

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**DIAGNÓSTICO, INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA ASOCIACIÓN
NACIONAL DEL CAFÉ –ANACAFÉ–**

BARBARA YADARÍ LÓPEZ RODRÍGUEZ

GUATEMALA, MAYO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DE DIAGNÓSTICO, INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS REALIZADOS EN
LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ.

DOCUMENTO DE GRADUACIÓN

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

POR

BARBARA YADARÍ LÓPEZ RODRÍGUEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUATEMALA, MAYO 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 Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M. A. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M. Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Br. Ind. Milton Juan José Caná Aguilar
VOCAL QUINTO	P. Agr. Cristian Alexander Méndez López
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, mayo de 2017

Guatemala, mayo de 2017

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el documento de Graduación titulado:

**Diagnóstico, Investigación y Servicios realizado en la Asociación Nacional del Café
-ANACAFÉ-**

Presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

BARBARA YADARÍ LÓPEZ RODRÍGUEZ

ACTO QUE DEDICO

A DIOS:

Dador de vida, alegría, dicha y gracia; sin El en mi vida no hubiese podido llegar hasta este momento tan importante no solo para mí, sino para las personas que me rodean. A ti primero mi Dios te entrego este sueño cumplido.

A MIS PADRES:

Hector Eliseo López y Azucena Rodríguez de López, por hacerse cargo de mí en toda esta etapa universitaria, por apoyarme, por darme esos ánimos (y regaños) que solo ustedes saben dar. El amor que me han dado me ha dado el coraje para llegar a este momento. Los amo con todo mi corazón papis.

A MIS HERMANAS:

Susan; Gracias por llevarme todos los días a clases, aun cuando te hice madrugar un poco más, solo para llegar a tiempo incluso de mis giras. Que David sepa que contigo se ganó un gran premio que eres una persona que tiene la capacidad de demostrar que, aunque la vida se ponga difícil una buena actitud siempre lo hará más sencillo.

Liseida; o como yo te digo Pilly, Gracias por tus palabras de ánimo, por todo lo que has hecho por mi eres una persona que sabe cómo alcanzar sus metas y que invita a dar la milla extra. Josué no se equivocó al enamorarse de una persona como tú con tantas virtudes y propósitos. Isabella y Valentina cuando sepan leer, lean lo importante que son para mí que llenan mis días de alegría con cada una de sus ocurrencias.

Débora, mi Deby, mi pequeña, con cada una de las locuras que se te ocurren me haces reír tanto, incluso, en esos momentos que fueron difíciles tu estuviste para decirme que si podría lograrlo.

A MI PROMETIDO:

William Santos, el amor de mi vida, el dueño de mi corazón, tus ganas de vivir y tu energía encendieron el motor de mis sueños. Gracias por amarme aun en esos días que ni yo misma me aguantaba.

A MI FAMILIA:

López, Rodríguez y Santos. Gracias por acompañarme en un día tan importante, por demostrarme que están para mí a pesar de las circunstancias o la distancia. Un abrazo hasta el cielo mi abuelito Héctor Efraín o Pillín como mejor lo conocíamos, te extraño cada día, pero sé que estas en un mejor lugar.

A MIS ASESORES:

Ingenieros Agrónomos; Edgar López, Marco Tulio Aceituno, Cesar Linneo García, Mariela Meléndez, Roberto Soto, Manuel Solís y Héctor López. Por compartirme de su conocimiento, ser pacientes e invitarme a ser parte de este gran gremio.

A MIS AMIGOS:

De la facultad; Moni, Andre, Karlita, Elenita, Axel, Barneond, Cano, Koki, Jose, Hugo, Franky, y sé que se me pasan muchos, pero gracias por brindarme su amistad.

De la iglesia; Lluvias de Gracia.

De mi infancia; primaria, básicos, diversificado, vecinos y demás.

De la ANACAFÉ; Andreita Camó, Andreita Morales, Andreita Paredes, Rocio Pirir, Gustavo, Juan Carlos y Carlitos.

Gracias por brindarme su amistad, Dios me bendijo con amigos como ustedes.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

Dios:

Creador de todo

Guatemala:

Uno de los países mega diversos del mundo

USAC:

La mejor herencia, educación de calidad. Orgullo y dicha de pertenecer a la tricentenaria y gloriosa Universidad de San Carlos de Guatemala, grande entre las grandes.

FACULTAD DE AGRONOMÍA:

Sin duda, de las mejores elecciones en mi vida, me brindo los mejores años, no solo de conocimiento sino de enseñanzas de la vida diaria.

ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ -ANACAFÉ-

Lugar que me permitió crecer y desarrollarme. Institución en la que conocí personas dedicadas y comprometidas con el desarrollo integral de la caficultura guatemalteca.

FINCA LA VIRGEN, VILLA CANALES

Por brindarme no solo un lugar en las instalaciones, sino que tiempo y conocimiento en el momento preciso. Gracias Don Erí Posadas e Ing. Carlitos Méndez.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN GENERAL	xiii
C A P Í T U L O I	1
DIAGNÓSTICO ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ –ANACAFÉ-, ENFOCADO A LAS NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO Y USO DE SUB PRODUCTOS DE BH EN EL CULTIVO DE CAFÉ (<i>Coffea arabica</i>)	1
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	5
3. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	8
4 MARCO TEÓRICO	10
4.1 MARCO CONCEPTUAL	10
4.1.1 Generalidades del cultivo de café	10
4.1.2 Aplicación de las buenas prácticas agrícolas al cultivo de café.....	12
4.1.3 Cambio climático	13
4.1.4 Vulnerabilidad al cambio climático.....	13
5 OBJETIVOS	15
5.1 Objetivo general	15
5.2 Objetivos específicos	15
6 METODOLOGÍA Y RECURSOS.....	16
6.1 Metodología	16
6.2 Recursos	16
7 RESULTADOS.....	17
7.1 Asociación Nacional del Café –ANACAFÉ-.....	17
7.2 Departamentos de ANACAFÉ.....	20
7.3 Centro de Investigaciones en Café -CEDICAFE-.....	21
7.4 Departamento de Coordinación Ambiental.....	21
7.5 Servicios Ambientales.....	23
7.6 El ciclo de la producción de café.....	24
7.7 Cultivo de café bajo sombra.....	24
7.8 Cultivo de café sin sombra.....	25

7.9	Proceso agro-industrial de café	26
7.9.1	Recolección del fruto maduro.....	26
7.9.2	Beneficiado Húmedo	27
7.9.3	Beneficiado Seco	28
7.9.4	Tostaduría y molienda.....	29
7.10	Reglamento de aguas residuales para el sector cafetalero	29
	Acciones legales.....	30
7.11	Acuerdo Gubernativo No. 66-2005.....	31
7.12	Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.....	31
7.13	Malezas y su control	32
7.14	Clasificación de las Malezas	32
7.14.1	Monocotiledóneas	32
7.14.2	Dicotiledóneas.....	33
8	CONCLUSIONES	35
9	BIBLIOGRAFÍA	36
	C A P Í T U L O II	39
	INVESTIGACIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL DESARROLLO VEGETATIVO Y FERTILIDAD DEL SUELO EN DOS SISTEMAS DE CULTIVO DE CAFÉ (<i>Coffea arábica</i>), BAJO SOMBRA Y SIN SOMBRA ASOCIADO CON PASTO RUZI (<i>Brachiaria ruziziensis</i>), EN FINCA LA VIRGEN, VILLA CANALES GUATEMALA, GUATEMALA, C. A.	39
1.	INTRODUCCIÓN	41
2.	MARCO TEÓRICO	43
2.1	MARCO CONCEPTUAL	43
2.1.1	Cultivo de café (<i>Coffea arábica</i>).....	43
2.1.2	Acción fisiológica de la luz sobre el cafeto	44
2.1.3	Importancia de la sombra para las plantaciones de café	45
2.1.4	Funciones de la sombra en el cafetal.....	46
2.1.5	Tipos de sombra y manejo	47
2.1.6	Café sin sombra	47
2.1.7	Densidad de siembra	49

2.1.8	Análisis de suelos.....	50
2.1.9	Tipo de análisis de suelo AS-2.....	50
2.1.10	Análisis físico de suelo	50
2.1.11	Índice de área foliar.....	51
2.1.12	Tipo de análisis foliar F-2	51
2.1.13	Humedad del Suelo.....	51
2.2	MARCO REFERENCIAL.....	53
2.2.1	Área y Localización	53
2.2.2	Datos climáticos	53
2.2.3	Entrevista con el administrador de la Finca.....	53
2.2.4	Variedad de café a evaluar	54
2.2.5	Especie de gramínea a evaluar.....	56
3	OBJETIVOS	57
3.1	Objetivo general	57
3.2	Objetivos específicos	57
4	HIPÓTESIS	58
5	METODOLOGÍA	59
5.1	Definición del área de trabajo.....	59
5.2	Definición del tema de investigación	59
5.3	Reconocimiento de finca La Virgen.....	60
5.4	Descripción de los tratamientos	60
5.5	Establecimiento del experimento	61
5.6	Variables evaluadas.....	62
5.6.1	Determinación de análisis químico del suelo y foliar	62
5.6.2	Porcentaje de humedad.....	64
5.6.3	Determinación de área foliar e índice de área foliar	65
5.7	Definición de la metodología estadística	69
5.8	Fase de Campo.....	70
5.9	Fase de Laboratorio	70

5.10	Formato de Evaluación de Resultados	71
5.11	Análisis de resultados	71
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	72
6.1	Resultados del primer muestreo	72
6.1.1	Variable 1: área foliar.....	72
6.1.2	Variable 2: porcentaje de humedad	73
6.1.3	Variable 3: índice de área foliar	76
6.1.4	Variable 4 análisis químico del suelo.....	78
6.1.5	Variable 5: análisis químico foliar	88
6.2	Resultados del segundo muestreo.....	97
6.2.1	Variable 1: área foliar.....	98
6.2.2	Variable 2: porcentaje de humedad	99
6.2.3	Variable 3: índice de área foliar	102
6.2.4	Variable 4: análisis químico del suelo.....	103
6.2.5	Variable 5: análisis químico foliar	107
7	CONCLUSIONES	115
8	RECOMENDACIONES	117
9	BIBLIOGRAFÍA	118
10	ANEXOS	122
C A P Í T U L O III		127
SERVICIOS REALIZADOS EN LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ ANACAFÉ-		127
SERVICIO 1: EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS DEL BENEFICIADO HÚMEDO DE CAFÉ CON FINES DE NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DE CAFÉ, SANTO TOMAS PACHUJ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ		129
1.	INTRODUCCIÓN	129
2.	ANTECEDENTES	130
3.	MARCO CONCEPTUAL	131
3.1	MARCO TEORICO	131
3.1.1.1	Manejo de sombra	131
3.1.2	Muestro de suelos y foliar	131
3.1.3	Manejo integrado de plagas y enfermedades	131

3.1.4	Producción sostenible.....	132
3.1.5	Beneficio Húmedo del Café	132
3.1.6	Fertilidad de Suelos	132
3.1.7	Acuerdo Gubernativo No. 66-2005	134
3.1.8	Acuerdo Gubernativo No. 236-2006	134
3.2	MARCO REFERENCIAL.....	136
3.2.1	Datos generales de la finca	136
3.2.2	Caracterización general del beneficio húmedo.....	136
4.	OBJETIVOS	140
4.1	Objetivo General	140
4.2	Objetivos Específicos.....	140
5.	METODOLOGÍA	141
6.	RESULTADOS.....	142
6.1	FASE 1: PREMUESTREO DE SUELO Y FOLIAR.....	142
6.2	ANÁLISIS DE AGUA EN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES -STAR-	146
6.3	FASE 2: COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE MUESTREO DE SUELO Y FOLIAR	153
7.	CONCLUSIONES	184
8.	BIBLIOGRAFÍA	186
	SERVICIO 2: PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA EVALUACIÓN DEL CONTENIDO NUTRICIONAL EN PLANTAS DE CAFÉ A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS, SANTO TOMAS PACHUJ, SAN LUCAS TOLIMAN, SOLOLA.....	188
1.	TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:.....	188
2.	OBJETIVOS:.....	188
2.1	GENERAL:.....	188
2.2	ESPECÍFICOS:.....	188
3.	ANTECEDENTES	189
4.	JUSTIFICACIÓN	190
5.	LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA FINCA	190
6.	MATERIALES Y MÉTODOS	191

6.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	191
6.2 UNIDAD EXPERIMENTAL	193
6.3 PARAMETROS DE MUESTREO	193
6.3.1 REGISTRO DE TOMA DE MUESTRAS DE AGUA	194
6.3.2 REGISTRO DE TOMA DE MUESTRAS DE SUELO Y FOLIAR.....	195
6.3.3 REGISTRO DEL ESTADO FISICO DE LA PLANTA.....	196
7 NÚMERO Y TIPO DE MUESTRAS.....	198
8 ESTIMACIÓN DE COSTOS POR AÑO	199
Fuente: elaboración propia, 2016	199
9 PLANO DE CAMPO	200
10 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	201
11 CRONOGRAMA ANUAL (2016-2021).....	202

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.....	61
Cuadro 2. Formato para la evaluación del porcentaje de humedad	65
Cuadro 3. Formato para obtener área de la hoja	66
Cuadro 4. Número de hojas por bandola	66
Cuadro 5. Área foliar por planta	67
Cuadro 6. Índice de área foliar	68
Cuadro 7. Área foliar/hectárea	69
Cuadro 8. Índice de área foliar	69
Cuadro 9. Formato de Evaluación.....	71
Cuadro 10. Resultados de la variable área foliar en m ² /planta.....	72
Cuadro 11. Resultado de la variable porcentaje de humedad (entre plantas).....	74
Cuadro 12. Resultado de la variable porcentaje de humedad (entre surcos).....	75
Cuadro 13. Resultado de la variable índice de área foliar	77
Cuadro 14. Resultado de la variable: pH en el suelo	78
Cuadro 15. Resultados de la variable: boro en el suelo en mg/L	79
Cuadro 16. Resultados de la variable fósforo en el suelo en mg/L	81
Cuadro 17. Resultado de la variable potasio en el suelo en Cmol(+)/L.....	83
Cuadro 18. Resultado de la variable zinc en el suelo en mg/L.....	84
Cuadro 19. Resultado de la variable porcentaje de materia orgánica en el suelo.....	85
Cuadro 20. Resultados de la variable CICE en Cmol(+)/L.....	87
Cuadro 21. Resultado de la variable porcentaje de nitrógeno en el follaje.....	88
Cuadro 22. Resultado de la variable porcentaje de fósforo en el follaje.....	90
Cuadro 23. Resultado de la variable porcentaje de potasio en el follaje	91
Cuadro 24. Resultado de la variable porcentaje de calcio en el follaje	92
Cuadro 25. Resultado de la variable porcentaje de magnesio en el follaje	93
Cuadro 26. Resultado de la variable ppm boro en el follaje	95
Cuadro 27. Resultado de la variable ppm de zinc en el follaje	96
Cuadro 28. Resultado de la variable área foliar en m ² /planta	98
Cuadro 29. Resultado de la variable porcentaje de humedad (entre plantas).....	99
Cuadro 30. Resultado obtenido de la variable porcentaje de humedad (entre surcos)	101
Cuadro 31. Resultado de la variable índice de área foliar	102
Cuadro 32. Resultado de la variable pH en el suelo	103
Cuadro 33. Resultado obtenido de la variable porcentaje de materia orgánica	105
Cuadro 34. Resultado de la variable CICE en Cmol/L.....	106
Cuadro 35. Resumen de variables, primer muestreo	108
Cuadro 36. Resumen de variables, segundo muestreo	109
Cuadro 37. Propiedades Físicas del suelo, previo a la aplicación de agua tratada	142
Cuadro 38. Propiedades Químicas del suelo, previo a la aplicación de agua tratada	144
Cuadro 39. Propiedades Químicas Foliares.....	146

Cuadro 40. Análisis Químico de agua proveniente de BH y STAR	147
Cuadro 41. Fertilización Realizada, Finca Santo Tomas Pachuj.....	154
Cuadro 42. Propiedades Físicas del suelo, posterior a la aplicación de aguas tratadas..	155
Cuadro 43. Propiedades Químicas del suelo, posterior a la aplicación de aguas tratadas	157
Cuadro 44. Propiedades Químicas Foliaves.....	173
Cuadro 45. Aplicación de tratamientos.....	192
Cuadro 46. Monitoreo de aguas para análisis Aguas Residuales	194
Cuadro 47. Monitoreo de aguas para análisis Abonos Orgánicos.....	194
Cuadro 48. Registro fotográfico de plantas	197
Cuadro 49. Cantidad de muestreos y tipo de análisis	198

NDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Organigrama de la Institución –ANACAFÉ-	19
Figura 2. Departamentos de ANACAFÉ	20
Figura 3. Enfoques de la Unidad de Ambiente	22
Figura 4. Proceso Agro-Industrial del café	26
Figura 5. Fotografía del hidrómetro de humedad	52
Figura 6. Fotografía con administrador de finca La Virgen y asesores de tesis	54
Figura 7. Fotografía de variedad caturra	55
Figura 8. Fotografía: <i>Brachiaria ruzizensis</i>	56
Figura 9. Fotografía área de trabajo, en finca La Virgen	59
Figura 10. Fotografía bolsa de Analab para muestreo	62
Figura 11. Fotografía muestreo de suelos	63
Figura 12. Fotografía de toma de humedad en el suelo	64
Figura 13. Fotografía de planta a la que se le realizó el análisis de área foliar	68
Figura 14. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable área foliar en m ² /planta	73
Figura 15. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable porcentaje de humedad (entre plantas)	75
Figura 16. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable: porcentaje de humedad (entre surcos)	76
Figura 17. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable índice de área foliar	77
Figura 18. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable: pH en el suelo	78
Figura 19. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable: boro en el suelo en mg/L	80
Figura 20. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable fósforo en suelo en mg/L	82
Figura 21. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable potasio en el suelo en Cmol/L	83
Figura 22. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable zinc en el suelo en mg/L	85
Figura 23. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable del porcentaje de materia orgánica en el suelo.	86
Figura 24. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable CICE en Cmol(+)/L	87
Figura 25. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable porcentaje de nitrógeno en el follaje	89
Figura 26. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable fósforo en el follaje	90
Figura 27. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable porcentaje de potasio en el follaje	91

Figura 28. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable porcentaje de calcio en el follaje.....	93
Figura 29. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable porcentaje de magnesio.....	94
Figura 30. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable ppm boro en el follaje.....	96
Figura 31. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable ppm de zinc en el follaje	97
Figura 32. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable área foliar en m ² /planta.....	99
Figura 33. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable porcentaje de humedad (entre plantas)	100
Figura 34. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable humedad (entre surcos).....	102
Figura 35. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable índice de área foliar	103
Figura 36. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable pH en el suelo.....	104
Figura 37. Gráfica de la comparación de las medias en dos sistemas de cultivo en la variable porcentaje de materia orgánica.....	105
Figura 38. Gráfica de la comparación de las medias en dos sistemas de cultivo en la variable CICE en Cmol/L.....	107
Figura 39. Gráfica de representación gráfica del mantenimiento de los cafetales	114
Figura 40A. Fotografías de cafetales	122
Figura 41A. Fotografía de marcaje de parcelas	123
Figura 42A. Fotografías de cafetales y almácigos.....	124
Figura 43A. Fotografías de actividades en cafetales.....	125
Figura 44. Vista de diseño de Sistema de tratamiento de aguas residuales -STAR-	138
Figura 45. Cantidad de pH en el agua en el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales STAR	148
Figura 46. Demanda Química de Oxígeno -DQO-	149
Figura 47. Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO-	150
Figura 48. Total de Sólidos y Sólidos Suspendidos	152
Figura 49. Comparación de Propiedades Físicas de Suelo en Parcela Experimental.....	156
Figura 50. Nivel de pH inicial y final de parcela experimental	158
Figura 51. Contenido de Fósforo inicial y final en suelo de parcela experimental	159
Figura 52. Contenido de Boro inicial y final en suelo en parcela experimental	160
Figura 53. Contenido de Potasio inicial y final en suelo en parcela experimental	161
Figura 54. Contenido de Calcio inicial y final en el suelo en parcela experimental	161
Figura 55. Contenido de Magnesio inicial y final en suelo en parcela experimental.....	162
Figura 56. Contenido de Azufre inicial y final en suelo en parcela experimental.....	163
Figura 57. Contenido de Cobre inicial y final en suelo en parcela experimental	164
Figura 58. Contenido de Hierro inicial y final en suelo en parcela experimental	165

Figura 59. Contenido de Manganeso inicial y final en suelo en parcela experimental	166
Figura 60. Contenido de Zinc inicial y final en suelo en parcela experimental	167
Figura 61. Contenido de M.O. inicial y final en suelo en parcela experimental	168
Figura 62. Contenido de CICE inicial y final en parcela experimental	169
Figura 63. Porcentaje de Saturación en la CICE	170
Figura 64. Equilibrio de Bases.....	172
Figura 65. Porcentaje de Nitrógeno inicial y final en foliar en parcela experimental.....	174
Figura 66. Contenido de Fosforo inicial y final en foliar en parcela experimental.....	175
Figura 67. Contenido de Potasio inicial y final en foliar en parcela experimental	175
Figura 68. Contenido de Calcio inicial y final en foliar en parcela experimental	176
Figura 69. Contenido de Magnesio inicial y final en foliar en parcela experimental	177
Figura 70. Contenido de Azufre inicial y final en foliar en parcela experimental.....	178
Figura 71. Contenido de Cobre inicial y final en foliar en parcela experimental	179
Figura 72. Contenido de Hierro inicial y final en foliar en parcela experimental	180
Figura 73. Contenido de Manganeso inicial y final en parcela experimental.....	181
Figura 74. Contenido de Zinc inicial y final en foliar en parcela experimental	182
Figura 75. Contenido de Boro inicial y final en foliar en parcela experimental	182

RESUMEN GENERAL

En la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala al cerrar pensum de estudios, se da inicio el Ejercicio Profesional Supervisado - EPS - el cual se realizó en la Asociación Nacional del Café -ANACAFÉ- en oficinas centrales, desarrollando proyectos e investigaciones en dos destinos diferentes. El presente documento detalla paso a paso las actividades realizadas en dicha institución.

El primer capítulo consta del diagnóstico realizado para la institución, proveyendo desde una vista macro como se distribuyen las actividades que se realizan. Este diagnóstico fue esencial para determinar los roles a trabajar, así como las investigaciones a desarrollar.

El segundo capítulo es la investigación que se llevó a cabo en finca La Virgen, ubicada en el municipio de Villa Canales, del departamento de Guatemala; en la cual se deseaba evaluar el desarrollo de los cafetales al sol con grama ya que esta técnica se incorporó hace dos años (aproximadamente) en la finca, siendo plantaciones completamente nuevas. Dicha técnica se está desarrollando en gran área de la finca. Los cafetales bajo sombra han sido la manera más convencional de trabajarse en Guatemala, para este caso se tomó una plantación de la misma para poder comparar rendimientos vegetativos, fertilidad del suelo en ambos sistemas, en el presente documento se encuentran detallados los resultados obtenidos en los cafetales ubicados en la zona de Villa Canales.

El tercer capítulo describe las actividades realizadas en la ANACAFÉ, actividades que fueron definidas desde el principio. Las investigaciones realizadas en este capítulo se llevaron a cabo en Santo Tomás Pachuj, San Lucas Toliman, Sololá y se contó con el apoyo de los técnicos de la región II de ANACAFÉ.



CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ –ANACAFÉ-, ENFOCADO A LAS NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO Y USO DE SUB PRODUCTOS DE BH EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*)

1. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país el cual depende de la agricultura, en gran manera, dentro de la agricultura se encuentra un cultivo muy significativo para el país como lo es el café. Se produce café en 204 municipios de 338 del país representando el 60 % de todo el territorio guatemalteco. Este cultivo es considerado un sistema agroforestal y es reconocido por el Instituto Nacional de Bosques –INAB-. El cultivo esta reportado por la ANACAFÉ con el 98% de sombra, y en muchos casos esta sombra es de tipo forestal, aunque también puede ser otro tipo de árboles de producción (ANACAFÉ, 2010).

ANACAFÉ representa a más de 125 mil caficultores de todo el país lo cual beneficia todos los caficultores proveyéndoles de asistencia técnica y agronómica para alcanzar los requerimientos y cuidados que el cultivo necesita y así promover la comercialización de los cafés de Guatemala a nivel nacional e internacional (ANACAFÉ, 2016).

Los recursos naturales existentes cada vez se ven más limitados y en muchos casos debido al mal uso que se les da, es por ello que se debe tomar en cuenta la regla de las 3R, este principio trata términos muy importantes tales como reducir, reutilizar y reciclar. La organización no gubernamental GreenPeace, promueve 3 pasos básicos para disminuir la producción de residuos y contribuir con ello a la protección y conservación del medio ambiente (Ecología Verde, 2016).

Debido al compromiso ambiental que el sector tiene con el país, se encontró la necesidad de la formación de la unidad de ambiente dentro de la ANACAFÉ, esto para impulsar la caficultura sostenible por medio de acuerdos, políticas y proyectos que deben llevarse a cabo para la mejora continua del proceso del cultivo del café, utilizando métodos amigables con el ambiente (ANACAFÉ, 2010).

Una de las preocupaciones más grandes de los agricultores es el cambio climático, pues se encuentra con pocas respuestas viables o soluciones al mismo, debido a esto se han buscado técnicas en las que se aumente la productividad tratando de disminuir el riesgo

que podría correr la cosecha o productividad de la plantación, es por ello que hace unos años se implementó una técnica brasileña la cual consiste en la siembra de cultivo al sol con asocio de pasto (ANACAFÉ, 2016).

A continuación, se presenta el diagnóstico de la situación actual del año 2016 de la Asociación Nacional del Café, el cual tiene como fin informar sobre la institución y el funcionamiento que tiene internamente, así como el cuidado y mantenimiento del cultivo de café, desde la asesoría técnica hasta el beneficiado húmedo ya que el beneficiado seco corresponde a una sola línea de atención y en menor cantidad de clientes. ANACAFÉ presta el servicio a los caficultores de tueste y molienda de café entre otros.

2. ANTECEDENTES

En 1773 los sacerdotes jesuitas importan las primeras plantas de café a Guatemala. En 1803 el cacao, azúcar, algodón y café son exonerados del impuesto de alcabala (el impuesto más importante del Antiguo Régimen) durante diez años. En 1835 se realiza la primera cosecha de cien quintales de café logrando, en 1854, realizar la primera exportación consistente en 95 quintales oro a un valor de 10 dólares cada uno (ANACAFÉ, 2016).

En 1960 es creada la Asociación Nacional del Café –ANACAFÉ- la cual ha promovido los más altos estándares en cada aspecto de la producción del grano, respecto a su fortalecimiento local y para exportaciones (ANACAFÉ, 2016).

En 1972 Se fundó el laboratorio de ANACAFÉ –Analab-. Con finalidad de brindar apoyo al sector cafetalero prestando servicios de análisis de suelos, fertilizantes y clases agrícolas. En un inicio Analab (como actualmente se identifica el laboratorio) llevaba el nombre de don Carlos Mirón Muñoz, como una manera de rendirle honor a quien dedicó buena parte de su vida al cultivo de café (ANACAFÉ, 2016).

En 1987 Uniendo esfuerzos ANACAFÉ y el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), realizaron en Guatemala el III Simposio Internacional donde se conocieron los resultados más sobresalientes de las investigaciones efectuadas en México, Centroamérica y Colombia sobre el uso de subproductos y también sobre el tratamiento de aguas residuales (ANACAFÉ, 2016).

En 1990 ANACAFÉ fortaleció el Departamento de Post-cosecha para brindar el apoyo técnico a los caficultores para comenzar con el proceso de tecnificación de los beneficios húmedos de café. Es importante enfatizar que unos de los criterios a considerar para aplicar esta tecnología fue la problemática que existía por los escasos de agua que sufrían los beneficios húmedos de café que no se encontraban ubicados cerca de un río como tradicionalmente se venía operando (ANACAFÉ, 2016).

En 1996 Se formó la comisión de Medio Ambiente, que representaba el sector cafetalero ante las instituciones y organismos privados y estatales encargados de regular el medio ambiente conformada por el Ing. Edgar López del departamento de investigaciones en café, el Ing. Oscar Ponce de la unidad de Medio Ambiente y el Ing. Adolfo Barrios del departamento de Post-cosecha, esta fue creada debido a la problemática que se venía teniendo desde el año 1985 en cuanto a la generación de aguas residuales de los beneficios húmedos de café. Posteriormente el Dr. Francisco Anzueto, se incorporó a esta comisión que tuvo la responsabilidad de hacer un planteamiento de los parámetros de las cargas contaminantes provocadas por las aguas mieles de café, de donde surge la “Propuesta de parámetros de descarga de aguas servidas del beneficio húmedo de café” ante la antes conocida como Comisión Nacional del Medio Ambiente –CONAMA- (ANACAFÉ, 2016).

En 2001 ANACAFÉ emprende un esfuerzo organizado por el departamento de Post-cosecha a cargo del Ing. Adolfo Barrios quien se encargaría de generar y validar tecnología apropiada para continuar con la reconversión de los beneficios y se contribuyera a la minimización de la contaminación, concentrándose en el consumo de agua y logrando una reducción del 90%. Además, se empieza a trabajar en el diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales (ANACAFÉ, 2016).

En 2012- 2013 al inicio del año cafetalero No. 20 se presenta la propuesta de crear la sección de aguas y enmiendas en Analab, con el objetivo de implementar metodología para el análisis de aguas necesarias para el diseño, monitoreo y evaluación de las PTAR (plantas de tratamiento de aguas residuales) de los beneficios húmedos de café. Para brindar apoyo al equipo técnico de Post cosecha en el tema de monitoreo y análisis de aguas (ANACAFÉ, 2016).

En 2016- Se lleva a cabo la investigación sobre la caracterización de los 20 parámetros según el Acuerdo Gubernativo 236-2006, de las aguas residuales del beneficio húmedo tecnificado Nuevo Sendero. Con el apoyo del departamento de Ambiente, Cedicafé, Post-cosecha, Analab y Universidad Rafael Landívar. Esta investigación será la primera

validación a nivel de laboratorio (Analab), que permitirá analizar la conveniencia de establecer este análisis para el sector caficultor (costos, metodologías, importancia, normativa legal ambiental) (ANACAFÉ, 2016).

3. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

ANACAFÉ, tiene por objetivo en todos los departamentos, brindar servicio al caficultor, anteriormente no existía la unidad o coordinación de ambiente pues lo único en que se trabajaba era en hacer investigaciones a pequeña escala al punto que muchas de las investigaciones se utilizaban y favorecían a una pequeña porción de caficultores (Certificaciones), y estrategias que no se le ha brindado el seguimiento adecuado. Más adelante surgió la necesidad de crear una unidad que se encargara de toda la parte ambiental en cuanto a la producción de café y ayuda al caficultor ya que, por lo que se creó la coordinación de ambiente ya no solo para realizar investigaciones sino para llevar a cabo proyectos regionales, nacionales, y con cooperación internacionales (ANACAFÉ, 2016).

Como se sabe, el cambio climático es la modificación del clima, se trata de cambios de orden natural, pero actualmente, se encuentran asociados con el impacto humano sobre el planeta. Existe gran cantidad de variables que inciden sobre el clima tanto naturales como antrópicas (Definición ABC, 2016).

Para el sector café el impacto que está causando el cambio climático es realmente alarmante pues se ha visto implicadas grandes pérdidas, deficiencia en el llenado de fruto y consecuente a esto, diferencias en la calidad del café. Así como el aumento de enfermedades, canículas prolongas, asenso en la temperatura, entre otros (ANACAFÉ, 2016).

Según los modelos de los mapas de perdida de aptitud, la precipitación anual disminuirá y las temperaturas máximas y mínimas mensuales continuarán aumentando progresivamente para el año 2050, con +2.1°C. La distribución de la aptitud de las tierras de café disminuirá. Las áreas entre 600 y 1200 msnm perderán mayor aptitud y las áreas por encima de 1300 msnm no cambian su aptitud (ANACAFÉ, 2016).

El cultivo de café, tradicionalmente es cultivado bajo sombra como un sistema agroforestal pero debido al cambio climático este sistema ha sufrido variaciones en cuanto a la productividad (ANACAFÉ, 2010). Como consecuencia a este fenómeno, se ha buscado la implementación de técnicas alternativas y/o diferentes a las tradicionales que Guatemala maneja. Caso de esto, es la técnica brasileña que consiste en la siembra de café al sol, con asocio a gramíneas, en este caso el pasto ruzi, la cual ofrece aumento en la productividad y calidad del fruto pues al estar mayormente expuesta al sol acelera las etapas del cafeto.

Continuando con el tema de cambio climático, se instaló una planta de tratamiento de aguas mieles con la que se pretende reducir el impacto sobre el suelo y el ambiente, reutilizando las aguas como riego y evaluar el efecto que tiene sobre la planta y el suelo.

Es por ello que se desea realizar investigaciones que contribuyan a la adaptación y mitigación al cambio climático para el sector café, promocionando las buenas prácticas agrícolas, y hacer uso eficiente del recurso hídrico para el manejo agronómico del café y el beneficiado húmedo. De esta manera brindarle al caficultor opciones para la productividad y calidad de sus cosechas sin dejar a un lado el impacto que estas prácticas generan en el ambiente.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 MARCO CONCEPTUAL

4.1.1 Generalidades del cultivo de café

La planta de café tiene dos tipos de crecimiento aéreo: vertical u ortotrópico (tallo) y lateral o plagiotrópico (ramas laterales o bandolas). Existen dos tipos de yemas vegetativas, las yemas “seriadas” que dan un crecimiento en el eje principal o tallo y las yemas “cabeza de serie” que originan ramas de crecimiento horizontal o bandolas. La formación de las hojas se inicia en el ápice del tallo y ramas. En ellas se realiza la producción de los alimentos y hormonas, con los cuales la planta crece, se desarrolla y produce cosechas. Las hojas sirven de vehículo para absorber el carbono atmosférico y la energía solar, que constituyen la materia prima para elaborar sus nutrientes, así como las hojas permiten la liberación de agua en forma de vapor a través de los estomas (poros de las hojas) lo cual es parte del proceso de la transpiración de la planta. La epidermis de las hojas posee una cutícula cerosa que brinda protección y evita la pérdida de nutrientes y agua interna (ANACAFÉ, 2014).

Las yemas que dan origen a las inflorescencias están básicamente distribuidas en forma axilar en las ramas laterales, a nivel de la base de las hojas en cada nudo, con un potencial de 32 flores por nudo. En variedades altamente productivas pueden encontrarse hasta 40 flores por nudo, quedando al final rangos de 15 a 20 frutos por nudo. Las yemas son de naturaleza vegetativa y por estímulos de días cortos, entre septiembre y octubre, se transforman paulatinamente en yemas reproductivas o florales. Estando ya formadas, los botones crecen lentamente durante unos dos meses, hasta alcanzar un tamaño de 5 a 8 mm y detienen su crecimiento, iniciando un período de reposo que puede durar semanas. Reciben entonces el nombre de botones maduros y únicamente bajo esta condición, podrán salir de su letargo y brotar (ANACAFÉ, 2014).

Posterior a la floración el fruto presenta un crecimiento en varias etapas:

- Etapa I: durante el primer mes y medio, después de la floración, el fruto crece muy lentamente.
- Etapa II: el fruto presenta un crecimiento acelerado, hasta el tercer mes y medio. En esta etapa, se forma el pergamino y se lignifica, definiéndose el tamaño que tendrá el grano.
- Etapa III: sobre el tercer mes y medio, el crecimiento del fruto se detiene, pero internamente ocurre el llenado del grano y formación de la semilla. Esta etapa concluye poco después del cuarto mes.
- Etapa IV: entre el cuarto y sexto mes, el grano se endurece, se forma el mucílago y el fruto alcanza su madurez fisiológica como fruto sazón.
- Etapa V: finalmente el fruto llega a su madurez de corte, caracterizada por el color de la cáscara. Esto ocurre como promedio, ocho meses después de la floración o 9 meses en regiones más altas.

En la semilla y germinación; la mayor parte de la semilla la forma el endospermo, que es de consistencia dura y de color verdoso. El embrión que formará la futura planta se localiza dentro de la semilla a nivel de la base, con la apariencia de una pequeña paleta de aproximadamente 4 mm de largo y una tonalidad crema que trasluce dentro de la semilla. Alrededor de la semilla se encuentra la película plateada, que es visible cuando se seca.

Para que el embrión se desarrolle es necesario que la semilla esté madura y se tengan buenas condiciones de humedad y temperatura. Al colocarse la semilla en el suelo absorbe agua hinchándose y el embrión empieza a crecer. Inicialmente brota la radícula o raicilla saliendo del pergamino, curvándose hacia abajo. El tallo crece y levanta los cotiledones aún envueltos dentro del pergamino, que luego se desintegra abriéndose la “mariposa”. Hasta este momento el embrión se ha nutrido de las reservas contenidas en el grano (almidón, azúcares, etc.) de aquí en adelante, la planta deberá sintetizar sus propios alimentos.

