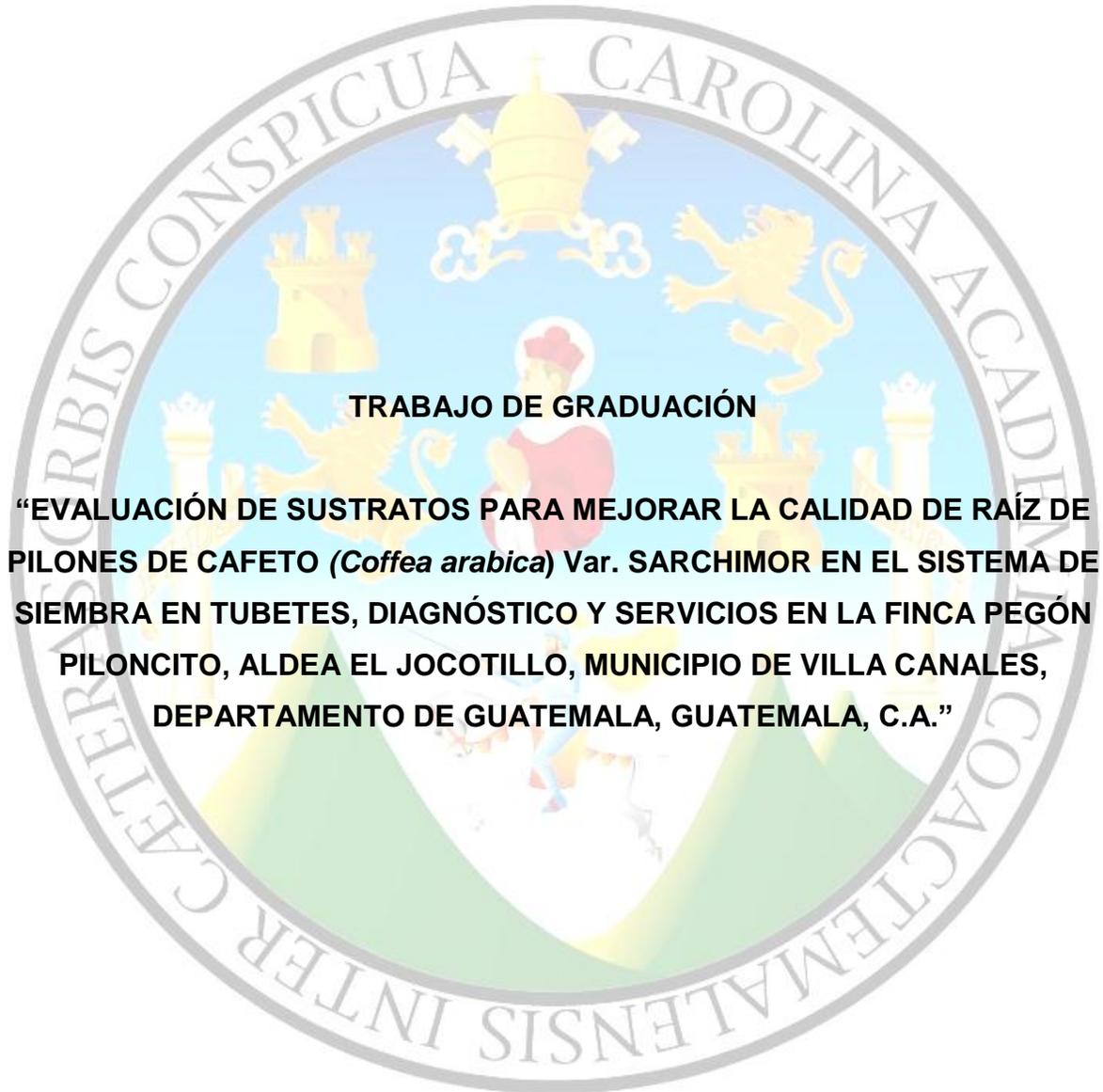


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE RAÍZ DE
PILONES DE CAFETO (*Coffea arabica*) Var. SARCHIMOR EN EL SISTEMA DE
SIEMBRA EN TUBETES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN LA FINCA PEGÓN
PILONCITO, ALDEA EL JOCOTILLO, MUNICIPIO DE VILLA CANALES,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.”**

JEFFREY RENÉ CABRERA MAYÉN

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES**

**EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE RAÍZ DE PILONES
DE CAFETO (*Coffea arabica*) Var. SARCHIMOR EN EL SISTEMA DE SIEMBRA EN
TUBETES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN LA FINCA PEGÓN PILONCITO, ALDEA
EL JOCOTILLO, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE
GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.”**

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

POR

JEFFREY RENÉ CABRERA MAYÉN

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

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

RECTOR

Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr.	Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr.	Tomás Antonio Padilla Cámbara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M.A.	César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.Sc.	Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	P. Agr.	Walfer Yasmany Godoy Santos
VOCAL QUINTO	P. Contadora	Neydi Yasmine Juracán Morales
SECRETARIO	Ing. Agr.	Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

Guatemala, noviembre de 2017

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el Trabajo de Graduación titulado: “Evaluación de sustratos para mejorar la calidad de raíz de pilones de cafeto (*coffea arabica*) var. sarchimor en el sistema de siembra en tubetes, diagnóstico y servicios en la finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala, Guatemala, C.A.”, como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Jeffrey René Cabrera Mayén

ACTO QUE DEDICO

A:

- Dios:** Ser supremo que me dio la vida, porque sin él no hubiera alcanzado este gran éxito.
- Mis padres:** Ing. Agr. Melinton Vinicio Cabrera Linares, por todo el apoyo brindado durante esta etapa, gracias por todos los consejos y paciencia porque con tu ejemplo has hecho que sea una persona de bien. Siempre creíste en mí y me alentaste en momentos difíciles. Este logro te lo dedico especialmente “Papito seguiré tu camino”. Te quiero mucho
- Ruth Giovanna Mayén Torres de Cabrera. Gracias por todos los consejos y compañía durante esta etapa, por hacer de mí una persona responsable y dedicada a mis tareas. Este logro te lo dedico especialmente Te quiero mucho.
- Mis hermanos:** Licda. Ruth Mariela Cabrera Mayén e Ing. Melinton Vinicio Cabrera Mayén. Por siempre estar al pendiente de mi e impulsarme a seguir adelante, son un gran ejemplo de lucha y perseverancia para poder lograr esta meta, los quiero mucho.
- Mi hijo:** Porque serás el pilar fundamental de mi vida. Porque día a día luchare por ti.
- Mis abuelitos (as):** María Concepción Torres Celada (Q.E.P.D): Porque siempre estuviste al pendiente de mí en todo momento, gracias por todos los consejos y por tu compañía. Te quiero mucho Conchita.
- José Guillermo Mayén Solares (Q.E.P.D): Un recuerdo a su memoria.

Graciela Elisa Linares Ordoñez: Por ser tan especial, porque aun estando lejos siempre estas al pendiente de mí. Te quiero mucho Greis.

Prof. Laurencio Cabrera Zelada (Q.E.P.D): Porque con tu humildad y sabiduría me enseñaste hacer una persona responsable y servir a los demás Te quiero mucho Papito.

Mis tíos (as):

Gladis Dinora Cabrera Linares, de manera muy especial un agradecimiento de mi parte, gracias por tus consejos y apoyo.

Cándido Cabrera Linares (Q.E.P.D). Por todo tu cariño y apoyo.

Concepción de María Alvarado Linares (Q.E.P.D) Por todo tu cariño y apoyo.

Ing. Agr. Edwin René Zaparolli Torres. Por todo tu cariño y apoyo.

Mis primos (as):

Licda. Mariela Nikte de León Regil, Licda. Elisa María, Alejandra, Andrea, Brenda Ordoñez, Marvin Estuardo (agradecimiento especial, gracias por los consejos y apoyo), Víctor Manuel, Giancarlo André y Rodrigo Javier. Con mucho cariño y aprecio a todos.

Mi novia:

María Laura de León de León. Por todo tu amor y paciencia, gracias por acompañarme en esta etapa de mi vida, porque en momentos difíciles siempre estuviste para apoyarme y porque me enseñaste a ser perseverante. Te amo

AGRADECIMIENTO

A:

Sololá: Tierra bendita que me vio nacer.

Facultad de Agronomía:

Por brindarme los conocimientos necesarios para lograr esta meta.

Universidad de San Carlos de Guatemala:

Por ser mi casa de estudios.

Agropecuaria Popoyan/Pegón Piloncito:

Ing. Agr. Héctor Ronaldo Ramazzini Santos e Ing. Agr. Walter de Jesús Girón Archila por haberme dado la oportunidad de llevar a cabo mi Ejercicio Profesional Supervisado y a todo el personal de viveros que me dieron la oportunidad de haber laborado con todos ustedes.

Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras:

Por su asesoramiento durante este documento de investigación.

Ing. Agr. Eduardo Pretzanzin:

Por su apoyo para la realización de este documento.

Mis amigos y compañeros:

Álvaro Alarcón Herbert del Águila, Julio Rivera, Fredy de León, Axel Juárez, Luis Pedro, José Juárez, Jonathan Gómez, Mario Arévalo y Jaime Dubon. Gracias por su amistad durante esta etapa de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
RESUMEN GENERAL	xii
1 CAPÍTULO I.....	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL.....	3
1.2.1 Ubicación y localización geográfica	3
1.2.2 Condiciones climáticas	3
1.2.3 Zona de vida.....	3
1.2.4 Fisiografía y relieve.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 General.....	5
1.3.2 Específicos	5
1.4 METODOLOGÍA	6
1.4.1 Fase 1 Recolección de información primaria.....	6
1.4.2 Fase 2 Recolección de información secundaria	6
1.4.3 Fase 3 Analisis de información	6
1.5 RESULTADOS.....	7
1.5.1 Proceso para la producción de pilones de café	7
1.5.1.1 Etapa de semillero	7
1.5.1.2 Etapa de almácigo	14
1.5.2 Identificación de la problemática en cada una de las áreas donde se desarrolla la producción de pilones de café.....	16
1.5.2.1 Unidad de siembra	16
1.5.2.2 Área de germinación	16

Contenido	Página
1.5.2.3 Ausencia de información sistematizada del proceso productivo de pilones de cafeto (fase de semillero y almácigo)	16
1.5.2.4 Riego en etapa de vivero	17
1.5.2.5 Proceso de investigación (fase de semillero y almácigo).....	17
1.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	18
1.6.1 CONCLUSIONES	18
1.6.2 RECOMENDACIONES.....	18
1.7 BIBLIOGRAFÍA	19
2 CAPÍTULO II.....	20
2.1 PRESENTACIÓN.....	21
2.2 MARCO CONCEPTUAL	23
2.2.1 Morfología del café	23
2.2.1.1 Tallo	23
2.2.1.2 Sistema radicular	23
A. Fisiología de la raíz	24
a. Actividad metabólica.....	24
2.2.1.3 Hojas.....	27
2.2.2 Almácigo o vivero de café.....	27
2.2.3 Almácigo en tubetes	28
2.2.3.1 Tubete	28
2.2.3.2 El uso del tubete en almácigo de café	28
2.2.3.3 Pasos para construir un vivero en tubetes	29
A. Construcción de sombra.....	29

Contenido	Página
B. Lugar de llenado, condiciones del sustrato y como hacer el llenado:.....	30
C. Como se colocan los tubetes:	30
D. Trasplante	30
E. Riego	31
F. Fertilización	31
G. Eliminación de malezas.....	32
H. Control fitosanitario	32
2.2.4 Sustratos	33
2.2.4.1 Propiedades físicas y químicas de los sustratos en general:.....	34
2.2.4.2 Propiedades físicas de los sustratos.....	35
2.2.4.3 Propiedades químicas.....	36
2.2.4.4 Propiedades biológicas	37
2.2.4.5 Propiedades físicas y químicas de los sustratos utilizados en la investigación	38
2.2.4.6 Características de un sustrato ideal.....	42
2.2.4.7 Medición de pH y conductividad eléctrica en sustratos:.....	42
2.3 MARCO REFERENCIAL.....	44
2.3.1 Ubicación.....	44
2.3.2 Características de los materiales experimentales.....	44
2.3.2.1 Material vegetal.....	44
2.3.2.2 Tubetes	45

Contenido	Página
2.3.2.3 Sustratos.....	45
A. Descripción técnica de los tratamientos.....	45
2.3.3 Antecedentes.....	46
2.3.3.1 Investigaciones relacionadas.....	46
2.4 OBJETIVOS.....	51
2.4.1 Objetivo General.....	51
2.4.2 Objetivos Específicos.....	51
2.5 HIPÓTESIS.....	52
2.6 METODOLOGÍA.....	53
2.6.1 Diseño experimental.....	53
2.6.2 Modelo estadístico.....	53
2.6.3 Factor de estudio.....	53
2.6.4 Tratamientos y repeticiones.....	53
2.6.5 Unidad experimental.....	54
2.6.6 Arreglo espacial.....	55
2.6.7 Variables de respuesta.....	56
2.6.7.1 Variables biológicas.....	56
2.6.7.2 Variables físicas.....	56
2.6.8 Metodología para la toma de datos en campo.....	57
2.6.8.1 Biomasa de raíces.....	57
2.6.8.2 Área y longitud radicular.....	58
2.6.8.3 Biomasa de follaje y tallo.....	60
2.6.8.4 Área foliar.....	61

Contenido	Página
2.6.8.5 Diámetro y longitud de tallo.....	62
2.6.8.6 pH y conductividad eléctrica:.....	63
2.6.8.7 Porcentaje de humedad	65
2.6.9 Análisis de fertilidad de los sustratos.....	65
2.6.10 Análisis de la información	65
2.7 MANEJO DE EXPERIMENTO	66
2.7.1 Preparación del sustrato.....	66
2.7.2 Marcado y señalización de los tratamientos	66
2.7.3 Trasplante.....	67
2.7.4 Riego	67
2.7.5 Fertilización	67
2.7.6 Control de malezas.....	68
2.7.7 Control de plagas y enfermedades.....	68
2.8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
2.8.1 Biomasa de raíz.....	70
2.8.2 Área radicular	73
2.8.3 Longitud radicular	75
2.8.4 Biomasa de hoja.....	78
2.8.5 Biomasa de tallo	81
2.8.6 Área foliar	83
2.8.7 Diámetro del tallo.....	88
2.8.8 Longitud de tallo	90
2.8.9 pH y conductividad eléctrica	93

Contenido	Página
2.8.9.1 Porcentaje de humedad	97
2.8.9.2 Análisis de fertilidad de los sustratos	99
2.9 CONCLUSIONES	103
2.10 RECOMENDACIONES	105
2.11 BIBLIOGRAFÍA	106
3 CAPÍTULO III	109
3.1 PRESENTACIÓN.....	110
3.2 PRESTACIÓN DE SERVICIOS PROFESIONALES PARA LA COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN EN EL ÁREA DE VIVEROS DE CAFÉ EN LA FINCA PEGÓN PILONCITO.....	111
3.2.1 OBJETIVO	111
3.2.2 METODOLOGÍA.....	111
3.2.2.1 RECURSOS.....	113
3.2.3 RESULTADOS	114
3.2.4 EVALUACIÓN.....	115
3.3 CAPACITACIÓN A PERSONAL DEL ÁREA DE VIVEROS”	116
3.3.1 OBJETIVO	116
3.3.2 METODOLOGÍA.....	116
A. Construcción de sombra.....	116
B. Lugar de llenado, condiciones del sustrato y como hacer el llenado.....	117
C. Como se colocan los tubetes	117
D. Trasplante	117
E. Riego	118

Contenido	Página
F. Fertilización	118
G. Eliminación de malezas.....	119
H. Control fitosanitario	119
3.3.2.1 RECURSOS.....	119
3.3.3 RESULTADO.....	120
3.3.4 EVALUACIÓN.....	120
3.4 BIBLIOGRAFÍA	121
3.5 APÉNDICE.....	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Sustrato peat moss y fibra de coco (50% - 50%)	8
Figura 2. Proceso de siembra de la semilla a bandeja	9
Figura 3. Proceso de tapado de semilla.	9
Figura 4. Proceso de germinación en invernadero.....	10
Figura 5. Equipo de riego.	11
Figura 6. Almacenamiento de agua para riego.....	12
Figura 7. Programa de fertilización para café.....	13
Figura 8. Llenado de tubete para trasplante.	14
Figura 9. Trasplante en tubete.....	15
Figura 10. Parcela de investigación	55
Figura 11: Aleatorización de la investigación.....	55
Figura 12. Arreglo espacial del experimento	56
Figura 13. Toma de datos para biomasa de raíz	58
Figura 14. Toma de datos longitud de raíz.....	59
Figura 15. Toma de datos de área de raíz	59
Figura 16. Determinación de biomasa de hojas	60
Figura 17. Horno de secado para variables de biomasa.....	61
Figura 18. Toma de datos de diámetro de tallo	62
Figura 19. Toma de datos longitud de tallo	63
Figura 20. Toma de datos de pH.....	64
Figura 21. Toma de datos de conductividad eléctrica.....	64
Figura 22. Preparación de los sustratos	66
Figura 23. Trasplante realizado	67
Figura 24. Comparación de medias para la variable biomasa de raíz.....	72
Figura 25. Comparación de medias para la variable área de raíz	75
Figura 26. Comparación de medias para la variable longitud de raíz	77
Figura 27. Relación área radicular y longitud de raíz	78
Figura 28. Comparación de medias para la variable biomasa de hoja.....	81
Figura 29. Comparación de medias para la variable biomasa de tallo.....	83
Figura 30. Comparación de medias para la variable área foliar	85
Figura 31. Relación área foliar/área de raíz.....	86

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Programa fitosanitario para almácigo de café.	33
Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas del aserrín.	39
Cuadro 3. Propiedades físicas y químicas de la cascarilla de arroz.	39
Cuadro 4. Propiedades físicas y químicas de la vermiculita.	40
Cuadro 5. Propiedades físicas y químicas de la fibra de coco.	40
Cuadro 6. Propiedades físicas y químicas del peet moss.	41
Cuadro 7. Propiedades físicas y químicas del lombricompost.	42
Cuadro 8. Descripción de los tratamientos evaluados	46
Cuadro 9: Tratamientos y repeticiones	54
Cuadro 10. Promedio de las variables evaluadas 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo Villa Canales, Guatemala.	69
Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable biomasa de raíz 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	71
Cuadro 12. Prueba de medias para la variable biomasa de raíz 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	71
Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable área radicular 150 días después del trasplante, finca Pegón piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	73
Cuadro 14. Prueba de medias, para la variable área radicular 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	74
Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable longitud radicular 150 días después del trasplante, finca Pegón piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	76
Cuadro 16. Prueba de Duncan, para la variable longitud radicular 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	76
Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable biomasa de hoja a los 150 días después del trasplante, finca Pegón piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	79
Cuadro 18. Prueba de Tukey, para la variable biomasa de hoja 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	80

Cuadro	Página
Cuadro 19. Prueba de Duncan, para la variable biomasa de hoja 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	80
Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable biomasa de tallo 150 días después del trasplante, finca Pegón piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	82
Cuadro 21. Prueba de Tukey, para la variable biomasa de tallo 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	82
Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable área foliar 150 días después del trasplante, finca Pegón piloncito, aldea el Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	84
Cuadro 23. Prueba de Tukey, para la variable área foliar 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	84
Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo a los 150 días después del trasplante, finca Pegón piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	89
Cuadro 25. Prueba de Tukey, para la variable diámetro de tallo 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo Villa Canales.....	89
Cuadro 26. Análisis de varianza para la variable longitud de tallo 150 días después del trasplante, finca Pegón piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	91
Cuadro 27. Prueba de Tukey, para la variable longitud de tallo 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.	91
Cuadro 28. Promedio de pH y Ce de la mezcla de los sustratos.	94
Cuadro 29. Promedio de pH de los sustratos.....	95
Cuadro 30. Porcentaje de humedad de los sustratos.	98
Cuadro 31. Análisis de fertilidad de los sustratos	100

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE RAÍZ DE PILONES DE CAFETO (*Coffea arabica*) Var. SARCHIMOR EN EL SISTEMA DE SIEMBRA EN TUBETES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN LA FINCA PEGÓN PILONCITO, ALDEA EL JOCOTILLO, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.”

RESUMEN

El presente documento consta de tres capítulos: Primero: el diagnóstico de la producción de pilones de cafeto (*Coffea arabica*), Segundo: la investigación relacionada con la evaluación de sustratos para mejorar la calidad de raíz de pilones de cafeto (*Coffea arabica*) Var. Sarchimor en el sistema de siembra en tubetes. Tercero: los servicios realizados en el área de vivero de café; todo lo anterior fue realizado en las instalaciones de la finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala.

El diagnóstico realizado en la producción de pilones de cafeto en la finca Pegón Piloncito, tuvo como finalidad identificar los procesos que se llevan a cabo para la producción de pilones de cafeto, desde la etapa de semillero hasta la etapa de almácigo, así como identificar la problemática existente en cada una de las áreas donde se desarrolla la producción de pilones de cafeto; lo que nos permitió sistematizar dicha información para la implementación de los proyectos de investigación y servicios.

Basados en el diagnóstico, se realizó la investigación “Evaluación de sustratos para mejorar la calidad de raíz de pilones de cafeto (*Coffea arabica*) Var. Sarchimor en el sistema de siembra en tubetes”, cuyo objetivo general fue evaluar el efecto de cinco sustratos para mejorar la calidad de raíz.

Esta investigación se desarrolló en el área de viveros de la finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, constituyendo así 20 unidades experimentales, lo cual hace un total de 200

plantas. Para la investigación se utilizaron seis sustratos, siendo estos los siguientes: aserrín, fibra de coco, cascarilla de arroz, peat moss, vermiculita y compost; mismos que se utilizaron en diferentes proporciones, convirtiéndose estos en los cinco tratamientos evaluados.

Basado en los resultados obtenidos, se determinó que los mejores sustratos son: T5 (testigo) y T3; constituido el testigo por peat moss # 10 (50%) y fibra de coco (50%), en tanto que T3 lo constituye peat moss #10 (33%), compost (33%) y vermiculita (33%).

Es de hacer notar que el testigo (T5), fue mejor en las variables relacionadas con la parte aérea de la planta, ya que para biomasa de tallo se tuvo una media de 44.37 g, un área foliar de 742.56 cm², un diámetro de tallo de 0.98 cm y una longitud de tallo de 39.43 cm. En tanto que T3 con los componentes peat moss #10 (33%), compost (33%) y vermiculita (33%) fue mejor en las variables relacionadas con la parte radicular de la planta, ya que para biomasa de raíz, se tiene una media de 15.75 g; área radicular de 46.04 cm² y una longitud de raíz de 17.65 cm.

Los servicios realizados fueron: a) Prestación de servicios profesionales para la coordinación de actividades de producción en el área de viveros de café en la finca Pegón Piloncito y b) Capacitación al personal del área de viveros.

