guatemala.
14. Guzmán-Ortiz, M. (2004). *Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento*. México: Limusa.
15. ICAFE, & CICAPE. (2009). *Evaluación de fertilizantes para almácigo en bolsa*. San José.
16. Julca-Otiniano, A., Meneses-Florian, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49–61. Retrieved from <http://www.scielo.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.pdf>
17. Red Agrícola. (n.d.). Fertilizantes de liberación lenta, controlada y estabilizados. Retrieved August 30, 2014, from <http://www.redagricola.com/fertilizantes-liberacion-lenta-controlada-estabilizados/>
18. Romano, J., Figueroa, A., Gaime-Perraud, I., Gutiérrez-Rojas, M., & Saucedo-

Castañeda, G. (2001). *Determinación del comportamiento de la densidad de la pulpa de café en FMS*. Retrieved from http://www.researchgate.net/publication/260907177_DETERMINACION_DEL_COMPORTAMIENTO_DE_LA_DENSIDAD_DE_LA_PULPA_DE_CAFE_EN_FMS_POSTER

19. Salamanca-Jiménez, A., & Sadeghian-Khalajabadi, S. (2008). Almácigos de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica. *Cenicafé*, 59(2), 91–102.
20. Salamanca Jiménez, A., & Sadeghian Khalajabadi, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé*, 56(4), 381–397. Retrieved from [http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/163/1/arc056\(04\)381-397.pdf](http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/163/1/arc056(04)381-397.pdf)
21. Secretaria de Agricultura Ganaderia Desarrollo Rural Pesca y Alimentación México (SAGARPA). (2007). *Sistemas de agronegocios agrícolas: abonos orgánicos*. México: Colegio de postgraduados. Retrieved from http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos_organicos.pdf
22. Stewart, W. M. (2007). Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. *Informaciones Agronómicas*, (68), 1–7. Retrieved from [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/40ad1eee26c802f005257a5300510c6d/\\$FILE/ATTCNQIX.pdf/Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/40ad1eee26c802f005257a5300510c6d/$FILE/ATTCNQIX.pdf/Consideraciones%20en%20el%20uso%20eficiente%20de%20nutrientes.pdf)
23. Tobias, H. (2010). *Cartografía de suelos en Guatemala; cartografía convencional de suelos*. Guatemala: USAC, Facultad de Agronomía. Retrieved from http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/Library/Maps/LatinAmerica_Atlas/Meeting2010/08Sep/14_Guatemala.pdf
24. Wong González, E. (2010). ¿Después De Un Análisis De Variancia...Qué? Ejemplos En Ciencia De Alimentos 1. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 1–8.

2.10 ANEXOS



Fuente: propia (2015)

Figura 10A. Fotografía de la aplicación espequeada a doble postura del fertilizante de liberación controlada Basacote®.



Fuente: propia (2015)

Figura 11A. Fotografía de la aplicación diluida de fertilizantes hidrosolubles y convencionales.



Fuente: propia (2015)

Figura 12A. Fotografía de la aplicación de biodegradante comercial para acelerar la descomposición de la pulpa de café.

Capítulo III

Informe de servicios prestados durante el EPS cohorte agosto 2014-mayo2015 en la cooperativa agrícola integral “Las Murallas de Campeche”, Responsabilidad Limitada, ubicada en la comunidad San Rafael Cacaotal, Guanagazapa, Escuintla, Guatemala, C.A.

3.1 PRESENTACIÓN

Los servicios profesionales fueron realizados en la Cooperativa Agrícola Integral “Las Murallas de Campeche”, R.L., figura creada por los agricultores de la comunidad de San Rafael Cacaotal, en el municipio de Guanagazapa, Escuintla, por lo que se atendieron necesidades de los agricultores de la localidad, específicamente el sector caficultor. Como parte del ejercicio profesional supervisado, se consideran los servicios profesionales que se prestan en favor de la institución donde se lleva a dicha actividad, por lo que a continuación se presenta un informe sobre los servicios desarrollados entre los meses de agosto, 2,014 a mayo, 2,015.