El sistema radicular está formado por una raíz principalmente llamada pivotante, raíces axiales o de sostén, raíces laterales y raíces absorbentes o raicillas. La pivotante o “clavo” profundiza en el suelo a más de 50 cm y juntamente con las raíces axiales realiza la función de sostén o anclaje de la planta. El 80 a 90% de las raíces pequeñas son responsables de la absorción del agua y los nutrientes, estas se encuentran en los primeros 30 cm de la profundidad; la raíz también almacena reservas en forma de almidón y azúcares solubles en la corteza y en el parénquima del xilema secundario (ANACAFÉ, 2014).

4.1.2 Aplicación de las buenas prácticas agrícolas al cultivo de café

El suelo representa uno de los recursos de producción más importante, ya que da soporte a las plantas en forma de una capa permeable para las raíces y es una especie de depósito para los nutrientes y el agua, por lo que su manejo requiere de la adopción de prácticas para su conservación. Estas prácticas tienen como principal función disminuir la velocidad del agua en suelos ubicados en laderas con el fin de evitar la erosión, interceptándola, reteniéndola e infiltrándola, evitando el arrastre del suelo escurrido.

Al aplicarlas, se contribuye a conservar las características físicas, químicas y microbiológicas, logrando mantener y/o mejorar la fertilidad y por ende la productividad del suelo. En un manejo eficiente del suelo deberían mejorarse las características deseables del mismo con buenas prácticas agrícolas que combinan una serie de técnicas destinadas a su conservación (Peña, 2013).

Dentro de los componentes importantes de las buenas prácticas agrícolas están entre otros:

- Reposición de la materia orgánica
- Mantener una adecuada reacción química
- Buena o adecuada cubierta vegetal
- Control de la erosión

- Adopción de prácticas de manejo acorde a sus necesidades

Dentro de estas prácticas de manejo, están a) Curvas a nivel b) Terraza continua c) Terraza Individual d) Barrera Viva e) Barrera Muerta f) Acequia g) Diques h) Pozos de absorción (Peña, 2013).

4.1.3 Cambio climático

La concentración de gases en la atmosfera produce lo que se conocemos como efecto invernadero, proceso a través del cual, los rayos de sol entran en la atmosfera y algunos son reflejados de vuelta y otros ingresan, calentando el planeta. Históricamente, este proceso ha permitido la vida, aunque cuando la concentración de estos gases en la atmosfera aumenta se crea un efecto contrario, en el que se refleja menos de estos rayos solares y más ingresan en la planta, produciendo lo que se conoce como calentamiento del planeta. El calentamiento global puede alterar la variabilidad del clima, resultando en un cambio climático (Módulo Clima, 2011).

El cambio climático puede alterar los patrones de producción o la forma en que se dan los cultivos, por esta razón debemos de realizar prácticas para reducir estos efectos. Una finca o sector cafetalero sostenible debe adaptarse a las condiciones de un clima cambiante y mitigar las emisiones de los gases que lo producen (Módulo Clima, 2011).

4.1.4 Vulnerabilidad al cambio climático

Es el nivel al que un sistema es susceptible o no es capaz de soportar los efectos adversos del cambio climático. La vulnerabilidad depende del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática al que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación Actualmente ya se están sintiendo los efectos del cambio climático por lo cual es necesario la adaptación al mismo (Guerra, A., 2012).

Algunas de las amenazas a las que actualmente debe adaptarse la población son: cambios en la cantidad anual de lluvia, ya sea exceso o escasez, eventos extremos de lluvias frecuentes e intensos, aumento en el promedio de temperatura anual, granizo, aumento en la evaporación y evapotranspiración, aumento en el nivel del mar, inundaciones, deslizamientos, entre otros (Guerra, A., 2012).

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Conocer la situación actual del año 2016 de la Asociación Nacional del Café –ANACAFÉ-

5.2 Objetivos específicos

1. Lograr un acercamiento con la institución y los trabajadores para la obtención de información de calidad.
2. Dominar los procesos para la elaboración de investigaciones y proyectos para contribuir con la realización de los mismos.
3. Identificar los proyectos a realizar y elaborar un cronograma de actividades.
4. Planificar investigaciones que contribuyan a la adaptación y mitigación de cambio climático.

6 METODOLOGÍA Y RECURSOS

6.1 Metodología

En los primeros días se procedió a consultar fuentes de información secundaria pues en la página de ANACAFÉ (www.ANACAFÉ.org) hay gran cantidad de información útil para conocer acerca de la institución y el cultivo de café. Posterior a esto, se consultó otros documentos como revistas, libros y boletines. La información primaria se obtuvo por medio de entrevistas con ingenieros agrónomos y técnicos agrónomos quienes hablaron acerca de su posición en la institución y trabajos y/o proyectos que se han realizado.

Se tuvo la oportunidad de conocer los departamentos en los que se encuentra dividido la Asociación Nacional del Café pues muchos de los proyectos que se tienen previstos realizar en la Unidad de Ambiente, CEDICAFÉ y Postcosecha se planean realizar en conjunto con otros departamentos.

Se realizaron visitas de campo para conocer los lugares en los que se llevaran a cabo las investigaciones, así como fue de vital importancia conocer al personal de las fincas, esto con el fin de establecer comunicación que permita la accesibilidad tanto a la finca como a información generada que posean.

Cuando se contó con toda la información se procedió a integrarla de manera coherente, tratando de englobar todos los aspectos importantes para asentar las bases y posterior poder trabajar la investigación y los servicios ya establecidos por la institución.

6.2 Recursos

- Computadora
- Libros de texto (documentos, boletines sobre caficultura)
- Página oficial de ANACAFÉ
- Cobertura de viajes a las áreas de influencia de las posibles investigaciones
- Libreta de campo

7 RESULTADOS

7.1 Asociación Nacional del Café –ANACAFÉ-

La Asociación Nacional del Café –ANACAFÉ- es una institución privada, de servicio público, autónoma, con patrimonio propio y fondo privativos fundada por la Ley del Café en 1960. Tiene como principal objetivo fortalecer la economía nacional a través de la producción y exportación de café. Tiene diferentes atribuciones, entre las que se resaltan:

- Representar al sector caficultor de Guatemala
- Extender Licencias de Exportación
- Desarrollar y ejecutar la política cafetalera tanto a nivel nacional, como internacional.
- Promover los cafés de Guatemala

La Asociación es dirigida por una Junta Directiva, en la que se están representados integrantes de diferentes asociaciones y cooperativas de caficultores de todo el país. Los integrantes son elegidos anualmente en la Asamblea General Ordinaria por un período de dos años. La Junta Directiva también está integrada por representantes del Presidente de la República y del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (ANACAFÉ, 2010).

ANACAFÉ representa a más de 120 mil caficultores de todo el país, se estima que el cultivo de café ocupa el 2.8% del territorio nacional y está presente en 20 de los 22 departamentos (ANACAFÉ, 2010).

- **Misión**

ANACAFÉ como institución gremial representante de los caficultores nacionales, vela por los intereses del sector; es responsable de prestar los servicios efectivos para lograr una caficultura sostenible, competitiva y de calidad (ANACAFÉ, 2010).

- **Visión**

ANACAFÉ, organización de vanguardia, líder de los caficultores del país, presta servicios a sus asociados y proyecta el café de Guatemala al mundo (ANACAFÉ, 2010).

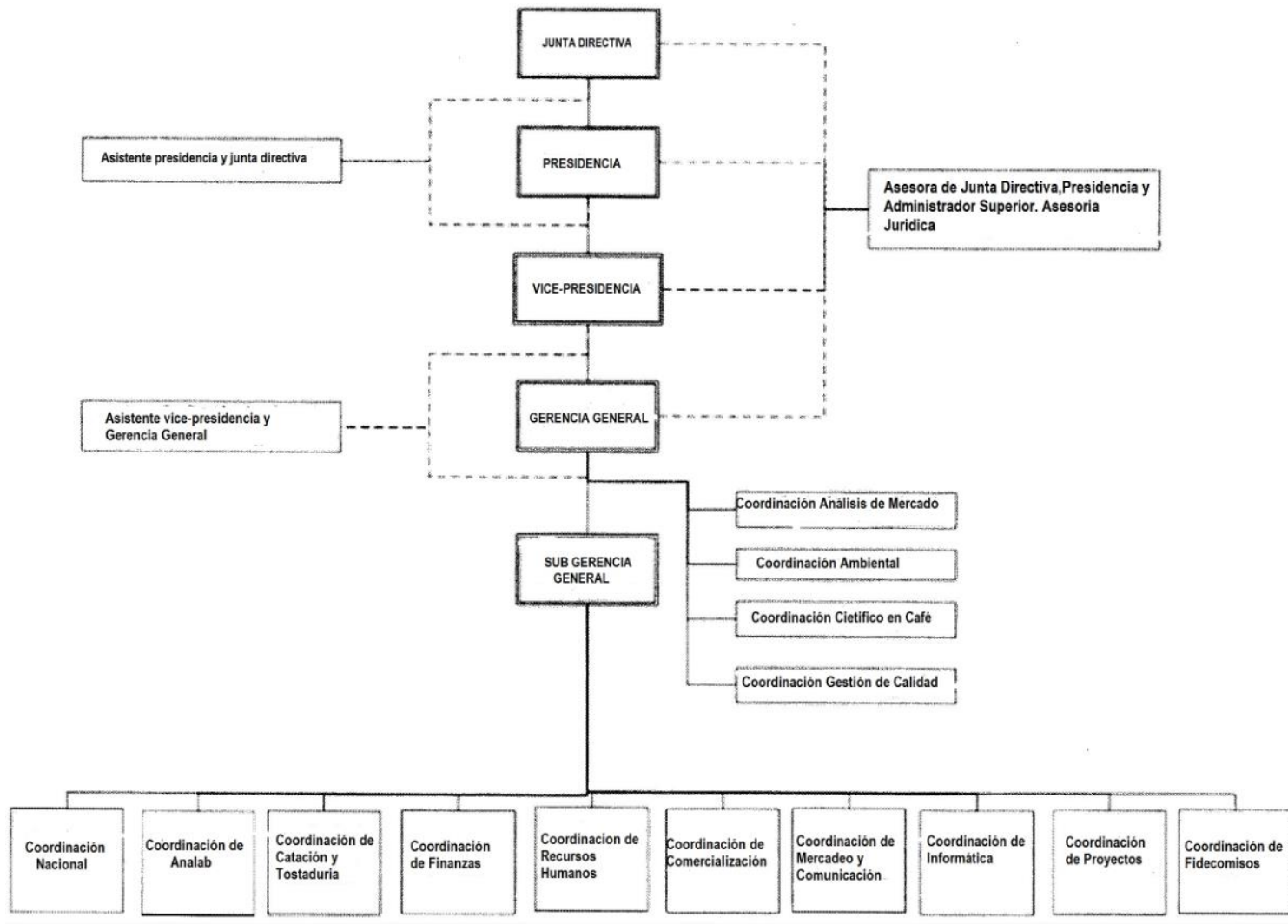
La organización de ANACAFÉ está constituida por varios departamentos, dentro de los cuales están:

Junta Directiva: La junta directiva ejecuta a la política cafetalera en el plano interno de conformidad con lo dispuesto en el inciso c) del artículo no. 2 de la ley de café, es el representante de los intereses gremiales de los caficultores y resuelve todas las cuestiones de carácter interno que se presenten su consideración (ANACAFÉ, 2010).

Gerencia General: Es el órgano administrativo ejecutivo superior, de acuerdo a lo establecido en la ley del café. Ejecutor de las decisiones tomadas por la junta directiva (ANACAFÉ, 2010).

Subgerencia General: Lidera el Área Administrativa de ANACAFÉ y la ejecución de proyectos. Elabora y ejecuta el presupuesto general; asegura el cumplimiento del sistema de gestión de calidad y asiste al gerente general en las actividades asignadas (ANACAFÉ, 2010).

En la figura 1 se presenta el Organigrama Institucional de ANACAFÉ en el cual se podrá observar con mayor claridad cómo se encuentra constituida dicha institución (ANACAFÉ, 2010).

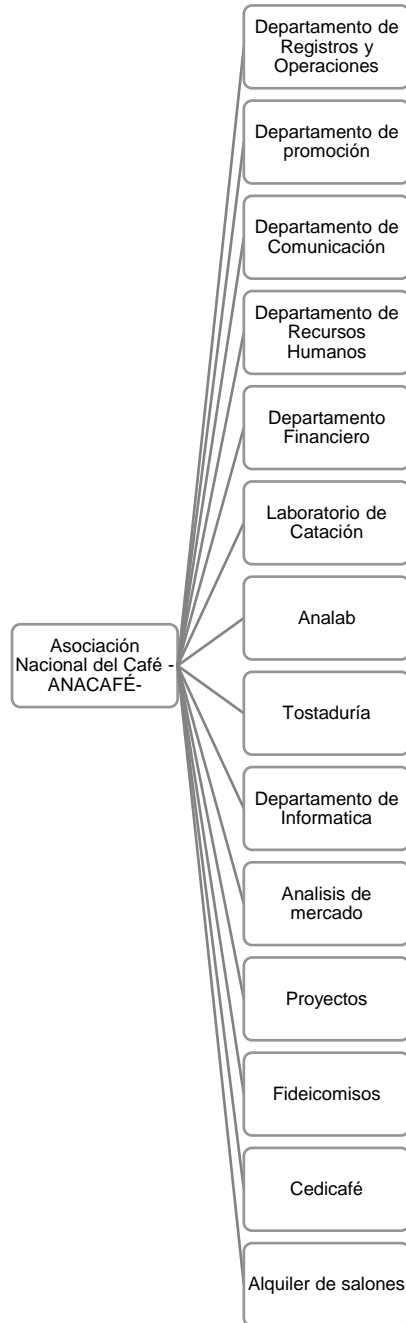


Fuente: ANACAFÉ, 2010

Figura 1. Organigrama de la Institución –ANACAFÉ–

7.2 Departamentos de ANACAFÉ

En la figura 2 se muestra como están divididos los departamentos de ANACAFÉ.



Fuente: ANACAFÉ, 2010

Figura 2. Departamentos de ANACAFÉ

7.3 Centro de Investigaciones en Café -CEDICAFÉ-

El Centro de Investigaciones en Café –Cedicafé- tiene como objetivo la validación y experimentación, para innovaciones y ajustes de tecnología en las actividades de campo y beneficiado. El objetivo principal de Cedicafé es apoyar a los productores a mantener los niveles de rentabilidad, aun cuando la caficultura se enfrenta a escenarios adversos como: incremento del costo de los insumos, limitaciones de mano de obra, envejecimiento de plantaciones y rendimientos promedio bajos (ANACAFÉ, 2010).

Cedicafé enfoca sus esfuerzos en desarrollar los siguientes programas:

- Agronómicos
- Mecanización y Post cosecha
- Proyección Vegetal
- Proyectos Especiales

7.4 Departamento de Coordinación Ambiental

La Unidad de ambiente nace del centro de investigaciones en café –CEDICAFÉ- es hasta el año 2015 que se independiza de CEDICAFÉ y pasa a ser parte de un plano transversal, poniéndose a disposición de toda la institución para trabajar, ya no solo en temas de investigación sino también en elaboración de proyectos ambientales juntamente con otros entes gubernamentales y no gubernamentales (ANACAFÉ, 2010).

La coordinación de Ambiente se dedica a gestionar, coordinar y supervisar proyectos ambientales relacionados al cultivo del café y la caficultura nacional; darle seguimiento a la implementación de actividades relacionadas con el ambiente, para proyectos del sector café, gestionados por ANACAFÉ (ANACAFÉ, 2010).

En base a la entrevista realizada a la Ingeniera Mariela Meléndez, coordinadora de la Unidad de Ambiente, se identificó y definió los proyectos a realizar en un período de 8 meses aproximadamente, ya que se ha observado la problemática ante el cambio climático; por lo que se desea preparar al caficultor ante el impacto que año con año aumenta tratando de disminuir el choque que podría sufrir el cultivo, la cosecha y por ende el caficultor y gran parte de la economía guatemalteca (ANACAFÉ, 2010).

En la figura 3 se muestra en los ejes que se enfoca la unidad de ambiente, tratando de alcanzar su objetivo primordial que es la caficultura sostenible.



Fuente: ANACAFÉ, 2010

Figura 3. Enfoques de la Unidad de Ambiente

7.5 Servicios Ambientales

La Coordinación de Medio Ambiente de ANACAFÉ desarrolla proyectos que permiten fortalecer la producción de café de forma sostenible, minimizando los impactos en las riquezas naturales que poseen las plantaciones de café 305 mil hectáreas de cultivo de café en todo el país, producido en 204 de los 338 municipios, con aproximadamente 125 productores. En el reto más grande que enfrenta la humanidad, en el siglo veintiuno como proteger el ambiente. Los cafetales de Guatemala, de los cuales el 98% están plantados bajo sombra de árboles y han demostrado que contribuyen grandemente a preservar la salud de los suelos, agua y biodiversidad del país, entre algunas se pueden mencionar (ANACAFÉ, 2010):

Fijación de carbono: A través de las plantaciones de café se fija el carbono, estimando 24 millones de toneladas de carbono almacenadas en el sistema (ANACAFÉ, 2010).

Regulación del clima: La sombra de árboles provee una temperatura adecuada para el crecimiento de las plantas de café, el café de sombra reduce la deforestación, aumenta los hábitats para las especies nativas y migratorias y proporciona un ecosistema benigno entre las áreas de los bosques naturales (ANACAFÉ, 2010).

Regulación hídrica: Los bosques están localizados en las principales áreas de recarga hídrica, por lo que ayudan a mantenerla. Proveen protección a las cuencas y reducen la erosión, almacenando y reclinando nutrientes (ANACAFÉ, 2010).

Biodiversidad: Existen alrededor de 38 millones de árboles de sombra en los cafetales, sombra compuesta por varias especies de un solo género hasta otros sistemas que reproducen las capas de un bosque natural. Además, es un corredor importante de aves migratorias y es el hábitat para insectos, murciélagos, anfibios y reptiles (ANACAFÉ, 2010).

Paisaje: Juegan un papel tan importante que forman el primer corredor biológico del café en Centroamérica, reconocido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (ANACAFÉ, 2010).

7.6 El ciclo de la producción de café

El café es un cultivo permanente; se siembra y empieza a producir después de cuatro años. Su vida productiva puede ser mayor a los 40 años. Su producción se da una vez al año durante lo que se llama ciclo cafetalero. Dependiendo de la zona y la altura es la época de corte. Normalmente, se inicia en septiembre y concluye en marzo (Espinosa, R. 2012).

El café de Guatemala se siembra en planicies y quebradas, a diferentes alturas. El mejor café crece en suelo volcánico, entre 1000 y 1500 metros sobre el nivel del mar, en donde las condiciones climáticas son excelentes para obtener un buen grano (Espinosa, R. 2012).

El árbol de café puede alcanzar hasta los 12 metros de altura (género Libérica, variedad Excelsa), por lo que es importante podar o descopar regularmente los cafetos para asegurar no sólo un mayor rendimiento sino también facilitar la cosecha. La poda se hace a un metro o metro veinte de altura, cuando la parte baja de la planta está revestida de un buen follaje. Durante la florescencia, las ramas del cafeto se llenan de flores parecidas a las del jazmín que, al ser fecundadas, necesitan de seis o siete meses para desarrollarse (Espinosa, R. 2012).

7.7 Cultivo de café bajo sombra

El café ha contribuido a incentivar la economía de Guatemala durante más de cien años. Hoy, el café sigue siendo uno de los principales productores de exportación del país y

representa alrededor de un tercio de los ingresos generados por las exportaciones agrícolas. El café guatemalteco ha sido cosechado bajo una cubierta de árboles desde su introducción al país hace más de dos siglos. El 98 % por ciento aún se cultiva de esta manera, para los caficultores, el uso de la sombra siempre ha sido una práctica de sentido común ya que proporciona invaluable protección y nutrición a los cafetos (Green Book, 2011).

Los árboles de sombra trabajan principalmente en la moderación de la intensidad y calidad de la luz solar. Al filtrar la luz, se regula la respiración de la planta y la fotosíntesis y se protegen las raíces y hojas de cafeto. Esto permite además que los granos de café maduren lentamente lo que mejora los atributos de cuerpo y acidez en la taza. Sin embargo en durante la época lluviosa cuando la sombra proporciona su servicio más valioso.

Al interceptar la lluvia y liberar el agua lentamente, los árboles de sombra previenen la erosión y mantienen la humedad en el suelo. Como resultado, algunas investigaciones han demostrado que las fincas de café bajo sombra retienen 70 por ciento más humedad que sus contrapartes completamente al sol, proporcionando al cultivo la humectación necesaria durante los períodos secos (Green Book, 2011).

7.8 Cultivo de café sin sombra

En el manual de recomendaciones para cultivar café (Costa Rica, OFICAFE, 1983) se indica que la necesidad de sombra depende del clima, la densidad de siembra y el manejo de planta y que, en las zonas de mayor luminosidad, se necesitan niveles de sombra superiores, especialmente en época de maduración. Se sugiere que, en zonas altas, en donde hay menos intensidad lumínica, alta humedad y un período seco más corto, se puede considerar la conveniencia de cultivar café a pleno sol. Es evidente que el cultivo de café a pleno sol es un tema todavía controversial, la técnica nace para mejorar al máximo la productividad de los cafetos, pero sin que esto signifique un deterioro del suelo y

además sea económicamente conveniente tanto para el agricultor como para el país (Fournier, L. S.F.)

7.9 Proceso agro-industrial de café

En la figura 4 se muestra el procedimiento industrial que lleva a cabo el café.



Fuente: elaboración propia, 2016

Figura 4. Proceso Agro-Industrial del café

7.9.1 *Recolección del fruto maduro*

La recolección es la primera etapa del proceso. Es importante recolectar únicamente los frutos completamente maduros. Para la recolección debe tomarse en cuenta las condiciones climatológicas que prevalecen en la zona, por ejemplo; la época muy lluviosa hará que la maduración se retrase y provoque la caída del fruto, principalmente el maduro; y los inviernos secos tendrán como consecuencia maduraciones prematuras, lo que implicará prepararse con suficientes cortadores para enfrentar los posibles inconvenientes que se presenten (ANACAFÉ, 2014).

7.9.2 Beneficiado Húmedo

Recibo: Se recibe solo fruto maduro. No debe mezclarse frutos de diferentes días de corte, ni de diferentes estados de madurez, pues esto altera la calidad. La cantidad a recibir depende del avance de la maduración y de la capacidad instalada del beneficio. La densidad del fruto maduro es de 13.2 a 14 quintales por metro cúbico, dependiendo de la variedad y la altura sobre el nivel del mar (ANACAFÉ, 2014).

Clasificación: No todo el grano tiene el mismo tamaño, pues algunos son afectados por plagas o enfermedades siendo estos de menor peso. En esta fase también se separa la basura o piedras pues estos pueden causar daño en la maquinaria (ANACAFÉ, 2014).

Despulpado y Clasificación: En esta fase el fruto es sometido a la eliminación de la pulpa. Se realiza con máquinas que aprovechan la cualidad lubricante del mucílago del fruto de café, para que por presión suelten los granos. Debe despulparse el mismo día del corte, después de 4 horas de despulpado el grano tiene que depositarse en otra pila, para evitar fermentaciones disperejas (ANACAFÉ, 2014).

Extracción de la Pulpa: La pulpa del café representa aproximadamente el 40% en el peso del fruto fresco. Es el subproducto más voluminoso del beneficiado húmedo. La densidad de la pulpa fresca es de aproximadamente 5.5 quintales por metro cúbico. Después de 24 horas aumenta su densidad a 10 quintales por metro cúbico. Los beneficios tradicionales, conducen la pulpa utilizando grandes cantidades de agua, generando el desprendimiento y concentración de materia orgánica en el agua de arrastre. En la actualidad se viene implementando la extracción mecánica en seco (sin agua) (ANACAFÉ, 2014).

Remoción del Mucílago: Representa entre el 15.5 y 22% en peso del fruto maduro, por tratarse de un material gelatinoso insoluble en agua (hidrogel) es necesario solubizarlo para convertirlo en material de fácil remoción en el lavado. Existen dos

maneras de remoción del mucílago; fermentación natural, que se realiza en pilas o tanques en periodos de tiempo de 8 a 48 horas, dependiendo de la temperatura ambiente, capacidad de drenaje de los tanques, entre otros. Y existe la otra manera, que es remoción mecánica; es cuando se utiliza equipo desmucilaginosos que utilizan cantidades considerables de energía (ANACAFÉ, 2014).

Lavado y Clasificación: Es la operación de quitar la miel que queda adherida al pergamino luego del punto de fermentación. La reducción de agua en esta operación, complementa la eficacia del sistema de recirculación de agua, que debe usarse en las operaciones del beneficiado húmedo (ANACAFÉ, 2014).

Secamiento: Es el proceso de eliminar el agua del grano por secado natural o mecánico, hasta punto de humedad ideal para su almacenamiento (10-12% de humedad). El grano de café se constituye como uno de los más difíciles de secar, debido a que posee un alto contenido de humedad al salir del lavado, aproximadamente entre 50-55 % y debe llevarse a un porcentaje de 10-12 % (ANACAFÉ, 2014).

Almacenamiento: El almacenamiento de granos constituye una de las labores primordiales para la conservación de los mismos. Juegan un papel estrechamente relacionados: la temperatura, la humedad relativa del ambiente y el sitio del almacenamiento. Si el café no se almacena en ambientes controlados puede deteriorarse la calidad (ANACAFÉ, 2014).

7.9.3 Beneficiado Seco

Este es el segundo proceso de transformación al que son sometidos todos los cafés lavados. En esta fase, la materia prima lo constituye el café pergamino obtenido del beneficio húmedo para obtener el café oro que será utilizado por los tostadores como materia prima. En el beneficio seco es eliminado el pergamino o cascarilla (endocarpio), el cual constituye aproximadamente un 20% en peso del café pergamino seco procedente

del beneficio húmedo. La función del beneficiado seco no es únicamente la eliminación de la cascarilla; en este se necesita eliminar la mayoría de granos defectuosos mediante procesos mecánicos y si la preparación lo exige, con la intervención de elemento humano para un escogido manual. Pero actualmente la mayoría de los beneficios han optado por incrementar la capacidad de escogido electrónico, reduciendo cada vez más esta práctica (ANACAFÉ, 2010).

En este proceso se utiliza maquinaria especial que requiere de operarios capacitados para su manejo correcto, lo que supone inversiones grandes que a menudo el productor no está dispuesta a hacer solo para uso específico de su finca (como en el beneficio húmedo). Generalmente los beneficios secos forman parte de la planta y equipo de las compañías exportadoras debido a la alta inversión que los mismos representan (ANACAFÉ, 2010).

7.9.4 Tostaduría y molienda

El grano de café entra a la tostaduría como grano oro, este debe tener una humedad ideal de 10-12% para poder ingresar a la termocopla que es esta que muestra la temperatura a la que se encuentra el grano luego es llevado a 180°C y es donde se cumple la etapa de deshidratación. Luego el grano tostado es molido y posterior a esto empacado y listo para salir al mercado (De la Roca, G., 2016).

7.10 Reglamento de aguas residuales para el sector cafetalero

Guatemala es un país montañoso tropical; de acuerdo con el Perfil Ambiental 2004, la lluvia anual promedio se estima en 2000 milímetros, con un rango entre 700 milímetros, en las zonas secas del oriente y 5000 milímetros para zonas norte y occidental. El actual balance indica que tenemos un excedente general, pero la proyección al año 2025 indica un déficit. La referencia de un excedente de agua puede dar una idea de abundancia pero, por la distribución de las lluvias, hay meses con exceso de precipitación y otros con

escasez, a lo cual deben sumarse limitaciones financieras y administrativas para la captación y distribución del agua en muchas poblaciones (ANACAFÉ, 2010).

Las aguas residuales constituyen la principal fuente de contaminación de los cuerpos de agua. Se estima que, en el área metropolitana, anualmente se producen más de 140 millones de metros cúbicos de aguas residuales (Recinos, 2001). Equivale a 200 piscinas de aguas negras y grises por día, generadas por quienes habitamos esos núcleos urbanos. La empresa Mundial de Agua (EMPAGUA), estima que el presupuesto por el tratamiento de un metro cúbico de aguas negras es de US\$0.75 (Q5.75), lo que implicaría incrementar la actual tarifa de servicios cinco veces, para que fuera auto-sostenible (Perfil Ambiental de Guatemala, 2004). La industria y agro-industria, al igual que las municipalidades, tienen responsabilidad en la generación de aguas residuales y un compromiso para mitigar los impactos ambientales (ANACAFÉ, 2010).

Acciones legales

El primer reglamento para el tratamiento de aguas residuales fue establecido en 1989, bajo la orientación de fijar requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas (Acuerdo Gubernativo No. 66-2005). Su aplicación fu muy limitada, con el evidente deterioro de la calidad de agua (ANACAFÉ, 2010).

En el año 2005, se establece el reglamento de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores (Acuerdo Gubernativo No. 66-2005). Este contenía plazos y límites muy restrictivos, bien intencionados, pero imposibles de cumplir. Esto propició la integración de una comisión técnica legal, donde participaron delegados de los Ministerios de Medio Ambiente y Salud Pública, así como el sector productivo organizado, concluyendo en una propuesta de reglamento aprobado mediante Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, vigente desde el 12 de mayo de 2006. El objetivo del nuevo reglamento es proteger los cuerpos de agua de impactos provenientes de actividad humana; recuperar los que están en proceso

de deterioro y promover el desarrollo del recurso agua, con visión de gestión integrada (ANACAFÉ, 2010).

7.11 Acuerdo Gubernativo No. 66-2005

El reglamento tiene por objeto regular las descargas directas de aguas residuales a cuerpos receptores de agua, sean estos superficiales, subterráneos o alcantarillados sanitarios, estableciendo para el efecto los límites máximos permisibles de los parámetros obligatorios, previo a ser vertidas, así como regular el reúso de las aguas residuales tratadas. Dividido en diez capítulos que dan especificaciones precisas que deben seguirse (Acuerdo Gubernativo No. 66-2005) (ANACAFÉ, 2010).

7.12 Acuerdo Gubernativo No. 236-2006

La Constitución Política de la República de Guatemala emite el “Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y disposición de lodos” el cual tiene por objeto; establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reúso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos. Lo anterior para que, a través del mejoramiento de las características de dichas aguas, se logre establecer un proceso continuo que permita (ANACAFÉ, 2010):

- a) Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana
- b) Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización
- c) Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada

También es objeto del reglamento establecer los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueva la conservación y mejoramiento del recurso hídrico. El cual está dividido en doce capítulos en

los que se encuentra las especificaciones precisas que deben seguirse (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006) (ANACAFÉ, 2010).

7.13 Malezas y su control

El término maleza se aplica a toda planta que interfiere en el crecimiento del cultivo de café, compitiendo con nutrientes, suelo, agua, luz y en ocasiones actuando como hospedero de plagas y enfermedades (ANACAFÉ, 2014).

La presencia de malezas causa efectos indeseables en el cafetal ya que afectan la producción en cantidad y calidad, atrasan el tiempo de cosecha, impactan en el establecimiento del cultivo en áreas de nuevas, son hospederos de plagas y enfermedades, incrementen los costos de producción y en casos extremos, pueden llegar a producir paloteo en los cafetales (ANACAFÉ, 2014).

7.14 Clasificación de las Malezas

Por su clasificación morfológica y botánica las plantas que se encuentran como malezas en los cafetales se clasifican en (ANACAFÉ, 2014):

7.14.1 *Monocotiledóneas*

Como su nombre lo indica son plantas cuya semilla presenta un solo cotiledón. Son conocidas como maleza de hoja angosta y dentro de ellas se conoce las siguientes (ANACAFÉ, 2014):

Gramíneas: Tiene raíces fibrosas, tallos con nudos, entrenudos redondos, hojas lineales lanceoladas, alternadas, dispuestas en dos direcciones y flores con espiguillas (ANACAFÉ, 2014).

Ciperáceas: Tienen raíces fibrosas, tallos triangulados, hojas con cutículas muy cerosas, basales en tres direcciones (ANACAFÉ, 2014).

7.14.2 Dicotiledóneas

Plantas cuya semilla presenta dos cotiledones. En este grupo se encuentran las malezas de hoja ancha, tienen raíces primaria o pivotante, tallos herbáceos, semi-leñoso o leñosos, hojas anchas con venación reticular. Existen rastreras y trepadoras (ANACAFÉ, 2014).

De acuerdo a su ciclo de vida o sea de acuerdo al tiempo en que completan su desarrollo vegetativo y reproductivo, las malezas se clasifican además como (ANACAFÉ, 2014):

- Malezas en crecimiento anual
- Crecimiento bienal
- Perennes

Crecimiento anual: Completan su ciclo en vida en un año y después de producir semilla para conservar su especie, mueren (ANACAFÉ, 2014).

Crecimiento bienal: Completan su ciclo de vida en dos años. En el primer año producen su crecimiento vegetativo y durante el segundo florecen y fructifican (ANACAFÉ, 2014).

Perennes: Son plantas que viven más de dos años, pueden reproducirse por semilla y/o por partes vegetativas como tallos, tubérculos y rizomas. Tienen la capacidad de producir rebrotes (ANACAFÉ, 2014).

Las plantas que actúan como malezas se reproducen por diversos medios, ya sea por semilla, yemas, rizomas, bulbos y tubérculos. Además, se dispersan en el cafetal a través del agua, viento, animales, aves, fuerza fisiológica, ser humano y maquinaria agrícola (ANACAFÉ, 2014).

8 CONCLUSIONES

1. A través del diagnóstico realizado se dio a conocer la situación en la que se encuentra la Asociación Nacional del Café –ANACAFÉ- tanto en el área administrativa, los departamentos internos, servicios que brinda la asociación, así como en la caficultura, las generalidades del café y las prácticas para el cultivo.
2. Se tuvo la oportunidad de visitar las áreas de trabajo tanto de investigación como de servicios, se estableció contacto con trabajadores y colaboradores tanto en las oficinas centrales de ANACAFÉ como de fincas y otras áreas a la cuales la asociación brinda asistencia técnica.
3. El diagnóstico refleja el compromiso que ANACAFÉ tiene para contribuir con satisfacer las necesidades del caficultor, información que el mismo debe conocer y reglamentos que debe seguir, por lo que es de vital importancia darle a conocer al caficultor técnicas para la mejora del cultivo y por ende de la producción sin dejar a un lado el compromiso ambiental.
4. La mayor preocupación de los caficultores y la ANACAFÉ como asistencia técnica es la disminución de cosechas ya que en muchos de los casos esto es causado debido a las variaciones climáticas a las que se enfrentan no solo los caficultores, sino todos los guatemaltecos. Es por ello que para temas de investigación y servicios se seguirá en la línea de investigaciones que contribuyan con la adaptación y mitigación al cambio climático.

9 BIBLIOGRAFÍA

1. ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café, GT). 2010. Misión y visión (en línea). Guatemala. Consultado 5 feb. 2016. Disponible en: www.ANACAFÉ.org
2. _____. 2010. Beneficio seco. Guatemala. 130 p.
3. _____. 2014. Guía técnica del caficultor. Guatemala. 212 p.
4. _____. 2016. Cambio climático y sus implicaciones para el sector cafetalero. Guatemala. 18 p.
5. _____. 2016. Cambio climático y sus implicaciones para el sector cafetalero. Guatemala. 18 p.
6. _____. 2016. Retrospectiva de buenas prácticas de beneficios húmedos. Guatemala. 7 p.
7. Definiciones ABC. 2016. Concepto: cambio climático (en línea). Consultado 10 mayo 2016. Disponible en: <http://www.definicionabc.com/medio-ambiente/cambio-climatico.php>
8. Ecología Verde. 2016. Las 3r ecológicas. Consultado 27 mayo 2016. Disponible en: <http://www.ecologiaverde.com/las-3r-ecologicas-reducir-reutilizar-y-reciclar/>
9. Espinosa, R. 2012. Determinación de la correlación entre la producción a procesar y la dosis óptima de tres materiales para el tratamiento de aguas mieles de un beneficio húmedo tecnificado de café según la ley vigente. Tesis Ing. Quim. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería. 225 p.

10. Fournier, L. s.f. El cultivo del cafeto (*Coffea arabica*) al sol o a la sombra: un enfoque agronómico y ecofisiológico. Consultado 4 mar. 2016. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v12n01_131.pdf
11. Guerra, A. 2013. Introducción a la adaptación al cambio climático. Consultado 4 abr. 2016. Disponible en: <http://www.icc.org.gt/doc/userContent/503fccbc4fef5.pdf>
12. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala). s.f. Acuerdo gubernativo no. 66-2005: reglamento de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores (en línea). Guatemala. Consultado 8 feb. 2016. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd38/Guatemala/A66-05.pdf>
13. _____. s.f. Acuerdo gubernativo no. 236-2006: reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos (en línea). Guatemala. Consultado 8 feb. 2016. Disponible en: file:///C:/Users/manuel.esg/Downloads/Acuerdo_Gubernativo_236-2006_de_disposicion_de_aguas_residuales_1.pdf
14. Peña, EH. 2013. Las buenas prácticas agrícolas contemplan distintas técnicas para conservar las características físicas y químicas del suelo y mantener o mejorar su fertilidad (en línea). El Cafetal, junio. Consultado 8 feb. 2016. Disponible en: <http://www.ANACAFÉ.org/glifos/index.php?title=16TEC:Conservacion-de-suelo-produccion>
15. RAS (Red de Agricultura Sostenible, Guatemala). 2011. Manual de implementación de módulo clima. Guatemala. 28 p.



1. INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arábica*) ha contribuido a incentivar la economía de Guatemala durante más de cien años. Hoy, el café sigue siendo uno de los principales productos de exportación del país (Hempstead, WH, 2001).

El café es un cultivo que se considera agroforestal, pues un sistema agroforestal es una forma de uso y manejo de los recursos naturales en los cuales las especies leñosas son utilizadas en asociación deliberada con cultivos agrícolas, de manera simultánea o en secuencia temporal (Farfán, F.).

En Guatemala, más del 98 % de café se cultiva bajo sombra, pues esta es la manera tradicional en la que se ha cultivado desde hace muchos años atrás; pues proporciona al cultivo un micro-clima estable, resguardando a la planta de los cambios bruscos en la temperatura (frio / calor), de fuertes vientos y altas precipitaciones pluviales; esto con el fin de que el cafeto crezca sano y vigoroso, con fruto de calidad y con un buen rendimiento de cereza a pergamino seco (ANACAFÉ, 2012).

Sin embargo, hace algunos años se implementó una técnica brasileña de siembra de café al sol con asocio de gramíneas, pues se cree que con esta técnica se aumentará la productividad y calidad de la cosecha, pues los cafetos exponen mayor cantidad de área foliar al sol, se reduce el encharcamiento y la erosión del suelo. Otra ventaja de esta técnica es que la gramínea *Brachiaria ruziziensis*, debe podarse antes de llegar a un metro de altura y con esta práctica proporciona al suelo materia orgánica, para mejorar la fertilidad del suelo (El Cafetal, 2013).

Por lo anteriormente expuesto, en la presente investigación se plantea realizar una comparación entre un sistema de cultivo de café bajo sombra y un sistema sin sombra con asocio a gramínea *Brachiaria*, lo que permitirá evaluar si existe alguna diferencia significativa entre los dos sistemas de cultivo. En finca La Virgen, ubicada en Villa Canales, Guatemala.

El cultivo del café (*Coffea arabica*) es uno de los más importantes para Guatemala, ocupa el 2.8 % del territorio del país, está presente en 204 municipios de 338 de Guatemala. Actualmente existen aproximadamente 305,000 ha. Habiendo 125,000 productores, los cuales el 85 % son pequeños productores. Las exportaciones de café del año 2012 generaron \$ 1 mil millones en divisas, siendo el sector cafetalero el que más oportunidad genera, llegando en la actualidad a medio millón de plazas directas (ANACAFÉ, 2016).

Los caficultores han sufrido pérdidas debido al cambio climático, y las variaciones que este ha causado. El cambio climático sigue siendo una de las preocupaciones más grandes de los caficultores pues se ha visto comprometido las propiedades del cultivo como, el llenado del fruto, la calidad y en muchos casos la producción y rendimiento del mismo (ANACAFÉ, 2016).

Es por ello, que caficultores han optado por adoptar técnicas con el fin de producir más café en la misma área, siendo un sistema de producción de café a libre exposición al sol (CENICAFÉ, 2013). Asociando con algunas especies de pasto, por ejemplo, pasto ruzi (*Brachiaria ruziziensis*) a este sistema.

El sector café ha implementado esta técnica en varias regiones del país, pero uno de las mayores deficiencias no solo en el sector café sino en el país, es la falta de interés en la documentación de experimentos y/o investigaciones que se realizan en el territorio guatemalteco.

Es por ello que se desea documentar una comparación del rendimiento vegetativo, fertilidad y humedad en el suelo de dos sistemas de cultivo; sistema convencional bajo sombra y sistema sin sombra asociado con pasto y así comprobar si existen diferencias significativas en cuanto a estos dos escenarios, esto con el fin de concluir acerca de las ventajas y desventajas que podría mostrar este sistema, las variaciones importantes que podría presentar en cuanto al sistema convencional bajo sombra.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Cultivo de café (Coffea arábica)

La planta de café es un arbusto que se da en la región tropical, perteneciente a la familia de las rubiáceas. Uno de sus géneros es el Coffea, y las especies más importantes comercialmente son: el Arábigo (Caturra, Catuaí, Bourbon, Pache, etc.) y el Canephora (Robusta) (ANACAFÉ, 2014).

El cafeto tiene dos tipos de crecimiento aéreo: vertical u ortotrópico (tallo) y lateral o plagiotrópico (ramas laterales o bandolas). Existen dos tipos de yemas vegetativas, las yemas “seriadas” que dan un crecimiento en el eje principal o tallo y las yemas “cabeza de serie” que originan ramas de crecimiento horizontal o bandolas (ANACAFÉ, 2014).

La formación de las hojas se inicia en el ápice del tallo y ramas laterales. En ellas se realiza la producción de los alimentos y hormonas, con los cuales la planta crece, se desarrolla y produce cosechas. La vida de las hojas es la especie arábica es de 7 a 8 meses, mientras que en la canephora es de 8 a 10 meses (ANACAFÉ, 2014).

En las hojas se realizan principalmente los procesos de Fotosíntesis (absorber el carbono atmosférico y la energía solar, liberando oxígeno), y Respiración (absorber el oxígeno y liberar carbono atmosférico) (ANACAFÉ, 2014).

La fotosíntesis es el proceso de acumulación de energía y se realiza de día, constituyendo la materia prima para elaborar sus nutrientes para su desarrollo y crecimiento.

La respiración es un proceso de desgaste y se realiza en la noche; la diferencia entre ambos es el resultado de crecimiento de la planta, o sea, se requiere de mayor fotosíntesis para que la planta crezca sanamente (ANACAFÉ, 2014).

La planta para obtener los nutrientes del suelo, lo hace mediante la reposición del agua que elimina por la transpiración, siendo aquí donde absorbe los nutrientes del suelo. Si la planta elimina un litro de agua, absorbe un litro de agua del suelo (ANACAFÉ, 2014).

Las hojas permiten la liberación de agua en forma de vapor a través de los estomas (poros de las hojas) lo cual es parte del proceso de la transpiración de la planta. La epidermis de las hojas posee una cutícula cerosa que brinda protección y evita la pérdida de nutrientes y agua interna. Las yemas que dan origen a las inflorescencias están básicamente distribuidas en forma axilar en las ramas laterales, a nivel de la base de las hojas en cada nudo, con un potencial de 32 flores por nudo. En variedades altamente productivas pueden encontrarse hasta 40 flores por nudo, quedando al final rangos de 15 a 20 frutos por nudo (ANACAFÉ, 2014).

El fruto tiene una cubierta exterior llamada pulpa, una sustancia gelatinosa azucarada que recibe el nombre de mucilago, una cubierta dura que se denomina pergamino, una cubierta delgada y fina, llamada película plateada y el grano que se le denomina oro, que es la parte que tostada y molida produce la bebida llamada café (ANACAFÉ, 2014).

Para que el embrión se desarrolle es necesario que la semilla esté madura y se tengan buenas condiciones de humedad y temperatura. Al colocarse la semilla en el suelo absorbe agua hinchándose y el embrión empieza a crecer. Inicialmente brota la radícula o raicilla saliendo del pergamino, curvándose hacia abajo. El tallo crece y levanta los cotiledones aún envueltos dentro del pergamino, que luego se desintegra abriéndose la “mariposa”. Hasta este momento el embrión se ha nutrido de las reservas contenidas en el grano (almidón, azúcares, etc.) de aquí en adelante, la planta deberá sintetizar sus propios alimentos (ANACAFÉ, 2014).

2.1.2 Acción fisiológica de la luz sobre el cafeto

Entre los factores inciden directamente para la asimilación del carbono tanto en el cafeto como todos los vegetales, pueden mencionarse, la temperatura ambiente y la intensidad

de la luz; siendo ésta última la que ejerce una acción directa o estimulante para la apertura o cierre de los estomas de las hojas. Se sabe que a mayor intensidad lumínica los estomas se cierran limitando así la absorción del CO₂ y a menor intensidad éstos se abren permitiendo la asimilación del CO₂ (ANACAFÉ, s.f.).

En cafetos sembrados a pleno sol, solamente las hojas de la periferia están sujetas a la acción directa de la luz solar, estando el mayor número auto sombreadas y por lo consiguiente no todas las hojas de la misma planta desarrollan una misma función en iguales proporciones. Por otro lado, debe analizarse que cafetos cultivados bajo sombra no están sujetos a variaciones bruscas de luminosidad, tanto por la sombra de las hojas de la periferia de la misma planta sobre las del interior, como la que proporciona los árboles de sombra. De lo anterior se desprende que es interesante analizar el porcentaje de intensidad de sombra adecuada para los cafetos para lograr así un funcionamiento de toda la planta (ANACAFÉ, s.f.).

2.1.3 Importancia de la sombra para las plantaciones de café

La función principal de la sombra se refleja en los efectos directos sobre la planta de café. La sombra actúa como un filtro a la luz solar, modificando la intensidad y calidad con que esta llega a la hoja del cafeto, ejerciendo un efecto directo, regulando y optimizando las fotosíntesis y respiración (ANACAFÉ, 2012).

Al optimizar las condiciones lumínicas del cafetal, se logran mejor los rendimientos, así mismo mantiene la longevidad del cafeto, ya que el exceso de radiación solar dificulta la producción sostenida (ANACAFÉ, 2012).

Además, ejerce un efecto positivo en la regulación del agua, ya que la sombra propicia mayor infiltración de lluvia en el suelo, reduciendo la evaporación.

Los árboles permiten conservar la humedad del suelo al proveer una cobertura natural de hojarasca, que además limita el desarrollo normal de maleza. Protegen también de la acción directa de los vientos y reducen daños por baja temperaturas (heladas). Todas

estas funciones cumplen un efecto importante en la reducción de la erosión, conservación de la humedad y en la fertilidad del suelo (ANACAFÉ, 2012).

2.1.4 Funciones de la sombra en el cafetal

La función fundamental de la sombra en el cafetal es la regulación de las condiciones bajo las cuales el cafeto desarrolla al máximo sus características genéticas. Las principales funciones de la sombra son:

- a. Conservar la humedad del suelo, mediante la formación constante de una cobertura natural de hojarasca (mulch)
- b. Regular la acción de la temperatura solar sobre el suelo y sobre la raíz del cafeto
- c. Disminuir la evaporación del agua del suelo y la transpiración de la planta, mejorando las reservas durante el verano.
- d. Dificultar el desarrollo normal de las malezas.
- e. Reducir la erosión hídrica, atenuando el golpe de agua de lluvia sobre el suelo, arriba con su estrato de follaje y abajo con su colchón de hojas caídas.
- f. Proteger al cafetal de la acción directa de los vientos, al reducir su velocidad.
- g. Reducir daños por bajas temperaturas (heladas), en áreas de altitudes que sobrepasan los 1500 metros sobre el nivel del mar, manteniendo más alta la temperatura dentro del cafetal, así como disminución del daño causado por el granizo y lluvias torrenciales.
- h. Regular el control de plagas y enfermedades, como minador de la hoja (*Leucoptera coffella*). Y la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*).
- i. Mejoramiento de la fertilidad y protección del suelo.
- j. Recirculación de nutrientes y fijación de nitrógeno.
- k. Incrementar la cantidad de materia orgánica en el suelo. (ANACAFÉ, s.f.)

2.1.5 Tipos de sombra y manejo

Existen tres tipos de sombra según el uso o función: la sombra provisional, temporal y definitiva o permanente. La densidad de la sombra puede variar en cada región, según las condiciones agroclimáticas de cada lugar. La sombra de mayor densidad es la de cobertura entre 50 % - 70 % y la de menor densidad se encuentra entre el 25 % - 30 % (ANACAFÉ, 2012).

Las especies de sombra provisional y temporal más utilizadas son: Gandul, tefrosia, cuernavaca, banano y platanó; y las especies de sombra permanente: Palo de pito (*Eritrhina* sp.), Ingas (chalum, cuje, caspirol, cushin y guaba) y Gravilea (ANACAFÉ, 2012).

Debido a la función específica de los árboles de sombra en los cafetales, éstos necesitan de un constante manejo, para crear las condiciones idóneas para la producción de café. Es por ello que los árboles de sombra se someten a podas de diferente intensidad, según la región, época o condiciones específicas de luz que se le quiera dar el cafetal (ANACAFÉ, 2012).

Las podas, ya sea de formación, mantenimiento o regulación, o toconeo, se recomienda efectuarlas al inicio de la época lluviosa. Este manejo produce un beneficio adicional para el productor, permitiéndole utilizar la leña proveniente de las podas en la cocina. La planificación del manejo incluye no sólo las podas, sino también un plan de repoblación o reposición de los árboles viejos, por lo cual varios productores cuentan con viveros de especies forestales (ANACAFÉ, 2012).

2.1.6 Café sin sombra

Si bien todavía existe alguna discusión entre los expertos sobre la necesidad de la sombra para el cultivo del café, es preciso indicar que la tendencia moderna es hacia la no utilización de plantas de sombra, y la inmensa mayoría de las nuevas plantaciones son efectuadas al sol. Es un hecho comprobado que el café produce invariablemente mayores

rendimientos sin plantas de sombra. El café al sol, si es posible cuando se cultiva en una zona de vida ideal para que la nutrición de la planta sea efectiva (Bredi, 2002).

Hay que hacer notar, por otra parte, que en el caso particular de utilizar plantas de sombra tendrían que:

- a) ser productivas
- b) poseer similares necesidades de agua y nutrientes ya que de otro modo se originaría un desequilibrio entre el café y estas plantas (Bredi, 2002).

En el caso de utilizar sombra debemos anotar que, en general, el café necesita menos sombra cuando el suelo es mejor y cuando la humedad del aire es más alta. El efecto de la sombra es indirecto, pero está de acuerdo con el comportamiento ecológico de las plantas de café. Por esta razón es necesario que la poda de los árboles de sombra, en aquellas regiones en donde las condiciones del tiempo cambian apreciablemente a través del año, se regule de tal manera que haya más sombra durante los meses secos y menos durante aquellos meses más húmedos. Esto generalmente significa que la operación de la poda siempre se debe llevar a cabo una o dos veces al año (Bredi, 2002).

En una buena finca cafetalera la primera poda o sea la poda principal, se puede dar al principio de la temporada húmeda, con ligeras podas posteriores de acuerdo con la intensidad de la lluvia y tomando en consideración los nublados imperantes. Las plantaciones de café arábigo en elevaciones altas invariablemente requieren menos sombra que las que se sitúan más abajo. De hecho, se pueden obtener regularmente buenos rendimientos de café en suelos ricos que se encuentren en altitudes elevadas sin sombra, excepto en los lugares donde existe la posibilidad de las heladas, en cuyo caso resulta necesaria una cubierta protectora relativamente densa (Bredi, 2002).

Una revisión del aspecto de la sombra del café revela que no hay base razonable o hecho observado para la creencia de que la sombra es una necesidad general para la planta de café, aun cuando se le cultive en altitudes bajas. Por el contrario, es probable que los efectos benéficos que resultan de la sombra estén aparte de la sombra proyectada sobre

el árbol de café mismo, sino que más bien consisten en una protección contra la sequía, la erosión y el viento. La plantación de árboles de sombra en aquellas regiones en que los árboles de café no están sujetos a condiciones climáticas perjudiciales, está justificada por la fertilidad aumentada impartida al suelo por medio de los procesos de fijación del nitrógeno llevados a cabo por los nódulos de las raíces de los árboles leguminosos generalmente plantados (Bredi, 2002).

El objetivo de tener un sistema de producción de café a libre exposición solar o al sol, es el de especializar la producción del sistema de café, lo que significa en términos prácticos, producir más café en la misma área (CENICAFÉ, 2013).

“Uno de los grandes aportes a la disciplina de mejoramiento genético a la productividad del café, ha sido el haber utilizado plantas de café de porte bajo y de menor distancia de entrenudos, estas características han permitido sacarle el máximo provecho al establecimiento del café a libre exposición solar” CENICAFÉ, 2013.

2.1.7 Densidad de siembra

Uno de los factores limitantes de emplear altas densidades de siembra en ambientes de rápido crecimiento, como aquellos en donde la temperatura media del aire es superior a 20 °C con buena disponibilidad hídrica, es que al cabo de 3 o 4 años se hace particularmente difícil el manejo agronómico del cultivo, la recolección y el manejo de la broca y en condiciones de eventos de variabilidad climática como La Niña, la presencia de una película de agua en el follaje y el cultivo, lo cual hace particularmente vulnerable al ataque de hongos fitopatógenos de importancia económica (CENICAFÉ, 2013).

La densidad de siembra máxima para cafetales al sol no es igual para cada región, depende de la disponibilidad hídrica y de la temperatura media del aire, por lo tanto, cada zona tiene una densidad máxima y un arreglo espacial propio (CENICAFÉ, 2013).

2.1.8 Análisis de suelos

El análisis de muestra de suelo para cultivo de café, es una herramienta básica, ayuda al caficultor y al asesor (técnico o agrónomo) a diagnosticar problemas de nutrición y recomendar programas de fertilización para optimizar los recursos de una finca.

Se debe tener en cuenta que: una muestra bien extraída asegura un buen diagnóstico y por ende una recomendación nutricional adecuada para el cultivo. El suelo es la capa, de componentes minerales y orgánicos, que cubren la corteza terrestre, en la cual las plantas desarrollan sus raíces. El análisis químico de la muestra de suelos y foliar, determina cuantitativamente, los principales minerales presentes, como también los contenidos de materia orgánica, el potencial hidrogénico pH y por análisis físico los contenidos de arcilla, limo y arena para establecer la textura (ANACAFÉ, 2010).

2.1.9 Tipo de análisis de suelo AS-2

Este tipo de análisis da resultados de fósforo, pH, potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso, cinc, acidez intercambiable (H+Al), materia orgánica, azufre y boro (ANACAFÉ, 2015).

2.1.10 Análisis físico de suelo

Evalúa el comportamiento del aire y del agua en el suelo, textura, estructura del suelo, el contenido de humedad, este, es variable dependiendo de la cantidad de arena, limo y arcilla que contenga (textura) y de la densidad con que estas partículas están estructuradas (Densidad aparente) (Matta, R., S.F.).

2.1.11 Índice de área foliar

Área total de la superficie superior de las hojas por área de unidad de terreno que se encuentre directamente debajo de la planta. Relación funcional existente entre el área foliar y el área del terreno ocupada por el cultivo (USDA, S.F.).

2.1.12 Tipo de análisis foliar F-2

Este tipo de análisis ofrece resultados de: fósforo potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso, nitrógeno, cinc, boro y azufre (ANACAFÉ, 2015).

2.1.13 Humedad del Suelo

Es el contenido de agua en el suelo. La humedad del suelo es un indicador complementario y necesario en numerosos análisis pedológicos. Este contenido ha sido expresado tradicionalmente como la proporción de la masa de humedad con respecto a la masa de la muestra de suelo después de que ha sido secada a un peso constante, o como el volumen de humedad presente respecto al volumen total de la muestra de suelo (Zambrano, R., 2013).

Existen diversas formas de medir la humedad del suelo, el hidrómetro es uno de ellos (ver figura 5); es un aparato que responde a los cambios de humedad del suelo, por esto se utiliza para determinar indirectamente el contenido de humedad del suelo (Zambrano, R., 2013). El hidrómetro es digital, por lo que se introduce al suelo y se presionar el botón *read* el cual indica el % de la humedad en la que se encuentra el suelo. Se hicieron mediciones en cada parcela de repetición, y se tomaron datos entre calles y entre surcos, esto con el fin de observar el comportamiento en dos diferentes puntos dentro del mismo sistema.

Como el agua en el suelo se agota por efecto de la evapotranspiración, el agua al interior del tensiómetro pasa a través de la copa porosa y establece un equilibrio con el suelo adyacente a la misma. El volumen de agua que sale del tubo, genera un vacío al interior del mismo, que se mide gracias al vacuómetro. (Zambrano, R., 2013).

Para el cafeto, un periodo seco antes de la floración, es buen porque concentra la apertura de las flores y la cosecha posterior. Si el periodo seco se extiende más allá del mes de abril, las flores corren peligro de perderse (Manual café orgánico, 2000).

Si las lluvias son escasas en mayo y junio, la cantidad de frutos es baja y los que se forman son pequeños. Con las ramas esparcidas por el territorio se mantiene más fresco el ambiente y se evita que la humedad se evapore con mayor facilidad. En la época de verano, el café no está creciendo ni tiene una cosecha que mantener, se encuentra en un periodo de descanso (Manual orgánico, 2000).



Fuente: elaboración propia, 2016

Figura 5. Fotografía del hidrómetro de humedad

2.2 MARCO REFERENCIAL

2.2.1 Área y Localización

Villa Canales es un Municipio del departamento de Guatemala. Su área aproximadamente según estimación del IGN es de 353 km² (FAUSAC, 2013). La Finca se encuentra ubicada en el municipio de Villa Canales en el kilómetro 23 carretera vuelta al lago de Amatitlán.

Finca La Virgen cuenta con una extensión 1140 mz (769.64 ha) las cuales están divididas en 350 mz de café, 640 mz de caña y 150 mz de Montaña. Siendo el área de estudio dos parcelas de 8 mz cada una, el sistema convencional (bajo sombra) con edad de 3 años y en cafetales al sol (café-grama) de 2 años de edad, siendo este año, 2016, la primera cosecha a tomar en cuenta para ambos sistemas.

2.2.2 Datos climáticos (INSIVUMEH, 2016)

- Elevación 1200 m s.n.m
- Temperatura Máxima 29.0 °C Mínima 16.1 °C
- Precipitación 1523.9 mm
- Brillo Solar 173.8 total/h/promedio mes
- Humedad Relativa 78 %

2.2.3 Entrevista con el administrador de la Finca

El Ing. Agr. Carlos Méndez, administrador de la finca, informó acerca del sistema de cultivo de café con asocio a la gramínea. Es un sistema ofrecido por un asesor de origen brasileño, presentando la gramínea como un aportador de nitrógeno, materia orgánica y disminución de erosión en el suelo. En el área en donde se implementó este sistema existía una especie de “cárcava”, causada por las lluvias y correntadas de agua y con el tiempo transcurrido ésta ha disminuido pues la gramínea ha evitado en gran manera el arrastre de sedimentos brindándole al suelo mayor sostén (ver figura 6). Con este sistema,

las plantas que se encontraban amenazadas por las correntadas de agua (algunas muy débiles o casi muertas) se reestablecieron, mejorando su crecimiento y apariencia. La variedad de la plantación es Caturra (Carlos Méndez. 2016. Establecimiento del pasto ruzi (entrevista). Villa Canales, Guatemala, Administrador de la Finca).



Fuente: elaboración propia, 2016

Figura 6. Fotografía con administrador de finca La Virgen y asesores de tesis

2.2.4 Variedad de café a evaluar

Caturra

- Originario de Brasil. Mutación de Bourbon.
- Porte bajo, compacto (1.80 m)
- Bandolas (ramas) forman ángulo de 45 grados con el eje principal.
- Hojas terminales color verde tierno.
- Hojas redondeadas y brillantes.
- Entrenudo corto.

- Excelente productor.
- Resistente al viento. (ANACAFÉ, 2010).

Mutación de la variedad Bourbonn originaria de Brasil es de porte bajo, con altos rendimientos (ver figura 7). Tiene mayor tolerancia al sol y se ha usado para el mejoramiento genético. La calidad en taza no es muy buena (Manual de Buenas Prácticas para la Producción de Café Sustentable, s.f.).



Fuente: elaboración propia, 2016

Figura 7. Fotografía de variedad caturra

2.2.5 Especie de gramínea a evaluar

Pasto ruzi (*Brachiaria ruziziensis*)

- Género: *Brachiaria*
- Especie: *ruziziensis*

Esta especie presenta un crecimiento rastrero y perenne. Posee un buen sistema radical, con la presencia de rizomas duros, que tienen facilidad de enraizar y producir ramas en los nudos inferiores. Los colmos son glabros, de color verde claro, de ovalados a cilíndricos, con tendencia a formar bulbillos aéreos, con una altura de 25 cm a 50 cm. Los internodios, en número de 10 a 14, alcanzan una longitud de 4 cm a 16 cm. Los nudos son de color verde a morado (Vera, R; Martín, VJ; Formoso, D. Pizarro, EA. 2015).

La siembra de *Brachiaria ruziziensis* dentro del cultivo de café (ver figura 8), es una técnica brasileña que mejora; el reciclado de nutrientes, la humedad del suelo, aumenta la fertilidad en el suelo, brinda porosidad al suelo y reduce el uso fertilizante (El Cafetal, 2013).



Fuente: elaboración propia, 2016

Figura 8. Fotografía: *Brachiaria ruziziensis*

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar el desarrollo vegetativo y fertilidad de los suelos en dos sistemas de cultivo de café (*Coffea arabica*); sistema convencional bajo sombra y sistema sin sombra asociado con pasto ruzi (*Brachiaria ruziziensis*) en finca la Virgen, Villa Canales Guatemala.

3.2 Objetivos específicos

1. Comparar la fertilidad de los suelos en cada sistema de cultivo de café.
2. Estudiar el índice de área foliar de los dos sistemas de cultivo evaluados.
3. Evaluar el porcentaje de humedad presente en el suelo de los sistemas de cultivo.

4 HIPÓTESIS

El café es un cultivo, que se considera, que no requiere demasiadas condiciones para su establecimiento y mantenimiento, para este estudio se compararán dos sistemas de cultivo de café en el cual el sistema de café bajo sombra, presentará mejores resultados que el cultivo de café sin sombra en asocio con pasto ruzi en cuanto a desarrollo vegetativo y fertilidad del suelo.

5 METODOLOGÍA

5.1 Definición del área de trabajo

Se identificó el lugar en donde se establecería el proyecto de investigación (ver figura 9), la ubicación: Finca La Virgen, Villa Canales, Guatemala. Finca La Virgen, propiedad del Ingenio Santa Teresa, S.A.



Fuente: elaboración propia, 2016

Figura 9. Fotografía área de trabajo, en finca La Virgen

5.2 Definición del tema de investigación

El tema de investigación fue proporcionado por el Centro de Investigaciones de ANACAFÉ -CEDICAFÉ- El cual consiste en evaluar dos sistemas de cultivo de café, un sistema bajo sombra (sistema convencional) y un sistema sin sombra asociado con gramínea (café-grama).

5.3 Reconocimiento de finca La Virgen

Se visitó la finca, esto, con apoyo de los ingenieros agrónomos asesores y administrador de la finca. Se hizo un reconocimiento por la finca con el fin de ubicar el área de trabajo. Se ubicó el lugar en el que se realizará la evaluación, verificando que ambos sistemas (con sombra y sin sombra) se le aplicará el mismo manejo.

5.4 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos evaluados, son dos sistemas de cultivo; un tratamiento es el cultivo tradicional o también llamado convencional, el cual tiene como sombra, árboles de aguacate (*Persea americana*), cushín (*Inga laurina*) y caspirol (*Inga*) este es nombrado como T1; T1 indica que es el tratamiento número uno. Esta plantación tiene un distanciamiento entre calle de 1.70 m y entre plantas de 1 m (1.70 m * 1 m).

El otro tratamiento evaluado es el sistema de cultivo sin sombra, asociado con pasto ruzi (*Brachiaria ruzizensis*), este tratamiento es nombrado como T2. Esta plantación tiene un distanciamiento entre calle de 3 m y entre plantas de 0.7 m (3 m * 0.7 m), esto porque la gramínea tiene la característica de crecimiento horizontal por lo que se desea guardar que la gramínea no retenga los nutrientes que la planta debe tomar (Ver cuadro 1).

En cada tratamiento (sistema de cultivo) se realizó 4 repeticiones, las repeticiones son las parcelas distribuidas al azar en el área de cada tratamiento y cada repetición cuenta con 5 unidades. En el cuadro 6 se muestra la descripción de los tratamientos a evaluar.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Descripción de los tratamientos	Tratamientos a Evaluar	
	Tratamiento 1	Tratamiento 2
	Sistema Bajo Sombra o sistema convencional	Sistema sin sombra con pasto ruzi
	Distanciamiento	
	*1.70M entre calles	*3M entre calles
	*1M entre plantas	*0.70M entre plantas
	Tipo de Sombra	Tipo de Pasto
	*Genero Inga, cushín y caspirol	*Brachiaria ruziensiis, pasto ruzi
	*Persea americana, aguacate	

Fuente: elaboración propia, 2016

5.5 Establecimiento del experimento

Posterior al reconocimiento de la finca, se identificó que cada sistema de cultivo tiene un área de 8 manzanas adyacentes. Se trata de plantaciones de dos y tres años de edad, de variedad Caturra, por lo que dentro de cada una estas áreas, se establecieron 4 parcelas seleccionadas al azar, cada parcela con 5 plantas experimentales. Para identificarlas se utilizó cuatro colores; blanco, rojo, azul y amarillo. Se amarró una cinta de plástico del color correspondiente al inicio del surco esto para indicar que en dicho surco se ubicó la parcela. Como cada parcela está compuesta por 5 plantas, se le amarró una tira de plástico (del mismo color que la del inicio del surco) a la primera y última planta en cada parcela.

5.6 Variables evaluadas

1. Análisis químico de suelo AS-2
2. Porcentaje de humedad del suelo (con hidrómetro de humedad) en dos puntos distintos; entre plantas y entre surcos
3. Análisis foliar F-2
4. Área foliar
5. Índice de área foliar

5.6.1 Determinación de análisis químico del suelo y foliar

El análisis químico del suelo y foliar se realizó en el laboratorio de ANACAFÉ –ANALAB-. Para la toma de muestras se utilizó bolsas de papel (proporcionadas por el laboratorio) (ver figura 10 las cuales incluyen una etiqueta con la descripción del punto de muestreo que se está tomando.



Fuente: elaboración propia, 2016

Figura 10. Fotografía bolsa de Analab para muestreo

Para el análisis de suelo, se tomó aproximadamente 1 kg de suelo, el cual es la capacidad de la bolsa de papel (y requerimiento de Analab), una por cada parcela (repetición). Se realizó un muestreo tomando suelo de dos puntos distintos (dentro de la repetición) con un barreno, se homogeneizó dentro de una cubeta limpia (sin manipular la muestra con las manos). Posterior a eso se colocó dentro de la bolsa de Analab. La muestra se tomó de 30 cm -50 cm de distancia del tallo y fue extraída del surco y no de la calle (ver figura 11). De esta manera se trabajó en los dos sistemas, bajo sombra y sin sombra con gramínea. Las muestras fueron llevadas al laboratorio de ANACAFÉ y se le realizó el tipo de análisis AS-2.

Para el análisis foliar, se eligieron hojas provenientes de los cuatro puntos cardinales como mínimo 40 hojas, estas hojas fueron provenientes de las 5 plantas por repetición, de cada planta se tomó 8 hojas. De igual manera que las muestras de suelo, estas fueron llevadas al laboratorio de ANACAFÉ y se les realizó un análisis tipo F-2, según codificación ANALAB.

En total se obtuvieron 4 muestras de suelo y 4 muestras foliares de cada sistema. Pues en los dos sistemas se trabajó de la misma manera.



Fuente: elaboración propia, 2016

Figura 11. Fotografía muestreo de suelos

5.6.2 Porcentaje de humedad

El porcentaje de humedad en el suelo se obtuvo por medio de un hidrómetro de humedad (perteneciente a la finca). El cual está formado por dos varillas aceradas las cuales se introducen al suelo, se presiona el botón “on” se coloca en el modo “Hi-clay” y por último en el botón “read”, el cual indica el porcentaje de humedad en el que se encuentra el suelo. Esto se realizó con el fin de comparar la humedad que retienen los dos sistemas de cultivo y así comprobar la teoría de que el pasto retiene más humedad en el suelo. La figura 12 muestra la manera en la que se tomó la humedad en dos puntos distintos de cada repetición, porcentaje de humedad entre plantas y entre surcos.



Fuente: elaboración propia, 2016

Figura 12. Fotografía de toma de humedad en el suelo

El formato utilizado para determinar esta variable se presenta a continuación, en el cuadro 2.

Cuadro 2. Formato para la evaluación del porcentaje de humedad

Lugar _____		Fecha _____			
Tipo de Sistemas					
Repeticiones	Café Convencional (bajo sombra)			Café Grama (al sol)	
No.	Entre plantas	Entre surcos	No.	Entre plantas	Entre surcos
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
Sumatoria Total					
Promedio					

Fuente: elaboración propia, 2016

5.6.3 Determinación de área foliar e índice de área foliar

Castellon E. y Monterrey J. concluyeron en la siguiente ecuación para determinar el área foliar de una hoja (IICA, 1993)

$$AF = 3.60 + 0.68 (L * A)$$

Para poder utilizar la fórmula lo primero es obtener el área de las hojas, se tomó una hoja grande, una mediana y una pequeña tratando que fuesen lo más significativo posible esto para determinar el largo y ancho de las mismas. Con la cual se tomó el valor de una planta y por medio de comparación se estimaron las otras plantas.

- **Área de hoja**

Para obtener el área de una hoja se ejemplifica de mejor manera mediante el cuadro 3, que se presenta.

Cuadro 3. Formato para obtener área de la hoja

Tamaño de la hoja	(L*A)	3.60+0.68(L*A)	Total (cm ²) ⁰
Grande			
Mediana			
Pequeña			

Fuente: elaboración propia, 2016

- **Determinar número de hojas por bandola**

En el cuadro 4 está se presenta un resumen de una manera sencilla de obtener el número total de hojas por bandola.

Cuadro 4. Número de hojas por bandola

Bandola Baja	Número de hojas de la 1er. Bandola	
	Número de hojas de la 2da. Bandola	
	Promedio de hojas por bandola baja	
Bandola Intermedia	Número de hojas de la 1er. Bandola	
	Número de hojas de la 2da. Bandola	
	Promedio de hojas por bandola intermedia	
Bandola Alta	Número de hojas de la 1er. Bandola	
	Número de hojas de la 2da. Bandola	
	Promedio de hojas por bandola alta	
TOTAL	PROMEDIO DE NUMERO TOTAL DE HOJAS (Suma de promedios)	
	NÚMERO TOTAL DE BANDOLAS POR CAFETO	
	NÚMERO TOTAL DE HOJAS/CAFETO	

Fuente: Elaboración propia, 2016

Área foliar por planta

En cuadro 5 y figura 13, se muestra como obtener el área foliar por planta, ya que se aprecia de mejor manera el procedimiento.

Cuadro 5. Área foliar por planta

Número total de hojas/cafeto	Hojas Grandes		Corregidas ¹ (valor de la ecuación)	*	cm ² /tamaño (AF/tamaño de hoja) ²	=	cm2
	60%	=					
<hr/>	Hojas Medianas						
	25%	=		*		=	
	Hojas Pequeñas						
	15%	=		*		=	
Total	Total de cm ² /cafeto (1eje) ³						
	Total de cm ² /cafeto (x eje)						
	(-) % de defoliación _____ ⁴						
	Total de cm ² /cafeto ⁵						
	AF Total de m ² /cafeto (/10000) ⁶						

Fuente: Elaboración propia, 2016

- ¹ Corregidas: se coloca el valor que resulta de “⁽⁰⁾ número total de hojas/cafeto* % del tamaño de las hojas (60 % hojas grandes, 25 % hojas medianas, 15 % hojas pequeñas).
- ² Cm²/tamaño: se coloca el valor del área de la hoja según su tamaño que se tomó en el cuadro número 4.
- ³Total de cm²/tamaño (1 eje) es el dato que se obtiene de la suma del área del tamaño de todas las hojas. De igual manera en “(x eje)” se debe multiplicar por el número de ejes que tenga la planta.
- ⁴ El % de defoliación se obtiene por medio de una gráfica de defoliación de cafeto, proporcionada por el Centro de Investigaciones en café CEDICAFÉ.
- ⁵El dato de % de defoliación, debe restársele al total de cm²/cafeto
- ⁶El Total en cm²/cafeto, se debe dividir por 10,000 para poder obtener m²/cafeto

Esta prueba se realizó para una planta por cada sistema y en base al dato obtenido (en cada sistema) se estimó el valor para cada una de las demás plantas (estimando las 5 plantas de cada una de las repeticiones, en cada sistema).



Fuente: elaboración propia, 2016

Figura 13. Fotografía de planta a la que se le realizó el análisis de área foliar

Índice de área foliar

- Determinar Densidad/Hectárea

En el cuadro 6 se observa cómo obtener el índice de área foliar de cada sistema de cultivo.

Cuadro 6. Índice de área foliar

Densidad/Hectárea			
Café convencional (bajo sombra)		Café sin sombra con pasto (al sol)	
Distancia entre calles=	1.7	Distancia entre calles=	3
Distancia entre plantas=	1	Distancia entre planta=	0.7
1 Ha = 10000 m ²	10000	1 ha = 10000 m ²	10000
Densidad/ha= 10000/ (1.70*1) = 5882 Cafetos/ha	5882.352941	Densidad/ha= 10000/(3*0.7) = 4762 Cafetos/ha	4761.904762
Plantas de cafeto/ha	5882	Plantas de cafeto/ha	4762

Fuente: Elaboración propia, 2016

- Determinar área foliar por hectárea

En el cuadro 7 define como determinar el área foliar por hectárea.