El primer servicio consistió en prestar servicios profesionales para desarrollar las actividades de producción de pilones de café en el área de viveros de la finca, cuya producción final se destina a los clientes habituales de la finca y la implementación de un almácigo de café para el proyecto FIDA – ANACAFÉ. El resultado de este servicio en lo relacionado a la producción de pilones de café en el área de vivero de la finca, fue la producción fue de 496,075 pilones en tubete y 191,694 pilones en bolsa, haciendo un total de 687,000 pilones; para ser entregados en el año 2016, lo anterior para cumplir con la demanda de los clientes habituales de la finca. Además, se implementó el almácigo para el proyecto FIDA-ANACAFÉ, con una producción de 1,135,000 pilones de café para ser entregados en el año 2017.

El segundo servicio, consistió en capacitar al personal productor de pilones de cafeto en la finca, y se orientó a temas de riego, fertirriego, trasplante, llenado de bolsas, llenado de tubetes, trazos para sistemas de riego, diseño para ordenar bolsa, cosecha de yemas para injertación; dichas capacitaciones se llevaron a cabo a través de charlas con los trabajadores, días de campo, entre otras actividades. La capacitación tomo como base las experiencias obtenidas por la empresa en el tema de siembra de pilones en tubete; así como lo indicado en el Manual de producción de viveros de café en tubetes o conos maceteros elaborado por PROCAFÉ y en el Manual de semilleros y almácigos de café preparado por ANACAFÉ. El resultado fue la capacitación de 59 trabajadores entre los meses de abril a noviembre.

1 CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO

DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA PRODUCCIÓN DE PILONES DE CAFÉTO (*Coffea arabica L*) EN LA FINCA PEGÓN PILONCITO, ALDEA EL JOCOTILLO, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.”

1.1 PRESENTACIÓN

La finca Pegón Piloncito, inició operaciones hace aproximadamente 25 años, actualmente está dividida en diferentes áreas o unidades, siendo el objetivo final producir pilones bajo invernadero de diferentes cultivos entre ellos: tomate, chile pimiento, papaya, melón, sandía, brócoli, pepino, lechuga, repollo, coliflor, algunas especies de suculentas, en los últimos años la finca ha implementado la producción de pilones de cafeto y algunas especies forestales.

Es el caso que en algunas áreas, existe desconocimiento sobre la forma en que están funcionando las actividades de operación, control, administración y manejo de las actividades que se ejecutan, obteniéndose un resultado desventajoso en la competitividad; esto a su vez acarrea efectos negativos, como; reducción en la producción, pilones de menor calidad, incremento de costos, mal uso de equipo y deterioro de recursos, que es lo que actualmente sucede con la producción de pilones de café, tanto en la etapa de semillero como en la etapa de almácigo.

Por lo anterior se realizó el diagnóstico de todos los procesos para la producción de pilones de cafeto; lo cual dio como resultado la identificación de la problemática existente en cada uno de los procesos y de esta manera se plantearon los servicios y la investigación.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Ubicación y localización geográfica

La finca Pegón Piloncito se ubica en la aldea El Jocotillo, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala y dista de la cabecera municipal a 38 Km y de la ciudad capital 48.5 Km (Hernández, 2004).

Se localiza en las coordenadas latitud Norte 14 grados 20 minutos y 52 segundos y longitud oeste 90 grados 30 minutos y 38 segundos, a una altura de 1,077 MSNM (Hernández, 2004).

La aldea El Jocotillo colinda al norte con la aldea Santa Rosita, Villa Canales y el municipio de Fraijanes, al oriente con el municipio de Fraijanes, Guatemala y Barberena, Santa Rosa, al sur con los municipios de Barberena y Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa y al Occidente con las aldeas Dolores y Santa Elena Barillas, Villa Canales. (Hernández, 2004).

1.2.2 Condiciones climáticas

La temperatura está comprendida entre los 22 °C a los 36 °C, con máximas de 38 °C y mínimas de 20 °C (Hernández, 2004).

1.2.3 Zona de vida

En la aldea predomina la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado), Bhs (t), precipitación promedio anual de 1224 mm (De la Cruz, 1982).

1.2.4 Fisiografía y relieve

Taxonómicamente los suelos de la aldea se encuentran en el orden de los Entisoles suelos con poca o nula evidencia del desarrollo de su perfil, son suelos jóvenes, esto debido al relieve, el cual incide en la erosión o en la deposición superficial de materiales orgánicos y minerales y con contenidos excesivos de agua en alguna parte de su perfil (Simmons, 1959).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

- Conocer el proceso de la producción de pilones de cafeto (*Coffea arabica*) en la finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala.

1.3.2 Específicos

- Identificar las etapas del proceso que se lleva a cabo para la producción de pilones de cafeto, desde la etapa de semillero hasta la etapa de almacigo.
- Identificar la problemática existente en cada una de las áreas donde se desarrolla la producción de pilones de cafeto.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Fase 1: Recolección de información primaria

- Recolección de información primaria (visita al área de siembra de café y charla con el encargado de siembra de la finca para conocer el tratamiento que se le da a la semilla antes de ser sembrada en bandeja de duroport (242 celdas).
- Visita al área de germinado (invernadero) para conocer el proceso de identificación de bandeja y labores que se le brindan a la semilla para una adecuada germinación.
- Recorrido en el área de vivero de café y plática con la supervisora responsable del área para conocer la problemática del proceso de producción.

1.4.2 Fase 2: Recolección de información secundaria

- Recolección de información secundaria (charlas, consulta de bibliografía).

1.4.3 Fase 3: Análisis de información

- Contrastación de información primaria y secundaria, para priorización de problemas en la producción de pilones de cafeto.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Proceso para la producción de pilones de cafeto

1.5.1.1 Etapa de semillero

La etapa de semillero en la finca Pegón Piloncito, se da bajo condiciones controladas (invernadero), realizando el semillero en bandejas de duroport de 242 celdas.

Este proceso de hacer semilleros de café en bandeja y bajo condiciones controladas, es innovador en Guatemala; en la finca aún no se cuenta con resultados validados que indiquen si el proceso disminuye el tiempo de germinación, mejora el porcentaje de germinación, mejora la sanidad de la planta, etc; comparado con el sistema de tradicional de hacer los semilleros. A continuación, se describen las siguientes actividades:

A. Desinfección de bandejas

Previo a iniciar la elaboración de semilleros, se desinfectan las bandejas, para lo cual las bandejas son trasladadas a una caldera en cuyo interior existe vapor de agua a una temperatura de 80 °C durante de 45 minutos.

B. Preparación de mezclas para sustratos

La preparación de mezclas consiste en la distribución, en los porcentajes adecuados, de los sustratos a utilizar en la siembra, en la empresa se utiliza el Peat moss, producto cuyo componente principal es la perlita y la vermiculita que ayudan en la retención de humedad, ver figura 1.



Figura 1. Sustrato Peat moss y fibra de coco (50% - 50%).

C. Siembra

Previo a la siembra del café la semilla se deja en remojo durante 48 horas; posteriormente en la bandeja de duroport de 242 celdas con su respectivo sustrato, se procede a la siembra de la semilla, ver figura 2.

Al finalizar la siembra, hay personal encargado para “tapar” la semilla, este procedimiento se basa en que se le aplica sustrato a la semilla para lograr cubrirla (1-2 cm del tamaño de la semilla) de una manera uniforme, ver figura 3.

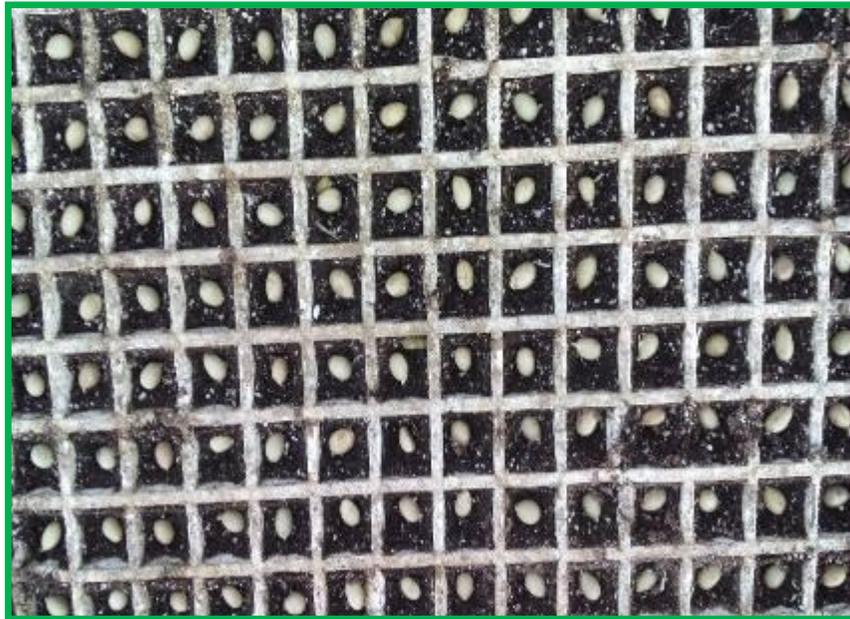


Figura 2. Proceso de siembra de la semilla a bandeja



Figura 3. Proceso de tapado de semilla.

D. Germinación

Luego que se realiza la siembra en la bandeja de duroport, se procede a cubrir con nylon tipo film para promover la germinación de la semilla, garantizando una humedad relativa alta y una temperatura óptima, que permita una adecuada germinación, este proceso tarda aproximadamente de 15 a 20 días; posteriormente la bandeja se coloca sobre una tarima, identificándola de la siguiente manera: Idp del cliente, fecha de siembra, variedad, nombre de la persona que realizo la siembre y fecha de salida para el área de invernadero, ver figura 4.



Figura 4. Proceso de germinación en invernadero.

Los cuidados culturales que se le dan a los pilones en crecimiento dentro del invernadero son los siguientes:

a. Riego

El calendario de riego para el área de pilones es de dos riegos diarios, uno en la mañana y otro por la tarde, esto dependerá del clima, si es un día muy caluroso se toma la

decisión de intensificar el riego, si el día es nublado puede tomarse la decisión de no regar dependiendo de la humedad del pilón.

El sistema de riego que predomina en el área de pilones es por aspersion en una combinación con fertirriego, el equipo utilizado son inyectoros eléctricos, inyectoros de carro, manuales y aguilón, ver figura 5.



Figura 5. Equipo de riego.

La fuente de abastecimiento de agua de riego, la empresa consta de un pozo, que se encuentra a una profundidad de 800 pies ò 243 m; luego de extraída el agua se retiene en un reservorio el cual consta de 400 m², luego con una bomba de motor de diésel se abastece hacia los invernaderos, para luego ser aplicados.

Dentro del equipo que utiliza la empresa para el riego esta:

- i. Pozo propio de la empresa.
- ii. Priva nutritifit.
- iii. Bombas de diferentes caballos de fuerza.
- iv. Tinacos de agua para controlar pH, sales y cloro, ver figura 6.

- v. Caldera generadora de energía.
- vi. Tuberías.
- vii. Mangueras.



Figura 6. Almacenamiento de agua para riego.

b. Fertilización

Para la fertilización se utiliza el programa de fertilización establecido por la empresa, ver figura 7.

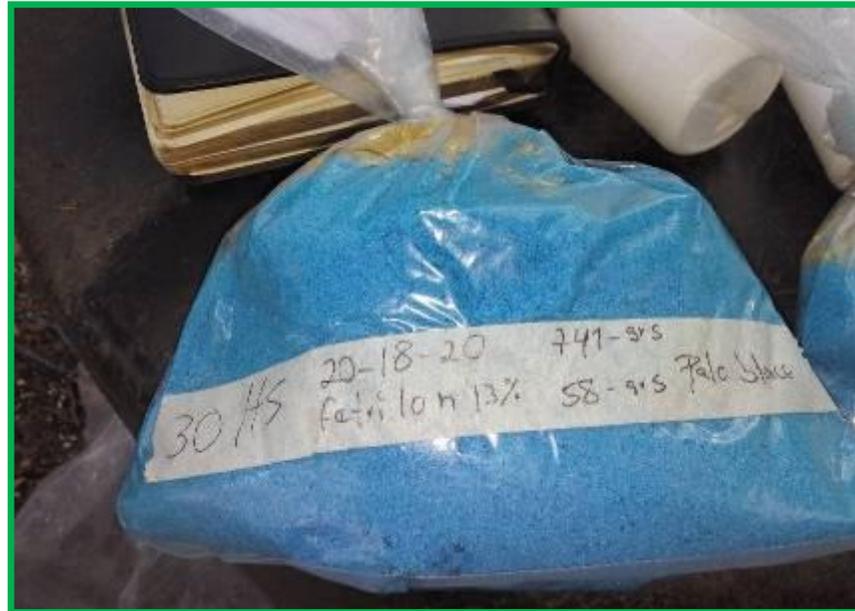


Figura 7. Programa de fertilización para café

c. Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas y enfermedades la empresa cuenta con un área encargada de llevar los registros y realizar los muestreos en cada invernadero, esto para contrarrestar la incidencia de insectos y evitar la inyección de bacterias, hongos que pueda sufrir la planta.

Dentro de las actividades de los muestreos, el trabajador al momento de realizar dicha práctica debe llenar un registro con los insectos que vaya visualizando y las enfermedades percibidas, esto sirve para enviar la información al área de fitosanidad que es la encargada de planificar las aplicaciones de fungicidas, insecticidas y/o otro producto, dependiendo del agente causal.

1.5.1.2 Etapa de almácigo

En la producción de pilones de café, la etapa de almácigo se realiza tradicionalmente a campo abierto; etapa que dura entre 4 y 6 meses; para lo cual se trasplantan los pilones provenientes de las bandejas de germinación, ya sea a bolsas de polietileno o a tubetes de diferentes tamaños (250 cm³, 150 cm³ o 600 cm³); los procesos se describen a continuación:

A. Preparación de sustrato para llenado de bolsa o tubete

El sustrato más común que se utiliza en la finca está compuesto de peat moss y fibra de coco, en proporción 50 % y 50 %; no se ha establecido el sustrato cuyas características, mejoren la retención de humedad, mejoren el desarrollo radicular y en mejorar la calidad de planta, ver figura 8.



Figura 8. Llenado de tubete para trasplante.

B. Proceso de trasplante

Con los tramos de bolsa de polietileno o tubetes y con su respectivo sustrato, se procede al trasplante de los pilones, ver figura 9.



Figura 9. Trasplante en tubete.

C. Cuidados culturales en la etapa de almácigo

- a. Riego
- b. Control de plagas y enfermedades
- c. Fertilización

D. Entrega de planta al cliente

Esta actividad se realiza de acuerdo a los pedidos realizados por el cliente.

1.5.2 Identificación de la problemática en cada una de las áreas donde se desarrolla la producción de pilones de cafeto.

Luego de haber analizado y contrastado la información primaria recolectada, durante el recorrido en las áreas de producción de café, se identificaron ciertas debilidades en algunos procesos, siendo las más relevantes:

1.5.2.1 Unidad de siembra

En esta unidad no se tienen bien definidos espacios de trabajo, lo que en algún momento puede generar algún tipo de accidente a los operarios o realizar inadecuadamente el trabajo asignado.

1.5.2.2 Área de germinación

La germinación en algunos casos es muy variable (50 %, 60 % y 70%), siendo lo ideal para la finca un 75 – 85 % (según la variedad). Esta variabilidad puede darse por diferentes aspectos, tales como la genética y edad de la semilla, además es posible que influya el manejo agronómico, tal como la posición de la semilla al momento de siembra.

1.5.2.3 Ausencia de información sistematizada del proceso productivo de pilones de cafeto (fase de semillero y almacigo)

La finca Pegón Piloncito, a través de los años se ha dedicado a la producción de pilones de café, ha generado varias experiencias exitosas, sin embargo no cuenta con una sistematización de esas experiencias, mediante la edición de instructivos; en el último año Pegón Piloncito busca la certificación ISO y es requisito para su obtención sistematizar los procesos.

1.5.2.4 Riego en etapa de vivero

A través de la convivencia diaria en el área de viveros, se observó que el proceso de riego es deficiente, los trabajadores ejecutan dicha tarea sin tener los conocimientos básicos de la importancia del riego, lo anterior plantea la necesidad de llevar a cabo capacitaciones para mejorar dicha labor.

1.5.2.5 Proceso de investigación (fase de semillero y almácigo)

Pegón Piloncito en busca de la mejora continua de la producción, tanto en calidad como en costo, ha venido desarrollando una serie de investigaciones; de tal cuenta que para el año 2016 algunas investigaciones se realizan sobre la posición de la semilla para la siembra; podas de raíz; eliminación de testa al soldadito de café; utilización de diferentes sustratos para la siembra en tubete, entre otras.

1.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.6.1 CONCLUSIONES

1. Se identificaron los diversos procesos para la producción de pilones de cafeto, tanto en la etapa de semillero como en almácigo; producto de esa identificación se logró establecer la problemática existente en varios procesos.
2. Del proceso de contrastación de la información con personeros de la finca, se determinaron otras necesidades planteadas por ellos; tal es el caso de la ausencia de servicios profesionales para coordinar las actividades de producción de pilones de café en vivero.

1.6.2 RECOMENDACIONES

1. Coordinar las actividades de producción de pilones de café en vivero
2. Realizar capacitaciones al personal de riego en el área de vivero
3. Elaboración de instructivos para la producción de pilones de café en la finca Pegón Piloncito.
4. Apoyar el proceso de investigación de la finca; con énfasis en la evaluación de sustratos para mejorar la calidad de raíz de pilones de café.

1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Cruz, JR De la. 1982. Holdridge, LR. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
2. Hernández Chacón, S. 2004. Evaluación del solarizado, en el control de *Phytophthora* parasítica, en el cultivo de la piña (*Ananas comosus* L.), en la aldea El Jocotillo, Villa Canales. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 81 p.
3. Simmons, C; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Instituto Agrícola Nacional. 1000 p.

2 CAPÍTULO II

“EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE RAIZ DE PILONES DE CAFÉTO (*Coffea arabica*) Var. SARCHIMOR EN EL SISTEMA DE SIEMBRA EN TUBETES, EN LA FINCA PEGÓN PILONCITO, ALDEA EL JOCOTILLO, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.”

"EVALUATION OF SUBSTRATES TO IMPROVE ROOT QUALITY OF COFFEE PYLONS (*Coffea arabica*) Var. SARCHIMOR IN THE TUBETES SOWING SYSTEM, IN PEGÓN PILONCITO VILLAGE, EL JOCOTILLO VILLAGE, VILLA CANALES MUNICIPALITY, GUATEMALA DEPARTMENT, GUATEMALA C.A.”

2.1 PRESENTACIÓN

En Guatemala, uno de los cultivos más importantes para la economía del país, es el café; estimaciones de la Asociación Nacional del Café, (ANACAFÉ) para el año cafetalero 2013/2014, indican que en Guatemala, se cultivan 305,000 hectáreas, distribuidas en 20 departamentos del país; la actividad cafetalera aporta aproximadamente el 3.5% del producto interno bruto (PIB) y genera alrededor del 11% de las exportaciones, de tal cuenta que para el año cafetalero mencionado, el valor de las exportaciones fue de US\$ 668 millones; así mismo genera un total de 405,517 empleos, distribuidos en 113,545 directos y 291,972 temporales. (Cámara del Agro, Asociación del Gremio Químico Agrícola 2015).

La productividad del café en Guatemala para el año cafetalero 2013/2014 fue en promedio de 14.7 quintales oro/ha, productividad que ha disminuido considerablemente si se compara con el año cafetalero 2012/2013 que fue de 19.14 quintales oro/ha; lo anterior producto del daño provocado por la roya del café, lo que hace necesario fortalecer el plan de renovación del parque cafetalero para los próximos 10 años; esta situación ha provocado un incremento en la demanda de pilones de café en la finca Pegón Piloncito.

La elaboración de un almácigo de buena calidad es el primer paso para obtener plantaciones productivas de café, el laboratorio de protección vegetal de ANACAFÉ, realizó una caracterización de 64 muestras de almácigos de café procedentes de todas las regiones del país, encontrándose en la mayoría problemas de raíz y deficiencias nutricionales. Con base en esta información se ha determinado que el problema de raíz es uno de los más marcados a nivel nacional, lo que causa atrasos en las plantaciones debido al mal desarrollo de las plantas en campo definitivo, situación que ha sido también manifestada por los clientes de la finca Pegón Piloncito.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de cinco sustratos para mejorar la calidad de raíz de pilones de cafeto (*Cofféa arábica*), en el sistema de siembra en tubetes.

Basado en los análisis de varianza y prueba de medias de Tukey, que se efectuaron se determinó que los mejores sustratos son: T5 (testigo) y T3, constituido el testigo por peat moss # 10 (50%) y fibra de coco (50%), y T3 lo constituye peat moss #10 (33%), compost (33%) y vermiculita (33%).

Es de hacer notar que el testigo (T5), cuyos componentes son: peat moss # 10 (50%) y fibra de coco (50%) fue mejor en las variables relacionadas con la parte aérea de la planta, ya que para biomasa de tallo se tuvo una media de 44.37 g, un área foliar de 742.56 cm², un diámetro de tallo de 0.98 cm y una longitud de tallo de 39.43 cm. Al analizar los resultados, del porque el testigo, es el mejor se llega a la conclusión que es debido a la presencia de fibra de coco en el sustrato, siendo la característica de este componente, poseer un alto contenido de potasio, lo cual favorece el crecimiento vegetativo y meristemático.

T3 con los componentes peat moss #10 (33%), compost (33%) y vermiculita (33%) fue mejor en las variables relacionadas con la parte radicular de la planta, ya que para biomasa de raíz, se tiene una media de 15.75 g; área radicular de 46.04 cm² y una longitud de raíz de 17.65 cm, lo anterior debido a que el tratamiento tiene un buen balance en cada uno de sus componentes y la presencia de compost y vermiculita en el sustrato, favorece a que este no se compacte con facilidad y permita el crecimiento libre de las raíces por medio de la cofia, quién necesita un suelo blando para penetrar y así crecer el sistema radicular.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Morfología del café

2.2.1.1 Tallo

El arbusto de café está compuesto generalmente de un solo tallo o eje central. El tallo exhibe dos tipos de crecimiento; uno que hace crecer al arbusto verticalmente y otro en forma horizontal o lateral. El crecimiento vertical u ortotrópico es originado por una zona de crecimiento activo o plúmula en el ápice de la planta que va alargando a ésta durante toda su vida, formando el tallo central, nudos y entrenudos.

En los primeros 9 a 11 nudos de una planta joven sólo brotan hojas; de ahí en adelante ésta comienza a emitir ramas laterales; estas ramas de crecimiento lateral o plagiotrópico se originan de unas yemas que se forman en las axilas superiores de las hojas; en cada axila se forman dos o más yemas unas sobre las otras; de las yemas superiores se desarrollan las ramas laterales que crecen horizontalmente.

El tallo de café es leñoso, erecto y de longitud variable, de acuerdo al clima y tipo de suelo, puede variar entre 2 m a 5 m de altura; en una planta adulta la parte basal es cilíndrica, mientras que la parte apical es cuadrangular y verde (Martínez, 2016).