La mayoría de caficultores de la comunidad antes mencionada, en el pasado fueron víctimas del Estado de Guatemala, durante el conflicto armado interno, por lo que en el año 2,014 fueron beneficiados por un proyecto productivo de capital semilla, en resarcimiento por los daños y pérdidas durante la guerra interna, dentro del cual se consideraba el recibimiento de asistencia técnica, parte de la cual fue cubierta por el programa de EPS, brindando las capacitaciones sobre el proceso de producción de plantas en almácigos y sobre el procesamiento de café en lo que se conoce como beneficiado húmedo. A la vez, se llevó a cabo la administración del almácigo de café para la siembra en terreno propiedad de la cooperativa.

3.2 CAPACITACIÓN TÉCNICA A LAS FAMILIAS PRODUCTORAS DE CAFÉ ASOCIADAS A CIAMCA R.L

Parte de las funciones como parte del cuerpo técnico de CIAMCA R.L. era preparar a los beneficiarios del proyecto de renovación, mantenimiento y siembra de cafetales para el manejo de los semilleros y de los almácigos para la renovación y establecimiento de nuevas siembras o resiembras y el procesamiento postcosecha de su producción. Se realizaron dos capacitaciones, la cuales fueron sobre el proceso de beneficiado húmedo y secado del café y sobre manejo de semilleros y almácigos de café.

3.2.1 OBJETIVOS

A. Objetivo General

Impartir capacitaciones a los caficultores socios de CIAMCA R.L. sobre temas de procesamiento de cosecha y producción de almácigos de café.

B. Objetivos Específicos

1. Capacitar a los cooperativistas sobre el uso adecuado del equipo de despulpado y proceso de beneficiado húmedo y secado del café.
2. Preparar mediante capacitación a los beneficiarios del capital semilla de renovación de plantaciones para la realización de semilleros y almácigos de café.

3.2.2 METODOLOGÍA

Las capacitaciones brindadas a los productores de café de San Rafael Cacaotal fueron brindadas previo a las fechas en la cuales se llevarían a cabo dichas actividades, para preparar a caficultores en llevar a cabo de forma correcta las labores correspondientes. Además de brindar la información correspondiente de forma oral, también se realizaron de forma demostrativa las capacitaciones brindadas.

A. Materiales y equipo

- Computadora personal
- Proyector y pantalla para proyector
- Apuntador laser
- Despulpador motorizado
- Recipientes plásticos
- Muestras de café maduro y despulpado
- Arena blanca y tierra
- Cajón de madera
- Bolsas de polietileno
- Muestras de semillas
- Bomba de mochila de 16 L
- Vaso medidor

3.2.3 RESULTADOS: CAPACITACIONES IMPARTIDAS**A. Capacitación del proceso de beneficiado húmedo del café: despulpado, lavado y secado**

Esta capacitación se brindó durante la cuarta semana del mes de septiembre del año 2014, durante estas fechas los frutos de café comienzan a madurar en la región y se pudo desarrollar una capacitación demostrativa, para ello se convocó a los cooperativistas a las instalaciones del polideportivo de la comunidad, quienes recibieron equipo para despulpado de café motorizado.

a. Fase oral

Se realizó una presentación a los cooperativistas enfocada en los aspectos teóricos del beneficiado del café, como lo son características del equipo, aspectos fisiológicos del correcto procesamiento del café, proceso correcto del beneficiado, secado y almacenamiento del café procesado. Durante la charla se hizo de su conocimiento la correcta operación del equipo y se señalaron los mandos del motor y ajustes del despulpador. Se explicaron las

condiciones en que el café se debe encontrar para el despulpado, fermentación y lavado del grano de café, así como el proceso de secado y características del grano seco listo para su almacenamiento.

b. Fase demostrativa

Una vez dadas las explicaciones teóricas del proceso, se procedió a la demostración práctica con el equipo propiedad de la cooperativa y una muestra de café maduro y café despulpado del día anterior, se procedió a hacer una demostración del funcionamiento del equipo en cuestión, desde las características del motor, procedimiento de arranque y la forma correcta de verter el grano maduro en el despulpador para evitar problemas de atrancamiento o pobre separación entre la pulpa de café y el grano de café.