Cuadro 7. Área foliar/hectárea

Área foliar/Hectárea			
(Densidad/ha)(área foliar/cafeto)		(Densidad*ha)(área foliar/cafeto)	
Área foliar/Ha Café convencional	m ² /ha	Área foliar/ha Sin sombra con pasto	m ² /ha

Fuente: Elaboración propia, 2016

- Determinación de índice de área foliar

En el cuadro 8 se determina la manera de obtener el índice de área foliar.

Cuadro 8. Índice de área foliar

Índice de área foliar (IAF)			
IAF Café convencional	(AF/ha)/(m ² /ha)	IAF Sin sombra con pasto	(AF/ha)/(m ² /ha)
1 ha = 10000 m ²	10000	1 ha = 10000 m ²	10000

Fuente: Elaboración propia, 2016

El índice de área foliar para cada repetición se obtuvo por medio de las medias de área foliar, y así tener 4 datos IAF en cada sistema.

5.7 Definición de la metodología estadística.

Debido a las características del experimento realizado, se utilizó una prueba de hipótesis para dos medias muestrales independientes (Mendenhall, W., Sincich, T., 1997).

Esta prueba se utiliza para comparar las medidas de dos muestras cuyos datos son obtenidos de conjuntos no relacionados de elementos que se tomaron de manera

aleatoria, se busca probar si las dos medias poblacionales son iguales o no (Mendenhall, W. Sincich, T., 1997).

Para fines prácticos esta prueba se trabajó en Excel, con una función llamada “prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales” ya que es una herramienta sencilla de utilizar y ofrece la función de análisis de datos y así visualizar de manera fácil los resultados obtenidos, y posterior la interpretación de los mismos.

5.8 Fase de Campo

En la fase de campo se tomaron las muestras de todas las variables, descritas anteriormente, en dos épocas; la primera en el mes de abril y la segunda a inicios del mes de agosto. Las muestras de suelo y foliar se trasladaron al laboratorio para ser analizados (AS-2 y F-2). Para las variables de área foliar e índice de área foliar se realizaron formatos los cuales permitieron hacer las anotaciones y cálculos de manera más sencilla en campo, posterior en fase de gabinete se organizó y ordenó, estas variables fueron las que más tiempo tomaron en realizarse ya que se debe tener por lo menos la referencia de una planta de café; número de hojas, ramas, defoliación, etc. Por medio de comparación se estimaron las otras plantas. Para la variable de humedad esta se tomó con el hidrómetro perteneciente a la finca, se realizaron mediciones entre plantas y entre surcos de cada repetición en cada sistema de cultivo o tratamiento.

5.9 Fase de Laboratorio

Las muestras que se obtuvieron en el campo (suelo y foliar) se trasladaron al laboratorio de ANACAFÉ –Analab- para ser analizadas. A partir del día que se obtuvieron las muestras en campo, se ingresaron al laboratorio y 10 días después (aproximadamente) fueron entregados los resultados.

5.10 Formato de Evaluación de Resultados

Se utilizó el formato del cuadro 9 para la evaluación de los tratamientos y repeticiones.

Cuadro 9. Formato de Evaluación

Lugar _____								Fecha _____							
VARIABLE _____															
Tipo de Sistemas															
Rep.	Convencional							Sin Sombra con pasto							
No.	1	2	3	4	5	Σ Total	Media	No.	1	2	3	4	5	Σ Total	Media
1								1							
2								2							
3								3							
4								4							

Fuente: Elaboración propia, 2016

Se utilizó este formato para trabajar cada una de las variables ya establecidas. Un formato por variable con el fin de que la información se encontrará más organizada y dar una visualización rápida de resultados y la comparación entre variables y tratamientos

5.11 Análisis de resultados

Para cada una de las variables respuesta, se procedió a realizar la prueba de hipótesis para medias muestrales independientes, utilizando la t de student.

Además, se utilizó estadística descriptiva para calcular medidas de tendencia central y de dispersión. Así mismo se elaboraron cuadros para ordenar la información y gráficas para facilitar la interpretación y discusión de resultados.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a lo largo de la investigación.

6.1 Resultados del primer muestreo

De acuerdo a lo planteado en la metodología de este trabajo, se realizaron dos muestreos, tanto de la parte foliar como de suelo.

6.1.1 Variable 1: área foliar

Los resultados de la primera variable, se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Resultados de la variable área foliar en m²/planta

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Media	2.8	1.64
Varianza	0.345	0.085
Varianza ponderada	0.215	
Grados de libertad	6	
t calculada	3.53	
P (t \geq) de dos colas (significancia)	0.012	
Valor critico de dos colas	+/-2.44	

Con respecto a los resultados que se presentan en el cuadro 10 se puede observar que la media de área foliar en el sistema de cultivo convencional de café es de 2.8 m²/planta mientras que en el sistema de cultivo con grama es de 1.64 m²/planta. Esta diferencia de medias resultó significativa estadísticamente con una p de 0.012 lo cual indica que efectivamente la forma de cultivar café de forma convencional produce mayor cantidad de área foliar por planta.

El área foliar es lo que define la capacidad de la cubierta vegetal para interceptar la radiación fotosintéticamente activa (RFA), la cual es la fuente primaria de energía utilizada

por las plantas para la fabricación de tejidos y elaboración de compuestos alimenticios (WARNOCK et al., 2006).

Los resultados obtenidos, indican que el hecho de estar bajo sombra hace que la planta tenga la necesidad de extender el área foliar para ayudarse, aumentando su capacidad para interceptar la radiación solar y así poder desarrollarse en sus funciones fisiológicas. Este fenómeno no sucede cuando la planta está directamente expuesta al sol, pues no tiene la necesidad de extenderse ya que recibe toda la luz solar como le es posible.

En la figura 14 se puede apreciar gráficamente la diferencia de la se habla anteriormente.

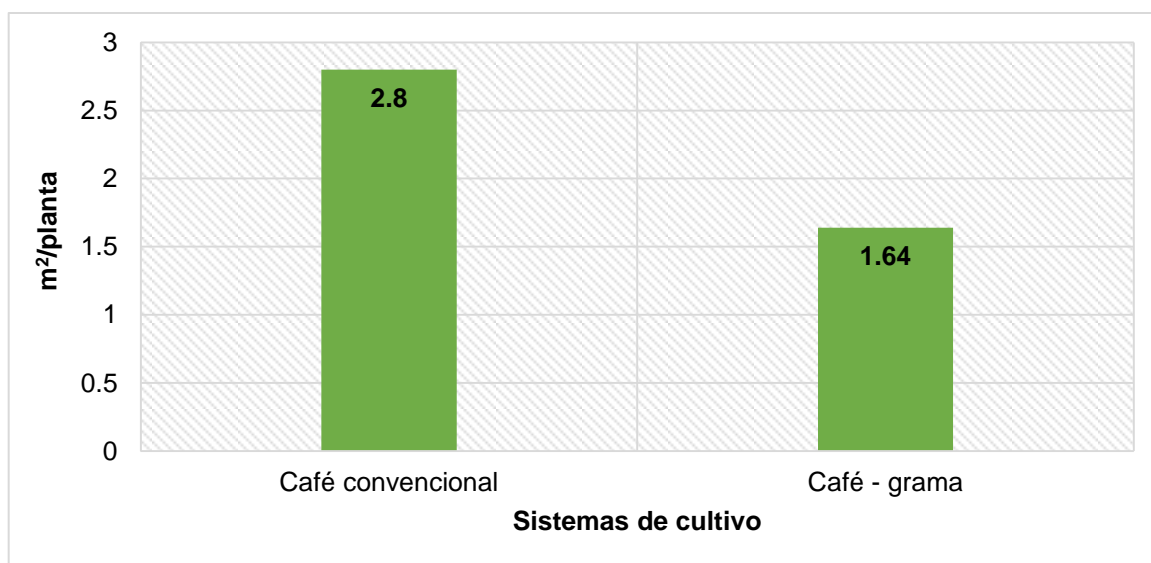


Figura 14. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable área foliar en m²/planta

6.1.2 Variable 2: porcentaje de humedad

Se realizó el análisis textural de suelos (AS-11) en el laboratorio de ANACAFÉ, el cual determinó que ambos sistemas de cultivo poseen la misma clase textural franco arcillosa. En el sistema convencional se observa que 38.64 % de arcilla, 24 % limo y el 37.37 % de

arena; en cuanto el sistema café-grama el 39.28 % es arcilla, 21.4 % de limo y 39.36 % de arena.

La siguiente variable a evaluar fue, el porcentaje de humedad, esta se determinó por medio de un hidrómetro (perteneciente a la finca), el cual indica el porcentaje en el que se encuentra el suelo. El conocer la humedad en el suelo ayuda a reducir el riesgo de pérdidas de rendimientos debido a las sequías y así poder hacer el mejor uso del agua (FAO, s.f.).

Ya que se tomó la humedad en dos puntos distintos (entre plantas y entre surcos), en el cuadro 11, se presentan los resultados obtenidos del porcentaje de humedad entre plantas.

Cuadro 11. Resultado de la variable porcentaje de humedad (entre plantas)

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Media	87.23	50.00
Varianza	332.49	268.65
Varianza ponderada	300.57	
Grados de libertad	6	
t calculada	3.04	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.02	
Valor critico de dos colas	+/- 2.44	

Como se observa en el cuadro 11, las medias obtenidas son 87.23 % del sistema convencional y 50 % de humedad en el sistema café grama, encontrando una diferencia de 37.23 % a favor del sistema convencional, con una p de 0.02 se observa que es mínimo por lo que se considera un valor muy confiable.

En la gráfica 15, se presenta la comparación de medias para establecer la diferencia entre el porcentaje de humedad en el sistema convencional y café grama.

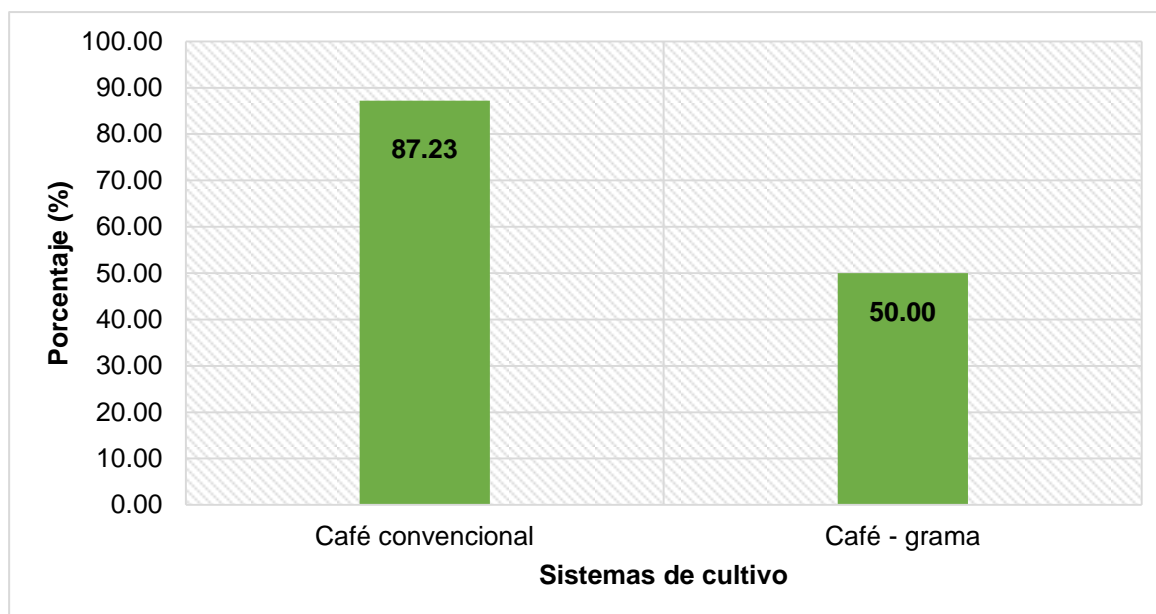


Figura 15. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable porcentaje de humedad (entre plantas)

Como ya se hizo mención, procede a observarse los resultados en el cuadro 12, el porcentaje de humedad entre surcos.

Cuadro 12. Resultado de la variable porcentaje de humedad (entre surcos)

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Media	78.78	30.05
Varianza	178.87	192.42
Varianza ponderada	185.64	
Grados de libertad	6	
t calculada	5.06	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.0023	
Valor crítico de dos colas	+/- 2.44	

La diferencia entre medias, entre el sistema convencional y café grama es de 48.73 % a favor del sistema convencional, se observa que, igual que la humedad entre plantas la humedad entre surcos sigue estando en mayor cantidad en el sistema bajo sombra, con una significancia de 0.0023. Cabe resaltar que esta variable fue tomada en el mes de junio, posterior a las primeras lluvias; ya que en condición completamente seco el suelo

hubiese sido muy riesgoso introducir el hidrómetro pues las varillas que posee el aparato podrían sufrir algún daño.

Esta variable si presento diferencias significativas, estadísticamente, con respecto a este dato se presenta la figura 16 con el fin de observar esa diferencia.

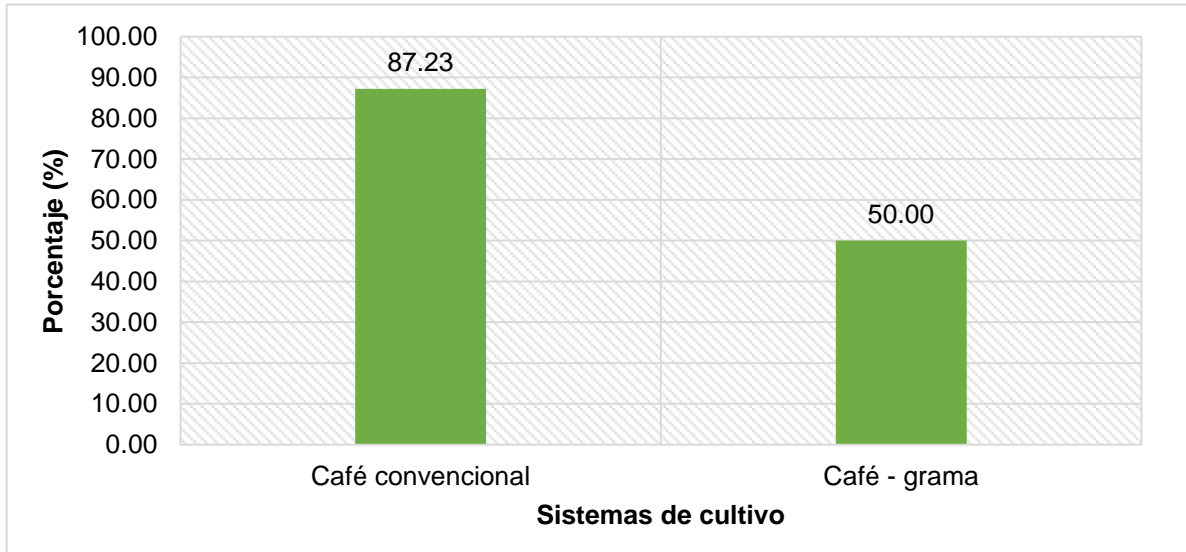


Figura 16. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable: porcentaje de humedad (entre surcos)

6.1.3 Variable 3: índice de área foliar

La siguiente variable a evaluar fue el índice de área foliar, en el cuadro 13 se observa que nuevamente el sistema convencional tiene un mayor IAF (índice de área foliar) que el sistema café grama. Con una significancia de 0.0035, estadísticamente se presenta una diferencia significativa.

Cuadro 13. Resultado de la variable índice de área foliar

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Media	1.65	0.78
Varianza	0.12	0.02
Varianza ponderada	0.07	
Grados de libertad	6	
t calculada	4.65	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.0035	
Valor critico de dos colas	+/- 2.44	

El IAF indica el total del área de la superficie superior de las hojas por área de unidad de terreno que se encuentre directamente debajo de la planta. “Valencia (1973) ha sugerido que el IAF óptimo para café en variedad caturra es de 8 o 9” (Fournier, L., s.f.).

Para observar de mejor manera la diferencia de la diferencia que existe entre los sistemas se presenta la gráfica de la figura 17.

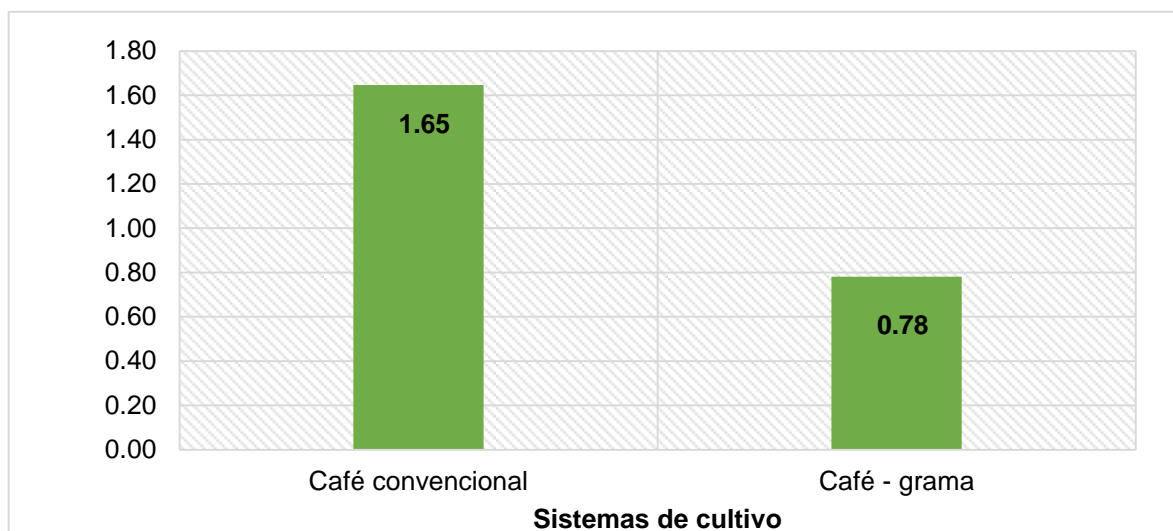


Figura 17. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable índice de área foliar

6.1.4 Variable 4 análisis químico del suelo

El análisis químico del suelo permite realizar una evaluación de los nutrientes disponibles en el suelo (ANACAFÉ, 2016). La primera variable a analizar en el análisis de suelo es el pH, en el cuadro 14 se muestran los resultados obtenidos según Analab.

Cuadro 14. Resultado de la variable: pH en el suelo

Parámetros	Café convencional	Café – grama
Nivel Adecuado	5.5 - 6.5	
Media	5.70	5.79
Varianza	0.32	0.10
Varianza ponderada	0.21	
Grados de libertad	6	
t calculada	-0.26	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.81	
Valor critico de dos colas	+/-2.44	

En el cuadro 14 se presentan los resultados de la prueba de hipótesis que compara el pH del suelo tanto en el sistema convencional como en el sistema grama, en este caso se puede observar que la media del sistema convencional es de 5.70 mientras que la media en el sistema grama es de 5.79. Esta pequeña diferencia entre las dos medias resultó estadísticamente no significativa con un p de 0.81 y en la gráfica se presenta.

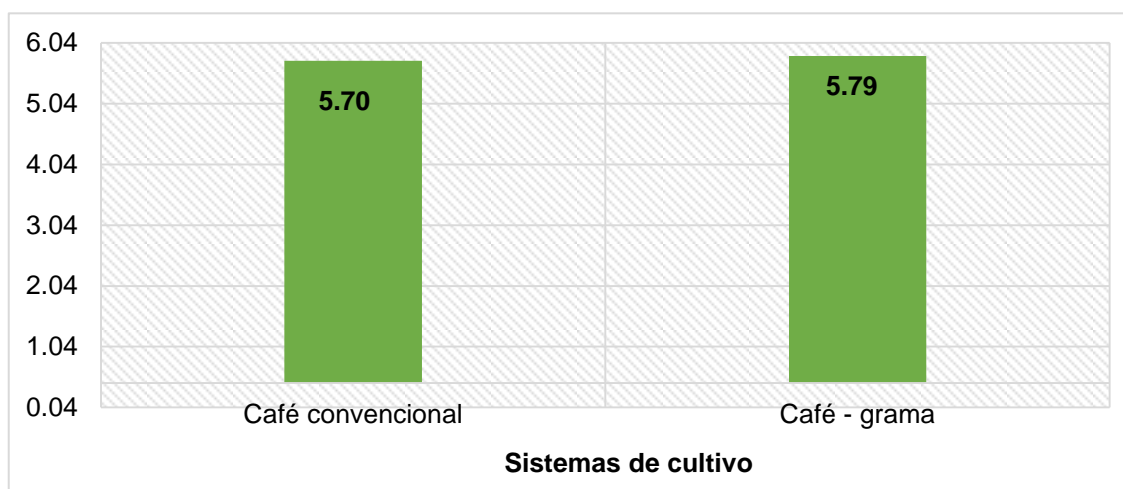


Figura 18. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable: pH en el suelo

Según la gráfica de la figura 18, se presenta la pequeña diferencia de muestras que existe, estos valores tampoco tienen diferencia significativa, estadísticamente. Los niveles adecuados de pH para el cultivo de café van de 5.5 hasta 6.5 según Analab.

Otro de los elementos a evaluar en el suelo es la cantidad de boro, este elemento en el suelo es clave para el amarre del fruto y llenado del mismo. En el cuadro 15 se presentan los resultados obtenidos de este elemento en el suelo.

Cuadro 15. Resultados de la variable: boro en el suelo en mg/L

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Nivel Adecuado	1 mg/L – 5 mg/L	
Media	0.82	0.63
Varianza	0.076	0.022
Varianza ponderada	0.049	
Grados de libertad	6	
t calculada	1.21	
P (t \geq) de dos colas (significancia)	0.27	
Valor crítico de dos colas	+/-2.44	

El boro es un elemento que se encuentra en cantidades variables en los suelos, la materia orgánica también es fuente importante de boro pues al descomponerse libera iones borato y de esta forma es como la planta lo absorbe (ANACAFÉ, 2012).

Como se observa en el cuadro 15, se encuentra una diferencia de 0.19 mg/L en favor al sistema convencional, esta diferencia indica que estadísticamente son medias iguales, con una significancia del 0.27. Esto debido a que, según el valor de t calculada, este no supera el 2.44 del valor crítico de la t tabulada.

En la figura 19, se observa una gráfica, la cual representa de mejor manera esta no diferencia entre medias del sistema convencional y sistema café grama.

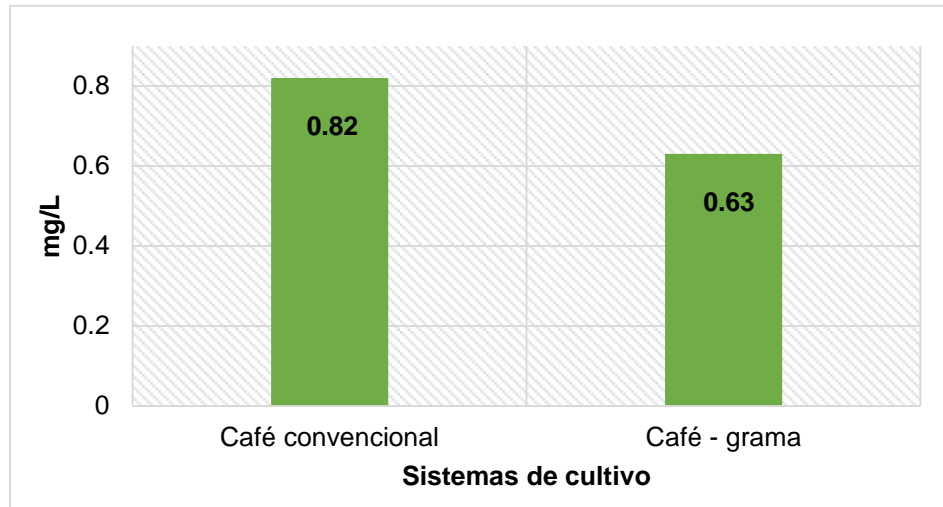


Figura 19. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable: boro en el suelo en mg/L

Como se mencionó con anterioridad los niveles adecuados para el boro es de 1 mg/L a 5 mg/L la deficiencia de este elemento podría causar; flores marchitas, frutos de tamaño menor de lo normal y caen prematuramente, corteza gruesa y dura, deja a las especies expuestas a sufrir daños superiores a lo normal por efecto a frío y sequias o ciertas enfermedades fúngicas (ANACAFÉ, 2012).

El fósforo es un componente esencial de muchas combinaciones químicas muy importantes en el metabolismo vegetal, tales como nucleoproteínas, fosfolípidos, finitas, lecitina, así mismo desarrolla funciones como: intervenir en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas, transporta energía, brinda asimilación del nitrógeno entre otras (ANACAFÉ, 2012)

En el cuadro 16 se presentan los resultados obtenidos provenientes del análisis químico de suelos del elemento fósforo.

Cuadro 16. Resultados de la variable fósforo en el suelo en mg/L

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Nivel Adecuado	15 mg/L – 30 mg/L	
Media	58.11	45.96
Varianza	439.32	1108.7
Varianza ponderada	774	
Grados de libertad	6	
t calculada	0.62	
P (t \geq) de dos colas (significancia)	0.56	
Valor critico de dos colas	+/- 2.44	

El boro

o es un elemento que se encuentra en cantidades variables en los suelos, la materia orgánica también es fuente importante de boro pues al descomponerse libera iones borato y de esta forma es como la planta lo absorbe (ANACAFÉ, 2012).

Se determinó que la media para el sistema convencional es de 58.11 mg/L mientras que en el sistema café grama es de 45.96 mg/L, aunque sean medias distintas; estadísticamente son medias iguales, quiere decir que no hay diferencia significativa de la cantidad de fósforo en el suelo tanto en el sistema convencional como en el de café grama.

En la figura 20 se expresa de mejor manera visual esta diferencia no significativa, estadísticamente.

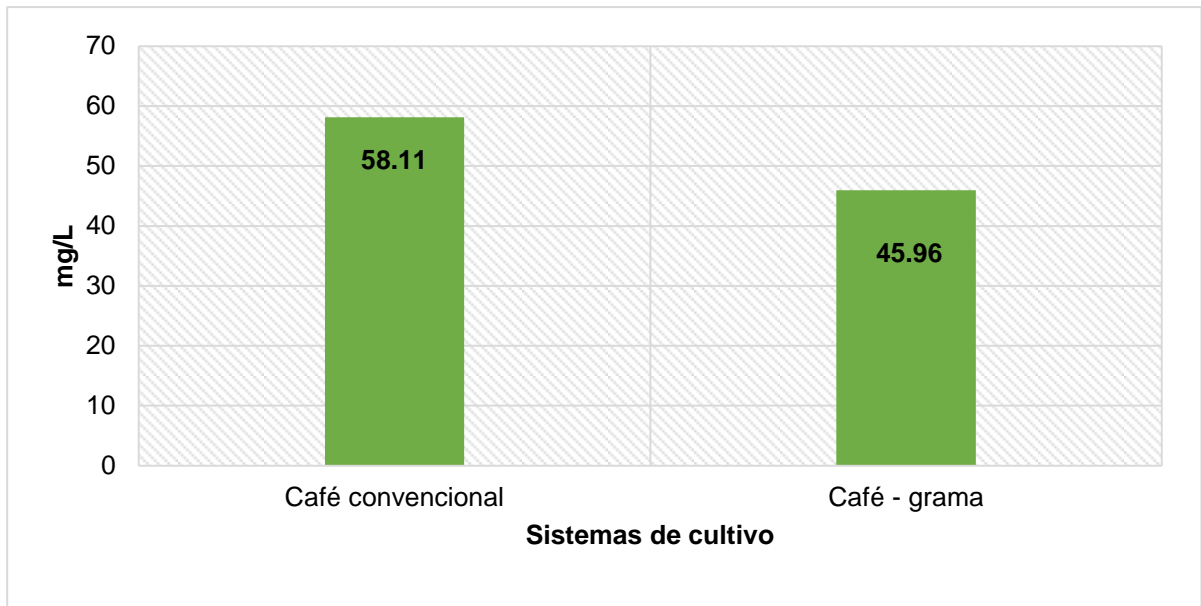


Figura 20. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable fósforo en suelo en mg/L

El nivel adecuado para elemento fósforo es de 15 mg/L – 30 mg/L su deficiencia se presenta con síntomas como lo son: un ligero enanismo en la planta, con hojas pequeñas y sin brillo, disminución en cantidad de flores y por consiguiente menor producción de frutos, también podría causar un menor tamaño de frutos; aunque la reducción del tamaño del fruto también podría ser ocasionado por el exceso de dicho elemento (ANACAFÉ, 2012).

El siguiente elemento a evaluar en el análisis de suelo es el elemento potasio este es un macronutriente que debe encontrarse en cantidades relativamente altas para lograr satisfacer las necesidades de la planta y del fruto (ANACAFÉ, 2012). En el cuadro 17 se presentan los valores obtenidos en base a este elemento, en ambos sistemas de producción.

Cuadro 17. Resultado de la variable potasio en el suelo en Cmol(+)/L

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Nivel Adecuado	0.2 Cmol/L – 1.5 Cmol/L	
Media	0.86	0.87
Varianza	0.025	0.021
Varianza ponderada	0.023	
Grados de libertad	6	
t calculada	-0.0924	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.93	
Valor critico de dos colas	+/- 2.44	

El cuadro 17 permite apreciar la pequeña diferencia de cantidad de potasio que existe entre ambos sistemas, esta diferencia es del 0.01 Cmol(+)/L a favor del sistema café grama, esta demás decir que son medias estadísticamente iguales con una significancia de 0.93.

Mediante la figura 21 presentada en seguida, se observa esta diferencia no significativa en el contenido de potasio que muestran los dos sistemas de cultivo, tanto el convencional como el café grama.

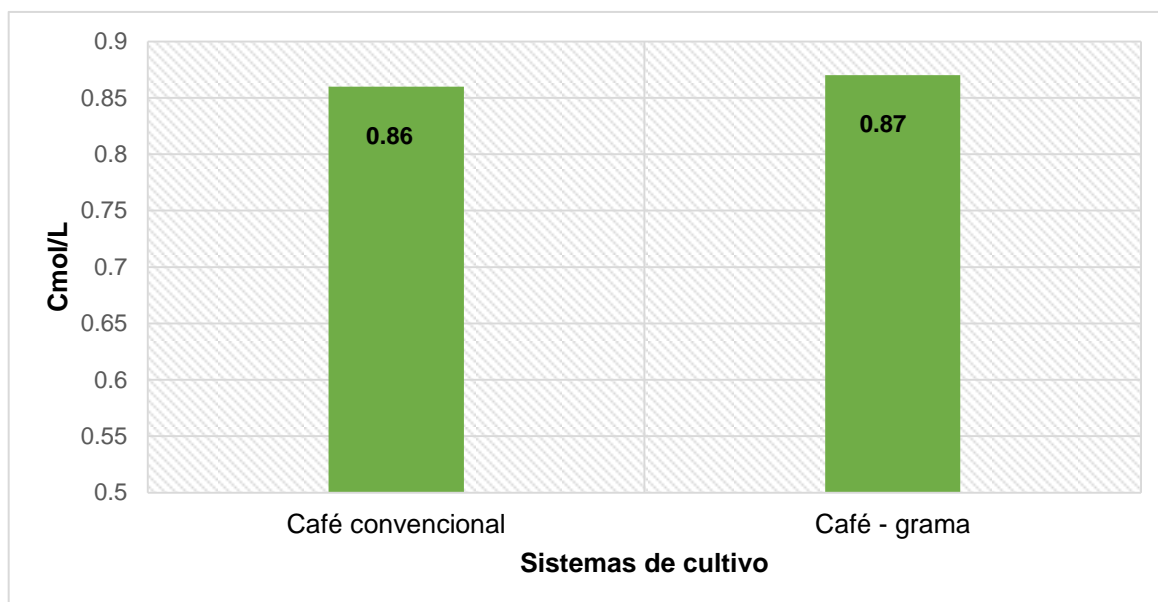


Figura 21. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable potasio en el suelo en Cmol/L

Otro elemento que se tomó en consideración es el zinc, ya que se comporta como un componente y activador de las enzimas, está involucrado en la síntesis de las proteínas, entre otras (ANACAFÉ, 2012).

En el cuadro 18 se presentan los resultados obtenidos a través del análisis de suelos que se llevó a cabo en el laboratorio de ANACAFÉ, así como también se muestra el nivel adecuado en el que este elemento debe encontrarse en el suelo el cual es de 0.2 mg/L a 2 mg/L al no encontrarse en este nivel podría causar debilidad en la planta, y la toxicidad por este elemento se presenta en suelos ácidos con altos porcentajes de este elemento (ANACAFÉ, 2012).

Cuadro 18. Resultado de la variable zinc en el suelo en mg/L

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Nivel Adecuado	0.2 mg/L – 2 mg/L	
Media	6.03	5.62
Varianza	6.59	0.42
Varianza ponderada	3.51	
Grados de libertad	6	
t calculada	0.313	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.76	
Valor critico de dos colas	+/- 2.44	

La deficiencia del elemento zinc podría presentar hojas adultas con un amarillamiento del limbo, al aumentar la deficiencia se reduce el tamaño de las hojas y se vuelven estrechas y punteadas (ANACAFÉ, 2012).

En este caso, la media del sistema convencional es de 6.03 mg/L mientras que en el sistema café grama es de 5.62 mg/L con una significancia de 0.76, aunque exista una diferencia absoluta entre las medias, estadísticamente son iguales.

La figura 22 presentada en seguida muestra la diferencia de medias en la cual se encuentran estos dos sistemas de cultivo.

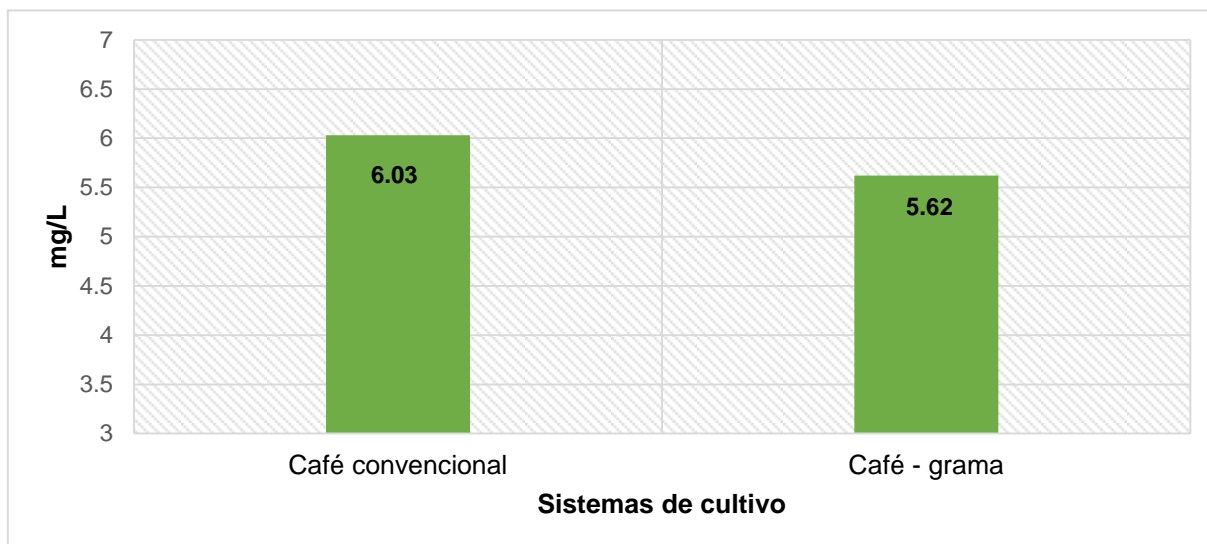


Figura 22. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable zinc en el suelo en mg/L

La materia orgánica en el suelo, es una variable que se analiza en el estudio de suelos, ya que es de vital importancia la incorporación de la misma al suelo.

Cuando se entrevistó al administrador de la finca, comentó que una de las razones por las que se implementó este sistema de café al sol con asociado a grama, es para aumentar la cantidad de materia orgánica al suelo. A continuación, se presenta el cuadro 19 con los resultados obtenidos.

Cuadro 19. Resultado de la variable porcentaje de materia orgánica en el suelo

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Nivel Adecuado	3 % – 6 %	
Media	4.63	4.72
Varianza	0.95	0.38
Varianza ponderada	0.66	
Grados de libertad	6	
t calculada	-0.143	
P (t \geq) de dos colas (significancia)	0.89	
Valor crítico de dos colas	+/-2.44	

Estadísticamente estas medias no presentan diferencia significativa. La media en el sistema convencional es de 4.63 % mientras que para el sistema café grama es de 4.72 % con una p de 0.89.

Esto quiere decir que, según el análisis, no hay diferencia en cuanto a la cantidad de materia orgánica en el suelo ambos sistemas, podría inferirse que debido al manejo tanto mecánico como manual que se le da al sistema grama el reciclaje del material podría incorporarse al suelo con mayor facilidad.