2.2.1.2 Sistema radicular

El sistema radicular, está constituido por la raíz principal o pivotante que puede alcanzar 50 cm de profundidad, de la cual se originan las raíces secundarias que ejercen la función de anclaje y las raíces terciarias de las que emergen las raicillas (cabellera), que sirven a la planta para la absorción de agua y nutrientes.

El desarrollo normal del sistema radicular del cafeto es muy importante para su crecimiento, producción y longevidad, por lo que desde la etapa de semillero y vivero se debe lograr una raíz principal bien formada, para obtener un excelente crecimiento en el campo (Martínez, 2016).

A. Fisiología de la raíz

a. Actividad metabólica

Para que los iones se acumulen en contra de gradientes de concentración es necesario el gasto de energía ya sea directa o indirectamente. La principal fuente de energía en tejidos fotosintéticos y no fotosintéticos es la respiración, consecuentemente cualquier factor que la afecte puede influir también la absorción de nutrientes (Martínez, 2016).

b. Crecimiento

El crecimiento de la raíz es importante para interceptar los nutrientes y depende del aporte de carbohidratos y del estímulo causado por los niveles endógenos de fitohormonas; dependiendo de la especie y del estado de desarrollo de las plantas en promedio del 25-50% de los fotosintatos producidos por día en la parte aérea de la planta se conducen hacia la raíz para el crecimiento y mantenimiento entre otras funciones, por ejemplo la toma de nutrientes; aproximadamente la mitad de estos carbohidratos son usados en la respiración (Martínez, 2016).

Un indicador de la calidad de una buena planta de almácigo, es la relación proporcional entre el área foliar y el área radicular. Existen algunos almácigos tratados con altas dosis de fertilizantes foliares, los cuales tienen un buen follaje pero deficiente desarrollo radicular (Martínez, 2016).

c. Balance hormonal

Las auxinas juegan un rol importante en la regulación del crecimiento y desarrollo, éstas son formadas en los brotes y se mueven hacia las puntas de las raíces donde se acumulan.

Las raíces son altamente sensitivas al ácido indolacético (AIA); concentraciones a la 10^{-9} M incrementan la extensión celular. Los sitios receptores para el AIA son las células apicales de la raíz (Martínez, 2016).

d. Dinámica radicular

Se describe como la evolución de los procesos fisiológicos, metabólicos y morfológicos del conjunto de raíces de un cultivo, su interrelación con los demás órganos de la planta y con el medio ambiente a través del desarrollo fenológico de una especie vegetal.

Siendo la raíz dependiente de los fotosintatos que son translocados a partir de la parte aérea, consecuentemente no se puede ver como un ente separado, sino que tiene que verse en una relación dinámica con la parte aérea. Así como también no se puede aislar de los demás elementos de la rizosfera, como puede ser la microbiología, las características del suelo y las condiciones de humedad, temperatura y demás. De modo que estos factores no son estáticos y dependen de la etapa fenológica de la planta, lo que lo convierte en un fenómeno dinámico, llamado actualmente dinámica radicular (Martínez, 2016).

e. Función de la raíz

La función de la raíz es de suma importancia para el cultivo del cafeto, para su desarrollo, larga vida y fructificación. De la buena formación del sistema radicular y especialmente de la raíz pivotante, depende en gran parte lograr el buen desarrollo de los tallos, ramas y frutos del cafeto (Martínez, 2016).

La raíz está compuesta de la pivotante, secundarias, terciarias, cuaternarias y pelos absorbentes, siendo estos últimos los encargados de absorber de la tierra la humedad y materias fertilizantes, que transmitida por el sistema radicular, nutre y alimenta a la planta, la que también se ayuda con sus recursos logrados mediante la transpiración por medio de sus hojas (Martínez, 2016).

Muchos agricultores no le dan a la raíz pivotante la importancia que tiene y la función que desempeña en el crecimiento y fructificación de cafeto; esta raíz que viene desde el cuello vital de la planta; se va desarrollando y penetrando en forma vertical en el suelo primero y luego en el sub-suelo, de donde se desprenden las raíces laterales, secundarias, terciarias y cuaternarias, así como los pelos absorbentes, las que en su mayor parte hacen su desarrollo en forma horizontal; con ligera inclinación hacia el sub-suelo, pero que de su buen estado sanitario y buen desarrollo depende, gran parte, la vida larga y buena producción de la planta. (Martínez, 2016).

La elaboración de un almácigo de buena calidad es el primer paso para obtener plantaciones productivas de café, el laboratorio de protección vegetal de ANACAFÉ realizó una caracterización de 64 muestras de almácigos de café procedentes de todas las regiones del país, de los cuales en la mayoría se encontraron problemas de raíz y deficiencias nutricionales. Con base en esta información se ha determinado que el problema de raíz es uno de los más marcados a nivel nacional, causa atrasos en las plantaciones debido al mal desarrollo de las plantas en campo definitivo (Figuroa, 2010).

f. Absorción de agua y minerales por la raíz

En las plantas vasculares, el agua y los minerales son incorporados por las raíces; el extremo de cada raíz presenta varias zonas: el ápice que es donde se encuentra el meristemo apical radicular, responsable del crecimiento en longitud de la misma, el cual se halla cubierto por una caliptra que lo protege de las partículas del suelo. Los pelos de las raíces son extensiones unicelulares de las células epidérmicas que poseen una pared muy

fina, esto aumenta el área de la superficie y permite una absorción más eficiente del agua y los minerales (Martínez, 2016).

2.2.1.3 Hojas

Las hojas de *Coffea arabica* L. son lanceoladas (en forma de lanza), están dispuestas de dos en dos, frente a frente, de 12 cm a 24 cm de longitud, con el ápice acuminado, algo atenuadas en la base, con pecíolos muy cortos, que se unen con las estípulas cortas en la base. Las hojas de café son delgadas, pero de textura firme, ligeramente coriáceas; son de color verde muy oscuro en la superficie superior; el margen de la hoja es entero y ondulado (MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica, 2008).

Las hojas aparecen en las ramas laterales o plagiotrópicas en un mismo plano y en posición opuesta; tiene un pecíolo corto, plano en la parte superior y convexo en la inferior; la lámina es de textura fina, fuerte y ondulada, su forma varía de ovalada (elíptica) a lanceolada; el haz de la hoja es de color verde brillante y verde claro mate en el envés; en la parte superior de la hoja las venas son hundidas y prominentes en la cara inferior; su tamaño puede variar de 3 in a 6 in de longitud. (MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica, 2008).

La vida de las hojas en la especie arábica es de 7 a 8 meses mientras que en la canephora es de 7 a 10 meses. (MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica, 2008).

2.2.2 Almacigo o vivero de café

La elaboración de un buen almacigo es parte fundamental en el éxito de la futura plantación. Tradicionalmente existen dos sistemas: uno en bolsas de polietileno y el otro en el suelo; actualmente también se hace uso de tubetes. (MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica, 2008).

De acuerdo al Manual de semilleros y almácigos de café, elaborado por ANACAFÉ (2), los aspectos que deben tomarse en cuenta para hacer un almácigo son los siguientes:

- De fácil acceso.
- Cercano a los semilleros.
- Topografía plana o moderadamente inclinada.
- Con disponibilidad de riego.

2.2.3 Almácigo en tubetes

2.2.3.1 Tubete

Es un cono de polipropileno, negro grisáceo de 13 cm de altura y 150 cm³ de capacidad, con estrías internas a lo largo del tubo y abierto en la parte inferior; su peso es de 22 g aproximadamente; las estrías sirven para orientar las raíces hacia abajo y facilita la separación del “pilón” de las paredes del cono cuando se trasplanta; la abertura inferior detiene el crecimiento, realizando una especie de foto poda, incrementando el volumen radicular; el orificio superior está rodeado por una pestaña o borde, que sirve para ser suspendido en estructuras o camas en forma de cuadrículas, así se evita la reinfestación del sustrato ya tratado (Procafé, 1998).

2.2.3.2 El uso del tubete en almácigo de café

Los tubetes aumentan la eficiencia de la mano de obra en las labores de llenado, siembra, riego y por estar concentrado en poco espacio el vivero, facilita su supervisión, además reduce la cantidad de insumos (fertilizantes, insecticidas, etc.), disminuye el tiempo necesario para producir viveros, reduce costos de transporte del vivero a la finca y dentro de la finca (una caja de cosecha tiene capacidad para 50 tubetes), se puede producir viveros asépticos ya que el tubete queda suspendido sin contacto con el suelo (no

hay contaminación), se reduce la contaminación en el campo, ya que no quedan residuos de bolsas plásticas en el suelo, además de que no se llevan plantas contaminadas con nemátodos. Por otro lado el área necesaria para los viveros en tubetes es menor que para vivero en bolsa y la inversión en la compra de tubete se ve justificada con la oportunidad de usarlo varias veces, en cambio la bolsa tradicional debe botarse. (Franco, 2015).

2.2.3.3 Pasos para construir un vivero en tubetes

A. Construcción de sombra

El propósito de construir la sombra es mantener una apropiada humedad relativa dentro del almácigo. Se construye con materiales como bambú, concreto, metal o madera; lo importante es que debe tener cubierta de plástico transparente para permitir el paso de luz; la relación luz-sombra que se debe respetar es del 50% para ambos y será regulada con varas de bambú, palma de coco, sarán u otro material apropiado. El tubete debe estar suspendido en una estructura plana, que forme una cuadrícula, ya sea una cama o estante; estos estantes son mesas de 0.80 m de altura y una superficie de 1 m a 1.25 m, contruidos con materiales variados, siendo más recomendable el metal, por ofrecer mejores condiciones y durabilidad (Procafé, 1998).

Los materiales factibles de utilizar son angular de 3/4 in x 1/8 in para el marco de la mesa, la superficie es una cuadrícula de 5.5 cm por lado elaborada con alambre, las partes que sostienen la mesa son de varilla de hierro de 1/2 in de diámetro, reforzadas con travesaños unidos al marco de la cama (Procafé, 1998).

En cada esquina de marco se instala un tubo galvanizado de 10 cm de largo y de 1/2 in; en ellos se acoplaran las cuatro patas de la otra cama al momento de estibarlos para el transporte. Las camas de 1 m tienen capacidad de 256 cuadrículas y la de 1.25 m, 320 aproximadamente (Procafé, 1998).

B. Lugar de llenado, condiciones del sustrato y como hacer el llenado:

El llenado se puede realizar directamente en la cama de malla, la cual deberá estar desinfectada con Virkon. Las camas metálicas prestan mucha utilidad, para colocar en ellas el tubete lleno. El sustrato debe poseer aproximadamente un 50% de humedad al momento del llenado; mantener la humedad es importante, para que no origine polvo cuando se trabaje con él (Procafé, 1998).

El llenado se realiza presionando el sustrato hasta el fondo del cono, apelmazar dando pequeños golpes en la parte inferior contra la mesa o pequeña piedra, en donde se está realizando el llenado; con esto se evita la formación de vacíos. El sustrato debe quedar al nivel de la abertura superior del cono (Procafé, 1998).

C. Cómo se colocan los tubetes:

Los conos o tubetes deben colocarse en cada orificio de la cuadrícula de metal que forma las camas, inicialmente en forma continua hasta el crecimiento de la planta llegue a los 5 pares de hojas, a fin de que se aproveche el agua de riego, espacio, etc. A partir del quinto par de hojas deben separarse dejando en toda dirección de cada tubete, una cuadrícula de por medio sin tubetes y dejarlos así hasta que las plantas alcancen el tamaño de siembra (Procafé, 1998).

D. Trasplante

El trasplante debe hacerse, cuando la plántula está en la etapa de “soldadito”; considerando los siguientes aspectos. (Anacafé, 2011).

- Selección de plántulas sanas, vigorosas y bien conformadas.
- Evitar la deshidratación, trasplantándose en grupos pequeños.
- Que las plantas no presenten defectos en la raíz.
- Que la raíz pivotante sea recta y larga.

Durante el trasplante, los soldaditos se deben exponer al aire el menor tiempo posible, por lo que debe trabajarse con cuidado y rapidez: esto se puede lograr tomando secciones de suelo con soldaditos, a manera de pilón y previo al trasplante remojar la raíz en una solución de carbendazim o previcur en una dosis de $1 \text{ cm}^3 / \text{L}$ y dar los siguientes pasos:

- Separar la plántula del pilón.
- Revisar la raíz.
- Podar la raíz (si fuera necesario).
- Remojar la raíz en la solución desinfectante.
- Sembrar en el tubete.
- En la siembra, enterrar la raíz recta hasta el cuello de la plántula.

E. Riego

El riego debe hacerse a diario usando gota fina, para evitar que caiga con fuerza, erosione el sustrato y descubra las semillas o plántulas; es importante mantener la humedad sin llegar al encharcamiento del suelo del cono. Si no se cuenta con riego de aspersión (micro aspersión), que sería lo más adecuado, puede utilizarse equipo aspensor manual con poca presión y gota fina (bomba aspensora manual) (Procafé, 1998).

F. Fertilización

Realizar cuatro fertilizaciones; dos con formula 15-15-15, colocando 1 g/planta, la primera a los 90 días y la segunda a los 115 días, después de la siembra de la semilla o plántula, dos nitrogenadas con urea 46% N, a los 140 y 165 días después de sembrada la semilla o plántula, a razón de 0.5 g/planta. El fertilizante se coloca haciendo tres agujeros de 1.5 cm de profundidad, alrededor de la planta y cerca de las paredes del tubete. Complementar la nutrición al suelo con tres fertilizaciones foliares usando multimineral quelatizado en dosis de $12 \text{ cm}^3/\text{gal}$ de agua, a los 90, 150 y 200 días después de sembrada la semilla o plántula (Procafé, 1998).

G. Eliminación de malezas

Supervisar constantemente la aparición de malezas, si estas emergen, pueden ser eliminadas manualmente cuando presentan poco crecimiento, o bien se puede escardar el sustrato, lo cual también ayuda a la aireación del suelo contenido en el tubete, en caso que se presente compactación de la superficie del sustrato.

Sí los tubetes han perdido sustrato, es necesario reponerlo, pero teniendo en cuenta que debe hacerse con sustrato tratado, para evitar reinfestación de la siembra; una forma de contar con el sustrato adecuado para reponer en los tubetes que lo necesiten, es desinfectar un mayor volumen del necesario y almacenar en recipientes herméticamente cerrados para mantenerlo libre de plagas, durante el tiempo que dure el vivero (Procafé, 1998).

H. Control fitosanitario

Como medida preventiva para evitar el apareamiento de enfermedades, la planta debe mantenerse nutrida con una fertilización adecuada y una sombra bien regulada. La supervisión constante y rigurosa, permitirá detectar en forma oportuna el apareamiento de plagas, las cuales por utilizar suelo tratado no deberían presentarse, Anacafé recomienda el programa fitosanitario, que se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Programa fitosanitario para almácigo de café.

Primera aspersión		
A	Disafol	2 lb
	Adherente, dispersante	150 cm ³
	Agua	52 gal
Segunda aspersión		
B	Ferbam	2 lb
	Adherente, dispersante	125 cm ³
	Agua	50 gal
Tercera aspersión		
C	Benlate	4 oz
	Adherente	125 cm ³
	Agua	50 gal
Cuarta aspersión		
D	Alto 10 SL	100 cm ³
	Agua	50 gal

Fuente: Anacafé, 2011

2.2.4 Sustratos

Todo el material inerte o cercano a lo inerte, con suficiente capacidad de absorción de agua y el mantenimiento de ella en porosidades propias de su contextura o de su naturaleza física, puede llegar a ser adecuado para el cultivo de las plantas por medio de las soluciones nutritivas. Un listado rápido de estos materiales conocidos como sustratos incluye tanto productos orgánicos como materiales inorgánicos (Penningsfeld, 1975).

Entre los productos orgánicos que se usan como sustratos para cultivos en tierra, podemos mencionar; la turba, la fibra de coco, el carbón, las bolitas de poli estireno, cáscara de arroz, aserrín, suelo + materia orgánica. Entre los materiales inorgánicos

tenemos: la arena, la grava, cascote y piedras partidas, vermiculita, perlita, lana mineral (Penningsfeld, 1975).

2.2.4.1 Propiedades físicas y químicas de los sustratos en general:

A continuación se mencionan las propiedades a tener en cuenta en los materiales utilizados para fabricar sustratos.

- Granulometría. Tamaño medio y distribución del tamaño de partículas; a partículas más grandes, mayor será el contenido de aire y menor el de agua para determinada succión.
- Relación óptima aire/agua 3/1.
- Porosidad (mayor a 85 %).
- Capacidad de agua disponible (24 - 40 %).
- Densidad aparente (menor a 0.4 g/cm^3).
- Relación C/N y grado de estabilidad de la materia orgánica.
- Capacidad de intercambio de cationes (CIC): 6-15 meq/100g (24-60 meq/L).
- pH con efecto importante en la disponibilidad de nutrientes.
- Cantidad y disponibilidad de nutrientes.
- Concentración de sales en la solución acuosa; la salinidad dependerá del tipo de sustrato y del agua de riego; a menor volumen del recipiente, más riesgoso es la acumulación de sales a niveles de toxicidad.
- Conductividad eléctrica menor a 0.65 mmhos/cm.
- Libre de enfermedades, plagas y malezas.
- Ser fácilmente disponible.
- Bajo costo.

Gallo y Viana, (2005), menciona que para que un sustrato se comporte de manera adecuada, con propiedades físicas y químicas óptimas, es necesario que tenga un

correcto reparto y composición de las fases sólidas, líquida y gaseosa. Es necesario que el sustrato combine propiedades físicas y químicas favorables manteniéndose inalteradas.

2.2.4.2 Propiedades físicas de los sustratos

A. Porosidad

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción. Su valor óptimo no debería ser inferior al 80-85 %, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones. El grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua del sustrato (Gallo y Viana, 2005).

B. Densidad

La densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, y se denomina porosidad aparente.

La densidad real varía según la materia de que se trate y suele oscilar entre 2.5 - 3 para la mayoría de los de origen mineral; la densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo, los valores de densidad aparente se prefieren bajos (0.7-0.1) y que garanticen una cierta consistencia de la estructura (Gallo y Viana, 2005).

C. Estructura

Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares; la primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras (Gallo, 2005).

D. Granulometría

El tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, ya que además de su densidad aparente varía su comportamiento hídrico a causa de su porosidad externa, que aumenta de tamaño de poros conforme sea mayor la granulometría (Gallo y Viana, 2005).

2.2.4.3 Propiedades químicas

La reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza.

Según (Gallo y Viana, 2005) menciona que las propiedades químicas más importantes de los materiales que componen un medio de crecimiento son:

A. Capacidad de intercambio catiónico

Se define como la suma de los cationes cambiabiles que pueden ser adsorbidos por unidad de peso (o de volumen) del sustrato; dichos cationes quedan así retenidos frente al efecto lixivante del agua y están usualmente disponibles para la planta. La capacidad de los sustratos orgánicos para adsorber cationes metálicos depende del pH; cuando más alto es el pH, más elevada es la capacidad de intercambio catiónico. Para una turba rubia, la capacidad de intercambio catiónico se incrementa desde 50 hasta 100 meq/100 g cuando el pH aumenta desde 3.5 hasta 5.5 (Gallo y Viana, 2005).

B. Salinidad

La salinidad de una solución acuosa se mide por su contenido en sales disueltas (mg/l o ppm) o, más comúnmente, por su capacidad para conducir la corriente eléctrica o

conductividad (en miliSiemens por cm, mS/cm, o microSiemens por cm, $\mu\text{S/cm}$). El efecto más común de la salinidad, es un retraso general en el crecimiento de la planta, aunque no todas las partes de la planta son afectadas igualmente, el crecimiento aéreo muy a menudo se suspende más que el crecimiento de la raíz (Gallo y Viana 2005).

C. pH

En relación con el pH, el café prefiere los suelos ligeramente ácidos, es decir un pH 5.0 - 6.0; aun así se pueden obtener buenos rendimientos en suelos más ácidos, siempre que las propiedades físicas del suelo sean buenas. En los suelos cafetaleros es común encontrar pH inferiores a 5.0, por lo que adición de calcio como corrector de acidez es una práctica común en el manejo de una plantación de café. Según (Gallo y Viana, 2005), en sustratos orgánicos, el rango óptimo de pH para el crecimiento de plantas está entre 5,0 y 5,5, lo que no excluye que no puedan crecer satisfactoriamente fuera de ese intervalo.

D. Relación carbono/nitrógeno

Se usa tradicionalmente como un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez y de su estabilidad; los daños que aparecen sobre las plantas cultivadas en materiales orgánicos inmaduros son, en parte por una inmovilización del nitrógeno como a una baja disponibilidad de oxígeno en la rizosfera; esta situación está provocada por la actividad de los microorganismos, que descomponen los materiales orgánicos crudos y utilizan el N para la síntesis de sus proteínas celulares (Gallo y Viana, 2005).

2.2.4.4 Propiedades biológicas

Cualquier actividad biológica en los sustratos es claramente perjudicial, los microorganismos compiten con la raíz por oxígeno y nutrientes, también pueden degradar el sustrato y empeorar sus características físicas de partida; así las propiedades biológicas de un sustrato se pueden concretar en:

A. Velocidad de descomposición

La velocidad de descomposición es función de la población microbiana y de las condiciones ambientales en las que se encuentre el sustrato, esta puede provocar deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. La disponibilidad de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteínas) determina la velocidad de descomposición (Gallo y Viana, 2005).

B. Efectos de los productos de descomposición

Muchos de los efectos biológicos de los sustratos orgánicos se atribuyen a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa. Una gran variedad de funciones vegetales se ven afectadas por su acción (Cordero, 2013).

C. Actividad reguladora del crecimiento

Es conocida la existencia de actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo (Cordero, 2013).

2.2.4.5 Propiedades físicas y químicas de los sustratos utilizados en la investigación

En los cuadros del 2 al 7, se muestran las propiedades físicas y químicas de los sustratos utilizados en la investigación.

Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas del aserrín.

Variable	Descripción
Capacidad de retención de humedad	Baja – media
Contenido de humedad	Bajo, puede producir estrés hídrico
Costo	Bajo
Capacidad amortiguadora	Baja
Ph	6.3 – 7
Porosidad total	80-85
Relación carbono – nitrógeno	80-90 /1
Composición	94% materia seca , 0.62 % proteína cruda y 0.35 % de ceniza
Observación	Interviene en procesos de adsorción, fijación, inmovilización y mineralización de nutrientes.

Fuente: (Pineda, 2010)

Cuadro 3. Propiedades físicas y químicas de la cascarilla de arroz.

Variable	Descripción
Retención de humedad	Baja
Drenaje	Bueno
Aireación	Buena
Porosidad	85-95
Capacidad de aire	(% volumen) 40-60
Capilaridad	Mala
Observación	Principal función de esta mezcla es favorecer la oxigenación del sustrato.

Fuente: (Barroso, 2011)

Cuadro 4. Propiedades físicas y químicas de la vermiculita.

Variable	Descripción
Absorción de agua	Alto
Retención Hídrica	En clima caluroso
Frecuencia de riego	Baja
Oxigenación	Alta
Aislante térmico	Alto
Retención humedad	35%
Aireación	25 %
Observaciones	Regula y estabiliza el pH de las mezclas, debido a su capacidad de intercambio catiónico.