Con el café despulpado del día anterior, se realizó una demostración de las características que debía tener el grano cuando estuviera listo para ser lavado, después de haber sido fermentado en recipientes plásticos. El proceso de fermentación de café se realiza con el fin de que el mucilago que recubre al grano se desprenda de este, de llevarse a cabo correctamente el procedimiento, dependen aspectos de calidad y sabor del aromático. Una escasa fermentación puede provocar que el café se siga fermentando aún durante los primeros días de secado y adquirir un sabor vinoso; o una sobrefermentación, que afecta la calidad del mismo modo. Para identificar el punto óptimo del lavado del café, se debe introducir una vara entre los granos, el agujero formado no tiene que desplomarse, sino que se quedará intacto.

Debido a que no se contaba en su momento con granos secos, no se pudo demostrar la vista del grano en el punto de secado óptimo para su almacenamiento, por lo cual, esto se limitó a la demostración por medio de fotografías.

B. Capacitación sobre elaboración de semilleros y almácigos de café

Parte del proyecto era el establecimiento de 1 mz de café, para lo cual los productores serían los encargados de producir, cada caficultor, sus propias plantas con la variedad que ellos consideraban adecuadas para el cultivo. Por lo cual, se procedió como cuerpo técnico de la cooperativa, a brindar la capacitación correspondiente sobre la elaboración de semilleros,

sustratos adecuados, desinfección y desinfestación de los mismos, trasplante a bolsa, sombra y fertilización. Esta fue realizada en la cuarta semana de octubre del 2014, previo al inicio de las actividades de producción del almácigo, dividiéndose en una fase oral y otra fase demostrativa.

a. Fase oral

Se dieron a conocer las consideraciones que se deben tener en la realización del almácigo, desde la elaboración del semillero hasta la fertilización, indicando cual sería en manejo programado por el cuerpo técnico de la cooperativa para llevar a cabo la producción de los almácigos, sustratos para semilleros, fuentes y dosis de fertilizantes a emplear e insumos para sanidad vegetal a emplear. Esto se dio a conocer mediante una presentación realizada en el polideportivo de la comunidad.

b. Fase demostrativa

Con apoyo de personal técnico de ANACAFÉ, se organizó a los cooperativistas en 3 grupos, los cuales rotarías en diferentes estaciones elaboradas para explicar distintos procesos en la producción de plantas, siendo las siguientes:

1. Elaboración de semilleros
2. Llenado de bolsa y colocación
3. Aplicación de insumos a la bolsa

Elaboración de semilleros

En esta estación se indicaron cuales debían ser las formas de distribución de la semilla en el semillero que permitieran una buena germinación, buen enraizamiento y suficiente ventilación para reducir el riesgo de aparición del complejo Damping off. Se indicó cual sería el sustrato a utilizar y las dimensiones necesarias para obtener plántulas suficientes al momento del trasplante a bolsa. Así como cuál debía ser el manejo necesario para la germinación de la semilla, cobertura y necesidad de riego.

Llenado de bolsa y colocación

En esta estación se demostraron el correcto llenado de los contenedores a emplear, para lo cual se emplearían bolsas de polietileno negro de 5"X7", medida propuesta por los productores que se utilizaría en la producción del almácigo. Luego se indicó cual sería el distanciamiento y la disposición en que se colocarían las bolsas para permitir acceso al almácigo para manejos posteriores y ocupar un espacio que fuese óptimo para el manejo en poco espacio.

Aplicación de insumos a la bolsa

En esta estación se demostraban las metodologías que se podían emplear para realizar aplicaciones de insumos agrícolas en los contenedores de las plantas de café, fuesen insumos diluidos en agua como fungicidas o en forma granular, como los fertilizantes. En el caso de aplicaciones diluidas, se demostró el procedimiento para calibrar al aplicador a adicionar la cantidad más precisa posible de la mezcla, y se demostró la forma adecuada de realizar aplicación granuladas, utilizando medidas y aplicándolas de forma espequeada. En la figura 1 se observan las tres estaciones anteriormente descritas. En la figura 13 se observan fotografías de la capacitación desarrollada.



Fuente: elaboración propia, 2015.

Figura 13. Fotografías de capacitación en desarrollo.

A) formas de colocar la semilla de café en el semillero. B) Calibración de equipo de aplicaciones diluidas. C) Colocación de bolsas de almácigo. D) Cobertura de semilleros.