Esta no diferencia estadística que se menciona, se muestra mediante la figura 23 en la cual se puede apreciar de mejor manera, a continuación, se presenta.

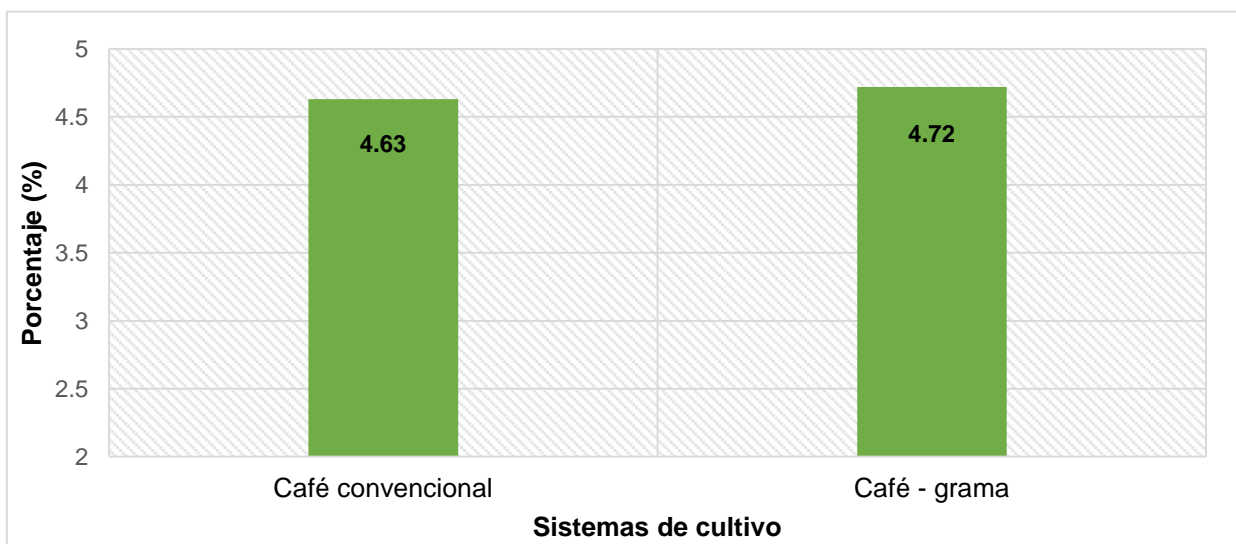


Figura 23. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable del porcentaje de materia orgánica en el suelo.

La capacidad de intercambio catiónico efectivo, como su nombre lo indica es la capacidad de reemplazar o intercambiar una carga negativa por una positiva (Ávila, J. sf).

Cuadro 20. Resultados de la variable CICE en Cmol(+)/L

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Nivel Adecuado	5 Cmol/L – 25 Cmol/L	
Media	7.98	9.56
Varianza	0.41	1.133
Varianza ponderada	0.76	
Grados de libertad	6	
t calculada	-2.55	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.043	
Valor crítico de dos colas	+/-2.44	

La acidez presente en el suelo corresponde a la concentración de iones hidronio en disolución extraída de la mezcla de suelo y agua o del suelo y una disolución extractora (Ávila, J. sf).

Se puede observar en el cuadro 20 que el sistema convencional tiene una media de 7.98 Cmol/L mientras que el sistema café grama es una media 9.56 Cmol/L, encontrando una diferencia de 1.58 Cmol/L a favor del sistema café grama. Es una diferencia absoluta, medias que estadísticamente también son diferentes con una significancia de 0.043. La figura 20 muestra de mejor manera esta diferencia.

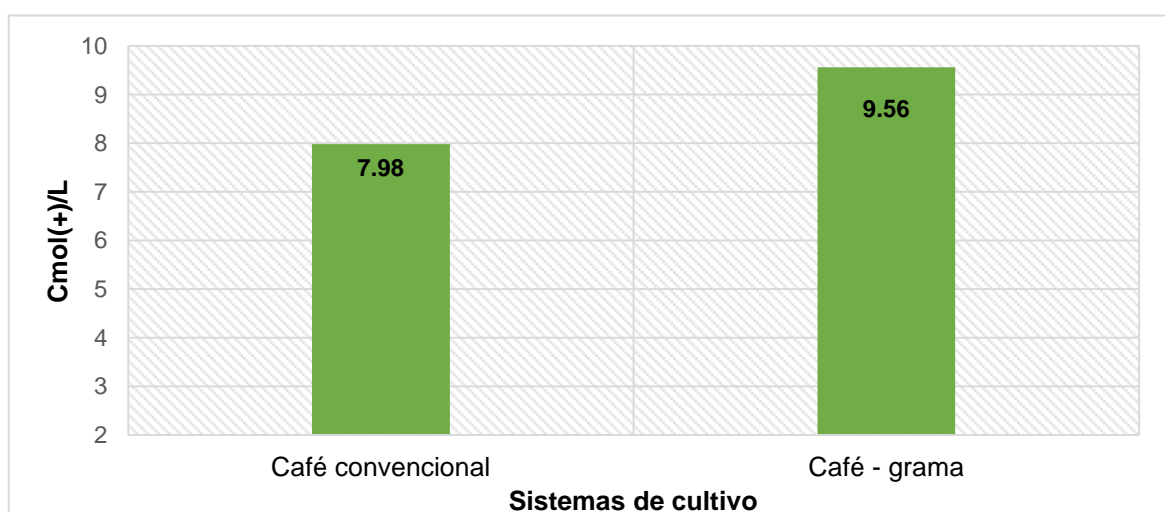


Figura 24. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable CICE en Cmol(+)/L

En esta gráfica (ver figura 24) se puede observar que la capacidad de intercambio catiónico es mayor en el sistema café-grama lo que quiere decir que en este suelo hay mayor capacidad de intercambio de cargas negativas por positivas.

6.1.5 Variable 5: análisis químico foliar

Las hojas del cafeto, son órganos en los cuales se realizan los tres procesos fisiológicos importantes que soportan el crecimiento y desarrollo vegetativo y desarrollo reproductivo, estos son: fotosíntesis, respiración y transpiración (CENICAFÉ, 2007).

A continuación, se presenta el cuadro 21 que refleja los datos obtenidos a través del análisis foliar realizado en el primer muestreo, así como el nivel adecuado en el que se debe encontrar, que es de 2.3 % a 2.8 %.

Cuadro 21. Resultado de la variable porcentaje de nitrógeno en el follaje

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Nivel Adecuado	2.3-2.8%	
Media	2.5	2.6
Varianza	0.02	0.024
Varianza ponderada	0.022	
Grados de libertad	6	
t calculada	-1.038	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.34	
Valor crítico de dos colas	+/-2.44	

La deficiencia del nitrógeno podría causar atrofia en el crecimiento, el color cambiaría a verde pálido hasta amarillo, así como el exceso se vería reflejado en hojas más grandes y succulentas (ANACAFÉ, 2012).

Se observa que la media en el sistema convencional es de 2.5 %, mientras que en el sistema café grama es de 2.6 % habiendo únicamente una diferencia de 0.1 % en favor al sistema café grama, el -1.038 prueba que no existe diferencia significativa

estadísticamente en estos dos sistemas. Dicho análisis contiene un nivel de significancia del 0.34.

El nitrógeno es uno de los nutrientes primarios para la planta es un factor de crecimiento el cual es necesario para el crecimiento normal de la planta y es esencial para la formación de la clorofila y la actividad fotosintética (GTM, 2015).

En prosequimiento, se encuentra la figura 25 que permite una sencilla visualización acerca de esta pequeña diferencia, insignificante estadísticamente.

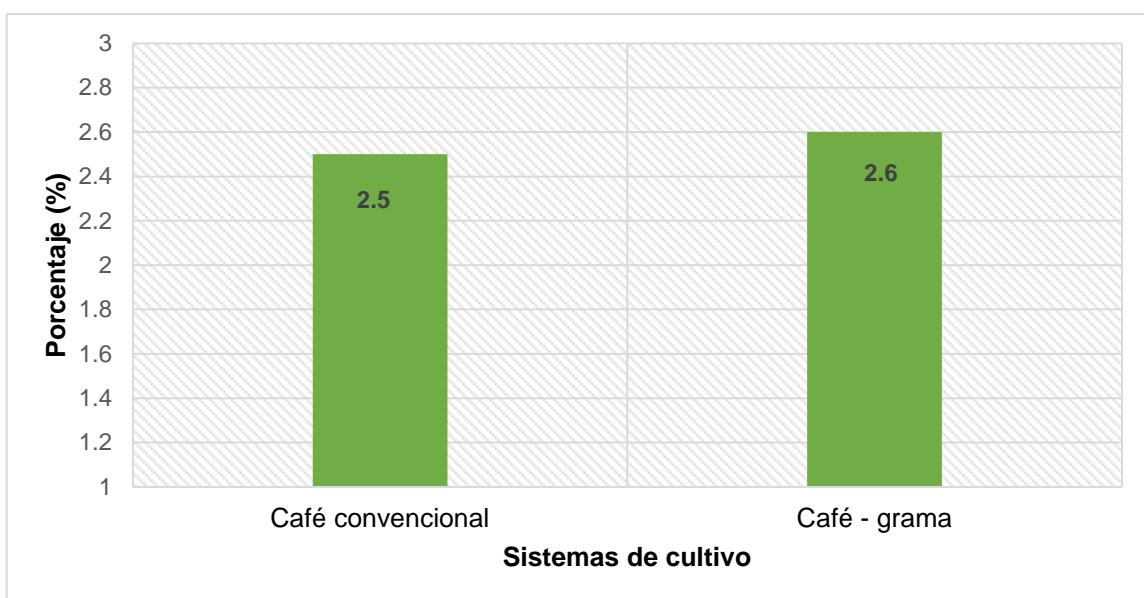


Figura 25. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable porcentaje de nitrógeno en el follaje

Otro de los macronutrientes en la planta es el fósforo el cual favorece el desarrollo de las raíces al comienzo de la vegetación, así como favorece el cuajado y maduración de los frutos (GTM, 2015).

Cuadro 22. Resultado de la variable porcentaje de fósforo en el follaje

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Nivel Adecuado	0.11 % - 0.15 %	
Media	0.128	0.105
Varianza	0.0008	0.0001
Varianza ponderada	0.0005	
Grados de libertad	6	
t calculada	1.48	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.19	
Valor critico de dos colas	+/-2.44	

El fósforo debe encontrarse entre 0.11 % y 0.15 %, esta cobra importancia en los procesos de fotosíntesis, respiración y fermentación. La deficiencia de fosforo no es fácil de detectar, pero parece manifestarse como deficiencia conjunta de hierro, cinc y manganeso (ANACAFÉ, 2012).

En el cuadro 22 se puede observar la media en el sistema convencional de 0.128 % y del sistema café convencional es de 0.105 encontrando una diferencia de tan solo 0.023 % en favor al sistema convencional. Estadísticamente no hay diferencia significativa entre estos valores, con una significancia de 0.19. Esta no diferencia no significativa se presenta en la figura 26.

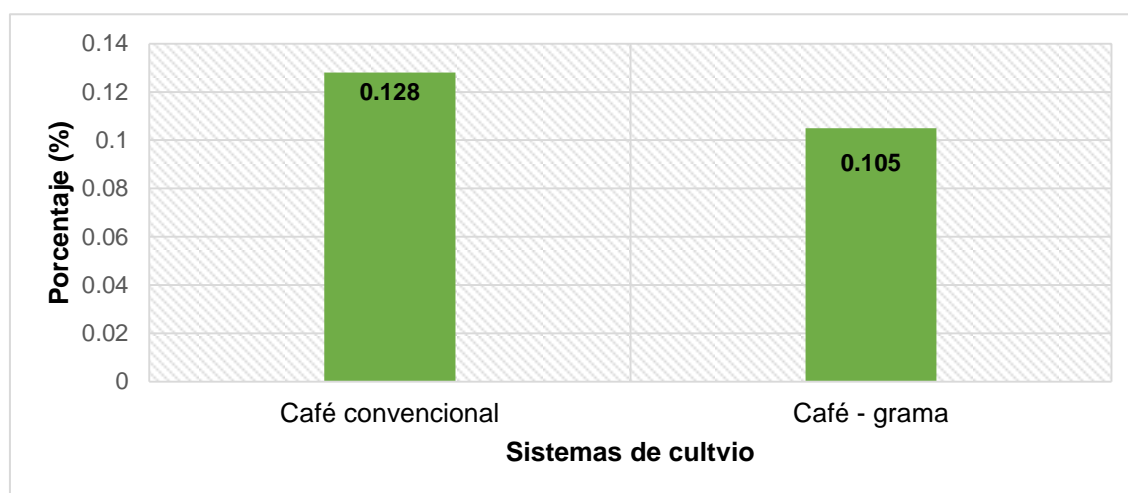


Figura 26. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable fósforo en el follaje

La siguiente variable a analizar en el contenido potasio en el follaje, los resultados obtenidos se observan en el cuadro 23.

Cuadro 23. Resultado de la variable porcentaje de potasio en el follaje

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Nivel Adecuado	1.9 % - 2.5%	
Media	2.55	2.7025
Varianza	0.012	0.011
Varianza ponderada	0.011	
Grados de libertad	6	
t calculada	-2.034	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.088	
Valor crítico de dos colas	+/-2.44	

Se puede contemplar que la media del sistema convencional es de 2.55 % y la del sistema café grama es de 2.70 % encontrándose una diferencia entre ellos de 0.15 % a favor del café grama, esta diferencia es absoluta, sin embargo, no lo estadísticamente pues según los resultados indica que no hay diferencias significativas en los sistemas. Con una significancia del 0.088.

Esta diferencia se analiza mejor en la siguiente figura (ver figura 27).

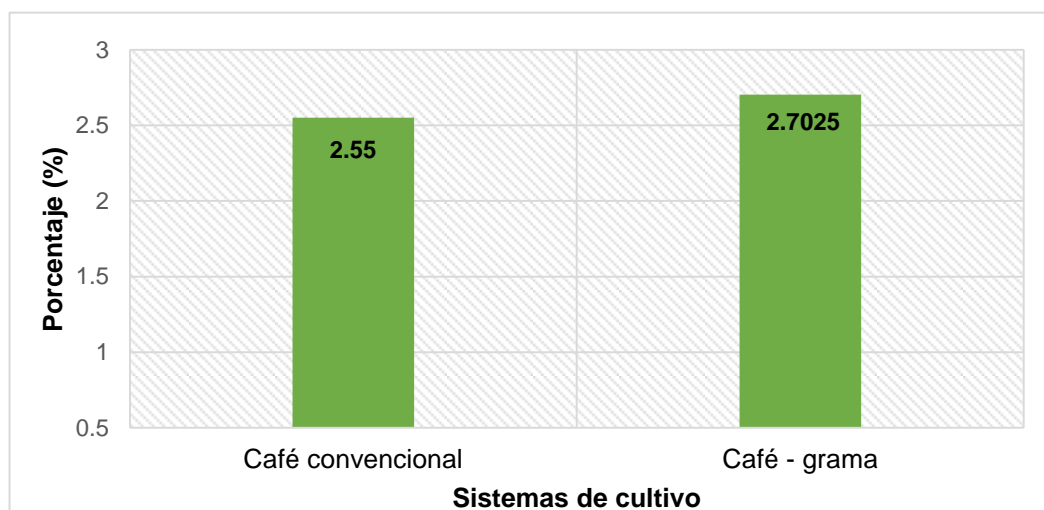


Figura 27. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable porcentaje de potasio en el follaje

El nivel adecuado contenido en el follaje de este elemento es de 1.9 % a 2.55 % en el caso de café convencional este se encuentra al límite del valor permisible, mientras que en el café-grama esta un 0.02 % arriba de dicho valor.

El elemento calcio en el follaje es de vital importancia ya que es básico para mantener la calidad del fruto, y su deficiencia podría causar atrofia en su crecimiento, enrollamiento y distorsión de las hojas (ANACAFÉ, 2012).

Es por ello que inferior a este párrafo se encuentra el cuadro 24 con los resultados obtenidos a partir del análisis de medias realizado.

Cuadro 24. Resultado de la variable porcentaje de calcio en el follaje

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Nivel Adecuado	1.1 % - 1.5%	
Media	1.59	1.47
Varianza	0.056	0.035
Varianza ponderada	0.045	
Grados de libertad	6	
t calculada	0.81	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.45	
Valor critico de dos colas	+/- 2.44	

En este cuadro se muestra una media de 1.59 % para el sistema convencional y 1.47 % para el sistema café grama, con una significancia de 0.45 se dice que no hay diferencias estadísticas entre ambos sistemas.

Esta diferencia no significativa puede notarse en la figura 28 que se presenta a continuación.

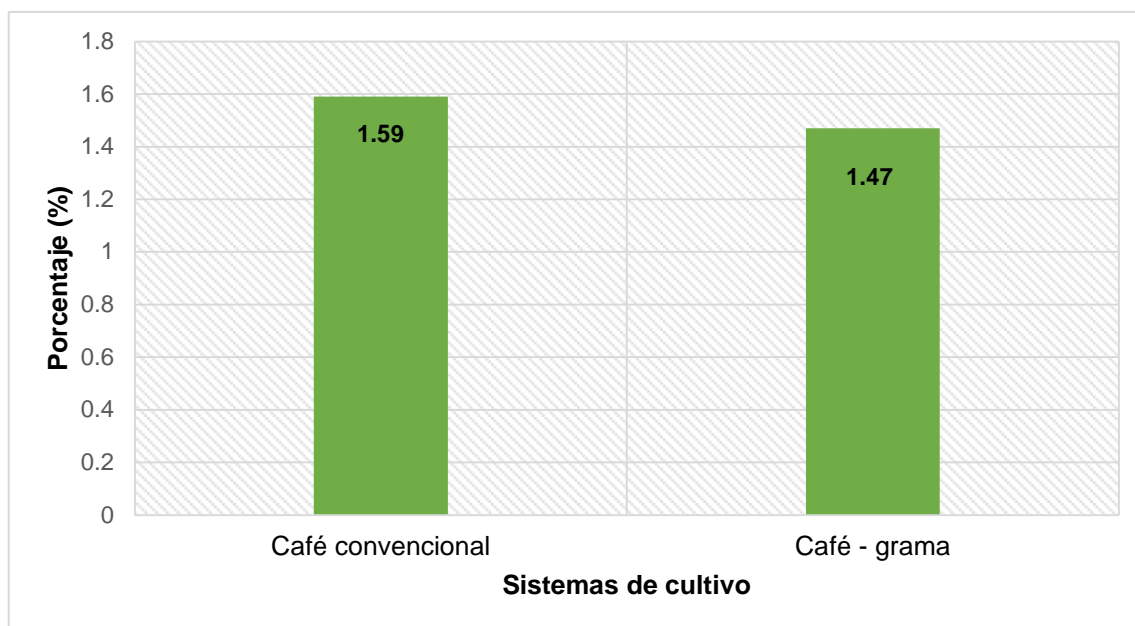


Figura 28. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable porcentaje de calcio en el follaje

El nivel adecuado para el elemento calcio es de 1.1 % a 1.5 % que se me mantenga en este rango influye en la formación de las paredes celulares, este es un nutriente secundario (GTM, 2015).

Cuadro 25. Resultado de la variable porcentaje de magnesio en el follaje

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Nivel Adecuado	0.29 % - 0.35%	
Media	0.34	0.33
Varianza	0.002	0.0059
Varianza ponderada	0.004	
Grados de libertad	6	
t calculada	0.16	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.87	
Valor critico de dos colas	+/- 2.44	

En el cuadro 25 se observa una media de 0.33 % para el sistema café grama, mientras que un 0.34 % para el sistema convencional, se observa que es una diferencia mínima entre estos valores. Y según el análisis estadístico realizado, confirma que ambos sistemas son iguales; que no hay diferencia significativa entre los sistemas.

El magnesio es necesario para la formación de clorofila y vital para la fotosíntesis, la deficiencia de este elemento podría ocasionar defoliación en ramas cargadoras y estas pueden secarse (ANACAFÉ, 2012).

Posterior se observa que la figura 29 muestra de mejor forma esta no diferencia de medias entre los sistemas.

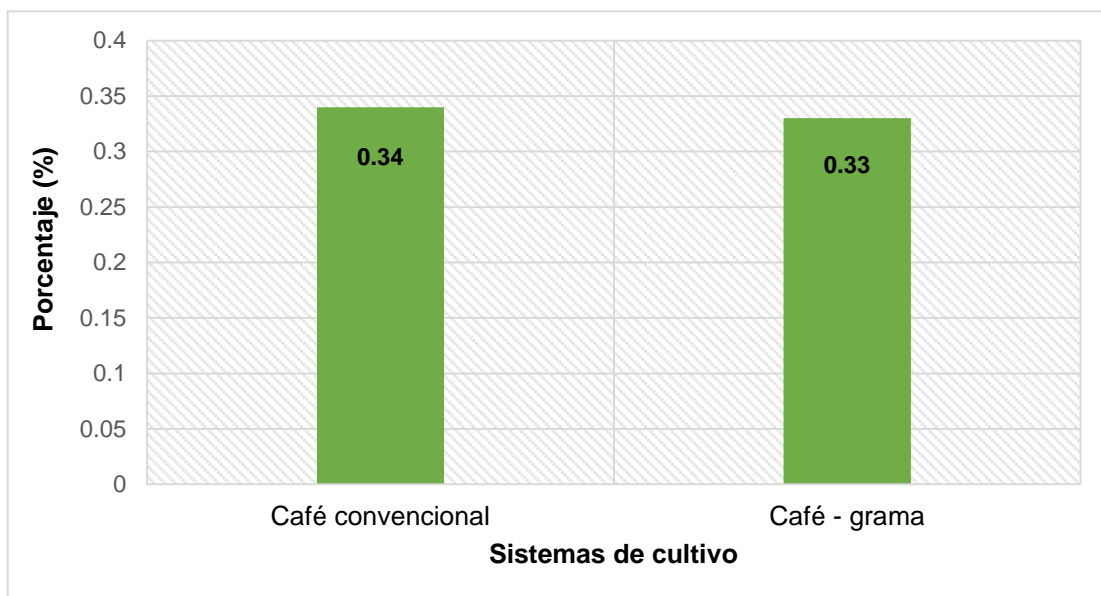


Figura 29. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable porcentaje de magnesio

El magnesio en cantidades adecuadas ayuda a formar parte de la clorofila y actúa en el metabolismo del fósforo (GTM, 2015).

Otro de los elementos analizados es el porcentaje de boro en el follaje, próximo se encuentra el cuadro 26 en el cual se encuentran los valores obtenidos a partir del análisis estadístico que se realizó.

Cuadro 26. Resultado de la variable ppm boro en el follaje

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Nivel Adecuado	41 ppm - 90 ppm	
Media	35.67	27.545
Varianza	47.9	16.77
Varianza ponderada	32.34	
Grados de libertad	6	
t calculada	2.02	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.089	
Valor crítico de dos colas	+/- 2.44	

La media para el sistema convencional es de 35.67 ppm mientras que para el sistema café grama es de 27.54 ppm, encontrándose una diferencia de 8.12 ppm entre ambos sistemas. Pero al realizar la prueba t, se analizó que no hay diferencia significativa entre estos, esto, con una significancia de 0.089.

Según Analab, la planta en el follaje necesita de 41 ppm a 90 ppm, se observa que los valores obtenidos en cada sistema están abajo del nivel adecuado. Este elemento se relaciona con el transporte de azúcares en la planta, afecta la fotosíntesis, el aprovechamiento del nitrógeno y la síntesis de proteínas; también interviene en el proceso de floración y en la formación del sistema radicular de la planta y regula su contenido de agua (GTM, 2015).

En seguida, mediante la figura 30 se muestra la diferencia no significativa entre ambos sistemas de cultivo; convencional y café grama.

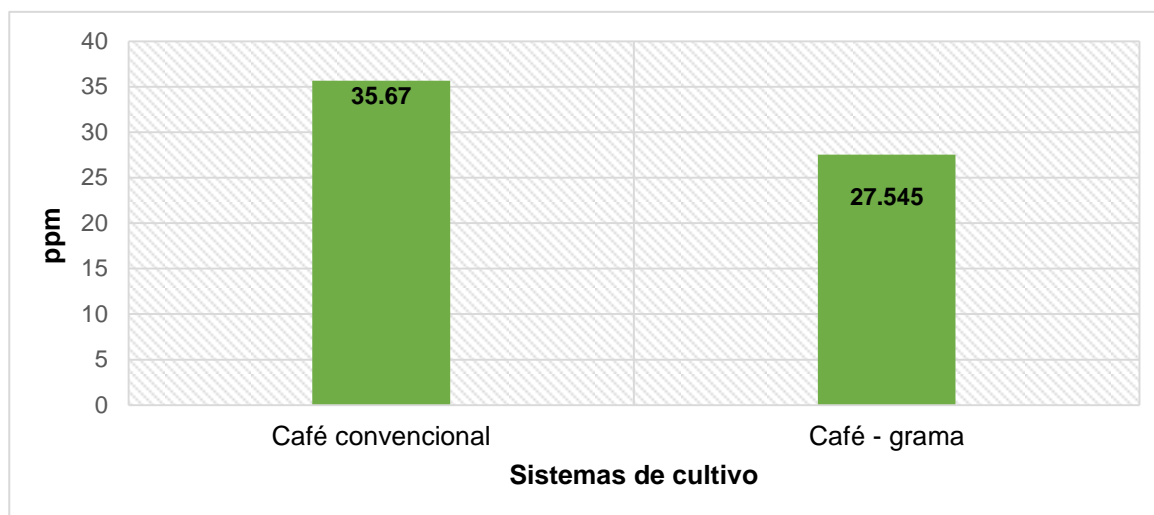


Figura 30. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable ppm boro en el follaje

El último elemento a analizar es el contenido de zinc, en seguida se encuentra un cuadro con los resultados obtenidos del análisis estadístico de dicho elemento en el follaje de la planta de café. Se observa que la media en el café convencional es de 8 ppm mientras que en el sistema café grama es de 6.98 ppm. El valor de t calculada es de 0.1031 indicando que no hay diferencia significativa entre ambos sistemas de cultivo, esto, con una significancia de 0.1031.

Cuadro 27. Resultado de la variable ppm de zinc en el follaje

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Nivel Adecuado	14 – 18 ppm	
Media	8	6.98
Varianza	1.038	0.11
Varianza ponderada	0.57	
Grados de libertad	6	
t calculada	1.921	
P ($t \geq$) de dos colas (significancia)	0.1031	
Valor critico de dos colas	+/- 2.44	

La diferencia no significativa se muestra a continuación a través de una gráfica (ver figura 31).

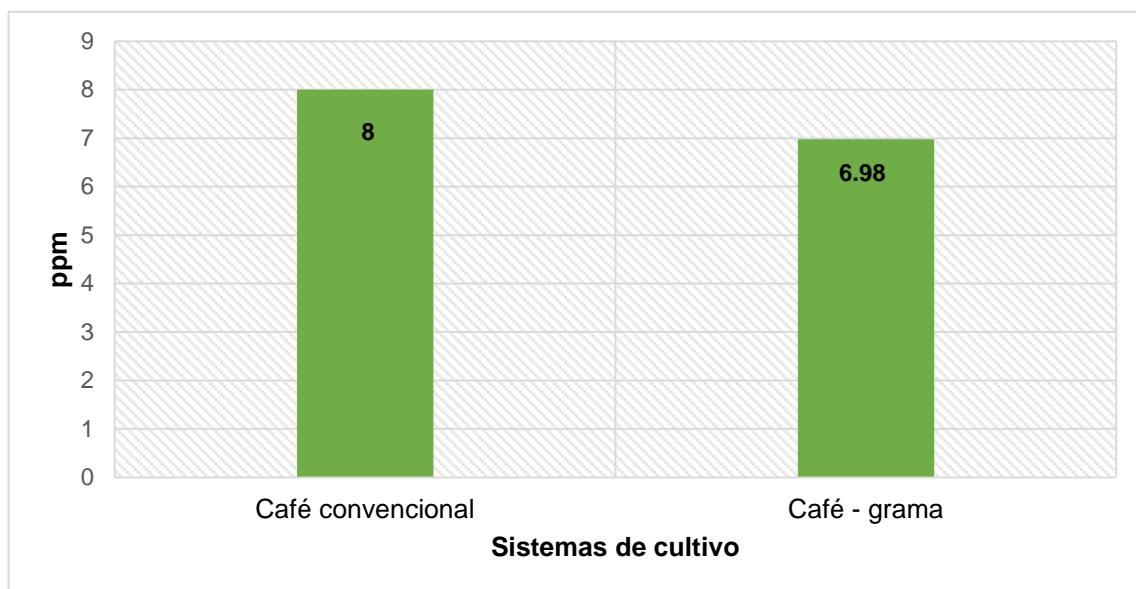


Figura 31. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable ppm de zinc en el follaje

6.2 Resultados del segundo muestreo

Para dicha investigación se planificaron dos muestreos, esto para poder evaluar los sistemas en dos épocas distintas del clima, en época seca y en época lluvia.

El segundo muestreo se llevó en los meses de julio y septiembre; en el mes de septiembre se tomaron las variables de área foliar, índice de área foliar, muestreo de suelos y foliar y en el mes de septiembre se tomó la variable humedad debido a las pocas lluvias de la época, se dio tiempo a que lloviera un poco más, por tal razón dicha variable fue la última en tomarse.

6.2.1 Variable 1: área foliar

El área foliar es una de las variables de las cuales en el primer muestreo se obtuvo que si se encontraron diferencias significativas entre los sistemas.

Para este caso, en el segundo muestreo, en el cuadro 28 se observa una media del sistema convencional de 2.87 m²/planta y en el sistema café grama de 2.44 m²/planta. Según el análisis estadístico realizado se obtiene una t calculada de 2.41 que, comparándolo con la t tabulada, no se encuentran diferencias significativas entre ambos sistemas, con una significancia de 0.052. Esto puede ser debido al manejo que se le dio a la sombra en el mes de junio.

Cuadro 28. Resultado de la variable área foliar en m²/planta

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Media	2.87	2.44
Varianza	0.123	0.009
Varianza ponderada	0.066	
Grados de libertad	6	
t calculada	2.41	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.052	
Valor critico de dos colas	+/- 2.44	

Esta diferencia no significativa se supone que es debido al manejo de sombra, esto se representa mejor en la figura 32.

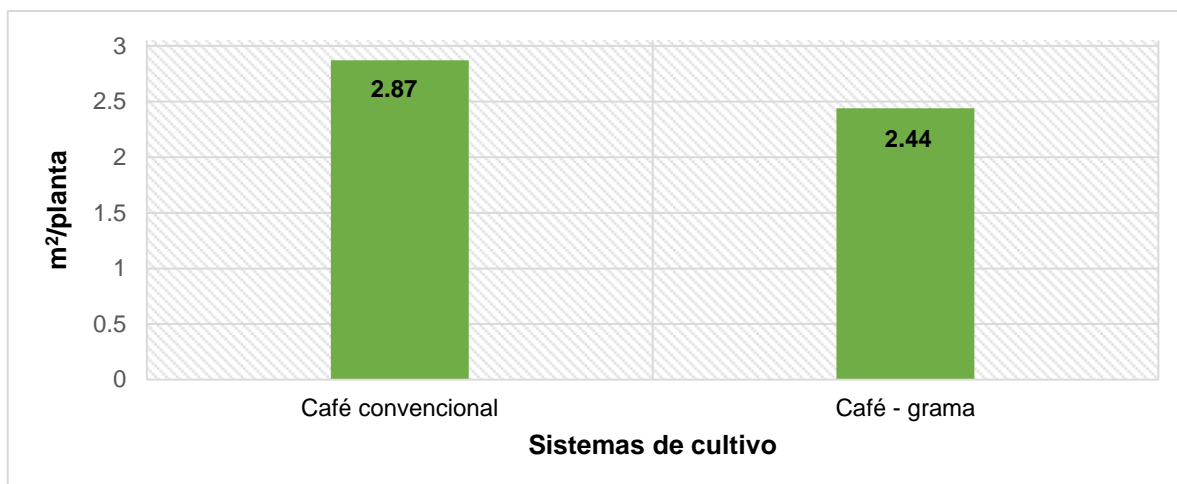


Figura 32. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable área foliar en m²/planta

6.2.2 Variable 2: porcentaje de humedad

Al igual que en el primer muestreo, se muestrearon dos puntos para obtener dos valores de humedad distintos dentro del mismo sistema.

A continuación, en el cuadro 29 se muestra un cuadro el cual contiene el porcentaje de humedad entre plantas.

Cuadro 29. Resultado de la variable porcentaje de humedad (entre plantas)

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Media	79.35	62.125
Varianza	96.297	122.609
Varianza ponderada	109.453	
Grados de libertad	6	
t calculada	2.328	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.059	
Valor crítico de dos colas	+/- 2.44	

La media en el sistema convencional es de 79.36 % mientras que en el sistema café grama es de 62.125 % con una significancia de 0.059. Dichos valores, analizados

muestran que no hay diferencia significativa en los valores de humedad en ambas parcelas.

Se concluye que estadísticamente los sistemas son iguales, en cuanto a la variable de humedad existente entre las plantas de cafeto. Seguidamente se presenta una gráfica (ver figura 33) en la cual se representan las medias entre los sistemas.

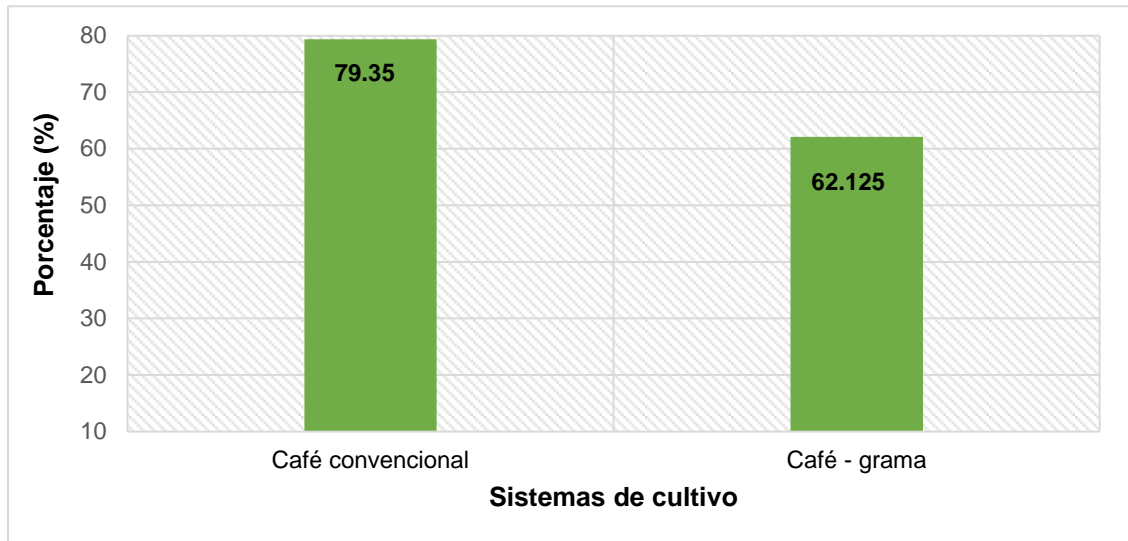


Figura 33. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable porcentaje de humedad (entre plantas)

Aunque exista diferencia absoluta, estadísticamente no hay ninguna diferencia entre ambos sistemas de cultivo. Estadísticamente son iguales.

El otro punto de muestreo de humedad fue entre los surcos. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 30.

Cuadro 30. Resultado obtenido de la variable porcentaje de humedad (entre surcos)

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Media	67.775	67.575
Varianza	6.729	21.409
Varianza ponderada	14.07	
Grados de libertad	6	
t calculada	0.0754	
P (t \geq) de dos colas (significancia)	0.942	
Valor crítico de dos colas	+/- 2.44	

El sistema convencional posee una media de 67.775 % mientras que el sistema de café grama es de 67.575 % con una diferencia absoluta del 0.2 % con una significancia de 0.94, con el valor de la t calculada, comparada con la t tabulada se concluye que no hay diferencias significativas. Estadísticamente el porcentaje de humedad es la misma tanto en el sistema convencional como en el sistema café grama. En comparación con el primer muestreo, en este si hubo diferencias significativas mientras que en el segundo muestreo no se encontraron diferencias significativas a continuación se hace una representación gráfica de esta diferencia (ver figura 34).