Fuente: Vermiculita Intersum, s.f.

Cuadro 5. Propiedades físicas y químicas de la fibra de coco.

Variable	Descripción
Ph	5.5-6.2
Relación carbono / nitrógeno	100 / 1
Retención de humedad	40 %
Aireación	16 %
Capacidad intercambio catiónico	Alta
Origen	Orgánico
Costo	Bajo
Observaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Dispone de una capacidad de amortiguación (efecto buffer o tampón) que permite a las plantas superar sin consecuencias cortos períodos de deficiencias nutricionales y/o hídricas - Capaz de retener nutrientes y liberarlos progresivamente, evitando así pérdidas por lixiviación.

Fuente: (Ispemar, 2001)

Cuadro 6. Propiedades físicas y químicas del Peet moss.

Variable	Descripción
Retención de humedad	60 %
Contenido de materia orgánica	92 – 96%
Aireación	20 %
Origen	Orgánico
Ph	3.5 -4
Conductividad eléctrica	0.09- 0.21
Relación carbono / nitrógeno	65 – 95 / 1
Contenido de humedad	35 – 45 %
Composición del peet moss	Carbono (59 %), Hidrogeno (6 %), Oxigeno (33%) y Nitrógeno (2%)
Observaciones	Óptima penetración en el medio para germinar y pueda enraizar adecuadamente.

Fuente: (Barroso, 2011)

Cuadro 7. Propiedades físicas y químicas del lombricompost.

Variable	Descripción
Ph	6.7-7.3
Relación carbono / nitrógeno	9-13 / 1
Contenido de materia orgánica	28%
Nivel de nitrógeno	2%
Contenido de cenizas	27%
Disponibilidad de nutrientes	Inmediata
Costo	Bajo
Humedad	70%
Observaciones	Alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos Alta carga microbiana que restaura la actividad biológica del suelo

Fuente: (Pineda, 2010)

2.2.4.6 Características de un sustrato ideal

El mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc. Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas (Cordero, 2013).

2.2.4.7 Medición de pH y conductividad eléctrica en sustratos:

Los problemas nutricionales son una de las principales causas para una baja calidad en la producción y pérdida de plantas en invernaderos y viveros. El monitoreo de pH y conductividad eléctrica (CE) de medios de crecimiento da la posibilidad de corregir este tipo de inconvenientes antes que se conviertan en problemas que pudieran perjudicar los cultivos (Torres, 2001).

El pH de sustratos de crecimiento afecta la disponibilidad de nutrientes, especialmente micronutrientes; la conductividad eléctrica es una medida de la concentración de sales disueltas en un sustrato de crecimiento; los valores de CE proveen una idea de la cantidad de fertilizante que se encuentra disponible en el medio para el crecimiento de las plantas o indica si existe acumulación de sales en el mismo (Torres, 2001).

Es importante monitorear el pH y CE periódicamente antes que problemas nutricionales aparezcan. Existe en el mercado equipo accesible y fácil de usar, además de métodos de monitoreo simples que ayudan a que este sea una tarea sencilla para los productores; una alta alcalinidad puede incrementar el pH de los sustratos a lo largo del ciclo de producción; antes de comenzar con un programa de monitoreo de pH y CE, es importante realizar un examen del agua de riego en un laboratorio profesional; análisis adicionales de sustrato y/o de tejido de plantas son necesarios para determinar qué nutrientes están presentes y en qué cantidad (Torres, 2001).

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1 Ubicación

La finca Pegón Piloncito se ubica en la aldea El Jocotillo, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala y dista de la cabecera municipal a 38 km y de la ciudad capital a 48.5 km.

La aldea El Jocotillo colinda al norte con la aldea Santa Rosita, Villa Canales y el municipio de Fraijanes, al oriente con el municipio de Fraijanes, Guatemala y Barberena, Santa Rosa, al sur con los municipios de Barberena y Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa y al Occidente con las aldeas Dolores y Santa Elena Barillas, Villa Canales.

Se localiza en las coordenadas latitud Norte 14 grados 20 minutos y 52 segundos y longitud oeste 90 grados 30 minutos y 38 segundos, a una altura de 1,077 msnm.

En la aldea predomina la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado), Bh-s (t), precipitación promedio anual de 1224 mm (Hernández, 2004).

2.3.2 Características de los materiales experimentales

2.3.2.1 Material vegetal

Se utilizó planta de *Coffea arabica* L. de la variedad Sarchimor.

Sarchimor es el resultado del cruzamiento entre el híbrido de Timor y la variedad Villa Sarchi y fue desarrollada en el Centro Internacional de las Royas del Café en Oeiras, Portugal.

La variedad sarchimor es una línea original T-5296 introducida del CATIE en 1981 para experimentos; introducciones particulares desde Costa Rica de parcelas privadas en 2006-08, de probable selección masal; recientemente introducciones de Honduras 2010-12 de la variedad "Parainema".

Los Sarchimores son de porte bajo, brote verde o bronce o ambos según la línea, vigor y producción alta, bien adaptado en zonas de baja y media altura, en zona baja y media altura, buena taza

2.3.2.2 Tubetes

Los tubetes utilizados en la evaluación fueron de polipropileno, color negro grisáceo, de 13 cm de altura y 250 cm³ de capacidad, con estrías internas a lo largo del tubo y abierto en la parte inferior, el peso de los tubetes es de 22 g aproximadamente, el orificio superior está rodeado por una pestaña o borde, que sirve para ser suspendido en estructuras o camas en forma de cuadrículas, así se evita la re-infestación del sustrato ya tratado. (Tara, 2012).

2.3.2.3 Sustratos

Los sustratos que se utilizaron fueron; el tradicional de la finca Pegón Piloncito, el cual está compuesto por una mezcla de peat moss y fibra de coco en una proporción de 50% de cada uno (Testigo T5), mismo que se comparó con cuatro mezclas más.

A. Descripción técnica de los tratamientos

Para la investigación se utilizaron 6 sustratos, siendo estos los siguientes: aserrín, fibra de coco, cascarilla de arroz, peat moss, vermiculita y compost; mismos que se utilizaron en diferentes proporciones, convirtiéndose estos en los 5 tratamientos evaluados, el cuadro 8, muestra los tratamientos utilizados en la investigación.

Cuadro 8. Descripción de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Sustrato	Proporción
1	Cascarilla de arroz	33 %
	Peat moss # 10	33 %
	Vermiculita	33 %
2	Fibra de coco	30 %
	Peat moss # 10	50 %
	Vermiculita	20%
3	Peat moss # 10	33 %
	Compost	33 %
	Vermiculita	33 %
4	Aserrín	33 %
	Fibra de coco	33 %
	Peat moss # 10	33 %
5 (testigo)	Peat moss # 10	50 %
	Fibra de coco	50 %

Fuente: Elaboración propia, con información de la finca Pegón Piloncito, 2016.

2.3.3 Antecedentes

2.3.3.1 Investigaciones relacionadas

(Franco, 2015). Evaluó la influencia de sustratos alternativos sobre la emergencia de plántulas de café en tubetes; dicho estudio se realizó en la aldea Agua Blanca, municipio de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa, utilizando para el ensayo la variedad Catuaí.

En el ensayo se evaluaron 5 tratamientos, los cuales consistieron en: 50% de tierra negra, 0% de arena pómez, 30% de pulpa de café procesada, 20% de gallinaza procesada y 0% de hojarasca de café descompuesta (T1); 40% de tierra negra, 10% de arena pómez,

30% de pulpa de café procesada, 0% de gallinaza procesada y 20% de hojarasca de café descompuesta (T2); 40% de tierra negra, 5% de arena pómez, 30% de pulpa de café procesada, 10% de gallinaza procesada y 15% de hojarasca de café descompuesta (T3); 30% de tierra negra, 20% de arena pómez, 20% de pulpa de café procesada, 10% de gallinaza procesada y 20% de hojarasca de café descompuesta (T4) y 50% de tierra negra, 50% de arena pómez, 0% de pulpa de café procesada, 0% de gallinaza procesada y 0% de hojarasca de café descompuesta (T5, testigo). Las variables medidas fueron: biomasa de raíces, longitud de raíz, tamaño de hojas y cantidad de semillas emergidas.

Los resultados obtenidos, muestran que el mejor tratamiento para incrementar la vigorosidad de plántulas de café en tubetes fue el tratamiento compuesto por 30% de suelo, 20% de arena amarilla, 20% de pulpa de café, 10% de gallinaza (estiércol) y 20% de hojarasca. En el aspecto económico, el tratamiento que presentó el menor costo para su elaboración fue el testigo, ya que contenía los materiales con el menor costo por 100,000 tubetes.

(Cordero 2013). Evaluó dos fuentes de materia orgánica, para la elaboración de sustratos en la producción de plántulas de café *Coffea arabica* l. var. catuaí rojo, a nivel de vivero. El estudio se realizó en la aldea Chanmagua, situada en la parte nor-oriental del municipio de Esquipulas, Departamento de Chiquimula.

En el estudio, se evaluaron dos fuentes de materia orgánica: Abono fermentado tipo Bocashi y lombricompost en diferentes proporciones que conformaron los tratamientos, y un tratamiento cero como testigo conformado únicamente por suelo del lugar; para establecer el almácigo se utilizaron bolsas de polietileno negro de 3 milésimas de grosor de 6 in x 8 in, las cuales fueron llenadas con cada uno de los tratamientos.

Durante el desarrollo de la evaluación se midieron las variables altura del tallo y diámetro de la base del tallo, estas mediciones se realizaron cada 30 días a partir del trasplante. Las variables longitud de raíz, área foliar, materia seca de tallo y materia seca

de raíz, se midieron al final del periodo de investigación (4 meses), de cada una de las plantas que conforman la unidad experimental.

Se llegó a la conclusión que para la variable longitud de la raíz a los 120 días después del trasplante, los mejores tratamientos fueron T8 (Lombricompost 20% + suelo del lugar 80%) y T11 ((lombricompost 50% + suelo del lugar 50%). Para la variable diámetro del tallo, el mejor tratamiento a lo largo del experimento fue T8 (mmm), sin embargo a la edad de 120 días el tratamiento T1 es similar a T8.

Para la variable peso de materia seca del tallo de la planta a los 120 (DDT), existen diferencias significativas entre los tratamientos, siendo mejor el T1 (bocashi 20% + suelo del lugar 80%). El análisis de varianza para materia seca de raíces de las plantas de café a los 120 días después de trasplante, indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos, revelando que el mejor tratamiento es el T11 (lombricompost 50% + suelo del lugar 50%).

En la variable área foliar de las plantas de café a los 120 días después de trasplante, existe diferencia significativa entre los tratamientos y el mejor es el T1 (bocashi 20% + suelo del lugar 80%).

(Blandón, 2008). Evaluó la producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización. El experimento tuvo una duración de cuatro meses y se llevó a cabo en la hacienda Santa Maura, Jinotega, Nicaragua, utilizando las variedades Catuai y Pacamara.

Se usaron tres tipos de sustratos para el llenado de los tubetes: a) Sustrato KUNTAN, que es a base de humus de lombriz + cascarilla de arroz carbonizada; b) Sustrato Pro-Mix®: Es un sustrato a base de turba de musgo esfágico (peat moss), del genero *Sphagnum*, utilizado para el crecimiento de plántulas en bandejas; este sustrato se preparó con Pro-Mix® y arena de río y c) Sustrato Procafé: Este sustrato se preparó con suelo franco, lombrihumus, material orgánico (aserrín) y de material inerte (arena de río).

En tanto que los fertilizantes utilizados fueron: a) Fertilizante convencional: Se usó fertilizante 18-46-0 (DAP), a razón de 2 g en 20 ml de agua por cada tubete, es una fuente de fósforo de rápida asimilación, con 18% de nitrógeno amoniacal; b) Fertilizante Osmocote® 15-9-12: Fertilizante de liberación lenta. Se aplicó al momento de la preparación de los sustratos. Se mezcló con el sustrato a razón de 2 g por tubete y c) Fertilizante orgánico: Esta fertilización se hizo con roca fosfórica y ácidos húmicos, en la cual se usó 2 g de Fosfomax® y 0.5 g de Tacre-Humic® en 20 ml de agua por cada tubete.

Las variables estudiadas fueron altura de la planta, pares de hojas verdaderas, grosor del tallo, área foliar, biomasa total; para las primeras tres variables las mediciones iniciaron 45 días después del trasplante; en tanto que para las variables área foliar y biomasa total, la medición se realizó al final del ensayo (120 días después del trasplante)

Se concluyó, que existe una mayor altura de las plantas con el sustrato Kuntan, comparado con los sustratos Pro-Mix® y Procafé; en las variables diámetro de tallo y pares de hojas verdaderas no hubo diferencia y en el área foliar y biomasa seca total fue mejor con el sustrato Pro-Mix® comparado con los demás sustratos.

El análisis de los sustratos, muestra que en el sustrato Pro-Mix® existe un balance adecuado de todos los elementos, esto demuestra porque se obtuvieron los mejores resultados con este sustrato. Muestra que en los sustratos Kuntan y Procafé hay un gran desbalance en los cationes (K, Ca, Mg, Na), ya que el potasio está en exceso causando antagonismo con los demás elementos. En el sustrato Kuntan se encontró una alta conductividad eléctrica que pudo haber quemado las plantas. Sin embargo el contenido de materia orgánica presente en este sustrato permitió contrarrestar este efecto.

En cuanto a la fertilización, la expresión de todas la variables de crecimiento estudiadas fue superior con el fertilizante Osmocote®. En la expresión de casi todas las variables estudiadas fue superior con el fertilizante convencional (DAP), comparado con el fertilizante orgánico y las plantas que no se fertilizaron. Esto puede deberse que en el

fertilizante convencional, los nutrientes están más rápidamente disponible para la planta en comparación con el orgánico que debe descomponerse para que la planta los pueda asimilar.

En relación con las variedades utilizadas en el ensayo, se concluyó que la variedad Pacamara presenta valores ligeramente superiores para las variables de altura y grosor del tallo, aunque al final su comportamiento en término de área foliar, pares de hojas y biomasa seca total no difieren de la variedad Catuaí. La mayor altura de Pacamara se debe a la arquitectura de la variedad (porte alto).

(Martínez Solís, 2005). Evaluó la eficiencia de siete mezclas utilizadas como sustratos para la producción de plántulas de café *Coffea arabica* L. variedad *Catuaí* utilizando la técnica de tubete. Dicho estudio se realizó bajo condiciones de Finca Monte María, San Juan Alotenango, Sacatepéquez.

A la edad de trasplante se evaluaron las variables de biomasa de raíces, altura de la planta y pares de hojas, entre los materiales utilizados para la elaboración de los sustratos fueron cascarilla de arroz, arena y bagazo de caña.

Se concluyó que para las variables biomasa de raíces, número de pares de hojas y altura de planta; los tratamientos T6 y T7 (cascarilla de arroz, arena y bagazo), fueron mejor estadísticamente, por lo tanto se rechaza la hipótesis de que el sustrato utilizado en la finca Monte María, es el que produce mejor relación biomasa raíz / biomasa foliar.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 Objetivo general

1. Evaluar el efecto de cinco sustratos para mejorar la calidad de raíz de pilones de caféto (*Cofféa arábica*), en el sistema de siembra en tubetes.

2.4.2 Objetivos específicos

1. Establecer el efecto de la mezcla de sustratos en la biomasa, longitud y área radicular.
2. Establecer el efecto de la mezcla de sustratos en la biomasa aérea, longitud y diámetro de tallo y área foliar.
3. Evaluar el pH, conductividad eléctrica y porcentaje de humedad de los diferentes tratamientos a utilizados en este estudio.
4. Determinar el aporte de macro y micronutrientes de los diferentes tratamientos utilizados en este estudio.

2.5 HIPÓTESIS

1. Al menos una de las mezclas de sustratos tendrá diferencia estadísticamente significativa en la biomasa, longitud y área radicular.
2. Al menos una de las mezclas de sustratos tendrá diferencia estadísticamente significativa en la biomasa aérea, la longitud y diámetro de tallo y área foliar.
3. Al menos una de las mezclas de sustratos tendrá diferencia estadísticamente significativa en el pH, conductividad eléctrica y porcentaje de humedad.

2.6 METODOLOGÍA

2.6.1 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones, constituyendo así 20 unidades experimentales. De acuerdo a (Mendenhall, 1982) el modelo estadístico para este diseño experimental es el siguiente:

2.6.2 Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad i=1,2,\dots,t \quad j=1,2,\dots,r$$

μ = Parámetro, efecto medio

τ_i = Parámetro, efecto del tratamiento i

β_j = Parámetro, efecto del bloque j

ϵ_{ij} = valor aleatorio, error experimental de la u.e. i,j

Y_{ij} = Observación en la unidad experimental

2.6.3 Factor de estudio

Se evaluó un solo factor que fueron los sustratos.

2.6.4 Tratamientos y repeticiones

En el cuadro 9 se muestra cada uno de los tratamientos, las repeticiones, el número de plantas por parcela bruta y parcela neta.

Cuadro 9: Tratamientos y repeticiones

REPETICION I			REPETICION II		
Arreglo de tratamientos y repeticiones	Parcela bruta (plantas)	Parcela neta (plantas)	Arreglo de tratamientos y repeticiones	Parcela bruta (plantas)	Parcela neta (plantas)
T1 RI	10	6	T1 RII	10	6
T2 RI	10	6	T2 RII	10	6
T3 RI	10	6	T3 RII	10	6
T4 RI	10	6	T4 RII	10	6
T5 RI	10	6	T5 RII	10	6
Total	10	6	Total	10	6

REPETICION III			REPETICION IV		
Arreglo de tratamientos y repeticiones	Parcela bruta (plantas)	Parcela neta (plantas)	Arreglo de tratamientos y repeticiones	Parcela bruta (plantas)	Parcela neta (plantas)
T1 RIII	10	6	T1 RIV	10	6
T2 RIII	10	6	T2 RIV	10	6
T3 RIII	10	6	T3 RIV	10	6
T4 RIII	10	6	T4 RIV	10	6
T5 RIII	10	6	T5 RIV	10	6
Total	10	6	Total	10	6

Fuente: Elaboración propia.

2.6.5 Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por 10 plantas para cada tratamiento, haciendo un total por repetición de 50 plantas; siendo el total de plantas a utilizar en todo el experimento 200, considerando que realizaron 4 repeticiones.

Para la toma de datos se utilizaron 6 plantas de cada tratamiento, dejando 2 plantas por lado que sirvieron para minimizar el efecto de borda. La figura 10 muestra la parcela de investigación.



Figura 10. Parcela de investigación

2.6.6 Arreglo espacial

En la figura 11 y 12, se muestra la aleatorización de la investigación.

Repetición I				
T2	T5	T4	T1	T3
Repetición II				
T3	T4	T1	T5	T2
Repetición III				
T5	T2	T4	T3	T1
Repetición IV				
T4	T1	T5	T2	T3

Figura 11: Aleatorización de la investigación



Figura 12. Arreglo espacial del experimento

2.6.7 Variables de respuesta

Las variables de respuesta se dividieron en variables biológicas y físicas.

2.6.7.1 Variables biológicas

- A) Biomasa de raíces
- B) Área y longitud radicular
- C) Biomasa de follaje y tallo
- D) Área foliar
- E) Diámetro y longitud de tallo

2.6.7.2 Variables físicas

- A) pH y conductividad eléctrica
- B) Porcentaje de humedad
- C) Análisis de fertilidad de los sustratos

2.6.8 Metodología para la toma de datos en campo

2.6.8.1 Biomasa de raíces

La importancia de determinar la biomasa de raíz, radicó en la cantidad de raíces al momento del trasplante que tiene influencia directa con la capacidad de adaptación en el campo definitivo.

Se determinó la biomasa radicular por medio de una pesa digital (ver figura 13), utilizando 30 plantas por cada repetición o sea 6 plantas por tratamiento. La metodología para la recolección de muestras fue la siguiente:

- Corte de planta separando la parte aérea y parte radicular.
- Empaque de la raíz en papel periódico.
- Identificación de la muestra con marcador permanente.
- Traslado de la muestra al laboratorio de la Facultad de Agronomía dentro de una hielera para mantener una adecuada humedad.
- El peso de la raíz se determinó por medio de una pesa digital para obtener el peso húmedo de la muestra.
- La muestra se introdujo en el horno de secado a una temperatura de 80 grados durante 48 horas.
- Se sacó la muestra del horno y se pesó mediante una pesa digital esto para obtener el peso seco.



Figura 13. Toma de datos para biomasa de raíz

2.6.8.2 Área y longitud radicular

Para evaluar la respuesta vegetativa de las plantas de café se determinó el área y la longitud radicular, utilizando 30 plantas por cada repetición o sea 6 plantas por tratamiento.

Por medio de cuadrícula, se midió el área radicular; para la medición de la longitud radicular se utilizó una regla graduada, ver figuras 14 y 15.



Figura 14. Toma de datos longitud de raíz



Figura 15. Toma de datos de área de raíz

2.6.8.3 Biomasa de follaje y tallo

Con el fin de evaluar la respuesta vegetativa de las plantas de café en los diferentes tratamientos se midió la biomasa de follaje y tallo.

Se determinó la biomasa de follaje y tallo por medio de una pesa digital, utilizando 30 plantas por cada repetición (las mismas que se utilizaron para biomasa radicular) o sea 6 plantas por tratamiento, ver figura 16.



Figura 16. Determinación de biomasa de hojas

La metodología para la recolección de muestras fue la siguiente:

- Corte de planta separando la parte aérea y parte radicular.
- Empaque de follaje y tallo en papel periódico.
- Identificación de la muestra con marcador permanente.

- Trasladó de la muestra al laboratorio de la Facultad de Agronomía dentro de una hielera para mantener una adecuada humedad.
- Se pesaron las hojas y el tallo por separado por medio de una pesa digital para obtener el peso húmedo de la muestra.
- La muestra se introdujo en el horno de secado a una temperatura de 80 grados durante 48 horas, ver figura 17.
- Se sacó la muestra del horno y se pesó mediante una pesa digital esto para obtener el peso seco.



Figura 17. Horno de secado para variables de biomasa

2.6.8.4 Área foliar

Esta medición se realizó al finalizar el ensayo, o sea 150 días después del trasplante, para lo cual se utilizaron 30 plantas por cada repetición o sea 6 plantas por tratamiento.

Con el fin de determinar la respuesta vegetativa de las plantas de café en los diferentes tratamientos se midió el área foliar. Se realizó por medio de un instrumento de medición (vernier).

2.6.8.5 Diámetro y longitud de tallo

Para cada uno de los tratamientos se midió el diámetro del tallo a partir de 30 días después del trasplante, esta variable fue determinada cada mes usando un calibrador (vernier), y se realizó a 1 cm de alto de la base del sustrato, ver figura 18.



Figura 18. Toma de datos de diámetro de tallo

Conjuntamente se realizó la medición de longitud del tallo, utilizando una regla graduada (ver figura 19). Para estas variables se utilizaron 30 plantas por cada repetición o sea 6 plantas por tratamiento.