3.2.4 EVALUACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE METAS

Debido a que las capacitaciones brindadas coincidían con las asambleas mensuales que realizaban los cooperativistas, con el fin de ocupar de mejor manera su tiempo, estas fueron impartidas a los 65 productores beneficiarios del proyecto de inversión. Sobre la capacitación de manejo beneficiado húmedo de café, se hizo énfasis en los productores que no habían realizado dicho procedimiento con anterioridad, quienes se mostraron satisfechos por la información brindada, mientras que los caficultores que ya habían realizado estos trabajos anteriormente se mostraron interesados por el refuerzo brindado para mejorar sus procesos. En lo que fue la capacitación de elaboración de semilleros y almácigo, se observó una homogenización en la elaboración de los mismos, misma que más adelante ayudó a la

supervisión técnica y garantizar el cumplimiento de los procesos para la obtención de las plantas de café requeridas.

3.2.5 CONCLUSIONES

1. Los beneficiarios del proyecto de capital semilla para la plantación, mantenimiento y renovación de cafetales fueron equipados con la maquinaria necesaria para llevar a cabo el procesamiento de sus cosechas de café, por lo cual, para asegurar el uso adecuado de la maquinaria y un buen procesamiento de la cosecha, recibieron la capacitación sobre el tema empleando una modalidad oral y otra demostrativa, con el fin de acallar dudas de la primera parte.
2. Previo al inicio de llevarse a cabo la producción de plantas para la siembra de nuevas plantaciones de café, se brindó la capacitación sobre elaboración de semilleros y producción de almácigos a los beneficiarios del proyecto anterior, con lo cual, se homogenizó la metodología empleada y se logró la coordinación temporal de los distintos procesos requeridos en dicha actividad.

3.3 ELABORACIÓN DE SEMILLERO Y PRODUCCIÓN DEL ALMÁCIGO PARA LA SIEMBRA DE 1 mz DE CAFETAL PROPIEDAD DE CIAMCA, R.L.

Como parte del proyecto de renovación de cafetales del cual fueron beneficiarios los asociados a la cooperativa, se producirían más de 160,000 plantas de café, de las cuales cada uno de los asociados produciría el equivalente de plantas para sembrar una manzana de cafetal, es decir 2,500 plantas. Cabe mencionar que el almácigo de café sería injertado, la variedad comercial Catimor (*Coffea arabica* L.) sobre la variedad portainjerto Robusta (*C. canéfora* L.), por lo cual se debían considerar aspectos como establecer un semillero para cada tipo de café, sembrar previamente la variedad a utilizar como patrón y un manejo fitosanitario más exigente para asegurar la disponibilidad de ambos materiales.

3.3.1 OBJETIVOS

A. Objetivo General

Producir 2,500 plantas de café injertado para ser sembrados en la extensión de 1 mz propiedad de CIAMCA, R.L.

B. Objetivos Específicos

1. Producir un semillero de al menos 2,500 plántulas de portainjerto y al menos 2,500 plántulas de variedad comercial.
2. Obtener la cantidad de plantas necesarias para la siembra de 1 mz de terreno con una plantación nueva de café resistente a roya.

3.3.2 METODOLOGÍA

- Se elaboraron los semilleros, considerando 3,000 plantas injertadas.
- Se preparó el terreno donde se colocó la bolsa y se cubrió con malla sombra.
- Se desinfestó y desinfectó es sustrato previo al trasplante.

- Una vez las plántulas de café comercial estuvieron listas, se procedió a injertarlas sobre la variedad portainjerto y se trasplantaron a la bolsa.
- Se fertilizó el almácigo mensualmente, empleando fertilizantes con una cantidad considerable de fósforo y con fertilizantes foliares.
- Establecidas las lluvias, fue retirada la malla sombra.
- A una edad de 5 meses después de trasplantado, con un primer par de ramillas, se trasplantó a campo definitivo 2,350 plantas de café injertado resistente a roya.