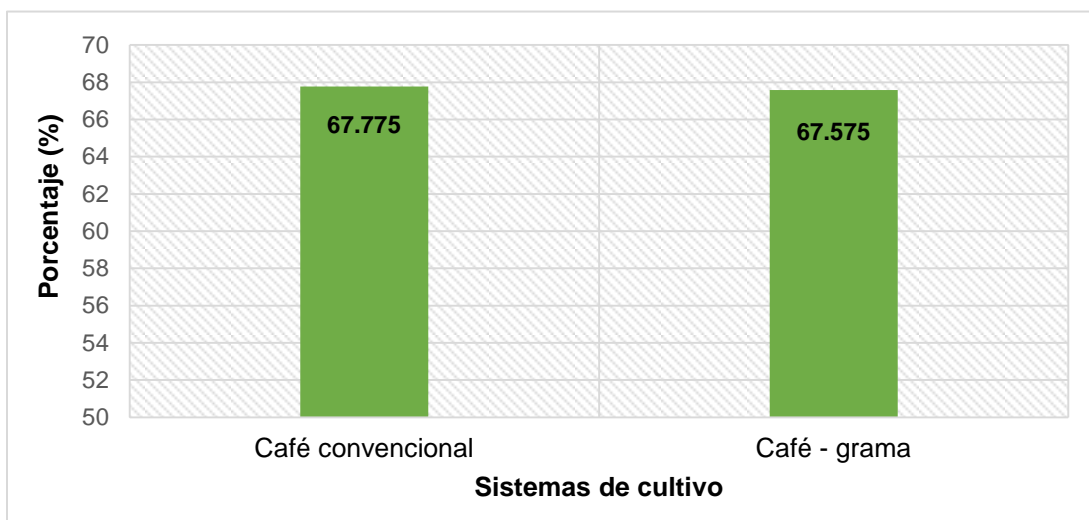


Figura 34. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable humedad (entre surcos)

6.2.3 Variable 3: índice de área foliar

Se obtuvo un índice de área foliar por repetición en campo, de cada sistema a las cuales se analizó estadísticamente y se obtuvo los datos presentados en el cuadro 31.

Cuadro 31. Resultado de la variable índice de área foliar

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Media	1.691	1.161
Varianza	0.042	0.002
Varianza ponderada	0.02	
Grados de libertad	6	
t calculada	5.03	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.002	
Valor crítico de dos colas	2.447	

El cuadro 31 muestra al sistema convencional con una media de 1.69 y al sistema café grama con 1.161 con una significancia de 0.002, debido al valor de la t calculada (5.03)

comparado con el valor t tabulada (2.44) se consigue concluir que existen diferencias significativas entre ambas parcelas mediante la variable de índice de área foliar.

Para ilustrar mejor los resultados del valor de las medias entre los sistemas de cultivo se presenta la siguiente gráfica (ver figura 35).

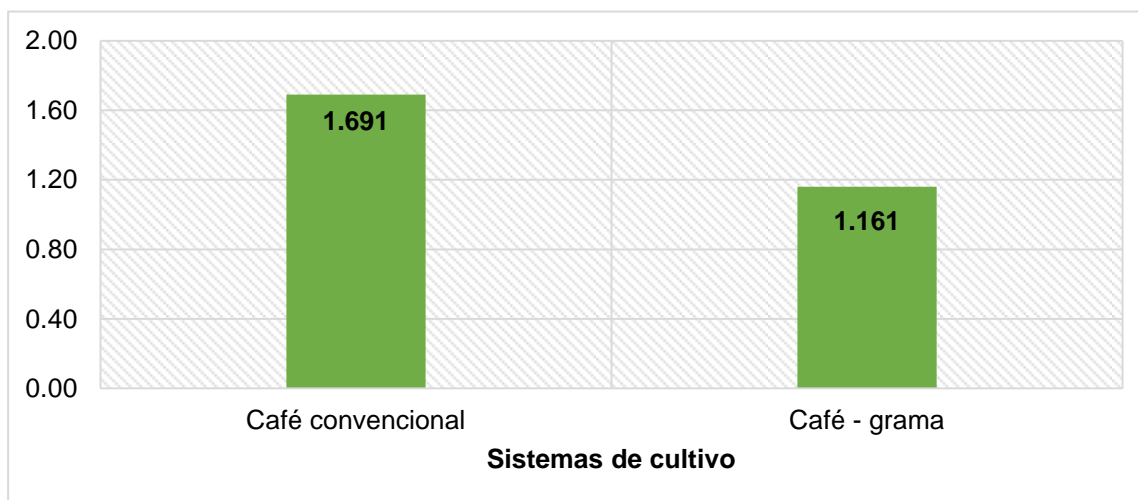


Figura 35. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable índice de área foliar

6.2.4 Variable 4: análisis químico del suelo

En el cuadro 32 se presentan los resultados de pH para café convencional y café-grama.

Cuadro 32. Resultado de la variable pH en el suelo

Parámetros	Café convencional	Café - grama
Media	11.71	9.6425
Varianza	11.93	0.72
Varianza ponderada	6.32	
Grados de libertad	6	
t calculada	1.163	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.29	
Valor crítico de dos colas	2.440	

El valor de la media en el sistema convencional es de 11.71 y en el sistema café grama es de 9.64 con una significancia de 0.29. Mediante la t calculada con valor de 1.163 se establece que no hay diferencias significativas (ver figura 36).



Figura 36. Gráfica de la comparación de medias en dos sistemas de cultivo en la variable pH en el suelo

De la misma manera en que se realizó el primer muestreo, se realizó el segundo muestreo en suelos. Los elementos evaluados son: pH, boro, fosforo, potasio, zinc, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico efectivo. Debido a que en base a los resultados obtenidos tanto del laboratorio y posterior del análisis de datos realizado se observó que ninguno de los elementos evaluados tanto en primer muestreo como en segundo muestreo tiene diferencias significativas en cuanto a la cantidad del elemento disponible en el suelo.

Es por ello que no se colocarán los resultados y gráficas obtenidos, ya que lo que se desea observar es si entre los sistemas existes diferencias no absolutas sino significativas, a continuación, se describirá una de las variables a la cual se le preste mucha atención en el estudio, porcentaje de materia orgánico, esto porque por las expectativas que creo este sistema y por el control al pasto que se le brinda.

Cuadro 33. Resultado obtenido de la variable porcentaje de materia orgánica

Parámetros (3 % - 6 %)	Café convencional	Café - grama
Media	4.868	4.518
Varianza	2.922	1.133
Varianza ponderada	2.027	
Grados de libertad	6	
t calculada	0.348	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.740	
Valor critico de dos colas	2.44	

Se observa una diferencia de medias muy parecidas (ver figura 37), del sistema convencional de 4.86 % y del café grama de 4.51 % habiendo una diferencia de tan solo 0.35 % la t calculada muestra que no hay diferencia significativa entre los sistemas de cultivos, con una significancia de 0.740.

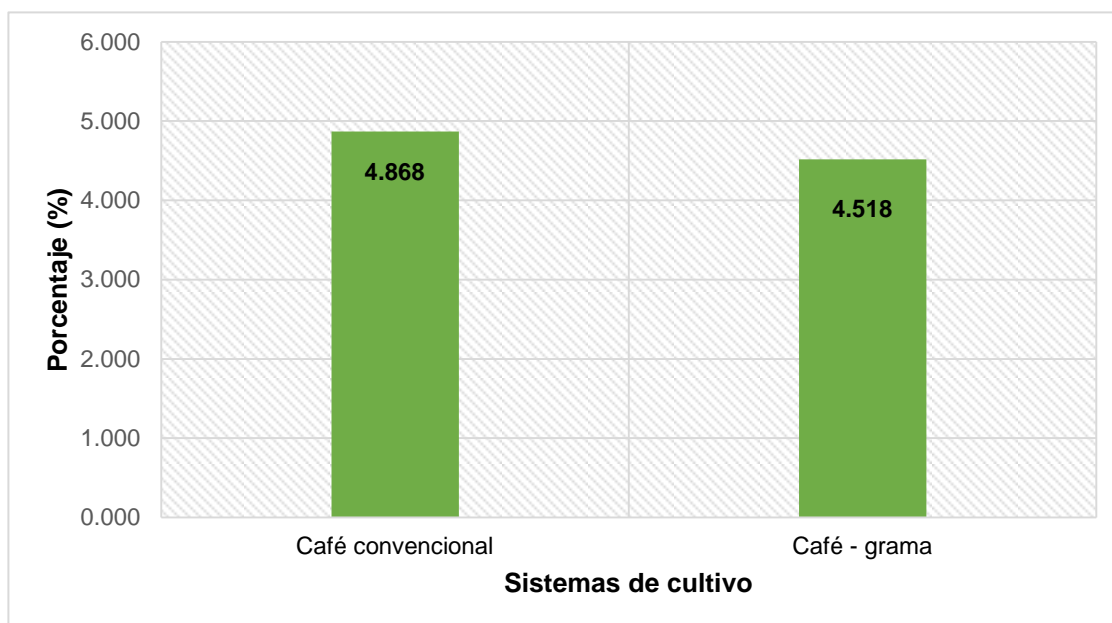


Figura 37. Gráfica de la comparación de las medias en dos sistemas de cultivo en la variable porcentaje de materia orgánica

Otra de las variables que se estudiaron en el análisis químico de suelos es la capacidad de intercambio catiónico efectivo –CICE-

En el suelo se encuentran los cationes ácidos (hidrógeno y aluminio) y los cationes básicos (calcio, magnesio, potasio y sodio). La fracción de los cationes básicos que ocupan posiciones en los coloides del suelo se refiere al porcentaje de saturación de bases. Cuando el pH del suelo se encuentra en estado neutral, 7, su saturación de bases llega a un 100 % y significa que no se encuentran iones de hidrogeno en los coloides (FAO, 2016).

En el cuadro 34, se muestran los resultados obtenidos.

Cuadro 34. Resultado de la variable CICE en Cmol/L

Parámetros (5-25 Cmol/L)	Café convencional	Café - grama
Media	11.165	11.88
Varianza	3.121	3.638
Varianza ponderada	3.380	
Grados de libertad	6	
t calculada	-0.550	
P (t>=) de dos colas (significancia)	0.602	
Valor critico de dos colas	2.44	

Se observa que existe una varianza de 3.380, la media del sistema convencional es de 11.165 Cmol/L y del sistema café grama de 11.88 Cmol/L hay mayor capacidad de intercambio en el sistema café grama con una significancia de 0.602. El 0.55 de la t calculada indica que no hay diferencias significativas entre los sistemas de cultivo. En seguida se muestra una gráfica que representa las medias (ver figura 38).

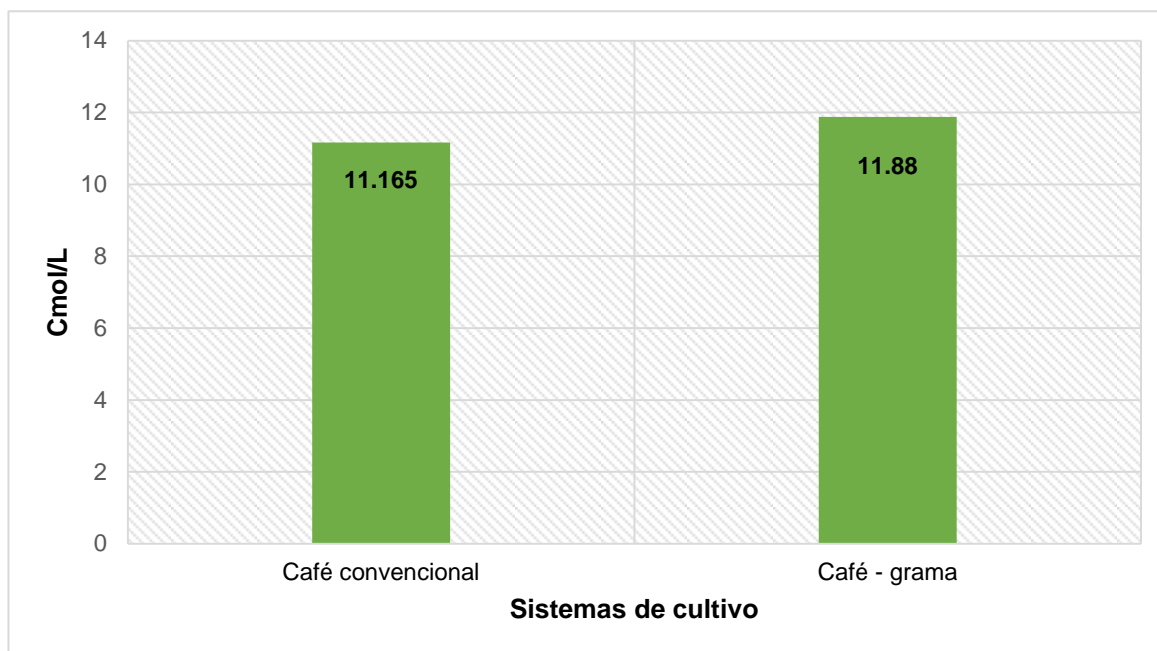


Figura 38. Gráfica de la comparación de las medias en dos sistemas de cultivo en la variable CICE en Cmol/L

6.2.5 Variable 5: análisis químico foliar

Al igual que lo sucedido en el análisis de suelo, los elementos del análisis químico foliar no presentan diferencia significativa en cuanto a los sistemas de cultivo. Este fenómeno también sucedió en el primer muestreo, ya que ningún elemento en el follaje se encontró con diferencia estadística, aunque sí hay diferencias absolutas.

6.3 Resumen de las variables evaluadas

Los cuadros 35 y 36, muestran un resumen de las variables evaluadas y los valores obtenidos, estos cuadros dan una vista rápida de los datos analizados estadísticamente.

Se puede apreciar que en el primer muestreo existen variables que, si presentan diferencias significativas, es decir que los sistemas no son iguales. Estas variables son: área foliar, índice de área foliar y humedad, tanto entre plantas como entre surcos y dentro del análisis de suelos la capacidad de intercambio catiónico efectivo CICE.

En el segundo muestreo se observa que tan solo una variable presentó diferencias significativas, la variable que presentó es el índice de área foliar, por lo que, las demás variables no tienen ninguna diferencia significativa.

Cuadro 35. Resumen de variables, primer muestreo

Sistemas a evaluar		Convencional	Café-Grama	SIG	T calculada	Significancia	
No. MUESTREO	VARIABLE	MEDIAS					
1	Área foliar	2.8 m ² /planta	1.64 m ² /planta	0.012	3.53	Si	
	Humedad entre plantas	87.23 %	50.00 %	0.02	3.04	Si	
	Humedad entre surcos	78.78 %	30.05 %	0.0023	5.06	Si	
	índice de área foliar	1.65	0.78	0.0035	4.65	Si	
	Análisis químico del suelo	pH	5.70	5.79	0.81	-0.26	No
		Boro	0.82 mg/L	0.63 mg/L	0.27	1.21	No
		Fósforo	58.11 mg/L	45.96 mg/L	0.56	0.62	No
		Potasio	0.86 Cmol(+)/L	0.87 Cmol(+)/L	0.93	-0.0924	No
		Zinc	6.03 mg/L	5.62 mg/L	0.76	0.313	No
		M. O.	4.63 %	4.72 %	0.89	-0.143	No
		CICe	7.98 Cmol(+)/L	9.56 Cmol(+)/L	0.043	-2.55	Si
	Análisis químico foliar	Nitrógeno	2.5 %	2.6 %	0.34	-1.038	No
		Fósforo	0.128 %	0.105 %	0.19	1.48	No
		Potasio	2.55 %	2.7025 %	0.088	-2.034	No
		Calcio	1.59 %	1.47 %	0.45	0.81	No
		Magnesio	0.34 %	0.33 %	0.87	0.16	No
		Boro	35.67 ppm	27.545 ppm	0.089	2.02	No
Zinc		8 ppm	6.98 ppm	0.1031	1.921	No	

Cuadro 36. Resumen de variables, segundo muestreo

Sistemas a evaluar		Convencional	Café-Grama	SIG	T calculada	Significancia	
No. MUESTREO	VARIABLE	MEDIAS					
2	Área foliar	2.87 m ² /planta	2.44 m ² /planta	0.052	2.41	No	
	Humedad entre plantas	79.35 %	62.125 %	0.059	2.328	No	
	Humedad entre surcos	67.775 %	67.575 %	0.942	0.075	No	
	índice de área foliar	1.691	1.161	0.002	5.03	Si	
	Análisis químico del suelo	pH	11.71	9.6425	0.29	1.163	No
		Boro	0.6125 mg/L	1.0325 mg/L	0.21	-1.37	No
		Fósforo	91.04mg/L	39.325 mg/L	0.24	1.30	No
		Potasio	0.89 Cmol(+)/L	1.1 Cmol(+)/L	0.071	-2.193	No
		Zinc	7.055 Cmol(+)/L	7.470 Cmol(+)/L	0.767	-0.310	No
		M. O.	4.868 %	4.518%	0.740	0.348	No
		CICe	11.165 Cmol(+)/L	11.88 Cmol(+)/L	0.602	-0.550	No
	Análisis químico foliar	Nitrógeno	2.885 %	2.760 %	0.170	1.557	No
		Fósforo	0.1775 %	0.1725 %	0.59	0.562	No
		Potasio	2.055 %	2.05 %	0.98	0.022	No
		Calcio	1.9625 %	2.0375 %	0.580	-0.583	No
Magnesio		0.3325 %	0.365 %	0.259	-1.245	No	
Boro		58.545 ppm	47.2125 ppm	0.141	1.694	No	
Zinc		11.35 ppm	14.165 ppm	0.249	-1.276	No	

6.4 Costos

Mediante un formulario elaborado por el Ing. Agr. Edgar López investigador de ANACAFÉ, se logró obtener la siguiente información acerca de los sistemas de cultivo.

La semilla que utilizan es de variedad caturra, proveniente del país de Costa Rica, con esta semilla se forman semilleros y almácigos, estos se trabajan de la misma manera pues el objetivo es verificar si bajo las mismas condiciones y el mismo manejo la productividad de la semilla varía. Previo a colocar la semilla en semilleros o almácigos, esta se

desinfesta pues es conveniente hacerlo para evitar el ataque de insectos o que se desarrollen enfermedades siendo aún plantilla.

La elaboración de semilleros consiste en una proporción de sustrato del 33 % de arena y 66 % de suelo. Se siembra dos variedades de café, *Coffea arabica* y *Coffea canephora* esto se ha realizado así, pero para fines de investigación se tomó solo la variedad de *C. arabica*, se utilizaron 1.25 qq de *C. arabica* para la elaboración de los semilleros, y 1 qq para *C. canephora*, esto se realizó de esta manera por la razón que el porcentaje de germinación de *canephora* es mayor que la *arabica*.

El semillero es colocado en camas o mesas de 15 m de largo por 1 m de ancho, el café es sembrado en bandas y al boleó, por mesa se colocan 25 lbs de semilla, cabe resaltar que un semillero efectivo necesita de un buen drenaje y para desinfectar se usa una bomba de mochila por 3 m³, aproximadamente.

La semilla se desinfesta con productos de BANROT y PREVALOR, de banrot se utilizó 6 onz disueltos en 200 l de agua y de prevalor en 200 l de agua se disolvió 60 cm³. A cada bolsa se le aplicó 25 cm³ de cada producto para desinfestar. Los almácigos se riegan dos veces al día en la temporada de enero a mayo, esto con el objetivo de facilitarle a la planta el crecimiento el sistema de riego que se utiliza es por micro aspersion.

En cuanto a la fertilización en almácigos se aplicó N-P-K, 20-20-0, se realizaron 6 aplicaciones en los meses de noviembre a mayo, la primera aplicación fue una dosis disuelta de 10 lb/tonel, la segunda aplicación de 15 lb/tonel, la tercera aplicación de 20 lb/tonel, la cuarta y quinta aplicación de 25 Lb/tonel y la sexta, que es la última, fue de 30 Lb/tonel, por lo que se observa que la dosis se triplica en la última aplicación.

Para el control químico de malezas, en almácigos, se utiliza glifosato se realiza una sola aplicación en el mes de marzo y se disuelve un 1 L/mz. Así también se realiza control manual de malezas, esta se realizada dos veces al año en el mes de agosto y septiembre.

Con respecto al control de plagas y enfermedades, en almácigos, se combate con plagas como, el minador, afidos y ácaros, se aplica decis como agroquímico en el mes de septiembre en una dosis de 350 cm³ en 200 L de agua. Cabe resaltar que no existe un plan establecido para el control de plagas, pues se aplica insecticidas solo si la planta lo necesita. No se toma como una actividad permanente de todos los años, sino que la aplicación se realiza solo si se observa la necesidad de aplicar. En cuanto a las enfermedades la más persistente es el mal de talluelo, se realizan aplicaciones del mes de mayo a octubre en una dosis de 6 onz en 200 L de agua. El fungicida que se utiliza es banrot y para la desinfección de suelos se aplica prevalor en la época de mayo a octubre en una dosis de 6.25 cm³ en 200 L de agua. El prevalor y banrot se aplican intercalados por mes, no se combinan, simplemente se intercala su uso. Por último, la cantidad de rechazo en almacigo es del 2 %.

La plantilla patrón (para injerto) nace de 45 a 60 días en que se coloca a el sustrato y a los 20-25 días se siembra la semilla aérea, se necesita que esta aérea sea más baja que el patrón y luego se adhiere para hacer el injerto con parafil m con el fin de dejar listo el injerto, para luego ser trasladado a otra cama, la cual se le llama propagador y se deja ahí un lapso de 30 días, hasta que salgan sus primeras hojas verdaderas.

En la plantación adulta, se realizan fertilizaciones al suelo de manera líquida, granulada y diluida. En ambos sistemas de plantación, con sombra y sin sombra con grama se realizaron las mismas aplicaciones, esto con el fin de poder establecer una comparación bajo las mismas condiciones. En el mes de noviembre se aplicó vydate L. que es un insecticida-nematicida con una dosis de 2 L/ha.

Se realiza aplicación de fertilización diluida en los meses de enero a abril, la formula aplicada es 20-20-20. En el mes de abril se realizada una enmienda de suelos, se aplica cal hidrosoluble, 700 qq/mz en área de café bajo sombra y 625 qq/mz en el area de café con grama.

En cuanto a insecticidas foliares se aplica endosulfan para combatir afidos, con dosis de 1.4 L/ha, esta aplicación se realiza solo si existe presencia de plagas, en este caso la plaga más común en el sector son los afidos.

Fungicida foliar se aplica en los meses de mayo, agosto y octubre; en ambos sistemas de cultivo (bajo sombra y sin sombra con grama) se aplica 350 cm³ por hectárea de enerfol aminoácidos, 2.25 L por hectárea de abono foliar NPK formula especial, 200 cm³ por hectárea de hierro foliar y 175 cm³ por hectárea de pegador pH. En la primera aplicación del mes de mayo además de lo mencionado con anterioridad se aplica 500 cm³/ha de opus, en el mes de agosto se cambia por 245 cc/ha de esferomax y en el mes de octubre este se camia por 500 cm³/ha de mancuerna.

Se realizan muestreos de suelos y foliar en los meses de enero y febrero, se toman 5 muestras por manzana, se toma muestra de 0 cm - 20 cm de profundidad y de 21 cm -40 cm de profundidad, se homogeniza y se saca una submuestra, esta se mezcla con otra submuestra para obtener una sola muestra de toda la finca. Los muestreos son llevados y analizados por el laboratorio de ANACAFÉ y de Tigsa.

Mientras tanto, el control de malezas empieza a tomar importancia en los meses de lluvia. Este control de malezas se divide en manejo químico, manual y mecánico; para el sistema bajo sombra se aplica glifosato en los meses de junio, agosto y octubre en una dosis de 2 L/ha mientras que el sistema sin sombra con grama se aplica premergente goal tender en el mes de junio y herbicida+glifosato en el mes de septiembre, la dosis de aplicación es la misma que el sistema bajo sombra. Se realiza el primer control manual de malezas en el mes de abril, para el sistema bajo sombra, mientras que para el sistema con grama se realizan en los meses de junio, julio y agosto. Y el control mecánico solo se realiza para el sistema con grama, en los meses de mayo, junio, julio y septiembre; meses en los cuales llueve.

Se debe tomar en cuenta que se realizan monitoreos fitosanitarios dentro del cafetal, ambos sistemas, posterior a identificar las áreas afectadas, estas se dejan marcadas, aunque la aplicación se realiza de manera general y no foqueada.

En cuanto al manejo y conservación de suelo, ambos sistemas se encuentran con un suelo de baja erosión y los surcos se encuentran trazados contra la pendiente. Los sistemas de cultivo de variedad caturra, como ya se mencionó, son de una sola postura y poseen 2 años de edad, el área que ocupa cada sistema es de 8 ha. Cada sistema tiene diferente distanciamiento tanto entre planta como entre surcos; la distancia de café con sombra es de 1 m *1.70 m, mientras que el café con grama tiene un distanciamiento de 3 m *0.7 m.

Referente a la sombra, esta tiene una distancia de siembra de 10 m * 10 m, aproximadamente, se maneja una sombra del 40 % y la época de manejo corresponde a los meses de marzo, abril y mayo, entre las especies que se encuentran en esta parcela de café bajo sombra es; genero inga, gravilea, entre otros.

Los costos dados son en base a las actividades que se realizan a lo largo del año.

Sistema convencional

- Limpia manual
- Aplicación Foliar Moch/Fung.
- Fertilización granulada al suelo
- Descope de sombra manual
- Re siembra (ahoyado, siembra y fertilización)
- Carga y descarga de pilón de café
- Aplicación de herbicidas
- Mantenimiento, tomas de drenaje C
- Pago a caporales

Sistema café grama

- Actividades de raspa, azadón
- Aplicación foliar Moch/Fung.
- Fertilización granulada al suelo
- Aplicación insecticida nematicida
- Mantenimiento de tomas de drenaje C
- Pago a caporales

Cabe mencionar que en temporada de invierno el manejo del pasto es más intensivo que en época seca, pues se realiza manejo mecánico (tractor con raspa, chapeadora) y manual (azadón, eliminación de raicillas y chapeadora eléctrica) cada mes, debido al rápido crecimiento del pasto. Es aquí cuando los costos del sistema se incrementan.

A continuación, se puede observar una gráfica comparativa (ver figura 39) de los costos de cada sistema, por hectárea.

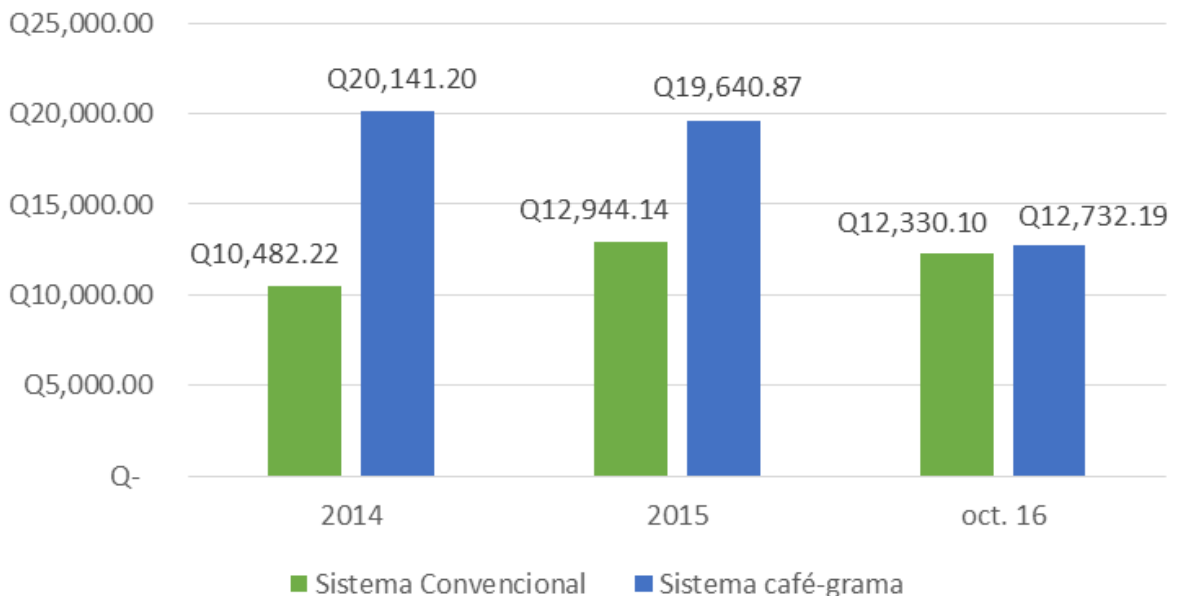


Figura 39. Gráfica de representación gráfica del mantenimiento de los cafetales

7 CONCLUSIONES

1. Se encontraron diferencias significativas en la variable evaluada de área foliar en m^2/planta en el primer muestreo, siendo el valor del sistema convencional de 2.8 m^2/planta y del sistema café grama de 1.64 m^2/planta . Siendo el área foliar mayor en el sistema tradicional o convencional.
2. En la variable humedad se encontraron diferencias significativas, siendo mayor en el sistema convencional tanto en la época seca como en la época lluviosa (primer y segundo muestreo) lo que muestra que la grama no tiene retención de agua o acumulación de humedad en el suelo más que el sistema convencional.
3. El índice de área foliar es dado respecto al área, en este caso por hectárea, esta variable fue la única que presentó diferencia significativa tanto en el primer muestreo como en el segundo muestreo, siendo mayor en ambos casos en el sistema convencional. Esto derivado del área foliar que poseen las plantas en cada sistema de cultivo.
4. En cuanto a la fertilidad de suelos no se presentaron diferencias significativas estadísticamente tanto en el primer muestro como en el segundo.
5. Capacidad de intercambio catiónico efectivo, fue otra de las variables que presentó diferencia significativa en el primer muestreo; siendo mayor en el sistema café grama, esto dado por las cargas positivas, esto también se presentó en el segundo muestreo, con la diferencia que no se obtuvo diferencia significativa entre ambos sistemas.
6. Que el área foliar sea mayor en el sistema convencional (tanto en el primer muestreo como en el segundo) muestra que la lámina de la hoja se extiende más captando

mayor cantidad de energía lumínica, fenómeno que no sucede en el sistema café grama, ya que la planta recibe tanta luz como puede sin que nada le obstaculice.

7. Se realizó el análisis de T student, las variables: área foliar, humedad, análisis químico del suelo y análisis químico foliar en el segundo muestreo, no mostraron diferencia significativa por lo que se asume que ambos sistemas son iguales.

8. No se obtuvo diferencia significativa en el contenido de materia orgánica presente en el suelo, pues no se ha manifestado la bondad de la grama en el acumulo de materia orgánica como reciclaje de material orgánico al sistema.

8 RECOMENDACIONES

1. Dar seguimiento a la investigación a corto plazo, evaluando el rendimiento de la cosecha del presente año, cosecha 2016-2017 para poder concluir no solo con las diferencias que presentan los sistemas en cuanto al rendimiento vegetativo o en suelos sino también con el rendimiento del fruto.
2. Evaluar la calidad de tasa, comparando los dos sistemas de cultivo.
3. Continuar con los estudios realizados en cuanto al rendimiento vegetativo y fertilidad en suelos a lo largo de los años, pues al no presentar diferencias significativas en esta investigación podría deberse a la prematura edad de la implementación de los cafetales.

9 BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, RM. 2012. Importancia de la sombra en el cultivo de café (en línea). Guatemala, ANACAFÉ. Consultado 15 mar 2016. Disponible en http://www.ANACAFÉ.org/glifos/index.php/13NOT:NT_Importancia_sombra_cafe
2. ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café, GT). 2010. Algunas consideraciones para interpretar los resultados de un informe del laboratorio de suelos (en línea). Guatemala. Consultado 15 mar 2016. Disponible en http://www.ANACAFÉ.org/glifos/index.php?title=Interpretacion_resultados_suelos
3. _____. 2012. Evaluación del potencial de reúso de aguas mieles, según caracterización fisicoquímica, con fines de fertirriego para la agricultura. Guatemala. 64 p.
4. _____. 2014. Guía técnica de caficultura. Guatemala. 212 p.
5. _____. 2016a. Cambio climático y sus implicaciones para el sector cafetalero. Guatemala. 18 p.
6. _____. 2016b. Muestreo de suelos en el cultivo de café (en línea). Guatemala. Consultado 21 oct 2016. Disponible en http://www.ANACAFÉ.org/glifos/index.php?title=Muestreo_de_suelos
7. _____. s.f. La sombra del cafetal (en línea). Guatemala. Consultado 15 mar 2016. Disponible en http://www.ANACAFÉ.org/glifos/index.php/Caficultura_Sombra#Tipos_de_sombra
8. ANALAB (Análisis de Suelos, Plantas y Aguas, GT). 2015. ANALAB, análisis de suelos, plantas y aguas (en línea). Guatemala. Consultado 15 mar 2016. http://ANACAFÉ.org/glifos/images/4/41/Brochure-analab_2015.pdf
9. _____. s.f. Criterios de aceptación: bolsa Analab para muestreos (en línea). Consultado 27 may 2016. Disponible en <http://ANACAFÉ.org/glifos/images/e/e0/Criterios-analab-2016.pdf>
10. Aranda Bezaury, JC; González Bustamante, B; Reyes Santiago, T. 2014. Guía de buenas prácticas para la producción de café sustentable (en línea). México, Alianza México REDD+. 120 p. Consultado 14 abr 2016. Disponible en http://www.alianza-mredd.org/uploads/ckfinder_files/files/coffee_production.pdf
11. Avila, J. s.f. Acidez del suelo, capacidad de intercambio catiónico efectivo (en línea). Costa Rica. Consultado 18 oct 2016. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/acidez_suelo.pdf

12. Bewsey, H; Cummins, R. 2016. Bajo la sombra: seis razones para elegir café orgánico cultivado bajo sombra y proveniente de comercio justo (en línea). Estados Unidos de América. Consultado 15 mar 2016. Disponible en <http://articulos.mercola.com/sitios/articulos/archivo/2014/11/12/cafe-producido-bajo-lasombra.aspx>
13. Camargo de León, S. s.f. La sombra en el café: acción fisiológica de la luz sobre el cafeto (en línea). Guatemala, ANACAFÉ. Consultado 15 mar 2016. Disponible en [http://www.ANACAFÉ.org/glifos/index.php?title=La sombra y el cafe](http://www.ANACAFÉ.org/glifos/index.php?title=La+sombra+y+el+cafe)
14. Castellón, E; Monterrey, J. 1993. Área foliar del cafeto en función del largo y ancho de la hoja (en línea). *In* Simposio sobre caficultura latinoamericana (16, 1993, Managua, NI). Memorias. Tegucigalpa, Honduras, IICA / PROMECAFE. Consultado 18 abr 2016. Disponible en https://books.google.com.gt/books?id=eZhtAAAIAAJ&pg=PA237&lpg=PA237&dq=XVI+simposio+de+caficultura+latinoamericana+area+foliar&source=bl&ots=Hn1cHSjX Xc&sig=uZvhkcvugyK_Tatyrler7t6W7M&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=XVI%20simposio%20de%20caficultura%20latinoamericana%20area%20foliar&f=false
15. CENICAFÉ (Centro Nacional de Investigación de Café de Colombia). 2007. Desarrollo vegetativo del cafeto: desarrollo foliar y su relación con el crecimiento y producción de la planta. Colombia. 40 p.
16. _____. 2013. Manual cafetalero colombiano. Colombia. tomo 2, 354 p.
17. Cultivo del cafeto o planta de café: requerimientos de clima y suelo (en línea). 2002. España, La Página de Bredi. Consultado 15 mar 2016. Disponible en [http://www.bedri.es/Comer y beber/Cafe/Cultivo del cafeto.htm](http://www.bedri.es/Comer+y+beber/Cafe/Cultivo+del+cafeto.htm)
18. FAO, IT. 2006. Humedad del suelo (en línea). Roma, Italia. Consultado 21 oct 2016. Disponible en http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/sm/sm_pres.pdf
19. _____. 2016a. Propiedades físicas del suelo (en línea). Roma, Italia. Consultado 26 oct 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
20. _____. 2016b. Propiedades químicas: capacidad de intercambio catiónico (CIC) (en línea). Roma, Italia. Consultado 15 mar 2016. Disponible en <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>
21. Farfán Valencia, F. 2008. Producción de café en sistemas agroforestales (en línea). Colombia, CENICAFE. p. 162-200. Consultado 15 mar 2016. Disponible en <http://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo8.pdf>

22. FAUSAC (USAC, Facultad de Agronomía, GT). 2013. Plan de manejo de las microcuencas río Tulujá, Las Minas y El Bosque, Villa Canales, Guatemala. Guatemala. 269 p.
23. Fournier, L. s.f. El cultivo del café al sol o a la sombra: un enfoque agronómico y eco fisiológico (en línea). *Agronomía Costarricense* 12(1):131-146. Consultado 21 oct 2016. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_agr/v12n01_131.pdf
24. GTM (Grupo TransMerQuim). 2015. Nutrición foliar en café. Guatemala. 36 p.
25. Hempstead, WH. 2011. Green book: guatemalan coffees. 2 ed. Guatemala, ANCAFE. 46 p.
26. INSIVUMEH (Instituto Nacional Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 2016. Datos meteorológicos de los departamentos (en línea). Guatemala. Consultado 15 mar 2016. Disponible en <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTADISTICAS.htm>
27. Matta Canga, R. 2008. Análisis físico-mecánico del suelo (en línea). Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola y Recursos Hídricos. Consultado 15 mar 2016. Disponible en <http://www2.udec.cl/~rmatta/Suelos/index.html>
28. Mendenhall, W; Sincich, T. 1997. Probabilidad estadística para ingeniería y ciencias. México, Hispanoamericana. 300 p.
29. Méndez, C. 2016. Establecimiento del pasto Ruzi (entrevista). Villa Canales, Guatemala, Administrador de Finca La Virgen.
30. OIRSA, CR. 2000. Manual café orgánico: manual técnico buenas prácticas de cultivo en café orgánico (para productores). Costa Rica. 50 p
31. Ruales Zambrano, GC. 2013. Lección 40: medición de la humedad del suelo (en línea). *In* Hidrología. Pasto, Colombia, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Consultado 15 mar 2016. Disponible en http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30172/MODULO%20HIDROLOGIA/leccin_40_medicin_de_la_humedad_del_suelo.html
32. SEMIAGRO, GT. 2013. Mas producción con *Brachiaria Ruziziensis* dentro del café (en línea). *El Cafetal* no. 35. Consultado 14 abr 2016. Disponible en http://www.ANACAFÉ.org/glifos/images/c/c2/2013_36_El_Cafetal.pdf
33. USDA, US. 2016. Tesauro y glosario agrícola: índice de área foliar (en línea). US. Consultado 15 mar 2016. Disponible en <http://agclass.nal.usda.gov/mtwdk.exe?k=2007es&l=115&w=49423&n=1&s=5&t=2>

34. Vera, R; Martín, VJ; Formoso, D; Pizarro, EA. 2015. *Brachiaria ruzizensis* (en línea). *In* Pasturas de América: plantas forrajeras. Consultado 15 mar 2016. Disponible en <http://www.pasturasdeamerica.com/plantas-forrajeras/brachiaria-ruzizensis/>
35. Warnock, R; Valenzuela, J; Trujillo, A; Madriz, P; Gutiérrez, M. 2006. Área foliar, componentes del área foliar y rendimiento de seis genotipos de caraota (en línea). *Agronomía Trop.* 56(1):21-42. Consultado 21 oct 2016. Disponible en <http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v56n1/art02.pdf>

10 ANEXOS

Figura 40A. Fotografías de cafetales


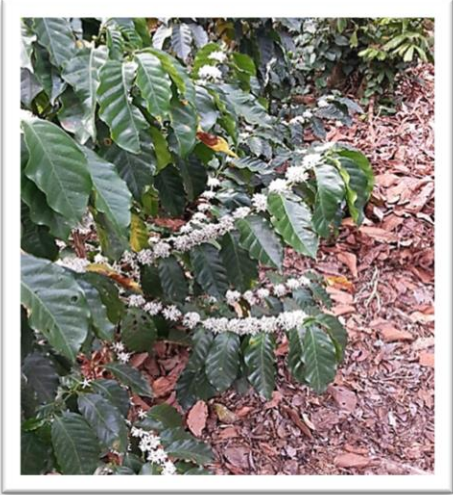


<p>17/Marzo/2016 El sistema café-grama, no presenta floración</p> 	<p>17/Marzo/2016 Primera floración, en sistema convencional</p> 
<p>21/Marzo/2016 Defoliación, en sistema café-grama</p> 	<p>21/Marzo/2016 Defoliación, en sistema convencional</p> 

Figura 41A. Fotografía de marcaje de parcelas

31/Marzo/2016

Re establecimiento de parcelas y marcación en puntos clave



31/Marzo/2016

Re establecimiento de parcelas y marcación en puntos clave



5/Abril/2016

Floración en sistema café-grama



5/Abril/2016

El sistema convencional, no presenta floración



Figura 42A. Fotografías de cafetales y almácigos

8/Junio/2016

Actividades de tractor con chapeadora, esta fue adaptada para esta tipología de siembra del café



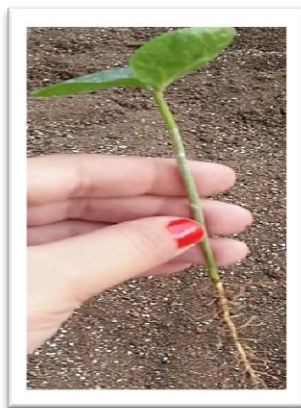
Junio/2016

Semilleros, camas de 15m de largo y 1m de ancho por 25 Lb de semilla



Junio/2016

Injertos, están compuestas por “patrón” y “aérea”; primero se siembra el patrón (se lleva 45-60 días aprox.) y a los 20-25 días se siembra la aérea. Se adhiere con parafilm.