Figura 19. Toma de datos longitud de tallo

2.6.8.6 pH y conductividad eléctrica:

Estas variables fueron medidas semanalmente, para lo cual se utilizaron 30 plantas por repetición o sea 6 plantas por tratamiento.

A cada planta se le aplicaron 25 cm³ de agua para un total de 75 cm³ por planta; se colocó un recipiente para recolección del lixiviado, mismo que posteriormente fue llevado al laboratorio de la finca para su respectivo análisis con aparato medidor de pH, ver figuras 20 y 21.



Figura 20. Toma de datos de pH



Figura 21. Toma de datos de conductividad eléctrica

2.6.8.7 Porcentaje de humedad

Esta variable fue medida semanalmente, para lo cual se utilizaron 30 plantas por repetición o sea 6 plantas por tratamiento; utilizando para su medición un tensiómetro.

2.6.9 Análisis de fertilidad de los sustratos

Esta variable fue medida al final del experimento, tomando una muestra de cada uno de los sustratos, para posteriormente ser analizados en el Laboratorio de Suelos, Planta y Agua (ANALAB) de la Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ).

2.6.10 Análisis de la información

Análisis estadístico: Para el análisis de cada una de las variables en estudio se procedió a realizar el análisis de varianza (ANDEVA); por medio del cual se identificó el efecto de la media, las repeticiones y los diferentes tratamientos, considerando el error experimental y porcentaje de coeficiente de variación, para cada variable de respuesta. En los casos procedentes se aplicó una prueba múltiple de medias de Tuckey.

2.7 MANEJO DE EXPERIMENTO

2.7.1 Preparación del sustrato

Se procedió a elaborar cada mezcla utilizando recipientes (cubetas de 20 litros) con medidas volumétricas para cuantificar la cantidad de cada material utilizado por tratamiento, se procedió a llenar los tubetes y finalmente se colocaron los mismos en la cama de sostén, ver figura 22.



Figura 22. Preparación de los sustratos

2.7.2 Marcado y señalización de los tratamientos

Una vez se colocaron los tubetes en la cama de sostén, se procedió a identificar los bloques y los tratamientos conforme al croquis propuesto, utilizando paletas con rótulos emplastificados para mayor duración.

2.7.3 Trasplante.

Previo al trasplante, la semilla de café fue sembrada en bandejas de pre germinado; este proceso tuvo una duración de 35 días, seguidamente se procedió a realizar el trasplante de los pilones a los tubetes, ver figura 23.



Figura 23. Trasplante realizado

2.7.4 Riego

Se realizó de acuerdo al programa que la finca tiene actualmente establecido.

2.7.5 Fertilización

Se llevó a cabo de acuerdo al programa que la finca tiene establecido. Los fertilizantes utilizados fueron Basacote (16-8-12), 20-18-20, 9-45-15 y fertilizantes foliares.

2.7.6 Control de malezas

Se realizó a mano, arrancando las malezas conforme fueron emergiendo dentro de los tubetes.

2.7.7 Control de plagas y enfermedades

Se realizó de acuerdo a las recomendaciones del personal de fitosanidad, quienes llevan a cabo muestreos semanales, para verificar la incidencia o severidad de daños de plagas o enfermedades.

2.8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de los sustratos, se realizó con el objetivo de determinar el desempeño de cada uno de estos, siendo la única fuente de variación la composición del mismo.

Las variables de respuesta evaluadas en campo, fueron las siguientes: biomasa de raíz, área radicular, longitud radicular, biomasa de hoja, biomasa de tallo, área foliar, diámetro de tallo y longitud de tallo. En el cuadro 10, se muestran los resultados obtenidos de las diferentes variables estudiadas.

Cuadro 10. Promedio de las variables evaluadas a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo Villa Canales, Guatemala.

Tratamiento	Biomasa de raíz	Área radicular	Longitud radicular	Biomasa de hoja	Biomasa de tallo	Área foliar	Diámetro de tallo	Longitud de tallo
	Media G	Media cm ²	Media Cm	Media g	Media G	Media cm ²	Media cm	Media cm
1	13.72	35.28	17.65	23.37	42.77	645.12	0.85	38.98
2	11.52	33.47	16.60	26.44	35.53	513.13	0.96	36.51
3	15.76	46.04	16.77	25.42	37.22	682.45	0.96	38.63
4	11.20	38.90	16.82	25.17	41.89	605.08	0.92	39.03
Testigo	12.61	42.78	15.56	23.82	44.37	724.56	0.98	39.43

Fuente: Elaboración propia.

Analizando los resultados presentados en el cuadro 10; se observa que T5 (testigo) y T3 son los mejores tratamientos; el testigo se comportó mejor en las variables de la parte aérea de la planta, siendo la composición de este sustrato: Peat moss # 10 (50%) y fibra de coco (50%); en tanto que T3 se comportó de mejor manera en las variables relacionadas con la parte radicular, siendo la composición de este sustrato Peat moss #10 (33%), compost (33%) y vermiculita (33%).

Analizando más a detalle los resultados anteriores, en relación con T5 (testigo), se obtuvieron los siguientes resultados: para biomasa de tallo se tuvo una media de 44.37 g, área foliar de 742.56 cm², diámetro de tallo de 0.98 cm y una longitud de tallo de 39.43 cm; los resultados anteriores se deben a la presencia de fibra de coco en el sustrato, siendo la característica de este componente. Según (Jaramillo, 2007) la de poseer un alto contenido de potasio, lo cual favorece el crecimiento vegetativo y meristemático.

Al analizar más a detalle los resultados, en relación a T3 se obtuvieron los siguientes resultados: para biomasa de raíz, se tiene una media de 15.75 g, área radicular 46.04 cm² y una longitud de raíz de 17.65 cm; lo anterior indica que el tratamiento tiene un buen balance en cada uno de sus componentes y la presencia de compost y vermiculita en el sustrato. Según (Font, 1982) el sustrato favorece a que este no se compacte con facilidad y permita el crecimiento libre de las raíces por medio de la cofia, quien necesita un suelo blando para penetrar y así crecer el sistema radicular.

A continuación se presenta el análisis de manera individual de los resultados obtenidos de cada una de las variables evaluadas en el experimento.

2.8.1 Biomasa de raíz

La importancia de determinar la biomasa de raíz del pilón de cafeto, radica en que está relacionada con la cantidad de raíces al momento del trasplante, lo que tiene influencia directa con la capacidad de adaptación en el campo definitivo.

En el cuadro 11 se presenta el análisis de varianza, para la variable biomasa de raíz, donde se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos al ($P \leq 0.05$).

El coeficiente de variación fue de 11.60%, lo cual indica que si existió un adecuado manejo del experimento.

Cuadro 11. Análisis de la varianza para la variable biomasa de raíz a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Fuente variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc	Ft	p-valor
Tratamiento	54.92	4	13.73	6.07	3.26	0.0066
Repetición	8.97	3	2.99	1.32		0.3128
Error	27.13	12	2.26			
Total	91.03	19				

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la regla de decisión y de los resultados del ANDEVA, señalan que al menos uno de los tratamientos evaluados presenta un resultado diferente a los demás, se procedió a efectuar una prueba de medias de Tukey para determinar el o los tratamientos diferentes entre sí.

En el cuadro 12, se presenta la prueba de medias, para la variable biomasa de raíz a los 150 días después del trasplante.

Cuadro 12. Prueba de medias (tukey) para la variable biomasa de raíz a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Tratamiento	Medias	N	Error experimental	Tukey
3	15.76	4	0.75	A
1	13.72	4	0.75	AB
Testigo (T5)	12.61	4	0.75	AB
2	11.52	4	0.75	B
4	11.20	4	0.75	B

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al análisis de la prueba múltiple de medias de Tukey, se tienen 3 grupos, de los cuales el grupo A está formado por T3, con una media de 15.76 g para biomasa de raíz; el grupo AB, formado por T1 y T5 (testigo), con una media de 13.72 g y 12.61 g respectivamente, para biomasa de raíz y finalmente el grupo B está formado por T2 y T4 con una media de 11.52 g y 11.20 g, respectivamente. Lo anterior indica que el tratamiento que pertenece al grupo A, muestra la mejor respuesta en cuanto a biomasa de raíz, puesto que los demás tratamientos pertenecen a otros grupos de medias con menores resultados.

T3, compuesto por peat moss (33%), compost (33%) y vermiculita (33%), presentó mejores resultados en cuanto a biomasa de raíz, debido a que era el tratamiento con un buen balance en cada uno de sus componentes y por la presencia de compost y vermiculita en el sustrato. Según (Font, 2007), lo anterior favorece a que esta mezcla no se compacte con facilidad y permita el crecimiento libre de las raíces por medio de la cofia, quién necesita un suelo blando para penetrar y así crecer el sistema radicular. La figura 24 muestra las medias para la variable biomasa de raíz.

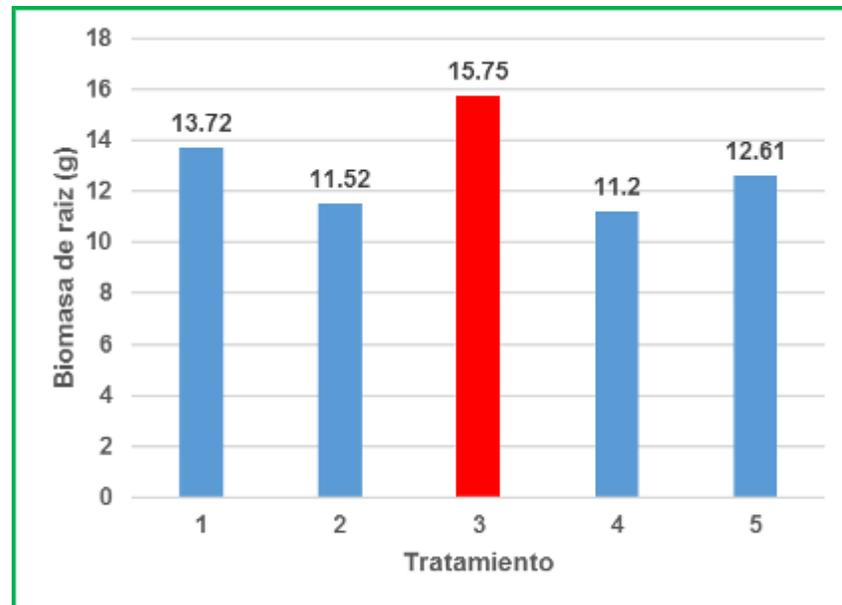


Figura 24. Comparación de medias para la variable biomasa de raíz

2.8.2 Área radicular

Con el propósito de evaluar la respuesta del sistema radicular de las plantas de café en los diferentes tratamientos, se midió la variable área radicular en cm^2 .

En el cuadro 13, se presenta el análisis de varianza, donde se muestra que si existe diferencia significativa entre los tratamientos al ($P \leq 0.05$) para la variable área radicular a los 150 días después del trasplante.

El coeficiente de variación obtenido fue de 7.47% lo cual indica que si existió un adecuado manejo en el experimento.

Cuadro 13. Análisis de la varianza para la variable área radicular a los 150 días después del trasplante, finca Pegón piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc	Ft	p-valor
Tratamiento	431.25	4	107.81	12.51	3.26	0.003
Repetición	9.32	3	3.11	0.36		0.7827
Error	103.43	12	8.62			
Total	544.0	19				

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la regla de decisión y de los resultados del ANDEVA, se observa que al menos uno de los tratamientos evaluados presenta un resultado diferente a los demás, por lo que se procedió a efectuar una prueba de medias de Tukey para determinar el o los tratamientos diferentes entre sí. En el cuadro 14, se muestra la prueba de medias, para la variable área radicular a los 150 días después del trasplante.

Cuadro 14. Prueba de medias (Tukey), para la variable área radicular a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Tratamiento	Medias	N	Error experimental	Tukey
3	46.04	4	1.47	A
Testigo (T5)	42.78	4	1.47	AB
4	38.90	4	1.47	BC
1	35.28	4	1.47	C
2	33.47	4	1.47	C

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al análisis de la prueba múltiple de medias de Tukey, se forman 4 grupos de medias; de los cuales el grupo A está formado por T3, con una media de 46.04 cm²; el grupo AB, formado por T5 (testigo), con una media de 42.78 cm²; el grupo BC, formado por T4 con un área radicular de 38.90 cm² y el grupo C formado por T1 y T2 con una media de 35.28 cm² y 33.47 cm² respectivamente. Lo anterior indica que el tratamiento que pertenece al grupo A, muestra la mejor respuesta en cuanto a la variable área radicular.

La mezcla compuesta por peat moss (33%), compost (33%) y vermiculita (33%) (T3), presentó mejores resultados en cuanto a la variable área radicular, debido a que era el tratamiento con buen balance en cada uno de sus componentes; lo cual favorece a que este no se compacte con facilidad y permita el crecimiento libre de las raíces por medio de la cofia, quién necesita un suelo blando para penetrar y así crecer el sistema radicular; una de las características de la vermiculita es que aflojan bien las distintas mezclas que se preparen con ella (Jaramillo, 2007).

En la figura 25, se muestra la comparación entre cada una de las medias para la variable área radicular.

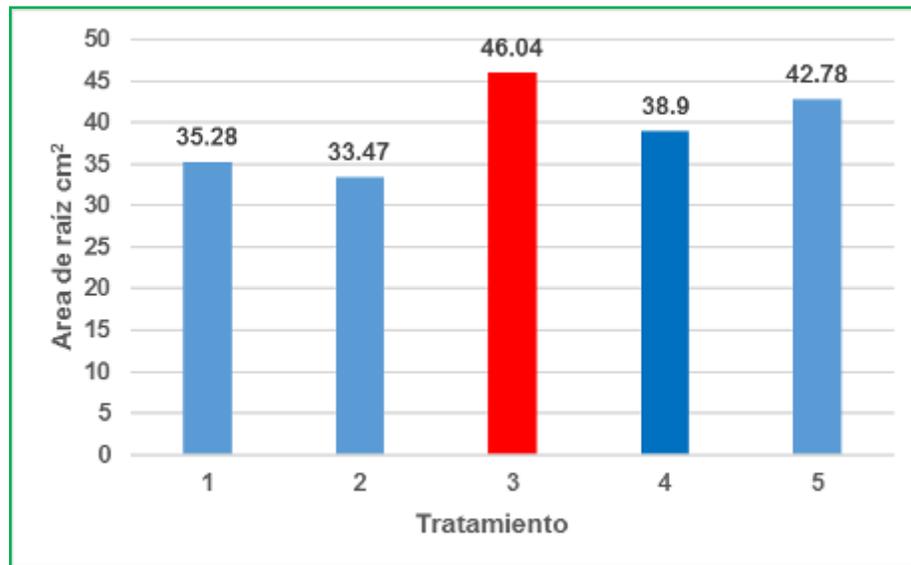


Figura 25. Comparación de medias para la variable área de raíz

2.8.3 Longitud radicular

Con el propósito de evaluar la respuesta vegetativa de las plantas de café en los diferentes tratamientos, se midió la variable longitud radicular en cm, la medición se realizó desde la base del tallo hasta la punta de la raíz pivotante.

En el cuadro 15, se presenta el análisis de varianza, donde se muestra que si existe diferencia significativa entre los tratamientos al ($P \leq 0.05$) para la variable longitud radicular a los 150 días después de haber realizado el trasplante.

El coeficiente de variación obtenido fue de 6.05%, lo cual indica que si existió un adecuado manejo en el experimento.

Cuadro 15. Análisis de la varianza para la variable longitud radicular a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Fuente variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc	Ft	p-valor
Tratamiento	8.86	4	2.22	2.18	3.26	0.1332
Repetición	0.48	3	0.16	0.16		0.9220
Error	12.20	12	1.02			
Total	21.55	19				

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados del ANDEVA, las diferencias entre las medias es no significativa, por lo que no procedía realizar la prueba de tukey; pero igual se quiso comprobar que tratamiento es mejor estadísticamente; por lo mismo se procedió a realizar una Prueba de Duncan, la cual se muestra en el cuadro 16.

Cuadro 16. Prueba de Duncan, para la variable longitud radicular a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Tratamiento	Medias	N	Error experimental	Duncan
1	17.65	4	0.50	A
4	16.82	4	0.50	AB
3	16.77	4	0.50	AB
2	16.60	4	0.50	AB
Testigo (T5)	15.56	4	0.50	B

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la prueba de Duncan, se forman 3 grupos de medias, de los cuales el grupo A contiene a T1, con una media de 17.65 cm; luego el grupo AB contiene a T4, T3 y

T2, con una media de 16.82 cm, 16.77 cm y 16.60 cm respectivamente y por último el grupo B que contiene a T5 (testigo), con una media de 15.56 cm. Analizando lo anterior se determinó que T1 es el mejor, al tener una media mayor que el resto de tratamientos, con una longitud radicular de 17.65 cm.

Si bien se puede observar, que las diferencias entre los sustratos, es mínima; se demuestra una mayor permeabilidad en T1, el cual está compuesto por cascarilla de arroz, peat moss y vermiculita en una proporción de 33% para cada componente; la mayor permeabilidad está dada por la presencia en el sustrato de la cascarilla de arroz y peat moss, cuyas características según (Font, 1982), son las de tener alta porosidad y aireación, lo cual le permite a la planta tener un medio adecuado para el crecimiento radicular por medio de la cofia, quien se encarga de penetrar el suelo para dar crecimiento al sistema de la raíz de las plantas.

La figura 26, muestra la comparación entre cada una de las medias para la variable longitud de raíz.

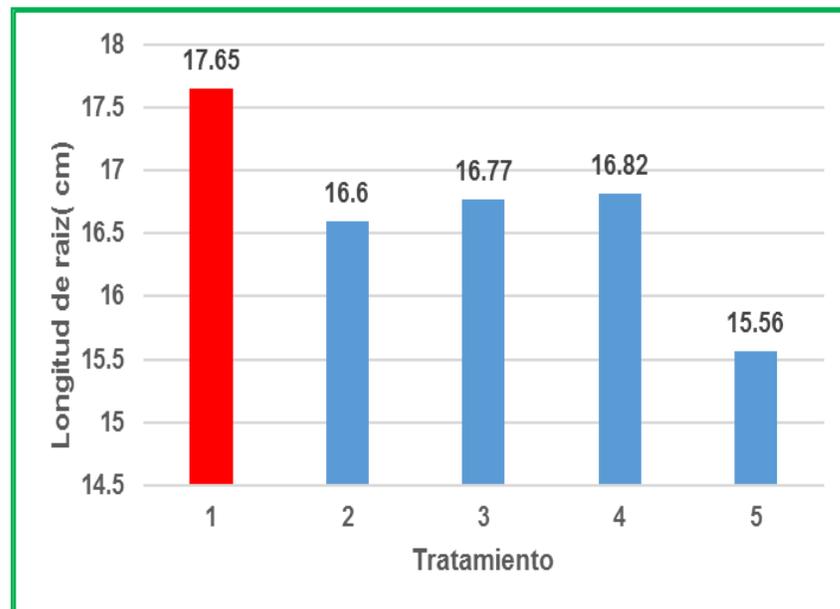


Figura 26. Comparación de medias para la variable longitud de raíz

En la figura 27, se muestra una comparación entre la longitud radicular y el área radicular; pudiéndose notar que a mayor longitud de la raíz pivotante mayor área radicular; lo anterior se explica debido a que si se tiene una mayor longitud de raíz pivotante, hay más crecimiento de raíces secundarias y adventicias.

Las mezclas que presentan mejores resultados para esta relación son el T1 y T3; lo anterior está dado por la presencia en los sustratos de la cascarilla de arroz y peat moss, cuyas características según (Font, 1982), son las de tener alta porosidad y aireación, lo cual le permite a la planta tener un medio adecuado para el crecimiento radicular por medio de la cofia, quien se encarga de penetrar el suelo para dar crecimiento al sistema de la raíz de las plantas.

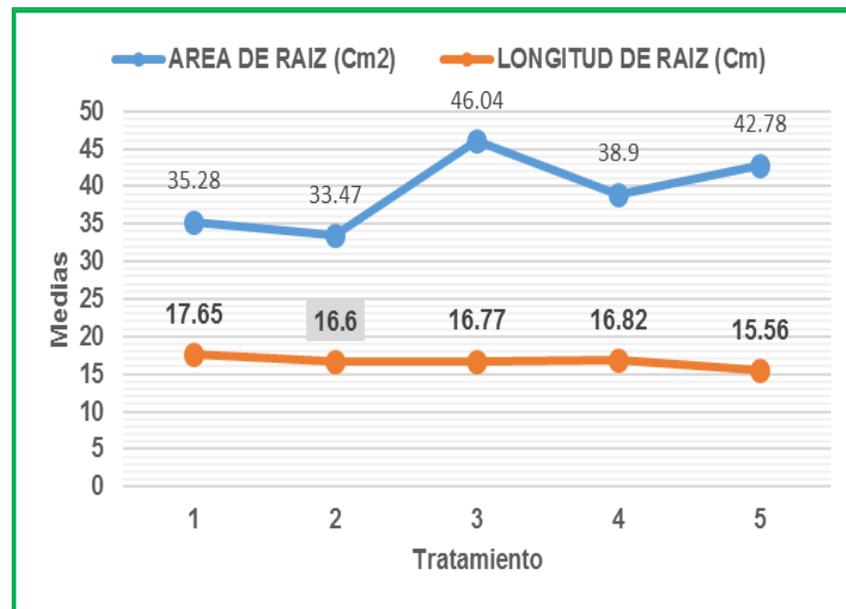


Figura 27. Relación área radicular y longitud de raíz

2.8.4 Biomasa de hoja

Con el propósito de evaluar la respuesta vegetativa de las plantas de café en los diferentes tratamientos, se midió la variable biomasa de las hojas en g.

En el cuadro 17, se presenta el análisis de varianza, donde se muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos al ($P \leq 0.05$) a los 150 días después de haber realizado el trasplante.

El coeficiente de variación obtenido fue de 8.99% lo cual indica que si existió un adecuado manejo del experimento.

Cuadro 17. Análisis de la varianza para la variable biomasa de hoja a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc	Ft	p-valor
Tratamiento	8.86	4	2.22	2.18		0.1332
Repetición	0.48	3	0.16	0.16		0.9220
Error	12.20	12	1.02			
Total	21.55	19				

Fuente: Elaboración propia.

El resultado del ANDEVA mostró que no existen diferencias significativas entre tratamientos, pero para confirmar lo anterior se realizaron las pruebas de medias de Tukey y Duncan, las cuales se muestran en los cuadros 18 y 19.

Cuadro 18. Prueba de Tukey, para la variable biomasa de hoja a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Tratamiento	Medias	N	Error experimental	Tukey
2	26.44	4	1.12	A
3	25.42	4	1.12	A
4	25.17	4	1.12	A
Testigo (T5)	23.82	4	1.12	A
1	23.37	4	1.12	A

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 19. Prueba de Duncan, para la variable biomasa de hoja a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Tratamiento	Medias	N	Error experimental	Duncan
2	26.44	4	1.12	A
3	25.42	4	1.12	A
4	25.17	4	1.12	A
Testigo (T5)	23.82	4	1.12	A
1	23.37	4	1.12	A

Fuente: Elaboración propia.