A. Materiales y equipo

- Arena blanca
- Tierra negra
- Broza de bosque
- Colador con agujeros de un diámetro de ¼"
- Azadones
- Regaderas
- Restos de zacate
- Bolsa de polietileno
- Bomba de mochila de 16 L
- Vydate® 24 SL
- Prevalor® 84 SL
- Fertilizantes granulados
- Fertilizante foliar

3.3.3 RESULTADOS

La elaboración de los semilleros fue una actividad que llevaron a cabo todos los beneficiarios del proyecto de inversión, por lo cual se calendarizaron las siembras de semilleros para evitar traslapes en el proceso de injertación programado más adelante. Los semilleros se realizaron en un contenedores de 1 m de ancho, por 3 metros de longitud y 0.2 m de profundidad, se relleno con la arena previamente colada y se trató con agua hirviendo, aplicando sobre toda

la arena. Eliminando con esto esporas y huevecillos que afectaran el semillero más adelante. Durante la cuarta semana de octubre del 2014 se elaboró el semillero de la variedad portainjerto, 2 semanas después, segunda semana de noviembre de 2014 se realizó el semillero de la variedad comercial. En la figura 14 se observa el semillero portainjerto elaborado.



Fuente: elaboración propia, 2014.

Figura 14. Semillero de café con distribución de semilla en bandas.

La variedad portainjerto, *Coffea canephora*, debe de estar más madura previo al procedimiento de injertación sobre la variedad comercial, *C. arabica*, por lo cual el semillero del portainjerto se debe realizar 15 días antes que la variedad comercial. Es por ello que la realización de los semilleros se hizo en 2 etapas.

En la segunda semana de diciembre se realizó la preparación del terreno donde se llevó a cabo el almácigo de café, llevándolo a cabo en un terreno ligeramente inclinado, por lo que se trazó la dirección de los surcos de bolsas en curvas a nivel. La siguiente semana se realizó el llenado de bolsa y se colocó en el terreno preparado para el almácigo. El sustrato utilizado fue una mezcla de tierra, arena blanca y broza, en proporción 2:1:1, cernidos en malla con agujero de $\frac{1}{4}$ ". En la figura 15 se observa la bolsa de polietileno ya distribuida en

campo y el sistema de riego por aspersion al centro para cubrir el total de plantas a desarrollar.



Fuente: elaboración propia, 2015.

Figura 15. Distribución de bolsas de almácigo, sistema de riego y sombra artificial.

En la segunda semana del mes de enero de 2015 se instaló un sistema de riego para el manejo en época seca, de febrero a mayo y se colocó malla sombra con 70 % de sombra y 30 % de luz. Esa misma semana se realizó la desinfección del sustrato, aplicando 50 cc de una solución de Vydate® (Oxamyl) de 50 cc de producto comercia/bomba de 16 L. En la siguiente semana, se desinfectó el suelo aplicando 50 cc de una solución de Prevalor® (Propamocarb + Fosetyl Aluminio) en una concentración igual que la anterior. En la figura 16 se muestran las plantas de café trasplantadas a bolsa, previamente injertadas, con el sistema de riego en funcionamiento.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura 16. Plantas de café recién trasplantadas.

El trasplante se llevó a cabo la cuarta semana del mismo mes, las plántulas se injertaron previo a dicha actividad y durante las 3 semanas siguientes se regó todos los días, dos veces al día, por 10 minutos, para mantener una humedad relativa elevada, hasta asegurar el pegue del injerto. Se contrató personal capacitado en injertación en café, empleando el método de injerto Reyna, el cual es un injerto tipo púa, fijando los cortes con cinta Parafilm® y luego remojando las plantas injertadas en una solución de Banrot® a razón de 25 cc en 5 L de agua para reducir el riesgo de que las plantas se vieran afectadas por el mal de talluelo. En la figura 17 se puede observar la aplicación manual de fertilizante a la bolsa de café de forma espequeada.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura 17. Fertilización granulada del almácigo de café.

El manejo nutricional dio inicio en la primera semana de marzo del mismo año, en cuanto aparecieron las primeras hojas verdaderas, aplicando una vez al mes fertilizante junto con aplicaciones de fertilizantes foliar, hasta el mes de julio. La fertilización del almácigo se dividió en varias aplicaciones, empleando fertilizantes granulados con alto contenido de fósforo y una última aplicación con un fertilizante completo. El control de malezas se realizó de forma manual, ya que el tamaño del almácigo no abarcaba una gran extensión y para reducir el riesgo de intoxicar las plantas por malas aplicaciones de herbicida. La maleza se arrancó manualmente de la bolsa y se realizaron limpiezas con azadón en las calles del almácigo.