Junio/2016

Posterior al injerto, se encuentran en el propagador



Figura 43A. Fotografías de actividades en cafetales

Julio/2016
Actividades de Rastra



Agosto/2016
Actividades de Fertilización



17/Agosto/2016
Re siembra en plantaciones



Análisis visual de los dos sistemas de cultivo.





CAPÍTULO III

SERVICIOS REALIZADOS EN LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ -ANACAFÉ-

SERVICIO 1: EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS DEL BENEFICIADO HÚMEDO DE CAFÉ CON FINES DE NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DE CAFÉ, SANTO TOMAS PACHUJ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ

1. INTRODUCCIÓN

Considerando el impacto causada por el proceso del beneficiado húmedo de café, el cual ha tomado importancia debido a las regulaciones nacionales, sellos y certificaciones internacionales, así como la responsabilidad ambiental del sector cafetalero por un desarrollo sostenible, es por ello que se estableció un sistema de tratamiento de agua (físico y químico) en la Finca Santo Tomás Pachuj, San Lucas Tolimán, este sistema generará agua tratada para ser utilizada mediante riego artesanal (manual), en parcelas experimentales que permitan estudiar los efectos tanto a nivel de concentraciones de elementos minerales nutritivos en el suelo como en el área foliar y poder inferir con ello resultados con ventaja positiva o negativa (Fitotoxicidad).

Dentro de los recursos naturales el agua es de vital importancia humana por lo que es de suma importancia efectuar esfuerzos entre las universidades, sector privado e instituciones que generan tecnología para contrarrestar la degeneración del recurso vital como el agua.

En las primeras etapas del cafeto luego de un manejo de tejido productivo y en las temporadas de verano la planta sufre estrés hídrico y es de suma importancia proveerles de riego y en este estudio se pretende hacerlo con agua residual tratada aparte que conservará y mejorará los niveles de fertilidad.

2. ANTECEDENTES

El sector café se ha caracterizado por ser un sector amigable con el ambiente, ya que las condiciones en las que normalmente se desarrolla el café es en bajo sombra; lo que indica la presencia de árboles dentro de las plantaciones de café. Lo que indica que el café es un sistema agroforestal. Se han hecho innumerables trabajos por mejorar la calidad y productividad en el café sin dejar a un lado el compromiso social y ambiental que se tiene con el país.

Para fines de mejoras en la problemática de la disposición final de las aguas residuales, se adoptó el uso de plantas de tratamientos, la investigación Evaluación del potencial de reúso de las aguas mieles, según la caracterización fisicoquímica, con fines de fertirriego para la agricultura, en la Cooperativa Nuevo Sendero, Barberena, Santa Rosa, realizada en el año 2012 por un estudiante ingeniería ambiental junto con el apoyo de CEDICAFÉ y ANALAB, muestra una propuesta que ofrece una solución parcial sobre las descargas de agua, evaluando fisicoquímicamente las mismas y así comparar con los parámetros de calidad de agua para riego y de esta manera aprovecharla en la agricultura.

A continuación, se muestran algunas de las conclusiones que se obtuvieron por medio de la investigación acerca del agua en beneficios húmedos y plantas de tratamiento:

- Los valores de DBO DQO y sólidos en aguas mieles son muy altos, al aplicarse agua cruda para fertirriego puede causar daños en la planta, reduciendo así la infiltración en el área radicular de la planta, disminuyendo la disponibilidad de oxígeno para la planta y ocasionando problemas de hongos o enfermedades.
- Las aguas mieles no es recomendable verterse en crudo (sin ningún tratamiento previo a aplicarse como riego) ya que el pH por lo general es muy ácido y puede quemar la planta, entre otros efectos secundarios negativos que puede tener.
- Las aguas mieles presentan una salinidad de ligera a moderada hasta severa restricción. Esto debido a la concentración de sales en las mismas.
- Tomar en cuenta que los parámetros medios aumentan conforme aumenta los quintales de café procesado.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 MARCO TEORICO

3.1.1.1 *Manejo de sombra*

El café tiene su origen en el bosque sombrío de la selva tropical africana por lo que un ambiente sombreado es favorable al cultivo. En Guatemala se ha cultivado tradicionalmente bajo sombra fundamentado en factores eco-fisiológicos, económicos y de mercado (ANACAFÉ, 2014).

3.1.2 *Muestro de suelos y foliar*

Son básicos para el desarrollo de un programa de fertilización y enmiendas efectivo. Un adecuado procedimiento en la recolección de la muestra garantiza que los resultados del laboratorio sean acordes a lo que realmente existe en el suelo y en base a ello, suplir los requerimientos de la planta (ANACAFÉ, 2014).

3.1.3 *Manejo integrado de plagas y enfermedades*

El manejo integrado de plagas y enfermedades integra los diferentes métodos de control para mantener las poblaciones de plagas y enfermedades en niveles económicamente aceptables y compatibles con la conservación del medio ambiente. La base para su implantación es el muestreo continuo, lo cual permite determinar los niveles de infestación o infección. Entre los métodos de control que se integran dentro de un programa de manejo integrado están: Control biológico, Control etológico, Control legal, Control cultural o de cultivo, control autocida, control químico (ANACAFÉ, 2014).

3.1.4 Producción sostenible

La caficultura es una actividad orientada al desarrollo de un modelo económico y social respetuoso con el medio ambiente, lo cual debe prevalecer en todas las etapas del cultivo (ANACAFÉ, 2014).

3.1.5 Beneficio Húmedo del Café

Es el proceso de transformar el fruto del café maduro a pergamino seco de punto comercial, a través de las siguientes etapas (Manual de beneficiado húmedo del café, 2005):

- Recolección del fruto maduro
- Recibo y clasificación
- Despulpado y clasificación
- Remoción del mucílago
- Lavado y clasificación
- Secamiento
- Almacenamiento

3.1.6 Fertilidad de Suelos

Los cultivos necesitan los mismos nutrientes en los sistemas de agricultura de conservación que en los sistemas de labranza convencional. La diferencia radica en el tipo y momento de aplicación de fertilizantes, así como la reducción de las actividades de preparación de tierra que pueden actuar sobre los nutrientes en las siguientes formas:

- Los nutrientes inmóviles pueden acumularse en las capas superficiales
- La mineralización del nitrógeno se reduce en la agricultura de conservación

- La aplicación superficial de fertilizantes amoniacales puede acidificar la superficie del suelo

Cuando se usan sistemas de labranza mínima en la agricultura de conservación, la aplicación de fertilizantes no diferirá de la práctica de aplicación en los sistemas convencionales. Sin embargo, cuando se aplica la siembra directa en la agricultura de conservación, las estrategias deben ser desarrolladas para superar los factores ya mencionados (FAO, s.f.).

Acidificación del suelo

El uso de ciertos fertilizantes nitrogenados tiene efecto sobre la acidez del suelo. Generalmente, los cultivos prefieren un pH entre 6 y 7 debido a que este valor permita la máxima disponibilidad de nutrientes. Las aplicaciones superficiales del nitrógeno reducen el pH y como resultado reducen el efecto de ciertos herbicidas (FAO, s.f.)

Importancia del muestreo de suelos en el cultivo de café

El muestreo de suelos es la práctica que ayuda, tomando como base los resultados del análisis de laboratorio, a elaborar un programa de nutrición que llene los requerimientos del suelo y las necesidades del cultivo, incrementando la producción de la plantación y garantizando la inversión del caficultor.

Esta actividad es de gran importancia en el cultivo de café consiste en la recolección de muestras de suelo en los cafetales, de forma sistematizada, con el propósito de determinar las cantidades de los elementos minerales que están presentes en el suelo, los cuales son esenciales y necesarios para la vida de las plantas, también a través del análisis de las muestras, se conocen las diferentes interacciones que tienen estos elementos en el suelo, así como la cantidad de materia orgánica y las condiciones físicas y químicas del suelo.

El cafeto toma algunos nutrientes del aire y otros del agua; pero la mayoría de los nutrientes principales los toma del suelo a través de las raicillas (El Cafetal, 2015).

3.1.7 **Acuerdo Gubernativo No. 66-2005**

El reglamento tiene por objeto regular las descargas directas de aguas residuales a cuerpos receptores de agua, sean estos superficiales, subterráneos o alcantarillados sanitarios, estableciendo para el efecto los límites máximos permisibles de los parámetros obligatorios, previo a ser vertidas, así como regular el reuso de las aguas residuales tratadas. Dividido en diez capítulos que dan especificaciones precisas que deben seguirse (Acuerdo Gubernativo No. 66-2005).

CUERPO RECEPTOR: El depósito de agua, embalse, cauce (río, quebrada, lago, laguna, manantial), humedal, zona marina, estero (mar, manglar, pantano) o sistema de alcantarillados en donde se descargan aguas residuales; así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006).

LODOS: La mezcla de aguas residuales y sólidos sedimentados, resultantes de los diversos procesos de tratamiento y manejo de las aguas residuales (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006).

REUSO: El aprovechamiento de un efluente antes de su vertido (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006).

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: Cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para modificar las condiciones de las aguas residuales (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006).

3.1.8 **Acuerdo Gubernativo No. 236-2006**

La Constitución Política de la República de Guatemala emite el “Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y disposición de lodos” el cual tiene por objeto; establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de

aguas residuales, así como para la disposición de lodos. Lo anterior para que, a través del mejoramiento de las características de dichas aguas, se logre establecer un proceso continuo que permita:

- d) Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana
- e) Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización
- f) Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada

El objeto del reglamento establecer los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueva la conservación y mejoramiento del recurso hídrico. El cual está dividido en doce capítulos en los que se encuentra las especificaciones precisas que deben seguirse (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 *Datos generales de la finca*

(ANACAFÉ, 2016)

- Nombre de la finca: Santo Tomas Pachuj
- No. De Registro en ANACAFÉ: 7299
- Ubicación: San Lucas Tolimán, Sololá – Región II
- Área con café: 95 Mz.
- Variedades de café: Caturra
- Hidrología:
- Fuentes de agua Nacimientos: 3
- Ríos: 1
- Coordenadas: $y= 14.5833$ $x= -91.1167$
- Altitud: 800 – 2400 msnm.
- T° promedio anual: 24 °C
- Precipitación promedio anual: 2000 – 4000 milímetros

3.2.2 *Caracterización general del beneficio húmedo*

Tanque colector Homogeneizador: Construido de mampostería de block reforzado, este tanque tiene la función de colectar y homogeneizar (mezclar) las aguas mieles de al menos dos días de operación. Por lo que recibirá las aguas residuales provenientes del decantador. Este diseño permite separar lodos que naturalmente se sedimentarán durante la operación de la planta, ya que cuenta con un sistema de drenaje. Consta de un sistema de paso la cual tendrá la función de regular el caudal (cantidad de agua por minuto) de aguas que continuarán su tratamiento (hacia el canal de tamizado) (ANACAFÉ, 2014).

Canal de Tamizado: Construido de mampostería de block reforzado, este canal contará con al menos 10 tamices que deberán ser desmontables para su limpieza durante la operación y al finalizar la misma, por lo que la construcción del canal deberá contemplar las batientes que se indiquen. Su fin es separar físicamente los sólidos de mayor tamaño (ANACAFÉ, 2014).

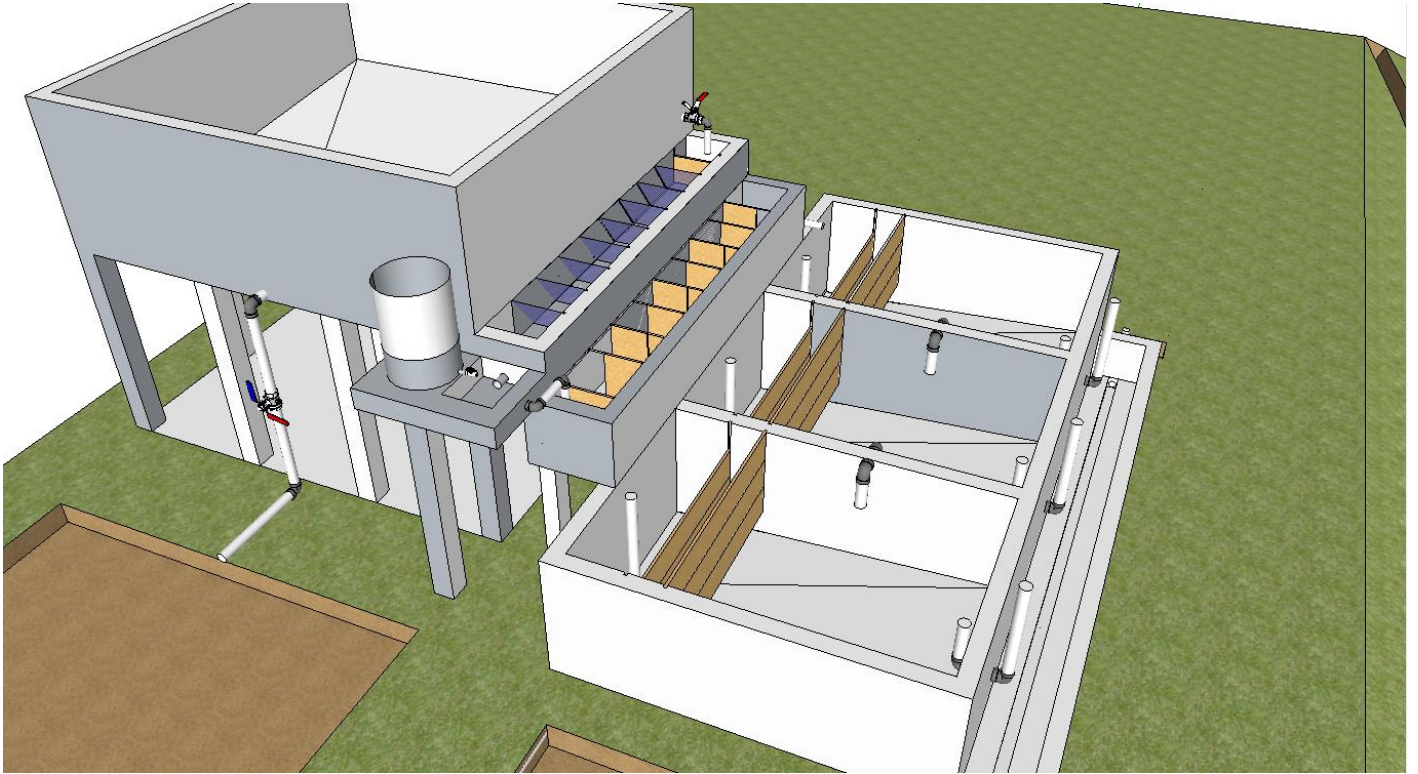
Neutralización: Está compuesto por dos partes, la primera es un tonel de plástico o metal con capacidad de 200 litros y la segunda una caja de mezcla construida de mampostería de block reforzado. El tonel será utilizado para elaborar la lechada de hidróxido de calcio. Dicho tonel deberá contar con un drenaje de 1” y llave de paso de la misma medida, con el fin de poder dosificar la lechada de cal en el flujo de agua miel (ANACAFÉ, 2014).

Canal Floculador: Construido de mampostería de block reforzado, este canal contará con al menos 10 deflectores fabricados con base de metal y pantalla de madera. El objetivo de esta etapa es provocar turbulencia en el flujo de agua, a través del choque del mismo con cada deflector, con lo cual se formarán los floculos de materia orgánica concentrada en el agua miel y así favorecer su precipitación-sedimentación en la siguiente etapa. También, es importante mencionar que dicha turbulencia provocada, favorecerá la mezcla del agua miel con el hidróxido de calcio que se aplicó anteriormente. Al inicio del canal, en la entrada del agua miel (+cal) deberá instalarse una pantalla (compuerta) desmontable, de 30 centímetros de altura. Dicha pantalla tendrá la función de romper la presión del agua que ingresa al canal con el fin que el proceso sea lento (ANACAFÉ, 2014).

Tanques de Sedimentación: Construido de mampostería de block reforzado, estos tanques tienen la función de colectar las aguas mieles tratadas físicas y químicamente, durante un tiempo aproximado de 48 horas. Sin movimiento. Durante el período de tiempo como resultado de las etapas anteriores, se esperan separar los sólidos orgánicos presentes en el agua miel inicial, para que pueda ser manejado por separado como un lodo. Esto permitirá separa el agua “clarificada” a través de un “codo falso”, que posteriormente será aprovechada en un sistema de riego (ferti-riego) (ANACAFÉ, 2014).

Fosas para Deshidratación de Lodos: Se trata de excavaciones de poca profundidad, sin revestimiento, en donde se busca drenar los lodos sedimentados en los tanques para dicho fin, con el objetivo de que estos se deshidraten al punto en que puedan fácilmente ser transportados hacia otro lugar para compostaje. La deshidratación de lodos, se lograría a través de la infiltración de agua en el suelo, así como el efecto natural del suelo y el viento (ANACAFÉ, 2014).

A continuación, se muestra el sistema de tratamiento de aguas residuales (ver figura 44), establecida en Santo Tomas Pachuj, San Lucas Tolimán, Sololá.



Fuente: ANACAFÉ, 2014. Protocolo 1

Figura 44. Vista de diseño de Sistema de tratamiento de aguas residuales -STAR-

Identificación de los puntos de toma de muestra de Agua

- Agua limpia: Como su nombre lo indica es el agua antes de utilizarse en el beneficio húmedo, esta agua específicamente de Santo Tomas Pachuj, es proveniente de un nacimiento de agua que se encuentra dentro de los límites de la finca. El agua es bombeada hacia el área de beneficio húmedo
- Tanque decantador: Reúne el agua que se utilizó para despulpar el café, este tanque recoge el agua que proviene directamente del beneficio húmedo

- Tanguo colector-homogeneizador: También llamado tanque homogeneizador o estabilizador, esta fase incluye cuatro fases importantes, incluyendo la aplicación de cal (Hidróxido de calcio).
- Salida canal floculador: También llamado tanque de sedimentación, en esta fase el agua se deja reposar durante 24 horas y se realiza la separación de lodos y aguas clarificadas, las aguas clarificadas entran a la pila del sistema de tratamiento (STAR) mientras que los sólidos o lodos quedan en la pila de sedimentación y posterior son depositados en fosas para la deshidratación de los mismos.
- Pila de sedimentación: Este punto de muestreo es tomado antes de que el agua toque la pila PTAR, al llegar a la pila PTAR esta se deja reposar por 24 horas más.
- Salida de agua clarificada: Como su nombre lo indica este punto es tomado cuando el agua está saliendo de la pila PTAR, cuando el agua está lista para ser usada como riego.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Evaluar el reúso de agua residual tratada en plantas de café, generada en el beneficiado húmedo de café, en la finca Santo Tomás, Pachuj, San Lucas Tolimán, Sololá.

4.2 Objetivos Específicos

1. Medir las condiciones físicas y químicas del suelo, previo y posterior a la aplicación de las aguas.
2. Medir el comportamiento del desarrollo vegetativo en el follaje de plantas de café previo y posterior a la aplicación de aguas tratadas.
3. Medir el aporte nutricional de las aguas residuales utilizadas para riego en plantas de café.

5. METODOLOGÍA

La investigación se planificó para dos fases.

FASE 1: La primera fase dio inicio en el mes de enero del año 2014 con la elaboración del protocolo de la propuesta de la construcción de “Sistema de tratamiento de aguas residuales del proceso de beneficiado húmedo del café”, este protocolo es el primero en la línea de aguas tratadas para Santo Tomás Pachuj, en ese mismo año se realizó lo necesario (planificación, gestión, presupuestos) para la implementación del STAR en la finca.

En el mes de noviembre de 2015 se establecieron dos parcelas, una testigo y la otra experimental; cada parcela con 18 plantas como parcela neta; en estas se tomaron muestras de suelo y foliar previo a la aplicación de las aguas esto con el fin de tener un precedente del estado inicial de suelos y follaje de las plantas en ambas parcelas (testigo y experimental); se tomaron muestras de suelo de las dos parcelas aproximadamente 1 kg de cada una de ellas, así como muestras foliares de esta se tomaron 50 g de cada parcela y se enviaron al laboratorio de ANALAB para ser analizadas. Para la toma de muestras de aguas del sistema de tratamiento se tomaron en varias etapas o procesos por el cual el agua es conducida.

FASE 2: La segunda fase consistió en tomar muestras de suelo y foliar (de igual manera que en la fase anterior) posterior a la aplicación de las aguas tratadas, esto se realizó en el mes de abril del año 2016. De igual manera se tomaron muestras de las dos parcelas, la experimental y la testigo. Esto con el fin de poder integrarlo y realizar un análisis comparativo entre un pre y post de la aplicación de las aguas. Se realizó el segundo protocolo de investigación “Evaluación de las aguas residuales tratadas del beneficio húmedo de café con fines de nutrición en el cultivo de café, Santo Tomás Pachuj” este documento, abarca información del estado de los suelos, foliar desde la perspectiva de la aplicación de las aguas tratadas.

6. RESULTADOS

6.1 FASE 1: PREMUESTREO DE SUELO Y FOLIAR

En el mes de noviembre del año 2015 se tomó una muestra de suelo y foliar, antes de aplicar el riego de las aguas mieles provenientes del sistema de tratamiento esto para conocer el estado inicial de suelos y follaje.

Estas muestras fueron tomadas en el mes de noviembre del año 2015, tanto foliar como de suelo. Se realizó en esta fecha debido a que semanas después daría inicio la aplicación de aguas tratadas.

A continuación, se presentan los resultados del análisis de suelo obtenido en el laboratorio de ANACAFÉ –ANALAB-

Cuadro 37. Propiedades Físicas del suelo, previo a la aplicación de agua tratada

Propiedades físicas	Arcilla	Limo	Arena	Clase Textural
Parcela Testigo	23.98	16.48	59.54	Franco arcilloso arenoso
Parcela Experimental	22.8	22.28	54.93	Franco arcilloso arenoso

En el cuadro 37 se muestra la clase textural presente en ambas parcelas, tanto en la testigo como en la experimental, ventaja de ello que es un suelo muy arable, pues posee partículas de arcilla, limo y arena muy bien proporcionadas siendo todas bastante equilibradas.

El porcentaje de arcilla presente en ambos casos es muy parecido, el de la parcela testigo de 23.98 y de la parcela experimental de 22.8 difiriendo en 1.18 % mientras el porcentaje de limo difiere en un 5.8 % en las parcelas, y en porcentaje de arena la diferencia es de 4.61 % esto indica porcentajes muy parecidos en ambas parcelas, de esta manera las condiciones para implementar el experimento del reúso de las aguas tratadas son las mismas.

Esta textura se considera ideal por la mezcla equilibrada de arena, limo y arcillo lo que hace suponer un equilibrio entre la permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes.

Cuadro 38. Propiedades Químicas del suelo, previo a la aplicación de agua tratada

Propiedades químicas	-	mg/L		Cmol(+)/L		
	pH	Boro	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Niveles Adecuados	5.5-6.5	1-5	15-30	0.2-1.5	4-20	1-10
Parcela Testigo	6.29	0.53	32.46	0.21	7.41	1.7
Parcela Experimental	6.46	0.61	11.14	0.36	7.93	2.02
Propiedades químicas	mg/L		Cmol(+)/L	mg/L		
	Azufre	Cobre	Acidez Int.	Hierro	Manganeso	Zinc
Niveles Adecuados	10-100	0.1-2.5	0.3-1.5	20-150	8-80	0.2-2
Parcela Testigo	8.77	3.02	0.06	100.96	1.57	10.36
Parcela Experimental	10.13	1.83	0.04	60.64	1.78	5.89
Propiedades químicas	%	Cmol(+)/L	Porcentaje de Saturación en la CICE			
	M.O.	CICE	K	Ca	Mg	A.I.
Niveles Adecuados	3-6	5-25	4-6	60-80	10-20	0-24.9
Parcela Testigo	13.24	9.38	2.24	79	18.12	0.64
Parcela Experimental	13.06	10.35	3.48	76.62	19.52	0.39
Propiedades químicas	Equilibrio de Bases					
		Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	
Niveles Adecuados		5-25	2.5-15	2-5	10-40	
Parcela Testigo		35.29	8.1	4.36	43.38	
Parcela Experimental		22.03	5.61	3.93	27.64	

En la actualidad se consideran 16 elementos esenciales para el crecimiento vegetal. Los cuales se dividen en elementos primarios o macronutrientes: nitrógeno, potasio y fósforo, elementos secundarios: azufre, calcio y magnesio, elementos menores o micronutrientes: boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y cinc (ANACAFÉ, 2012).

Como se puede observar en el cuadro 38, el pH en ambos casos está dentro de un rango aceptable, según niveles adecuados para el cultivo de café el cual va desde 5.5 hasta 6.5, la mayoría de los suelos de los cafetales de Guatemala son deficientes en la disponibilidad del elemento boro, y es esto lo que muestra este análisis ya que se encuentra abajo de los niveles adecuados.

Dentro del análisis realizado para los suelos de Santo Tomas Pachuj, se consideró el porcentaje de materia orgánica que el suelo posee, y presenta 13.24 % en la parcela testigo y 13.06 % en la parcela experimental, esto indica que el porcentaje de M.O. presente en el suelo supera los niveles adecuados, según Analab, pues son 3 a 6 %, cabe mencionar que la gran cantidad de materia orgánica puede deberse al pasto sembrado entre surcos ya que los cafetales son al sol con asociado a una de *Brachiaria*, así también se tomó en cuenta el porcentaje de saturación en la CICe y el equilibrio de bases, calcio, magnesio, y potasio.

Estos valores sirven como referencia del estado de los suelos, previo a la aplicación del agua tratada y posterior a la misma y así visualizar si existe alguna diferencia o similitud entre ambas parcelas en cuanto a la cantidad de elementos nutricionales.

Cuadro 39. Propiedades Químicas Foliare

Identificación de la Muestra	%						Ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Co	Fe	Mn	Zn	B
Niveles Adecuados	2.3	0.11	1.9	1.1	0.29	0.16	6	91	50	14	41
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.8	0.15	2.5	1.5	0.35	0.25	9	105	150	18	90
Parcela Testigo	2.7	0.13	1.5	1.4	0.34	0.28	15.6	72.83	29.59	1.3	82.4
Parcela Experimental	2.7	0.11	1.4	1.6	0.32	0.31	11.9	65.74	15.36	2.0	117

Como se ven reflejados en el cuadro 39 tanto la parcela testigo como la experimental se encuentra dentro de los niveles adecuados de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio; mientras que el potasio se encuentra 0.4 % abajo del nivel adecuado, al igual que azufre que se encuentra 0.3 % sobre el nivel establecido y el cobre se encuentra arriba del nivel adecuado. A diferencia, el hierro, manganeso, zinc y boro que se encuentra bajo de los niveles adecuados; en ambos casos, (parcela testigo y experimental) se muestra estos altibajos en su contenido nutricional.

6.2 ANALISIS DE AGUA EN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - STAR-

Las muestras de aguas se tomaron previo a ser utilizadas en el beneficio húmedo hasta la salida del sistema de tratamiento de aguas, cada actividad (beneficio húmedo y sistema de tratamiento) posee un proceso distinto del cual se tomó muestras en cada uno de ellos. Las muestras se tomaron a partir del mes de diciembre del año 2015 hasta enero del año 2016.

Las muestras de agua se tomaron en 5 puntos, los cuales son:

1. Agua limpia

2. Tanque decantador (agua cruda)
3. Tanque colector-homogeneizador
4. Salida del canal floculador
5. Pila de sedimentación
6. Salida de agua clarificada

A continuación se presentan los resultados obtenidos (ver cuadro 40) desde el proceso de beneficiado húmedo hasta la salida del agua clarificada (agua para fertirriego). Las muestras de agua fueron analizadas por el laboratorio de ANACAFÉ –ANALAB-

Cuadro 40. Análisis Químico de agua proveniente de BH y STAR

Pto	IDENTIFICACION	PH	DQO	% Ef.	DBO	ST	% Ef.	STS	N total	P total
1	Agua limpia (Afluente a bh)	7.13	7.10		3.33	141.70		18.02	0.63	0.22
2	Tanque Decantador (Agua cruda)	4.25	9,158.50		3,945.40	3,475.40		2,915.83	76.94	5.51
3	Tanque colector-homogeneizador	4.69	6,447.50	30.00	3,457.00	1,4509.30		1,716.33	41.27	3.62
4	Salida canal Floculador (entrada a 1er. pila sedimentación)	10.39	5,511.67	10.00	2,781.89	8,850.00	40.00	4,936.67	38.93	2.71
5	Pila de Sedimentación	9.88	1,120.00		543.00	4,986.00		2,070.00	9.00	0.30
6	Salida del agua clarificada (efluente para fertirriego)	6.58	3,482.67	22.00	3,062.11	3,211.33	38.00	237.59	25.94	1.19
	%Eficiencia			62.00			78.00			

Como primer punto se observa el pH, este indica el grado de acidez o basicidad presente, en este caso el agua limpia, es la que corresponde a la toma de un nacimiento (dentro de la finca) y es transportado por bombeo al área de beneficio húmedo, posterior a ser utilizadas, las aguas residuales “aguas mieles” son transportadas al sistema de tratamiento. En el sistema de tratamiento el agua llega con un pH de 4.25, lo que indica la acidez que posee, como se sabe si el agua se aplica con este pH puede ser perjudicial para la planta y/o para el suelo (a través del tiempo, efecto acumulativo), es por ello que para fines de llegar al pH ideal para la planta (6.5-8.4, según la FAO) se le aplica cal

(hidróxido de cal), la cual cumple la función de neutralización, por lo que se observa que en la salida de la pila PTAR (agua lista para utilizar en riego) este aumenta a 6.58, pH aceptado para la aplicación de riego. Es evidente que la mezcla del agua miel con el hidróxido de calcio (cal) ayuda a aumentar el pH en el agua pues un pH anormal podría reducir el rendimiento o calidad del cultivo, manchas en el fruto o en el follaje para que la planta pueda aprovechar el nitrógeno que se encuentra disponible, el pH debe ser de 6 a 8, mientras que para el fosforo el pH debe ser de 6.5 a 7.5 (ANACAFÉ, 2012).

La siguiente gráfica, figura 45 muestra el cambio que sufre el pH desde que es agua limpia hasta la salida del sistema de tratamiento. Se puede observar que el pH aumenta en la salida del canal floculador hasta un 10.39 pues es en esta fase en la cual se le aplica la cal y la cal vuelve al pH más alcalino, es evidente que el pH sigue sin ser el adecuado por medio de la aplicación de las aguas como riego Por lo que el agua es transferida a la pila de sedimentación y aproximadamente se deja reposar 72 horas, tiempo que se necesario para neutralizar el pH, al momento que las aguas salen del sistema de tratamiento el pH que presenta el agua es de 6.58 por lo muestra su aptitud para ser utilizada como riego.