Luego de haber realizado las pruebas de Tukey y Duncan se reconfirma que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en la variable biomasa de hoja.

La figura 28, muestra la comparación entre cada una de las medias para la variable biomasa de hoja.

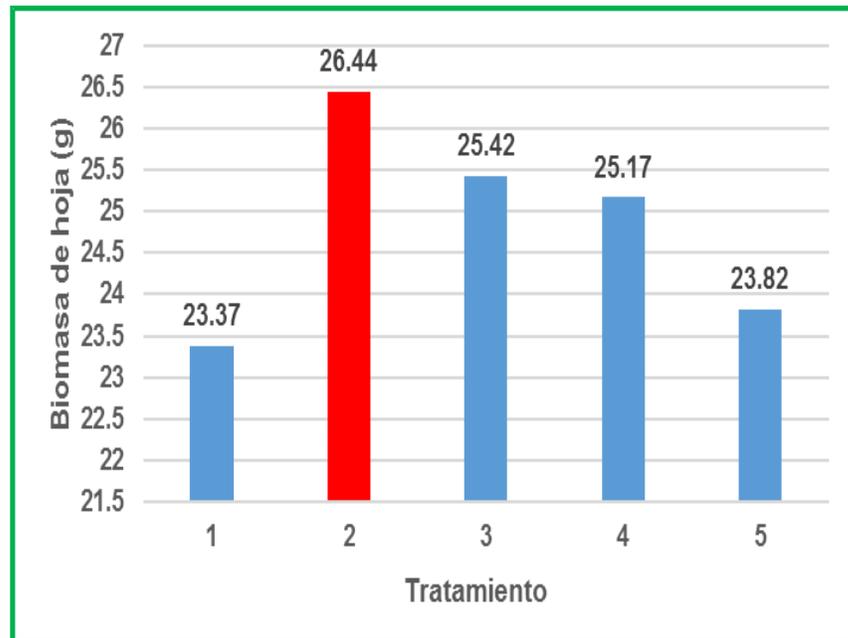


Figura 28. Comparación de medias para la variable biomasa de hoja

2.8.5 Biomasa de tallo

Con el propósito de evaluar la respuesta vegetativa de las plantas de café en los diferentes tratamientos, se midió la variable biomasa de tallo en g.

En el cuadro 20, se presenta el análisis de varianza, donde se muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos al ($P \leq 0.05$) a los 150 días después de haber realizado el trasplante.

El coeficiente de variación obtenido fue de 4.26%, lo cual indica que si existió un adecuado manejo del experimento.

Cuadro 20. Análisis de la varianza para la variable biomasa de tallo a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Fuente variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc	Ft	p-valor
Tratamiento	230.01	4	57.50	19.46	3.26	<0.0001
Repetición	8.78	3	2.93	0.99		0.4300
Error	35.45	12	2.95			
Total	274.25	19				

Fuente: Elaboración propia.

El resultado ANDEVA mostró que si existe diferencia significativa entre tratamientos, por lo tanto se procedió a realizar un análisis de medias (Tukey), cuyos resultados se presentan en el cuadro 21.

Cuadro 21. Prueba de Tukey, para la variable biomasa de tallo a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Tratamiento	Medias	N	Error experimental	Tukey
Testigo (T5)	44.37	4	0.86	A
1	42.77	4	0.86	A
4	41.89	4	0.86	A
3	37.22	4	0.86	B
2	35.53	4	0.86	B

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar los resultados de la prueba de Tukey, mostrados en el cuadro 21, se observa que se forman dos grupos de medias, en el grupo A se encuentran T5 (testigo), T1 y T4, con una biomasa de hoja de 44.37 g, 42.77 g y 41.89 g respectivamente; en el

grupo B se encuentra T3 y T2, con una media 37.22 g y 35.53 g respectivamente. La prueba de tukey indica que los tratamientos T5 (testigo), T1 y T4, son estadísticamente iguales entre sí; pero aun así el mejor tratamiento para la variable biomasa de tallo es T5 (testigo) debido a que tiene la mayor media 44.37 g; dicho tratamiento está compuesto por 50% de peat moss y 50% de fibra de coco, siendo la característica de este último componente su alto contenido de potasio, lo cual favorece el crecimiento vegetativo. (Jaramillo, 2007).

En la figura 29, se muestra la comparación entre cada una de las medias para la variable biomasa de tallo.

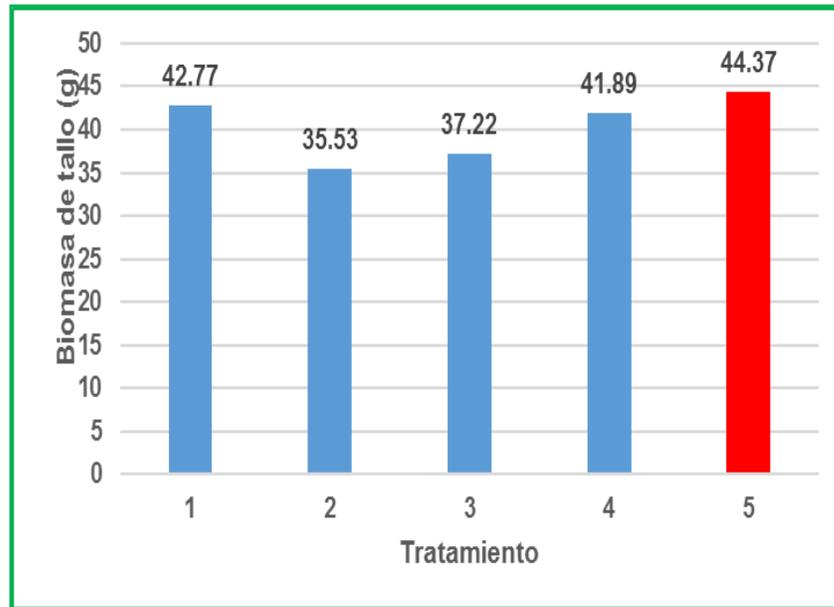


Figura 29. Comparación de medias para la variable biomasa de tallo

2.8.6 Área foliar

Con el propósito de evaluar la respuesta vegetativa de las plantas de café en los diferentes tratamientos, se midió la variable área foliar. En el cuadro 22 se presenta el análisis de varianza, donde se muestra que si existe diferencia significativa entre los tratamientos al ($P \leq 0.05$) a los 150 días después de haber realizado el trasplante.

El coeficiente de variación obtenido fue de 7.31% lo cual indica que si existió un adecuado manejo del experimento.

Cuadro 22. Análisis de la varianza para la variable área foliar a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Fuente variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc	Ft	p-valor
Tratamiento	104476.96	4	26119.24	12.17	3.26	0.0003
Repetición	3773.63	3	1257.88	0.59		0.6356
Error	25756.28	12	2146.36			
Total	134006.86	19				

Fuente: Elaboración propia.

El resultado ANDEVA mostró que si existe diferencia significativa entre tratamientos. Por lo tanto se procedió a realizar un análisis de medias (Tukey), cuyos resultados se muestran en el cuadro 23.

Cuadro 23. Prueba de Tukey, para la variable área foliar a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Tratamiento	Medias	N	Error experimental	Tukey
Testigo (T5)	724.56	4	23.16	A
3	682.45	4	23.16	A B
1	645.12	4	23.16	A B
4	605.08	4	23.16	B C
2	513.13	4	23.16	C

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al análisis de la prueba múltiple de medias de tukey, se forman cinco grupos, el grupo A compuesto por T5 (testigo) con una media de 724.56 cm^2 ; en el grupo AB, se encuentran T3 y T1 con una media de 682.45 cm^2 y 645.12 cm^2 , respectivamente; en el grupo BC, se tiene a T4, con una media de 605.08 cm^2 y finalmente en el grupo C, se encuentra T2 con una media de 513.13 cm^2 , por lo anterior el mejor tratamiento para la variable área foliar es T5 (testigo), con una media de 724.56 cm^2 . Al analizar los resultados, se llega a la conclusión que T5 (testigo) es mejor debido a la presencia de fibra de coco en el sustrato, siendo la característica de la fibra de coco, la de poseer un alto contenido de potasio, lo cual favorece el crecimiento vegetativo (Jaramillo, 2007).

En la figura 30, se muestra la comparación entre cada una de las medias para la variable área foliar.

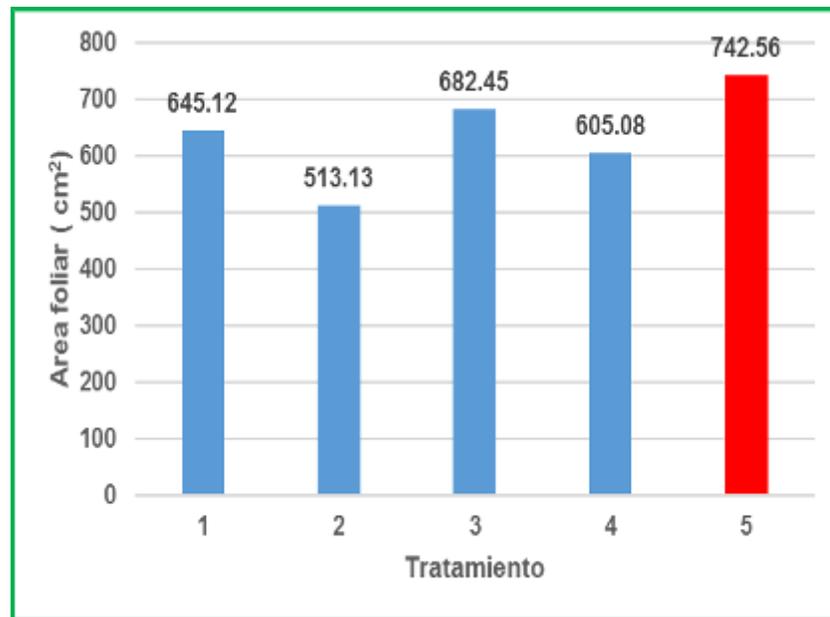


Figura 30. Comparación de medias para la variable área foliar

En la figura 31, se muestra la relación entre el área foliar y área de raíz, pudiéndose observar que a mayor área radicular, permite contar con una mayor área foliar; destacando a T3 y T5 (testigo), los que obtuvieron las mayores áreas radicales y áreas foliares.

Contar con un buen sistema radicular permite que al momento del trasplante a campo definitivo se dé un mejor anclaje y absorción de nutrientes y al contar con una buena área foliar permite una mejor fotosíntesis.

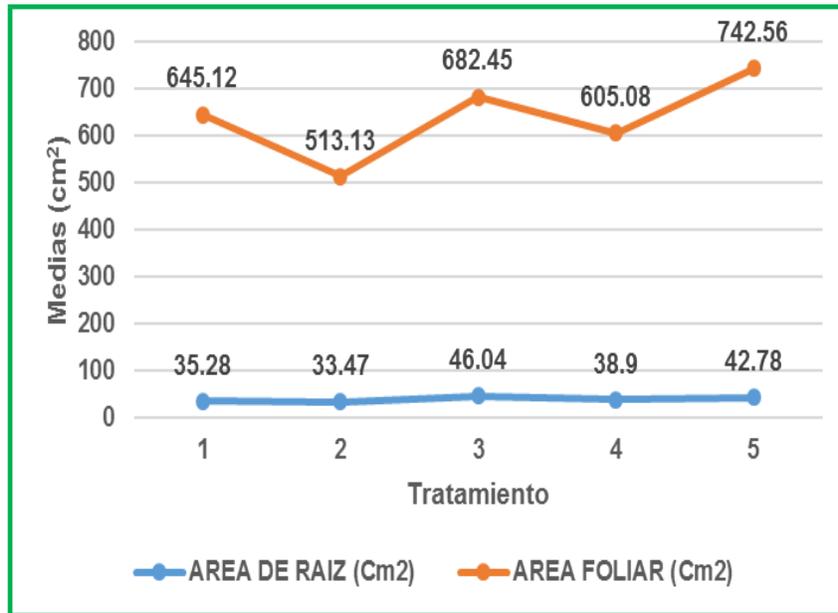


Figura 31. Relación área foliar/área de raíz

En las figuras 32 y 33, se muestra la relación entre sistema radicular y parte aérea de la planta y en la figura 34 se muestra la comparación del sistema radicular para los diferentes tratamientos.



Figura 32. Comparación entre sistema radicular y sistema foliar



Figura 33. Comparación entre sistema radicular y sistema foliar



Figura 34. Comparación del sistema radicular entre los distintos tratamientos

2.8.7 Diámetro del tallo

Con el propósito de evaluar la respuesta vegetativa de las plantas de café en los diferentes tratamientos, se midió la variable diámetro del tallo. En el cuadro 24, se presenta el análisis de varianza, donde se muestra que si existe diferencia significativa entre los tratamientos al ($P \leq 0.05$) a los 150 días después de haber realizado el trasplante.

El coeficiente de variación obtenido fue de 7.76%, lo cual indica que si existió un adecuado manejo del experimento.

Cuadro 24. Análisis de la varianza para la variable diámetro del tallo a los 150 días después del trasplante, Finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Fuente variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc	Ft	p-valor
Tratamiento	0.04	4	0.01	2.13		0.1400
Repetición	0.01	3	0.0003	0.67		0.5867
Error	0.06	12	0.01			
Total	0.12	19				

Fuente: Elaboración propia.

El resultado ANDEVA mostró que si existe diferencia significativa entre tratamientos. Por lo tanto se procedió a realizar un análisis de medias (Tukey), cuyos resultados se presentan en el cuadro 25.

Cuadro 25. Prueba de Tukey, para la variable diámetro de tallo a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo Villa Canales.

Tratamiento	Medias	N	Error experimental	Tukey
Testigo (T5)	0.98	4	0.04	A
3	0.96	4	0.04	A B
2	0.96	4	0.04	A B
4	0.92	4	0.04	A B
1	0.85	4	0.04	B

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al análisis de la prueba múltiple de medias de tukey, para la variable diámetro del tallo, se forman tres grupos de medias, en el grupo A se encuentra

T5 (testigo) con una media de 0.98 cm; el grupo AB, lo conforman T3,T2 y T4, con una media de 0.96 cm, y 0.92 cm respectivamente; en tanto que en el grupo B, se encuentra a T1, con una media de 0.85 cm; de acuerdo a lo anterior el mejor tratamiento para la variable diámetro del tallo es T5 (testigo), con una media de 0.98 cm. Al analizar los resultados, se llega a la conclusión que T5 es mejor debido a la presencia de fibra de coco en el sustrato, siendo la característica de este componente, la de poseer un alto contenido de potasio, lo cual favorece el crecimiento vegetativo (Jaramillo, 2007).

En la figura 35, se muestra la comparación entre cada una de las medias para la variable diámetro de tallo.

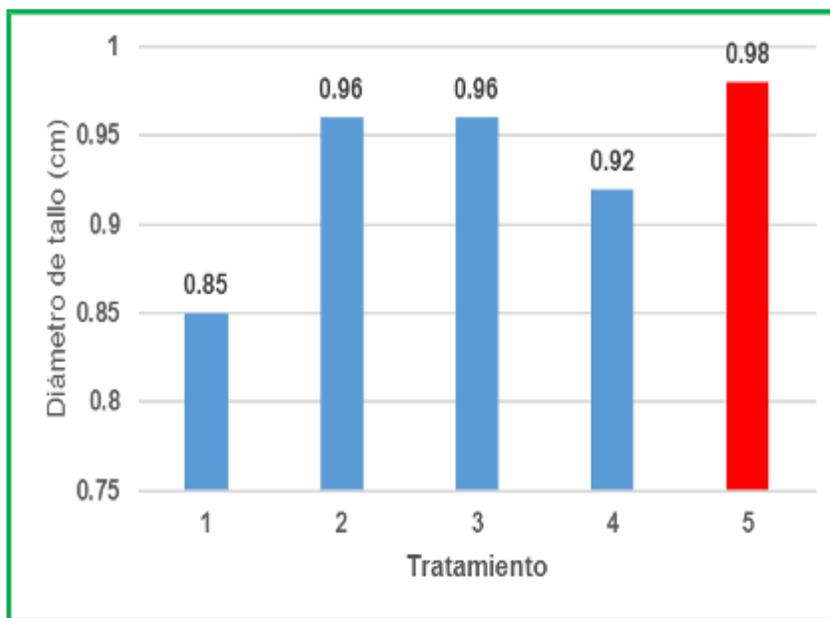


Figura 35. Comparación de medias para la variable diámetro del tallo

2.8.8 Longitud de tallo

Con el propósito de evaluar la respuesta vegetativa de las plantas de café en los diferentes tratamientos, se midió la longitud de tallo. En el cuadro 26, se presenta el análisis de varianza, donde se muestra que si existe diferencia significativa entre los tratamientos al ($P \leq 0.05$) a los 150 días después de haber realizado el trasplante.

El coeficiente de variación obtenido fue de 3.82%, el cual indica que existió un adecuado manejo de experimento.

Cuadro 26. Análisis de la Varianza para la variable longitud de tallo a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Fuente variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc	Ft	p-valor
Tratamiento	21.38	4	5.35	2.47	3.26	0.1009
Repetición	12.44	3	4.15	1.92		0.1806
Error	25.96	12	2.16			
Total	59.79	19				

Fuente: Elaboración propia.

El resultado ANDEVA mostró que si existe diferencia significativa entre tratamientos. Por lo tanto se procedió a realizar un análisis de medias (Tukey), cuyos resultados se presentan en el cuadro 27.

Cuadro 27. Prueba de Tukey, para la variable longitud de tallo a los 150 días después del trasplante, finca Pegón Piloncito, aldea El Jocotillo, Villa Canales, Guatemala.

Tratamiento	Medias	N	Error experimental	Tukey
Testigo (T5)	39.43	4	0.74	A
4	39.03	4	0.74	A
1	38.98	4	0.74	A
3	38.63	4	0.74	A B
2	36.51	4	0.74	B

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al análisis de la prueba múltiple de medias de tukey, se forman tres grupos, en el grupo A compuesto por T5 (testigo), T4 y T1, con una media de 39.43 cm, 39.03 cm y 38.98 cm respectivamente; en el grupo AB se encuentra a T3 con una media de 38.63 cm; y finalmente el grupo B, que lo componente únicamente T2, con una media de 36.51 cm. La prueba de tukey indica que T5 (testigo), T4 y T1, son estadísticamente iguales entre sí; pero aun así el mejor tratamiento para la variable longitud de tallo es T5 (testigo) debido a que tiene la mayor media (39.43 cm); dicho tratamiento, está compuesto por 50% de Peat moss y 50% de fibra de coco, siendo la característica de este último componente su alto contenido de potasio, lo cual favorece el crecimiento vegetativo, así como el crecimiento meristemático (Jaramillo, 2007).

En la figura 36, se muestra la comparación entre cada una de las medias para la variable longitud de tallo.

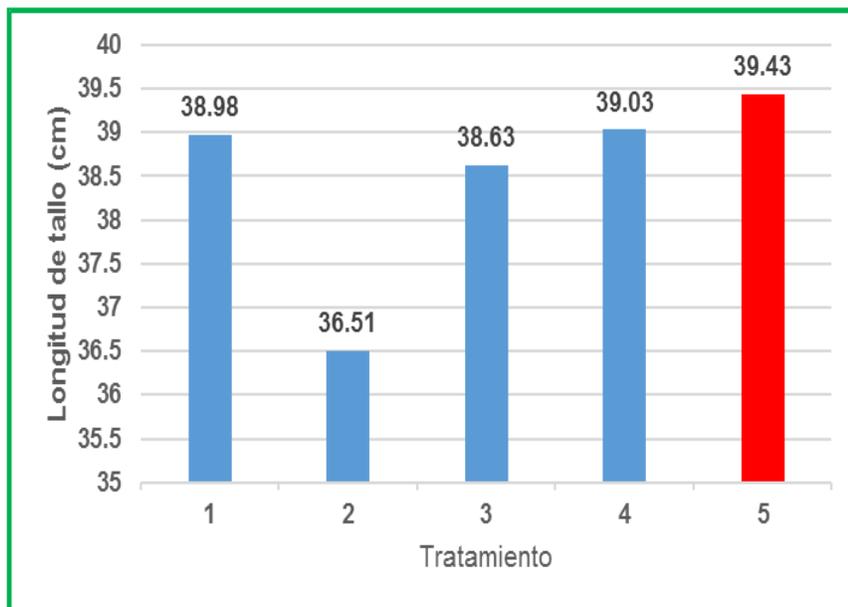


Figura 36 Comparación de medias para la variable longitud de tallo

2.8.9 pH y conductividad eléctrica

Debido a que el pH controla muchas de las actividades químicas y biológicas que ocurren en el suelo (sustrato) y tiene una influencia indirecta en el desarrollo de las plantas; ya que según sea el pH del sustrato, la disponibilidad de ciertos elementos nutritivos puede favorecerse, por ejemplo, en los suelos (sustratos) de pH ácido se tratará de subir el mismo para mejorar disponibilidad de los elementos nutritivos que se fijan a un pH ácido como ocurre por ejemplo con el fósforo.

En tanto que la medición de la conductividad eléctrica (Ce) del suelo y de las aguas de riego permite estimar en forma casi cuantitativa la cantidad de sales que contiene. El análisis de la CE en suelos se hace para establecer si las sales solubles se encuentran en cantidades suficientes como para afectar la germinación normal de las semillas, el crecimiento de las plantas o la absorción de agua por parte de las mismas.

La salinidad de un suelo o agua se refiere a la cantidad de sales presentes en solución y puede ser estimada indirectamente mediante la medición de la conductividad eléctrica (Ce). El valor de Ce es influenciado por la concentración y composición de las sales disueltas. A mayor valor de Ce, mayor es la salinidad presente. La salinidad es un fenómeno indeseable ya que afecta el crecimiento de las plantas de varias maneras y por lo mismo, un aumento en la Ce traerá como consecuencia una disminución de rendimiento. (Torres, 2001).

En el cuadro 28 se presentan los valores promedio de las variables pH y conductividad eléctrica para cada uno de los sustratos analizados y en el cuadro 29 el promedio de pH de los sustratos utilizados en la investigación.

Cuadro 28. Promedio de pH y Ce de la mezcla de los sustratos.

Tratamiento *	Sustrato *	Proporción *	pH **	Conductividad eléctrica (mmhos/cm) **
1	Cascarilla de arroz	33 %	6.38	0.5938
	Peat moss # 10	33 %		
	Vermiculita	33 %		
2	Fibra de coco	30 %	6.34	0.6023
	Peat moss # 10	50 %		
	Vermiculita	20%		
3	Peat moss # 10	33 %	6.89	1.0609
	Compost	33 %		
	Vermiculita	33 %		
4	Aserrín	33 %	6.48	0.6466
	Fibra de coco	33 %		
	Peat moss # 10	33 %		
5 (Testigo)	Peat moss # 10	50 %	5.95	0.83944
	Fibra de coco	50 %		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 29. Promedio de pH de los sustratos.