A finales del mes de mayo, se retiró la malla sombra, aprovechando el inicio de las lluvias y el efecto positivo en el crecimiento que ocasiona la exposición directa al sol, además del endurecimiento para condiciones de campo que esto provoca. En la figura 18 se observa el almácigo de café a sol directo, en aclimatación a campo definitivo, previo al trasplante.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura 18. Almacigo de café en proceso de aclimatación para trasplante en el mes de junio del 2015.

3.3.4 EVALUACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE METAS

Las plantas de café producidas se encontraban listas para trasplante en el mes de agosto, época en la cual se suele trasplantar el café en el lugar, beneficiados con fuerte precipitación entre los meses de agosto a octubre y una humedad relativa considerablemente alta que permanece hasta finales del mes de noviembre, así como precipitaciones tempranas en el mes de febrero, según experiencia de agricultores de la localidad. Debido a que el EPS finaliza en el mes de mayo, no fue posible estar presente en el mes del trasplante, pero en un conteo realizado en mayo durante la fertilización, se alcanzó una cifra de 2,500 plantas totales, por lo cual se espera que para el trasplante a campo definitivo haya sido posible contar con las 2,300 plantas requeridas para la siembra cafetal de 1 mz de extensión.

3.3.5 CONCLUSIONES

Durante el proceso de injertación de café para el almácigo de la cooperativa, se contabilizaron 2,790 injertos realizados. Considerando que, del total de injertos efectuados, un equivalente número de plantas provienen del portainjerto y al mismo tiempo de la variedad comercial, se produjeron más de 2,500 plantas de cada especie, 290 plantas más de los esperado.

Según el distanciamiento planificado para la nueva plantación, se requerirían 2,333 plantas de café para cubrir 1 mz de extensión. Para el mes de mayo se contabilizaban 2,500 plantas en el almácigo, por lo que se espera que el total de plantas después de seleccionadas para su trasplante haya sido suficiente para cubrir la extensión planificada que cubriría el capital semilla del mismo proyecto.

Ref. SAIEPSA.44. 2018

Guatemala, 18 de septiembre de 2018

TRABAJO DE GRADUACIÓN: EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICOS EN COMBINACIÓN CON MATERIA ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE ALMÁCIGOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL CACAOTAL, GUANAGAZAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: EDUARDO MUÑOZ FRANCO

No. CARNÉ: 201015226

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICOS EN COMBINACIÓN CON MATERIA ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE ALMÁCIGOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL CACAOTAL, GUANAGAZAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. César Linneo García
Dr. Anibal Sacbajá Galindo
Ing. Agr. Silvel A. Elías Gramajo

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“Id y enseñad a Todos”

Ing. Agr. Silvel A. Elías Gramajo
Docente – Asesor de EPS y Coordinador Area Integrada





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA –FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES –IIA-



REF. Sem. 43/2018

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICOS EN COMBINACIÓN CON MATERIA ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE ALMÁCIGOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL CACAOTAL, GUANAGAZAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: EDUARDO MUÑOZ FRANCO

CARNÉ: 201015226

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. César Linneo García
Dr. Aníbal Sacabajá Galindo
Ing. Agr. Silvel Elías

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.


Dr. Aníbal Sacabajá Galindo
A S E S O R


Ing. Agr. Silvel Elías
SUPERVISOR-ASESOR


Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DIRECTOR DEL IIA

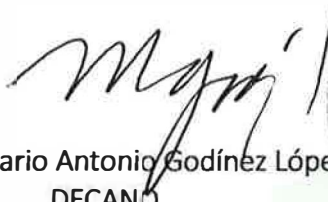


WNR/nm
c.c. Archivo

No. 53-2018

Trabajo de Graduación:	"EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICOS EN COMBINACIÓN CON MATERIA ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE ALMÁCIGOS DE CAFÉ (<i>Coffea arabica</i> L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL CACAOTAL, GUANAGAZAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A."
Estudiante:	Eduardo Muñoz Franco
Carné:	201015226

"IMPRÍMASE"


Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
DECANO