Sustrato	Ph
Aserrín	6.3-7
Vermiculita	7.2
Fibra coco	5.5-6.2
Peet moss	3.5-4
Lombricompost	7

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro anterior, muestra que todos los sustratos son ligeramente ácidos; además se puede observar que T3 es el que presenta mayor pH, con valor de 6.89, lo anterior se explica porque el mismo está constituido por vermiculita (33% y ph 7.2), lombricompost (33% y ph 7) y peet moss (33% y ph de 3.5 a 4); siendo los dos primeros componentes los que hacen que este tratamiento sea ligeramente ácido; ya que el pH de los mismos es neutro (ver cuadro 29). En tanto que T5 es el que contiene menor valor (5.95), debido a que está compuesto por 50% de peat moss y fibra de coco, cuyo pH de estos componentes es de 3.5 a 4.00 y 5.5 a 6.2 respectivamente.

En el cuadro 28, se muestran los resultados de la variable conductividad eléctrica, siendo T3 el que presenta el mayor valor con 1.0609, lo anterior se explica debido a que uno de los componentes es de origen orgánico (lombricompost) y otro de los componentes, la vermiculita es altamente retenedora de agua, lo cual permite una mayor concentración de sales en el sustrato; a diferencia de T1, que presenta el menor valor de conductividad eléctrica (0.5938), explicándose esta situación por el contenido de cascarilla de arroz que tiene un baja retención de humedad, lo que permite el lavado de sales en el sustrato.

Las figuras 37 y 38, muestran los valores de pH y conductividad eléctrica de los sustratos analizados.

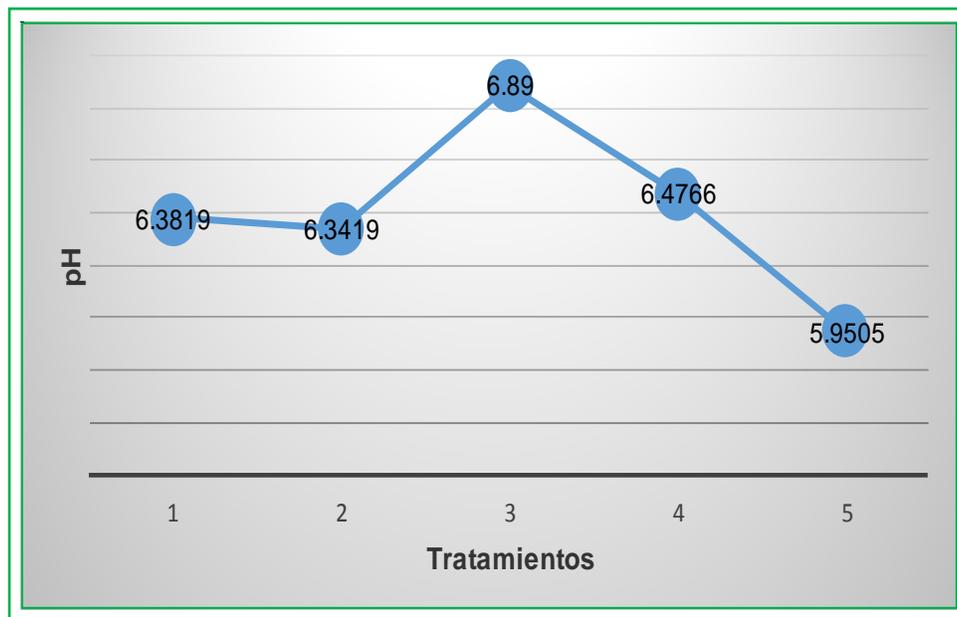


Figura 37. pH de los sustratos

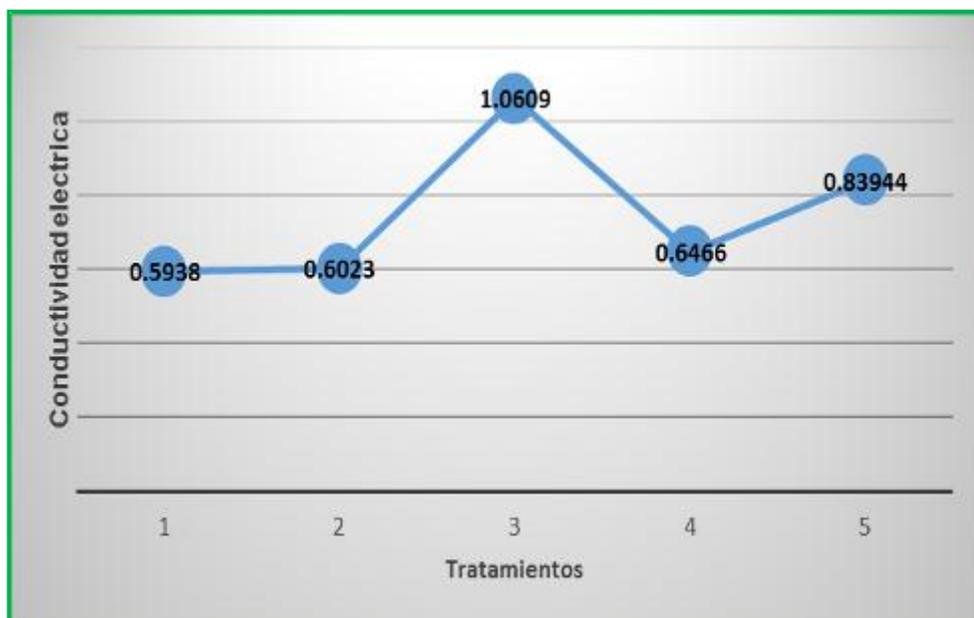


Figura 38. Conductividad eléctrica de los sustratos

2.8.9.1 Porcentaje de humedad

La retención de humedad por el sustrato, en cantidades adecuadas y en forma homogénea, determina la posibilidad a la planta de utilizar el agua como vehículo para sus funciones metabólicas. La retención es función de la granulometría del sustrato y de la porosidad de las partículas que lo componen. Si la planta pierde demasiada agua, los estomas se cerrarán, lo cual provoca que la fotosíntesis se frene, si esto sucede, no podrá absorber más CO₂.

De acuerdo a lo anterior, en el cuadro 30 se muestran los porcentajes de humedad de cada una de las mezclas de sustratos utilizadas, pudiendo observar que T4, es el que tiene el mayor contenido de humedad (47%), este tratamiento está compuesto por aserrín, fibra de coco y peat moss en una proporción de 33% para cada componente, lo anterior se explica debido a que el peat moss por si solo retiene un 60% de humedad y la fibra de coco un 40% de humedad. En tanto que el menor porcentaje de humedad es para el T1 (27.25%), el cual está compuesto por cascarilla de arroz, peat moss y vermiculita, en una proporción de 33% para cada componente; lo anterior se explica debido a que la cascarilla de arroz por si sola posee baja retención de humedad y la vermiculita tiene un porcentaje de humedad bajo de 35%

Cuadro 30. Porcentaje de humedad de los sustratos.

Tratamiento	Sustrato	Proporción	% de humedad	
			Lab. Pegón Piloncito	Lab. ANACAFÉ
1	Cascarilla de arroz	33 %	27.25	24
	Peat moss # 10	33 %		
	Vermiculita	33 %		
2	Fibra de coco	30 %	27.38	29
	Peat moss # 10	50 %		
	Vermiculita	20%		
3	Peat moss # 10	33 %	43.50	30
	Compost	33 %		
	Vermiculita	33 %		
4	Aserrín	33 %	47.00	40
	Fibra de coco	33 %		
	Peat moss # 10	33 %		
5 (Testigo)	Peat moss # 10	50 %	32.50	37
	Fibra de coco	50 %		

Fuente: Elaboración propia.

La figura 39 muestra los porcentajes de humedad para cada uno de los tratamientos estudiados.



Figura 39. Porcentaje de humedad

2.8.9.2 Análisis de fertilidad de los sustratos

Este análisis se realizó con el objeto de disponer de información sobre la fertilidad de los sustratos, que permitiera observar la fisiología de las plantas de café a través de las variables de respuesta.

En el cuadro 31, se presentan los resultados del análisis de fertilidad, realizados por el Laboratorio de ANACAFÉ.

Cuadro 31. Análisis de fertilidad de los sustratos

Análisis de Abono Orgánico O-1

		%							ppm					%			
No.	Identificación de la muestra	pH	*C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Azufre	Boro	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	*C.O.	*M.O.	Ceniza
	Niveles adecuados	5.5-6.5	9.5-16.5	0.8-2.8	0.3-1.7	0.5-1.9	0.8-6.9	0.4-1.4			8.9-35.9	1470-9123	58-997	23-180	11-34	37-78	21-62
1988	LOTE T1	5.75	58.56	0.37	0.25	0.16	0.66	0.58	0.08	2.27	92.88	6,620.39	229.75	76.41	21.67	39.00	61.00
1989	LOTE T2	5.76	55.56	0.61	0.50	0.12	1.64	0.51	0.19	5.58	178.97	5,556.54	566.69	195.18	33.89	61.00	39.00
1990	LOTE T3	6.26	61.34	0.48	0.39	0.10	0.88	0.43	0.13	3.16	43.72	18,826.48	501.27	80.32	29.44	53.00	47.00
1991	LOTE T4	5.92	74.44	0.50	0.46	0.10	1.29	0.38	0.15	5.08	130.78	7,523.45	514.83	159.59	37.22	67.00	33.00
1992	LOTE T5	6.15	64.66	0.61	0.57	0.14	1.72	0.42	0.18	5.89	206.15	8,339.01	661.61	710.47	39.44	71.00	29.00

Fuente: Resultados del laboratorio ANALAB.

En el cuadro 31, se observa los valores de los macro nutrientes como: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), pudiéndose observar que el nitrógeno, fosforo y calcio, difieren marcadamente entre los tratamientos; en tanto que el potasio y magnesio no difieren entre los tratamientos.

Haciendo una comparación de los resultados obtenidos con los niveles adecuados; se tiene que para el caso del nitrógeno, todos los tratamientos se encuentran por debajo del rango; los tratamientos que se encuentran más cercanos al rango menor, T2 y T5 (testigo) con porcentaje de 0.61; en tanto que el T1 es el que posee menor porcentaje con valor de 0.37%. En tanto que para el fósforo, 4 tratamientos se encuentran dentro del rango, siendo estos T2, T3, T4 y T5, cuyos valores son 0.50%, 0.39%, 0.46% y 0.57%, respectivamente, finalmente T1 tiene un valor de 0.25%, para el potasio todos los tratamientos se encuentran dentro de los rangos, siendo el más alto T1, con valor de 0.16% y los más bajos T3 y T4 con 0.10%. Para el elemento calcio, 4 tratamientos se encuentran dentro de los rangos, siendo T2, T3, T4 y T5, con valores de 1.64%, 0.88%, 1.29% y 1.72%, respectivamente; T1 se encuentra fuera del rango con valor de 0.66%. Finalmente para el elemento magnesio, 4 de los tratamientos se ubican dentro del rango, siendo estos T1, T2, T3 y T5, con valores de 0.58%, 0.51%, 0.43% y 0.42%; el T4 se ubica fuera del rango con valor de 0.38%

En el cuadro 31, se observa los valores de los micro nutrientes como: Azufre, boro, cobre, hierro, manganeso y zinc, pudiéndose observar que el boro, cobre, hierro, manganeso y zinc, pudiéndose observar que difieren marcadamente entre los tratamientos, en tanto que el único micro elemento que no difiere es el azufre.

Haciendo una comparación de los resultados obtenidos con los niveles adecuados, se tiene que el cobre todos los tratamientos se encuentran arriba de los niveles adecuados, siendo el más alto el T5 (testigo), con valor de 206.15 ppm y el más bajo T3 con valor de 43.72 ppm. Para el elemento hierro se tiene que cuatro tratamientos se encuentran dentro de los niveles adecuados, siendo estos, T1, T2, T4 y T5, con valores de 6.620.39 ppm, 5,556.54 ppm, 7,523.45 ppm y 8,369.01 ppm; T3 se encuentra por arriba

del nivel adecuado, con valor de 18,826.48 ppm. En relación al manganeso todos los tratamientos se encuentran dentro de los niveles adecuados, siendo el más alto T5 con 661.61 ppm y el más bajo T1 con 229.75 ppm. Finalmente para el zinc, se tiene que tres tratamientos se encuentran dentro del nivel adecuado, siendo estos los T1, T3 y T4, con valores de 76.41 ppm, 80.32 ppm y 159.59 ppm, respectivamente; T2 y T5 (testigo) se encuentran fuera del nivel adecuado, con valores de 195.18 ppm y 710.47 ppm.

En el cuadro 31, también se aprecian los resultados para la relación carbono/nitrógeno, carbono orgánico, materia orgánica y cenizas, observándose que los resultados difieren marcadamente entre tratamientos.

La relación carbono nitrógeno, se encuentra fuera de los niveles adecuados, siendo T4 el que tiene la mayor relación C/N con un valor de 74.44% y el que tiene la menor relación C/N es el T2, con 55.56%.

En lo que respecta al carbono orgánico, dos tratamientos se encuentran fuera de los niveles adecuados, siendo estos, T4 y T5; en tanto que tres tratamientos se encuentran dentro de los niveles adecuados, siendo T1, T2 y T3, con valores de 21.67%, 33.89% y 29.44% respectivamente.

La materia orgánica, todos los tratamientos se encuentran dentro de los niveles adecuados, siendo T5 el de mayor valor, con 71.00% y el menor valor lo tiene T1 con 39.00%.

Finalmente en lo que respecta a ceniza, todos los tratamientos se encuentran dentro de los niveles adecuados, siendo T1 con el mayor valor (61%) y el de menor valor, con 29% para T5 (testigo).

2.9 CONCLUSIONES

Basado en los análisis de varianza y prueba de medias de Tukey, que se efectuaron a las variables, se determinó que los mejores tratamientos son 5 y 3, constituido el tratamiento 5 por peat moss # 10 (50%) y fibra de coco (50%), en tanto que el tratamiento 3 lo constituyen peat moss #10 (33%), compost (33%) y vermiculita (33%).

Se analizó la relación entre el área foliar y área de raíz, pudiéndose observar que a mayor área radicular, permitió contar con una mayor área foliar; destacando T3 y T5 (testigo), los que obtuvieron las mayores áreas radiculares y áreas foliares; Contar con un buen sistema radicular permite que en el momento del trasplante a campo definitivo se dé un mejor anclaje y absorción de nutrientes, al tener una buena área foliar permite una mejor fotosíntesis, influyendo lo anterior en una mejor calidad de planta.

El tratamiento 5 (testigo) fue mejor en las variables relacionadas con la parte aérea de la planta, ya que para biomasa de tallo se tuvo una media de 44.37 g, un área foliar de 742.56 cm²., un diámetro de tallo de 0.98 cm y una longitud de tallo de 39.43 cm; al analizar los resultados del porque el tratamiento 5 (testigo) es el mejor, se llega a la conclusión que es debido a la presencia de fibra de coco en el sustrato, siendo la característica de este componente, la de poseer un alto contenido de potasio, lo cual favorece el crecimiento vegetativo y meristemático.

El tratamiento 3 fue mejor en las variables relacionadas con la parte radicular de la planta, ya que para biomasa de raíz, se tiene una media de 15.75 g, área radicular de 46.04 cm² y una longitud radicular de 17.65 cm.; lo se explica que debido a que el tratamiento tiene un buen balance en cada uno de sus componentes y la presencia de compost y vermiculita en el sustrato, favorece a que este no se compacte con facilidad y permita el crecimiento libre de las raíces por medio de la cofia, quién necesita un suelo blando para penetrar y así crecer el sistema radicular.

Para la variable pH, los mejores tratamientos son T1, T2, T4 y T5 (testigo), ya que los mismos se encuentran dentro de los niveles adecuados que son entre 5.5 a 6.5, ya que según sea el pH del sustrato la disponibilidad de ciertos elementos nutritivos puede favorecerse, tal es el caso del fósforo que estimula el crecimiento radicular.

En relación a la conductividad eléctrica, T5 (testigo) es el mejor debido a que presente una Ce de 0.89 y lo recomendado es que esta debe estar entre 0 a 1, pero más cercano a 1.

Para la variable porcentaje de humedad, T5 (testigo) es el mejor debido a que presenta un porcentaje de humedad intermedio entre los tratamientos.

De acuerdo al análisis de fertilidad de los sustratos, se concluye que los tratamientos 5 (testigo) y 1 son mejores, debido a que para los parámetros analizados, estos se encuentran dentro de los niveles adecuados.

2.10 RECOMENDACIONES

De acuerdo a los datos estadísticos, se recomienda utilizar T5 (testigo), cuando se necesite mejorar las variables relacionadas con la parte aérea de la planta y cuando se necesite mejorar las variables relacionadas con la parte radicular de la planta, utilizar T3.

Para mejorar la calidad del sistema radicular, utilizar como componentes del sustrato el peat moss (33%) más vermiculita (33%) y como tercer componente, indistintamente compost o cascarilla de arroz (33%), ya que cualquiera de estos componentes, le dan mayor permeabilidad, porosidad y aireación al sustrato, lo cual permite a la planta tener un medio adecuado para el crecimiento radicular.

Se recomienda a la finca Pegón Piloncito, realizar un análisis financiero entre T3 Y T5.

2.11 BIBLIOGRAFÍA

1. ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café, GT). 1998. Manual de caficultura. 3 ed. Guatemala. 318 p.
2. _____. 2011. Semilleros y almácigos de café (en línea). Guatemala. Consultado 20. mar. 2016. Disponible en https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_SemillerosyAlmácigos.
3. Blandón, J. 2008. Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización (en línea). Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana “El Zamorano”, Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. 26 p. Consultado 7 dic. 2016. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/849/1/T2552.pdf>.
4. Cámara del Agro, Asociación del Gremio Químico Agrícola, Guatemala. 2015. Elementos de propuesta de política agrícola para Guatemala. Guatemala. 110 p.
5. Cordero Espino, V. 2013. Evaluación de dos fuentes de materia orgánica, para la elaboración de sustratos en la producción de plántulas de café *Coffea arabica* L. Var. Catuai rojo, a nivel de vivero, Esquipulas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Oriente. 104 p.
6. Figueroa, P; García, J; Peñate, M. 2010. Recomendaciones para la elaboración de almácigos de café. El Cafetal, La Revista del Caficultor no. 43:8-10.
7. Font Quer, P. 1982. Diccionario de botánica. Barcelona, España, Labor. 642 p.
8. Franco Cárdenas, L. 2015. Influencia de sustratos alternativos sobre la emergencia de plántulas de café en tubetes; Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 65 p.
9. Gallo, R; Viana, O. 2005. Evaluación agronómica de sustratos orgánicos en la producción de plantines de tomate *Lycopersicum esculentum* (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 80 p.
10. Hernández Chacón, S. 2004. Evaluación del solarizado, en el control de *Phytophthora* parasítica, en el cultivo de la piña (*Ananas comosus* L.), en la aldea el Jocotillo, Villa

- Canales. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 81 p.
11. Ispemar, España. 2001. Fibra de coco (en línea). España. Consultado 21 mar. 2017. Disponible en <http://www.cocopeatfertilizer.com/fibra-de-coco>.
 12. Jaramillo, J; Rodríguez, VP; Guzmán, M; Zapata M; Rengifo, T. 2007. Manual técnico: buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Antioquia, Colombia, FAO / MANA / COROPOICA. 331 p.
 13. Luna, T; Landis, TD; Dumroese, RK. 2012. Contenedores: aspectos técnicos, biológicos y económicos (en línea). In Consejo Federal de Inversiones. Producción de plantas en viveros forestales. US, Colección Nexos. p. 79-85. Consultado 21 mar. 2017. Disponible en https://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2012_luna_t001.pdf
 14. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica). 2008. Agrocadena de café. (en línea). Costa Rica, Dirección Regional Huetar Norte. Consultado 10 dic. 2016. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00080.PDF>.
 15. Martínez Hernández, M. 2016. Evaluación de enraizadores en la producción de almácigo de café. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 59 p.
 16. Martínez Solís, A. 2005. Evaluación de diferentes sustratos, empleando la técnica de tubete para producir plántulas de café (*Coffea arabica* L.) var. Catuai, en etapa de vivero, finca Monte María, San Juan Alotenango, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 67 p.
 17. Mendenhall, W. 1982. Introducción a la probabilidad y la estadística. México, Grupo Iberoamerica. 780 p.
 18. Penningsfeld, FY; Kurzmann, P. 1975. Cultivos hidropónicos y en turba. Madrid, España, MundiPrensa. 345 p.
 19. Petit Barroso, E. 2011. Caracterización química de un suelo y tres mezclas de sustrato en rosa (*Rosa hybrida*) variedad charlotte en un sistema de cultivo a solución perdida. Tesis MSc. Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. 210 p.

20. Pineda Pineda, J. 2010. Caracterización del aserrín de pino como sustrato hidropónico durante cinco ciclos de cultivo con jitomate. Tesis PhD. México, Universidad Autónoma Chapingo, Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia. 151 p.
21. PROCAFÉ (Fundación Salvadoreña para la Investigación de Café). 1998. Producción de viveros de café en tubetes o conos maceteros. San Salvador, El Salvador. 3 p.
22. _____. 1998. Avance técnico, recomendaciones para establecer vivero de café en tubetes. El Salvador. 10 p.
23. Reyes Castañeda, P. 1980. Diseño de experimentos aplicados a la agricultura. México, Trillas. 344 p.
24. Saravia, M. 1990. Cultivos tradicionales de exportación. Guatemala, Universidad Rafael Landivar, Programa de Fortalecimiento y Apoyo a las Sedes Regionales. 65 p.
25. Sitún, M. 1996. Guía para el análisis económico de resultados experimentales. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Centro de Información Agrosocioeconómica, Boletín Informativo no. 2:1-12.
26. Torres, A; Camberato, D; Torres, R. 2001. Medición de pH y conductividad eléctrica en sustratos. (en línea). US, Purdue University. 10 p. Consultado 21 mar. 2017. Disponible en <http://www.extension.purdue.edu/extmedia/HO/HO-237-SW.pdf>
27. Vermiculita Intersum, Argentina. s.f. Vermiculita Agro (en línea). Argentina Consultado 20 mar. 2017. Disponible en <http://www.vermiculitaintersum.com.ar/productos/agricola.html>

3 CAPITULO III

SERVICIOS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE PILONES DE CAFÉ (*Coffea arabica L*) EN LA FINCA PEGÓN PILONCITO, ALDEA EL JOCOTILLO, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.

3.1 PRESENTACIÓN

Dentro de las actividades realizadas durante el Ejercicio Profesional Supervisado, se planteó la realización de servicios a la institución, mismos que iniciaron en el mes de febrero y finalizaron en el mes de noviembre de 2016.

Producto del diagnóstico llevado a cabo en el área de producción de pilones de cafeto; los servicios realizados se orientaron en la mejora de la calidad de pilones de cafeto en la finca Pegón Piloncito. Siendo los servicios los siguientes: a) Coordinación de actividades de producción en el área de viveros de cafeto en la finca Pegón Piloncito y b) Capacitación para el personal del área de viveros, en temas de riego, fertirriego y trasplante, entre otros temas.

En el presente documento se describen los servicios realizados dentro de la Finca Pegón Piloncito, específicamente en el área de producción de pilones de café.

3.2 COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN EN EL ÁREA DE VIVEROS DE CAFÉ EN LA FINCA PEGÓN PILONCITO.”

3.2.1 OBJETIVO

- Coordinar las actividades de producción de pilones de café en el área de viveros en la finca Pegón Piloncito.
- Coordinar las actividades para la implementación del proyecto FIDA – ANACAFÉ

3.2.2 METODOLOGÍA

Este servicio consistió en coordinar las actividades de producción de pilones de café en el área de viveros de la finca y la implementación del almácigo de café para el proyecto FIDA – ANACAFÉ, entre las actividades que se realizaron fueron las siguientes:

Metodología para las actividades de producción de pilones de café en el área de viveros.

- A.** Coordinación con el área de programación de la finca lo relacionado a los pedidos de planta por parte de los clientes de la finca, ver figura 40 A.
- B.** Coordinación con la unidad de siembra para darle seguimiento a los pedidos y programar fecha de siembra, ver figura 41 A.
- C.** Realizar inventario de existencias de materiales (tubete, sustrato, bolsas, camas para colocación de tubete, saran) y programación de pedidos de los materiales antes mencionados.
- D.** Programación de las actividades de trasplante, de acuerdo a fechas de entrega a los clientes de la finca, ver figura 42 A.

- E. Seguimiento a los cuidados culturales del vivero de café, ver figura 43 A.
- F. Programación de entrega de plantas a los clientes.

Metodología para las actividades de implementación del proyecto FIDA – ANACAFÉ

- A. Reunión de coordinación con técnicos de Anacafé, para discutir densidades de siembra, relación de mezcla, porcentaje de sombra, entre otros aspectos técnicos.
- B. De acuerdo a las especificaciones indicadas en la oferta técnica, se programó la compra de los insumos (bolsas de polietileno de 5*8*3.5 pulgadas, saran, tubería para riego, nylon, sustrato) para la implementación del almácigo de café.
- C. Contratación de personal
- D. Limpieza del área para la implementación del vivero de café y trazo para la colocación de bolsas, calles, cunetas para drenaje y nylon, ver figura 44 A.
- E. Coordinación con el área de fertirriego de la finca para la instalación del sistema de riego, ver figura 45 A.
- F. Coordinación con la unidad de siembra para programar fecha de elaboración de semillero.
- G. Desinfección de los materiales que constituyen el sustrato (arena y tierra negra) y mezcla de los mismos.
- H. Llenado de bolsa de polietileno y colocación, ver figuras 46 A y 47 A.

- I. Coordinación con el área de mantenimiento para la colocación de sombra (saran), ver figura 48 A.
- J. Trasplante del soldadito a la bolsa, ver figura 49A.
- K. Seguimiento a los cuidados culturales del vivero de café, ver figura 50 A.
- L. Reuniones periódicas con los técnicos de Anacafé para conocer el avance de la implementación del almácigo; así mismo verificar el estado fisiológico y fitosanitario de los pilones.

3.2.2.1 RECURSOS

Entre los recursos utilizados para lograr este servicio fueron:

- A.** Equipo de radiocomunicación
- B.** Equipo de cómputo
- C.** Libreta de campo
- D.** Teléfono celular
- E.** Calculadora
- F.** Camiones
- G.** Tubería para riego
- H.** Nylon negro
- I.** Saran
- J.** Sustratos (tierra, arena, fibra de coco y peet moss)
- K.** Bolsas de polietileno
- L.** Tubetes

3.2.3 RESULTADOS

El resultado de este servicio fue la producción de 496,075 pilones en tubete y 191,694 pilones en bolsa, haciendo un total de 687,000 pilones; para ser entregados en el año 2016, lo anterior para cumplir con la demanda de los clientes habituales de la finca.

Además se implementó el almácigo para el proyecto FIDA-ANACAFÉ, con una producción de 1,135,000 pilones de café para ser entregados en el año 2017.

Para el logro de lo anterior, se realizaron reuniones periódicas con el encargado de siembra, con el fin de programar las fechas de siembra en las bandejas de germinación y de esta manera contar con los pilones para su trasplante, ya sea en bolsa de polietileno o tubete y así cumplir con las fechas de entrega.

Lo antes expuesto demandó una revisión constante de las existencias de los materiales, con el objetivo de contar con los mismos en las fechas en que son necesarios para su utilización.

Para lograr pilones con la calidad demandada por los clientes y el proyecto FIDA - ANACAFÉ, se dio seguimiento a los cuidados culturales en el vivero, dichas actividades se llevaron a cabo diariamente, consistiendo las mismas en la determinación de la presencia de malezas, insectos, enfermedades, deficiencias nutricionales, sombra, aplicaciones de fertilizantes, entre otras actividades.

Finalmente se programó la entrega de plantas a los clientes habituales de la finca, con una periodicidad de 3 entregas semanales, comprendidas en los meses de mayo a septiembre, en algunos casos era necesario coordinar con el área de transporte de la finca para realizar dichas entregas; en otros casos se tenía comunicación directa con el cliente para la entrega de sus pilones.

Lo anterior no sucedió con el proyecto FIDA – ANACAFÉ, ya que para la fecha de finalización (noviembre 2016) del Ejercicio Profesional Supervisado se estaban proporcionando los cuidados culturales al almácigo de café establecido, ver figura 51 A.

3.2.4 EVALUACIÓN

La producción de pilones de café para entrega de los clientes habituales de la finca, cumplió con los estándares de calidad establecidos por la empresa. Lo anterior debido a que no existieron reclamos por parte de los clientes; se entregó la totalidad de la producción (687,000 pilones) y los pedidos para el periodo 2017 se incrementaron.

En relación a la implementación del proyecto FIDA- ANACAFÉ; se contó con la evaluación constante de técnicos de Anacafé, esto con la finalidad de verificar la adecuada implementación del almácigo, desde la etapa de semillero hasta el trasplante, habiendo cumplido las recomendaciones dadas para obtener la calidad por ellos solicitada; para la producción de 1, 135,000 pilones.

3.3 CAPACITACIÓN A PERSONAL DEL ÁREA DE VIVEROS”

3.3.1 OBJETIVO

Desarrollar capacitaciones para el personal del área de viveros de cafeto.

3.3.2 METODOLOGÍA

Los colaboradores de una empresa, son parte fundamental de la misma, ya que son ellos los que finalmente ejecutan las tareas de gabinete y campo; para la finca Pegón Piloncito, la capacitación de sus colaboradores reviste gran importancia, debido a que de ellos depende en gran medida la producción de pilones de cafeto de calidad.

La capacitación al personal productor de pilones de cafeto en la finca, se orientó a temas de riego, fertirriego, trasplante, llenado de bolsas, llenado de tubetes, trazos para sistemas de riego, diseños para ordenar bolsa, colocación de sombra, cosecha de yemas para injertación; dichas capacitaciones se llevaron a cabo a través de pláticas con los trabajadores, días de campo, entre otras actividades. La capacitación tomó como base las experiencias obtenidas por la empresa en el tema de siembra de pilones en tubete; así como lo indicado en el Manual de producción de viveros de café en tubetes o conos maceteros elaborado por PROCAFÉ y en el Manual de semilleros y almácigos de café preparado por ANACAFÉ. A continuación se presentan los aspectos básicos indicados en dichos manuales.

A. Construcción de sombra

El propósito de construir la sombra es mantener una apropiada humedad relativa dentro del almácigo. Se construye con materiales como bambú, concreto, metal o madera; lo importante es que debe tener cubierta de plástico transparente para permitir el paso de

luz; la relación luz-sombra que se debe respetar es del 50% para ambos y será regulada con varas de bambú, palma de coco, sarán u otro material apropiado (Procafé, 1998).

B. Lugar de llenado, condiciones del sustrato y como hacer el llenado

El llenado se puede realizar directamente en la cama de malla, la cual deberá estar desinfectada con Virkon. Las camas metálicas prestan mucha utilidad, para colocar en ellas el tubete lleno. El sustrato debe poseer aproximadamente un 50% de humedad al momento del llenado; mantener la humedad es importante, para que no origine polvo cuando se trabaje con él (Procafé, 1998)

El llenado se realiza presionando el sustrato hasta el fondo del cono, apelmazar dando pequeños golpes en la parte inferior contra la mesa o pequeña piedra, en donde se está realizando el llenado; con esto se evita la formación de vacíos. El sustrato debe quedar al nivel de la abertura superior del cono (Procafé, 1998).

C. Cómo se colocan los tubetes

Los conos o tubetes deben colocarse en cada orificio de la cuadrícula de metal que forma las camas, inicialmente en forma continua hasta el crecimiento de la planta llegue a los 5 pares de hojas, a fin de que se aproveche el agua de riego, espacio, etc. A partir del quinto par de hojas deben separarse dejando en toda dirección de cada tubete, una cuadrícula de por medio sin tubetes y dejarlos así hasta que las plantas alcancen el tamaño de siembra (Procafé, 1998).

D. Trasplante

El trasplante debe hacerse, cuando la plántula está en la etapa de "soldadito"; considerando los siguientes aspectos. (Anacafé, 2011).

- Selección de plántulas sanas, vigorosas y bien conformadas.
- Evitar la deshidratación, trasplantándose en grupos pequeños.
- Que las plantas no presenten defectos en la raíz.
- Que la raíz pivotante sea recta y larga.

Durante el trasplante, los soldaditos se deben exponer al aire el menor tiempo posible, por lo que debe trabajarse con cuidado y rapidez: esto se puede lograr tomando secciones de suelo con soldaditos, a manera de pilón y previo al trasplante remojar la raíz en una solución de carbendazim o previcur en una dosis de 1 cm³ /L y dar los siguientes pasos (Anacafé, 2011).

- Separar la plántula del pilón.
- Revisar la raíz.
- Podar la raíz (si fuera necesario).
- Remojar la raíz en la solución desinfectante.
- Sembrar en el tubete.
- En la siembra, enterrar la raíz recta hasta el cuello de la plántula.

E. Riego

El riego debe hacerse a diario usando gota fina, para evitar que caiga con fuerza, erosione el sustrato y descubra las semillas o pilones; es importante mantener la humedad sin llegar al encharcamiento del suelo del cono. Si no se cuenta con riego de aspersion (micro aspersion), que sería lo más adecuado, puede utilizarse equipo aspersor manual con poca presión y gota fina (bomba aspersora manual) (Procafé, 1998).

F. Fertilización

Esta se lleva a cabo de acuerdo al programa implementado por Pegón Piloncito, y el mismo está en función de los requerimientos nutricionales de la planta.

G. Eliminación de malezas

Supervisar constantemente la aparición de malezas, si estas emergen, pueden ser eliminadas manualmente cuando presentan poco crecimiento, o bien se puede escardar el sustrato, lo cual también ayuda a la aireación del suelo contenido en el tubete, en caso que se presente compactación de la superficie del sustrato.

Sí los tubetes han perdido sustrato, es necesario reponerlo, pero teniendo en cuenta que debe hacerse con sustrato tratado, para evitar reinfestación de la siembra; una forma de contar con el sustrato adecuado para reponer en los tubetes que lo necesiten, es desinfectar un mayor volumen del necesario y almacenar en recipientes herméticamente cerrados para mantenerlo libre de plagas, durante el tiempo que dure el vivero (Procafé, 1998).

H. Control fitosanitario

Como medida preventiva para evitar el apareamiento de enfermedades, la planta debe mantenerse con una fertilización adecuada y una sombra bien regulada. La supervisión constante y rigurosa, permitirá detectar en forma oportuna el apareamiento de plagas, las cuales por utilizar suelo tratado no deberían presentarse; se recomienda el programa fitosanitario de Anacafé (Anacafé, 2011).

3.3.2.1 RECURSOS

Los recursos utilizados para este servicio fueron los siguientes:

- A.** Humano
- B.** Carteles
- C.** Cañonera
- D.** Equipo de riego , fertirriego
- E.** Tubetes

- F.** Arena
- G.** Tierra
- H.** Cinta métrica
- I.** Mezcladora
- J.** Gasolina
- K.** Nylon

3.3.3 RESULTADO

Esta actividad fue realizada diariamente durante los meses de abril a noviembre, las capacitaciones hacia los trabajadores del área de vivero se orientaron principalmente en temas de riego, fertirriego, trasplante, llenado de bolsas , llenado de tubetes, trazos para sistemas de riego , diseños para ordenar bolsa, colocación de sombra, cosecha de yemas para injertación, entre otras actividades. Lográndose la capacitación de 59 trabajadores del área de vivero, ver figura 54 A, 55 A y 56 A.

3.3.4 EVALUACIÓN

Como ya se indicó, se logró la capacitación de 59 trabajadores, en las diversas actividades que se llevan a cabo en el área de vivero. Lo anterior se vio reflejado tanto en el rendimiento de trabajo de cada colaborador, como en la calidad de pilones producidos.

3.4 BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Nacional del Café. 2011. Semilleros y almácigos de café (en línea). Guatemala. Consultado 20. mar. 2016. Disponible en https://www.anacafé.org/glifos/index.php/Caficultura_SemillerosyAlmácigos
2. PROCAFÉ (Fundación Salvadoreña para la Investigación de café). 1998. Producción de viveros de café en tubetes o conos maceteros. San Salvador, El Salvador, 3 p.

3.5 APÉNDICE

IDP	Clientes	Material	P. Se m.	Obs.	Cant. Rend.	Ubicación	% Sem m.	PRL Esperados	Planes Pedidos
25	Eduardo Sembrar	Marceliza	2	Plantar en bolsa de 4" x 6"	39.9	29 M 4		0.000	6.000
27	Eduardo Sembrar	Robusta	2	Plantar en bolsa de 4" x 6"	-	- M -		0.000	6.000
28	Alfonso Solano	Marceliza	2	Plantar en tubete de 250 cc	22.0	19 M 4		0.000	2.000
29	Alfonso Solano	Robusta	2	Plantar en tubete de 250 cc	-	M -		0.000	2.000
35	Alfonso Cabrera	Caturra	2	5 lbs	-	- M -		0.000	5.000
37	Alfonso Cabrera	Robusta	2	5 lbs	-	M -		0.000	5.000
44	Anacafe/Starbucks	San Isidro 22	1	Sembrar todo tubete 400 cc	36.4	M -		0.000	2.890
45	Anacafe/Starbucks	San Isidro 14	1	Sembrar todo tubete 400 cc	36.4	M -		0.000	2.890
48	Anacafe/Starbucks	Victoria 7	1	Sembrar todo tubete 400 cc	37.2	M -		0.000	2.880
47	Anacafe/Starbucks	Victoria 6	1	Sembrar todo tubete 400 cc	37.0	M -		0.000	2.880
46	Anacafe/Starbucks	Victoria 14	1	Sembrar todo tubete 400 cc	40.0	M -		0.000	2.880
43	Anacafe/Starbucks	Sorchimor	1	Sembrar todo tubete 400 cc	37.2	M -		0.000	2.880
30	Anacafe/Starbucks	ABAT 612 14	1	Sembrar todo tubete 400 cc	28.5	M -		0.000	2.880
26	Anacafe/Starbucks	Robusta	1	50 lbs	277.5	M -		0.000	50.000
1	Ignacio Viteri	Caturra	4	-	45.7	7 M 5	3.2	0.254	0.950
2	Ignacio Viteri	Caturra	2	-	55.0	2 M 5	32.8	4.366	0.950
3	Ignacio Viteri	Bourbon	2	-	44.4	2 M 5	83.7	6.630	0.950
4	Celeste Fumagalli	Casta Rica 95	1	Reevaluado	79.0	15 M 7	79.1	5.551	5.000
5	Marcos Duarte	Niznaya	1	60 lbs	428.2	M -		0.000	40.000
6	Marcos Duarte	Caturra	1	Sembrar todo	-	M -		0.000	40.000
								0.000	189.060

Figura 40 A. Pedidos de café para entregas a clientes.



Figura 41 A. Programación y fechas de siembra de la semilla.



Figura 42 A. Trasplante de soldadito



Figura 43 A. Aplicación de riego en los pilones de café de los clientes habituales de la finca.



Figura 44 A. Limpieza del área y trazo de calles, (proyecto FIDA – ANACAFÉ)



Figura 45 A. Instalación de sistema de riego (proyecto FIDA – ANACAFÉ)



Figura 46 A. Llenado de bolsa (proyecto FIDA – ANACAFÉ)



Figura 47 A. Colocación y ordenado de bolsa (proyecto FIDA – ANACAFÉ)



Figura 48 A. Colocación de sombra (proyecto FIDA – ANACAFÉ)



Figura 49 A. Proceso trasplante (Proyecto FIDA-ANACAFÉ)



Figura 50 A. Cuidados culturales (proyecto FIDA – ANACAFÉ)



Figura 51 A. Vivero establecido FIDA - ANACAFÉ



Figura 52 A. Capacitación en la realización de trasplantes



Figura 53 A. Capacitación a personal de vivero

Estado Asistencia Capacitación		
Cesar Chiché / di campo	Cesar Chiché	Cesar Chiché
Manuel Cruz /	Manuel Cruz	Manuel Cruz
Victor del Aguila x	Victor del Aguila	Victor del Aguila
Gustavo Lencatula x	Gustavo Lencatula	Gustavo Lencatula
Cristian BARRIOS /	Cristian BARRIOS	Cristian BARRIOS
Wilson Lopez #112	Wilson Lopez	Wilson Lopez
Luis OSORPO x	Luis OSORPO	Luis OSORPO
Elio Zamora #12	Elio Zamora	Elio Zamora
Valerio Hernandez /	Valerio Hernandez	Valerio Hernandez
Melvin Antolke /	Melvin Antolke	Melvin Antolke
Luis Lopez /	Luis Lopez	Luis Lopez
Luis SANTOS #12	Luis SANTOS	Luis SANTOS
William Lopez x	William Lopez	William Lopez
Marlon Calah	Marlon Calah	Marlon Calah
Jorge Garcia /	Jorge Garcia	Jorge Garcia
Oscar Lopez /	Oscar Lopez	Oscar Lopez
Oscar Lopez /	Oscar Lopez	Oscar Lopez
Mario Carrera #12	Mario Carrera	Mario Carrera
Eduin Peralta #12	Eduin Peralta	Eduin Peralta
Ludwin Ceballos /	Ludwin Ceballos	Ludwin Ceballos
Luis Mendez /	Luis Mendez	Luis Mendez
Lester Garcia /	Lester Garcia	Lester Garcia
Eric Montoya x	Eric Montoya	Eric Montoya
Wagner Estupen /	Wagner Estupen	Wagner Estupen
Josue Betancourt /	Josue Betancourt	Josue Betancourt
Cristian Estupe /	Cristian Estupe	Cristian Estupe
Jaime Samayoa x	Jaime Samayoa	Jaime Samayoa
Daniel Monterroso #12	Daniel Monterroso	Daniel Monterroso
Manfredo Peralta x	Manfredo Peralta	Manfredo Peralta
Oliver Lopez /	Oliver Lopez	Oliver Lopez
ETHUIN Piril /	ETHUIN Piril	ETHUIN Piril
Den? Peralta #112	Den? Peralta	Den? Peralta
Oscar Reyes /	Oscar Reyes	Oscar Reyes
José Carlos Florian x	José Carlos Florian	José Carlos Florian
Dani del cid /	Dani del cid	Dani del cid
Santiago monroy /	Santiago monroy	Santiago monroy
Luis Piril /	Luis Piril	Luis Piril
Sorge Hernandez /	Sorge Hernandez	Sorge Hernandez
Wilfer Ruiz #112	Wilfer Ruiz	Wilfer Ruiz
Rodolfo Mejia Herrarte x	Rodolfo Mejia Herrarte	Rodolfo Mejia Herrarte

Figura 54 A. Listado de asistentes a capacitación



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



REF. Sem. 38/2017

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACION DE SUSTRATOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE RAÍZ DE PILONES DE CAFETO (*Coffea arabica*) var. SARCHIMOR EN EL SISTEMA DE SIEMBRA EN TUBETES, EN LA FINCA PEGON PILONCITO, ALDEA EL JOCOTILLO, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A."

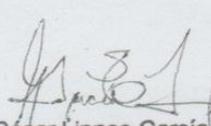
DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: JEFFREY RENÉ CABRERA MAYÉN

CARNE: 20112062

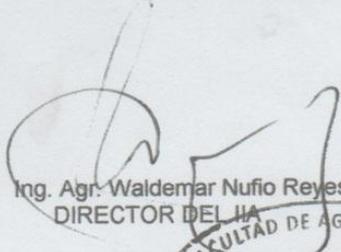
HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Dr. Edin Francisco Orozco
Ing. Agr. Eduardo Pretzanzin
Ing. Agr. César Linneo García

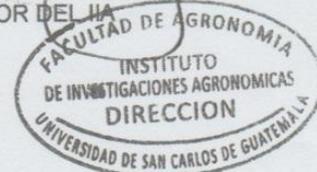
Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Coordinación del Área Integrada para lo procedente.


Ing. Agr. Eduardo Pretzanzin
A S E S O R


Ing. Agr. César Linneo García
A S E S O R - S U P E R V I S O R




Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DIRECTOR DEL IIA



WNR/nm
c.c. Archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
COORDINACIÓN AREA INTEGRADA



Ref. Trabajo de Graduación 059-2017

Guatemala, 11 de octubre de 2017

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE RAÍZ DE PILONES DE CAFETO (*Coffea arabica*) var. SARCHIMOR EN EL SISTEMA DE SIEMBRA EN TUBETES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN LA FINCA PEGÓN PILONCITO, ALDEA EL JOCOTILLO, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE:

JEFFREY RENÉ CABRERA MAYÉN

No. CARNÉ

201112062

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

"EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE RAÍZ DE PILONES DE CAFETO (*Coffea arabica*) var. SARCHIMOR EN EL SISTEMA DE SIEMBRA EN TUBETES, EN LA FINCA PEGÓN PILONCITO, ALDEA EL JOCOTILLO, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A."

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Dr. Edin Francisco Orozco
Ing. Agr. Eduardo Pretzanzin
Ing. Agr. César Linneo García

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. César Linneo García
Docente – Asesor de EPS



Vo.Bo. Ing. Agr. Silvel A. Elias Grama
Coordinador Area Integrada - EPSA



c.c. Control Académico, Estudiante, Archivo,



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



No.53.2017

Trabajo de Graduación:

“EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE RAÍZ DE PILONES DE CAFETO (*Coffea arabica*) var. SARCHIMOR EN EL SISTEMA DE SIEMBRA EN TUBETES, EN LA FINCA PEGÓN PILONCITO, ALDEA EL JOCOTILLO, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.”

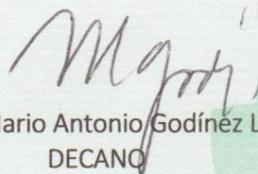
Estudiante:

Jeffrey René Cabrera Mayén

Carné:

201112062

“IMPRÍMASE”



Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
DECANO