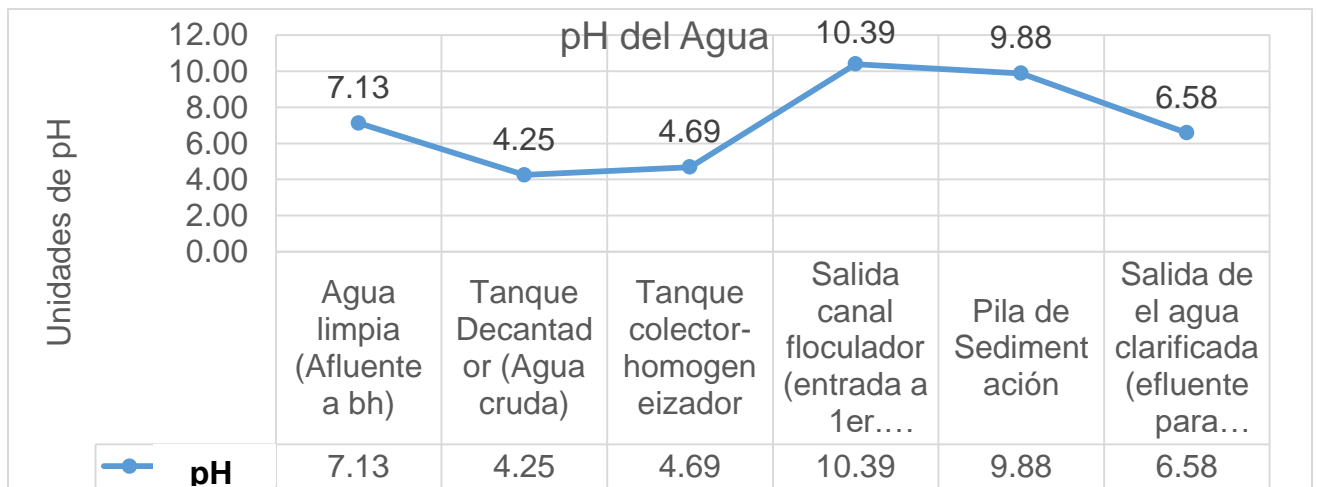


Figura 45. Cantidad de pH en el agua en el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales STAR

En cuanto a la demanda química de oxígeno DQO y la demanda bioquímica de oxígeno DBO, las aguas miles contienen compuestos orgánicos e inorgánicos resultado de la incorporación de mucílago, trazas de pulpa, entre otros materiales

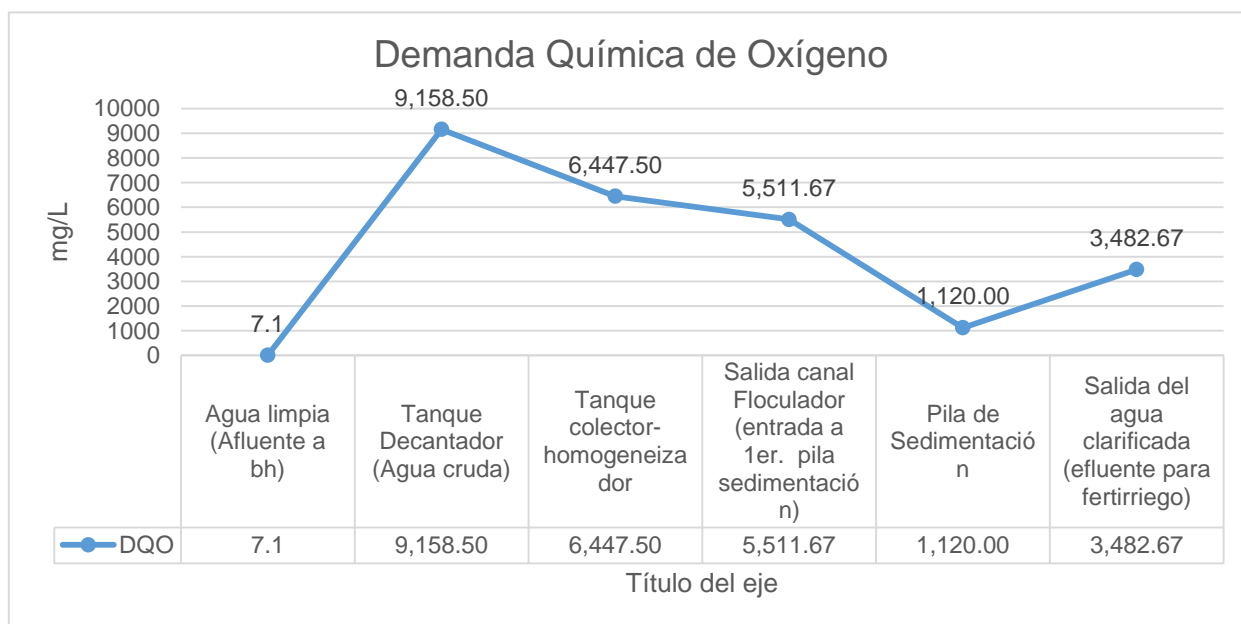


Figura 46. Demanda Química de Oxígeno -DQO-

Para el DQO se observa, en la figura 46, que el agua limpia se encuentra en una leve concentración (estándar normal para agua limpia), pero al momento de ser utilizada en el beneficio húmedo, este parámetro aumenta significativamente, pasa de 7.10 a 9,158.50 miligramos por litro, según muestra analizada del tanque decantador.

Luego en el tanque colector-homogeneizador, en donde se colectan las aguas del proceso durante 5 días el DQO a la salida de este dispositivo disminuye hasta los 6,447.50 mg/L reducción significativa en un 30 % eficiencia en la remoción de carga orgánica presente en el agua residual inicial (cruda). Seguidamente el agua es tamizada y en flujo continuo es aplicada la lechada de cal (hidróxido de calcio) en donde se toma otra muestra y los resultados muestran nuevamente una reducción de un 10 % en la carga orgánica obteniendo un resultado 5,511.67 mg/L. y de esa manera continua disminuyen hasta llegar

a 1,120 mg/L, finalmente las aguas clarificadas resultantes de la sedimentación de lodos en las pilas muestran una concentración final de 3,482.67 mg/Lt. representando en total un 62 % de eficiencia en la reducción de carga orgánica contenida en el agua miel cruda.

Se observa que de la pila de sedimentación el agua posee un DQO de 1,120 mientras que a la salida del agua clarifica esta cantidad vuelve a dispararse llegando a 3,482.67 mg/L este valor puede deberse a un error antrópico que quizá imposibilitó que el muestreo se realizara en el punto correcto, otra de las posibilidades puede ser, que en el tubo por donde las aguas clarificadas salen contenga residuos sólidos lo que hace que aumente tanto el contenido de DQO como de DBO.

La DBO se refiere a la cantidad de oxígeno del agua necesario para degradar compuestos bioquímicos, en la figura 47 se observa el mismo fenómeno que en el DQO pues el DBO es aproximadamente el 60 % del DQO, en la pila de sedimentación el DBO de 543 mg/L mientras en que las aguas clarificadas aumentan llegando a 3,062.11 mg/L.

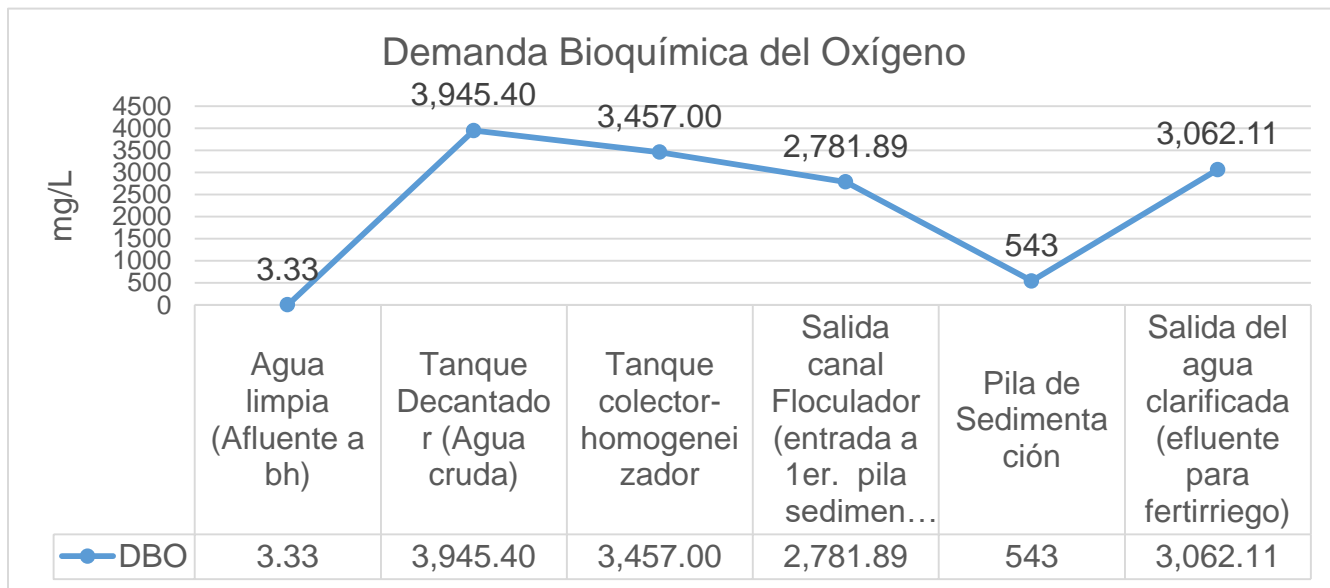


Figura 47. Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO-

En la figura 47 se muestra, el DBO al inicio, en el agua limpia se encuentra en 3.33 mg/L, esto previo a ser utilizada en el beneficio húmedo. Después de ser utilizada el DBO es de 3,945.40 mg/L. Posterior a dejar reposar el agua durante 5 días a la salida el DQO es de 3,457.10 mg/L mostrando un 12 % de eficiencia en la remoción de carga orgánica presente en el agua cruda. Esta agua es procesada por medio de tamices y la aplicación de lechada de cal en donde el DBO disminuye hasta llegar a 2,781.89 mg/L.

Al finalizar las fases por la cual es transportada el agua el agua clarificada posee un DQO de 3,062.11 mg/L lo cual indica un 22.8 % en la eficiencia del sistema, por lo que mientras la cantidad de DBO y DQO sea menor, el agua presentará mejoras en su calidad.

En las aguas residuales se encuentran todo tipo de sólidos, normalmente se clasifican en suspendidos, disueltos y totales. Sólidos totales, en este caso, son analizados en dos grupos los sólidos totales y sólidos totales suspendidos, los sólidos lo comprende todos los restos orgánica e inorgánico que se encuentra en las aguas mieles, mientras que los sólidos totales suspendidos son los que se encuentran en la parte media y alta de las aguas, son los sólidos que no llegaron a precipitar, para luego ser descargados a la fosa de lodos.

Los sólidos totales que se presentan en los análisis de aguas es de 3,211.3 mg/L de los cuales 237.59 mg/L son sólidos suspendidos.

En caso de sólidos totales se logra observar, en la figura 48, que en agua limpia es de 141.70 mg/L posterior a utilizarla en beneficio húmedo, este aumenta a 3475.40 mg/L en el tanque decantador el. Las aguas, al salir del canal floculador, disminuye un 40% la cantidad de sólidos siendo este valor 8,850 mg/L y al momento de finalizar todo el proceso en el sistema de tratamiento las aguas muestran un 78% del mejoramiento en cuanto a la cantidad de sólidos presentes en el agua.

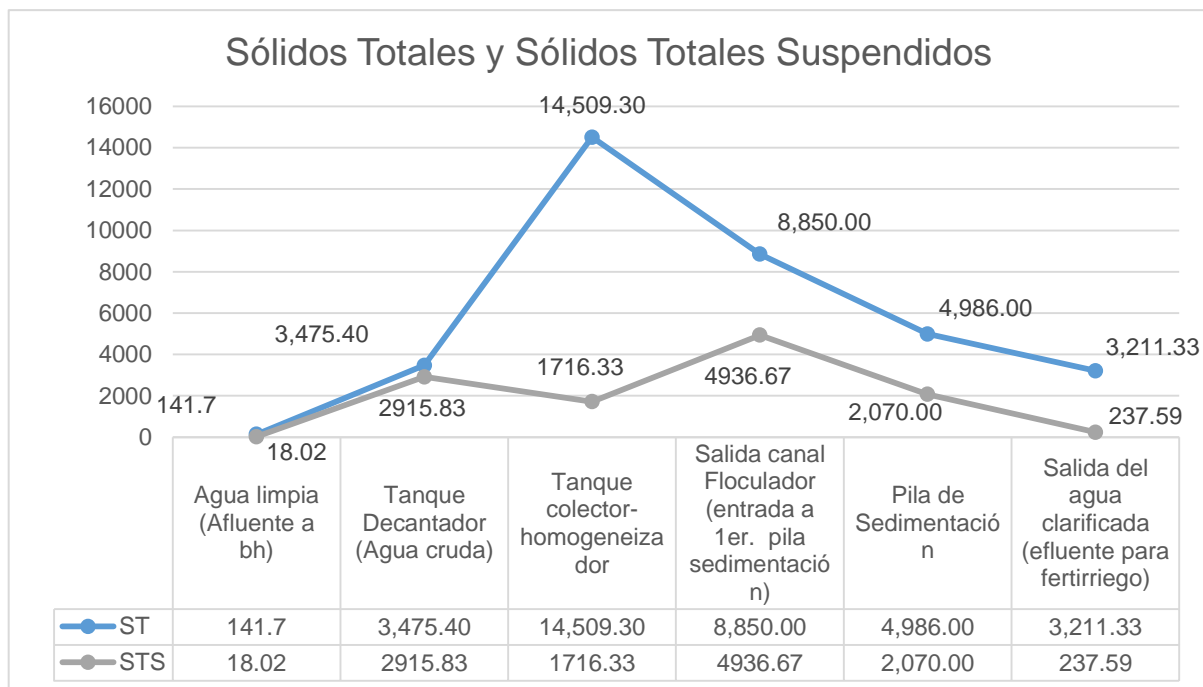


Figura 48. Total de Sólidos y Sólidos Suspendidos

Con un 78 % de eficiencia en el proceso de eliminación de sólidos, se puede decir que las aguas tendrán una apariencia menos turbia que al inicio, la planta puede ser regada con más confiabilidad si su apariencia es clarificada.

El 237.59 de sólidos suspendidos indica la cantidad de mg de materia orgánica que se encuentran en un litro de agua, este valor indica que el agua es clarificada en gran manera y que es poca la cantidad de materia orgánica que no se pudo ser expulsada del agua.

Los residuos orgánicos e inorgánicos hacen que el agua tome algunas de sus características, es por ello que puede observarse los sólidos aun suspendidos en el agua mientras que la otras clases de sólidos ya fueron extraídos del agua por medio del tratamiento que se le brinda al agua. En el agua tratada no solo están presentes residuos de sólidos, sino que muestran que tienen la capacidad para brindar elementos

nutricionales al suelo; en este caso se enfoca la atención en dos de los tres macro elementos elementales para la planta estos son nitrógeno y fosforo.

Como se observa en el cuadro 40, el agua clarificada tiene 25.94 mg/L de nitrógeno y 1.19 mg/L de fosforo, claro que dichos elementos aun han pasado por un proceso de mineralización en el suelo por lo que en el momento que se aplican las aguas estos elementos no están disponibles para la planta, pero pasado el tiempo se podrán incorporar no solo al suelo sino también a la planta.

6.3 FASE 2: COMPARACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS DE MUESTREO DE SUELO Y FOLIAR

La dosis de aplicación de aguas fue de 10 litros por planta a la semana, en total se realizaron 18 aplicaciones en la parcela experimental comprendidas en los meses de diciembre a marzo. Lo que quiere decir que cada planta recibió 180 L. durante 4 meses.

Propiedades Físicas del suelo

Entre las propiedades físicas del suelo se encuentra la estructura del suelo, esta muestra las partículas texturales como lo son; arcilla, limo y arena estos forman agregados y se ven afectados por aire movimiento de agua en el suelo, conducción térmica, crecimiento radicular y la resistencia a erosión. El agua es el componente elemental que afecta la estructura del suelo (FAO, 2016).

La toma de muestras se realizó en el mes de abril del año 2016, sin embargo en varias ocasiones se realizó la aplicación de fertilizantes, en el cuadro 41 se muestra el programa de fertilización, comprendido en los meses enero a mayo, a continuación se describe:

Cuadro 41. Fertilización Realizada, Finca Santo Tomas Pachuj

Fecha	Tipo de Fertilizante	Fertilizante	Composición Química
01-feb	Foliar	Fetrilon Combi y ácido bórico	% Magnesio 2, azufre 2.6, hierro 4, zinc 4, manganeso 3, boro 1.5, cobre 0.5, molibdeno 0.05, cobalto 0.005 y ácido bórico
22-feb	Enmienda	Terramix	Calcio, Magnesio, Azufre
16-mar	Nutrición	11-42-0 (1.5 oz.) más 15-0-0 más 25 calcio y 0.3 boro (2.5 oz.)	Nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y boro
31-mar	Foliar	ATP y NewfulPluss	Fosforo y nitrógeno. % nitrógeno orgánico 9.8, magnesio 4, boro 2, hierro 1, zinc 1, cobalto/molibdeno 0.03, azufre 2.60, carbono orgánico 18.32
28-abr	Nutrición	16.8-4.1-18.9+2.2 MgO+1.9S+0.5B (3 oz.)	Nitrógeno, fosforo, potasio, magnesio, azufre y boro
13-may	Foliar	Fetrilon Combi y ácido bórico	% Magnesio 2, azufre 2.6, hierro 4, zinc 4, manganeso 3, boro 1.5, cobre 0.5, molibdeno 0.05, cobalto 0.005 y ácido bórico

Fuente: elaboración propia, 2016

A continuación (ver cuadro 42), se presentan los resultados obtenidos del análisis físico de suelo, esto, posterior a la aplicación de las aguas provenientes del sistema de tratamiento de aguas -STAR-.

Cuadro 42. Propiedades Físicas del suelo, posterior a la aplicación de aguas tratadas

Propiedades físicas	Arcilla	Limo	Arena	Clase Textural
Parcela Testigo Final	12.15	27.21	60.65	Franco arenoso
Parcela Experimental Final	18.58	27.1	54.32	Franco arenoso

En el cuadro 42 se puede observar que la clase textural es franco arenoso, lo cual sigue indicando que los suelos, son suelos muy equilibrados en cuanto al porcentaje de arcilla, limo y arena. Cabe resaltar que la clase textural posterior a la aplicación de aguas difiere en cuanto a la clase textural que se encontró antes de la aplicación de aguas tratadas esto podría deberse a la inexactitud de la toma de puntos en el muestreo, que podría considerarse como un error antrópico.

En la gráfica 5 se observa un similar porcentaje en partículas de arcilla, limo y arena; la diferencia que presenta en arcilla la parcela experimental al inicio y al final de la aplicación de las aguas es de 4.22 %, disminuyendo en la parcela final. En cuanto al limo muestra un aumento de 4.82 % mientras que la cantidad de arena varía por decimales lo cual indica que no hay una diferencia significativa.

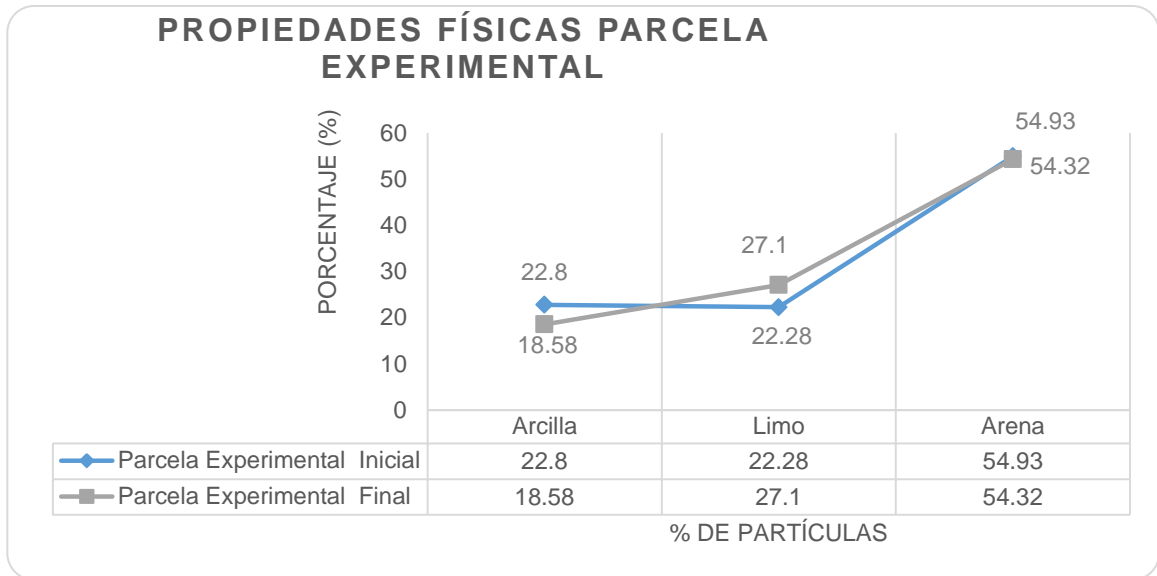


Figura 49. Comparación de Propiedades Físicas de Suelo en Parcela Experimental

En cuanto a la clase textural; al inicio se presenta una textura franco arcilloso arenoso, mientras que al final presenta una textura franco arenoso, según el laboratorio de ANACAFÉ –Analab- la clase textural tuvo una variación en cuanto al punto en el que se tomó la muestra, pues las muestras presentan una variación cercana al 10 % lo cual, según Dra. María Alfaro, es un valor aceptable (Vega, D., 2016).

De esta misma muestra de suelos se realizó el análisis químico de suelos, a continuación (ver cuadro 43) se presentan los resultados obtenidos, posterior a la aplicación de aguas provenientes de un sistema de tratamiento de aguas.

Cuadro 43. Propiedades Químicas del suelo, posterior a la aplicación de aguas tratadas

Propiedades químicas	-	mg/L		Cmol(+)/L			mg/L	
	pH	Boro	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Cobre
Parcela Testigo	5.12	2.63	130.9	0.36	5.2	1.8	33.52	2.36
Parcela Experimental	5.4	5.06	190.86	0.52	6.73	1.95	62.33	2.42
Propiedades químicas	Cmol(+)/L	mg/L			%	Cmol(+)/L		
	Acidez Int	Hierro	Manganeso	Zinc	M.O.	CICe		
Parcela Testigo	0.37	164.76	10.79	34.6	13.44	7.73		
Parcela Experimental	0.19	202	13.65	31.68	13.6	9.39		
Propiedades químicas	Porcentaje de Saturación en la CICe				Equilibrio de Bases			
	K	Ca	Mg	A.I.	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K
Parcela Testigo	5.54	71.67	23.29	4.79	14.44	5	2.89	19.44
Parcela Experimental	5.54	71.67	20.77	2.02	12.94	3.75	3.45	16.69

Fuente: elaboración propia, 2016

En este caso las aguas mieles tratadas que se aplicaron fueron de 6.58 un pH bastante aceptable para utilizarse como riego, y esto puede observarse en que después de que se aplicó las aguas el pH de la parcela experimental se encuentra en 5.4 mientras que al inicio se encontraba en 6.49, dato no es alarmante, pues el pH bajo tanto en la parcela experimental como en la parcela testigo. Por lo que se desecha la suposición que las aguas tratadas fueron las que contribuyeron con la disminución del pH. De la misma manera que se tomaron los elementos a evaluar pre aplicación de aguas tratadas se realizó el muestreo post aplicación. Posterior a la aplicación de las aguas se realizó un muestreo, este realizado en el mes de abril del presente año, en el cual se presenta la cantidad de los de los elementos que son aceptables como niveles adecuados.

Los elementos que se tomaron en cuenta para el análisis fueron boro, potasio, calcio, magnesio, azufre, manganeso, el valor de la CICe, así como el porcentaje de saturación en la misma, y por el último el equilibrio de bases.

Tantos los resultados obtenidos previo y posterior a la aplicación de las aguas, se compararán a continuación.

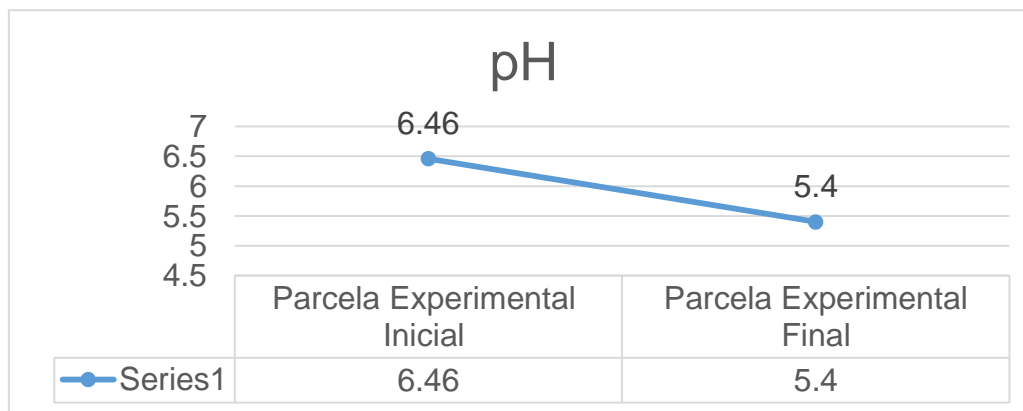


Figura 50. Nivel de pH inicial y final de parcela experimental

Los niveles adecuados de pH para el cultivo de café van de 5.5 hasta 6.5, en la gráfica 6 se muestra el contenido de pH antes de aplicar las aguas, es decir, en la parcela experimental inicial, se observa un pH en el suelo de 6.46 lo que indica que el nivel es apto para el cultivo, sin embargo, 5 meses después (aproximadamente) se toma una muestra de suelos y se observa que el pH disminuyó, esto puede deberse a la aplicación de fertilizantes con elementos acidificantes al suelo, pero aunque existe una disminución en el pH, este aún se encuentra dentro del rango ideal.

El pH suele determinar la calidad, características, capacidad de absorción y solubilidad de muchas sustancias. Muchas de las enzimas son responsables de la mayoría de procesos biológicos de los organismos, pero únicamente con un pH adecuado, es por ello la importancia de monitorear constantemente los niveles de pH (ANACAFÉ, 2012).

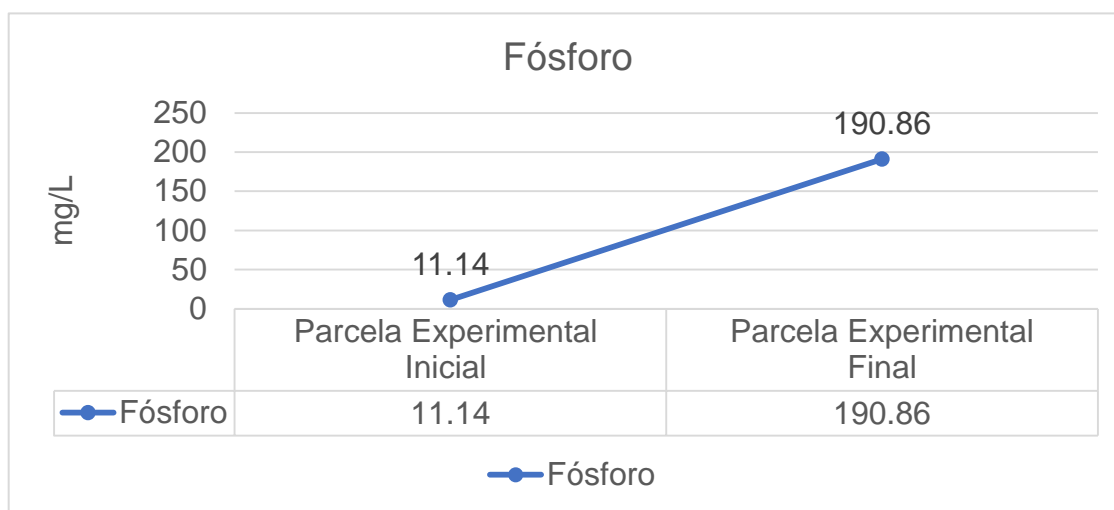


Figura 51. Contenido de Fósforo inicial y final en suelo de parcela experimental

Los niveles de fósforo aumentaron en gran manera, no solo en la parcela experimental final (190.86 mg/L) sino también en la parcela testigo final (130.9 mg/L). En la figura 51 se puede observar que el contenido de fósforo ascendió en 179.72 mg/L; mientras que la diferencia en el contenido de dicho elemento entre la parcela testigo final y la parcela experimental final aumenta en 59.96 mg/L para sí, llegar a 190.86 mg/L. Cabe resaltar que por el tipo de fertilización que la finca maneja, en el lapso de cinco meses se realizaron 3 aplicaciones de fertilizante al suelo, de las cuales, dos aportan fósforo, esta es la respuesta por la que tanto la parcela testigo final como la parcela experimental final aumentó el contenido de este elemento. El elemento contribuye con el desarrollo de raíces así como el cuajado y maduración de los frutos (ANACAFÉ, 2012)

El nivel de fósforo en la parcela testigo final es de 130.9 mg/L y de la parcela experimental final es de 190.86 mg/L, como ya se mencionó, el contenido de este elemento subió en las dos parcelas pero existe un mayor aumento en la parcela experimental final esto puede deberse a la aplicación de las aguas tratadas, pues en el análisis de aguas se logra observar que el contenido de fósforo es de 1.19 mg/L dato importante pues como se sabe el fósforo es uno de los macro elementos necesarios para la planta.

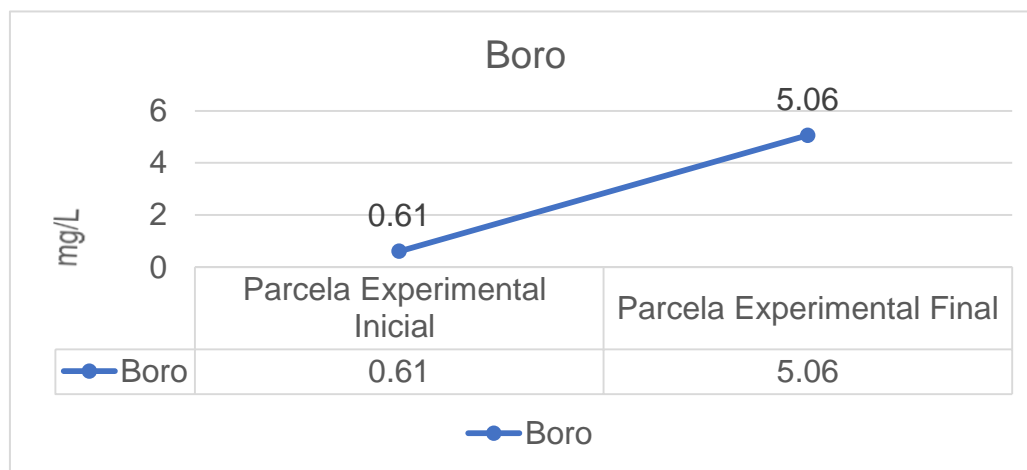


Figura 52. Contenido de Boro inicial y final en suelo en parcela experimental

El boro es un elemento que se encuentra en cantidades variables en los suelos, la materia orgánica también es fuente importante de boro pues al descomponerse libera iones borato y de esta forma es como la planta lo absorbe (ANACAFÉ, 2012).

En el mes de noviembre, antes de la aplicación de las aguas tratadas, se observa deficiencia en la cantidad boro, este se encuentra por debajo de los niveles adecuados (1-5 mg/L), y posterior a la aplicación de las aguas, el boro logra alcanzar un contenido de 2.63 mg/L en la parcela testigo y 5.06 mg/L en la parcela experimental, como se muestra en la figura 52, por lo que se observa que el contenido de boro en la parcela experimental final (5.06) es mayor que en la parcela testigo final (2.63) por lo que se podría concluir que las aguas están influyendo en este aumento. Debido al análisis de agua realizado en el laboratorio, no se puede conocer el contenido de boro que las aguas están aportando al suelo.

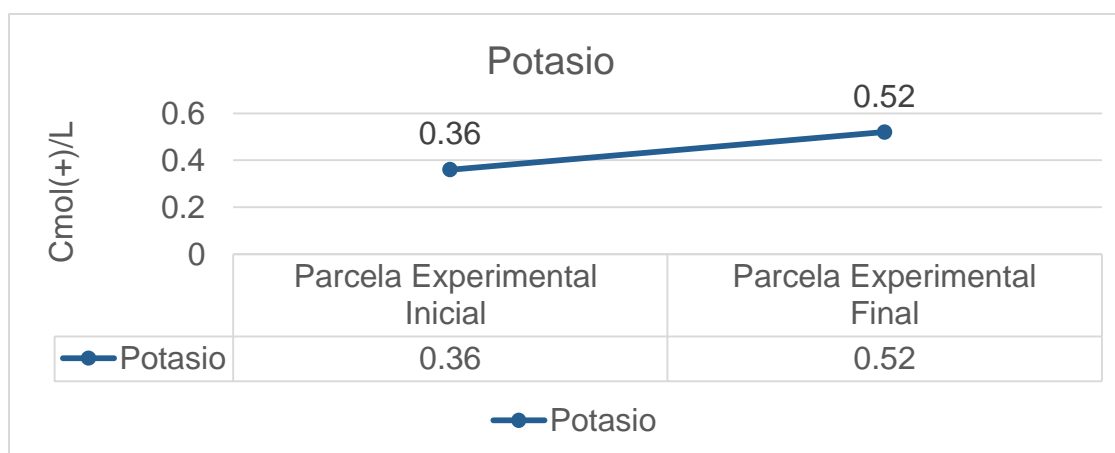


Figura 53. Contenido de Potasio inicial y final en suelo en parcela experimental

El potasio es un macronutriente que debe encontrarse en cantidades relativamente altas para lograr satisfacer las necesidades de la planta y del fruto (ANACAFÉ, 2012).

Según Analab, los niveles de potasio adecuados para el cultivo de café es de 0.2—1.5Cmol/L, y se puede observar en la figura 54, que en la parcela experimental inicial contiene 0.36 Cmol/L y la parcela experimental final es de 0.52 Cmol/L se observa que el contenido del elemento aumenta en ambas parcelas.

En el mes de marzo y abril se realizaron aplicaciones de fertilizantes al suelo, las cuales, contribuyeron al aporte en el contenido de potasio e intervenir en el contenido de este elemento en el suelo y por consiguiente en la planta.

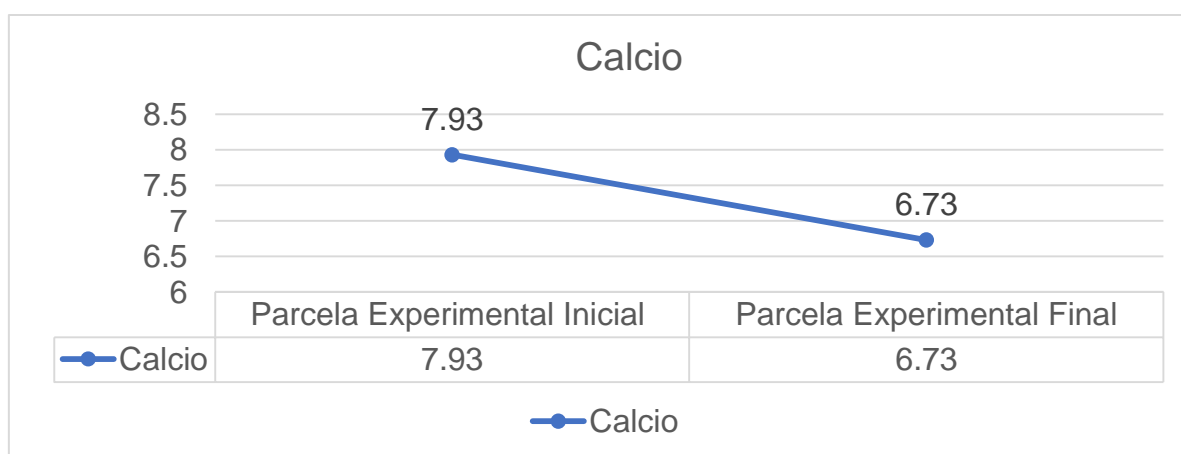


Figura 54. Contenido de Calcio inicial y final en el suelo en parcela experimental

El contenido ideal de calcio es de 4-20 Cmol/L, se observa en la gráfica 10 que este valor disminuye tanto en la parcela testigo final como en la parcela experimental final, ambos valores son distintos, pero se encuentran dentro del rango aceptable para el cultivo de café. La enmienda realizada en el mes de febrero contribuyó a la cantidad aportada de calcio, así como la fertilización realizada en marzo, a pesar del aporte, el nivel de dicho elemento es más bajo al final (posterior a las aguas) que al inicio; esto puede deberse a que la planta consume rápidamente el calcio aportado al suelo, esto puede observarse en los resultados de la cantidad de calcio en el follaje; pues en la parcela testigo final contiene 2.09% de calcio y la parcela experimental final contiene 1.73%, mientras que en el follaje el nivel adecuado de calcio es de 1.1-1.5, lo que quiere decir que los valores detectados en las parcelas superan los niveles adecuados.

Los valores de calcio, no son datos alarmantes, si se tiene controlado el pH, pues el calcio es el mineral más importante en la determinación de la calidad de los frutos (ANACAFÉ, 2012).

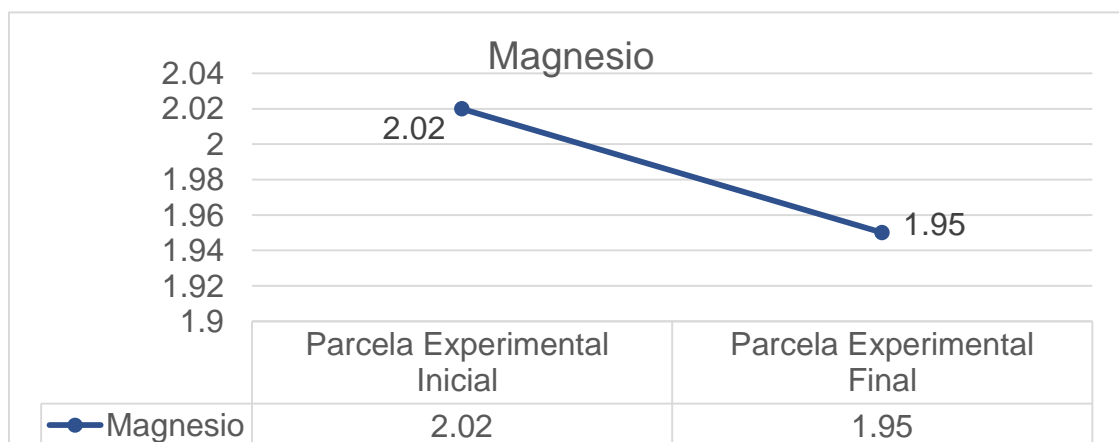


Figura 55. Contenido de Magnesio inicial y final en suelo en parcela experimental

El magnesio se encuentra como un catión divalente (Mg^{++}), se considera que tiene muchas características en común con el calcio, así como este elemento contribuye a la resistencia de las enfermedades en la planta (ANACAFÉ, 2012).

El contenido de magnesio en la parcela testigo y experimental, tanto al inicio como al final; se encuentra en muy bajas proporciones, sin embargo, se encuentran en los niveles adecuados (1-10 Cmol/L). En la gráfica 11 se observa que la parcela experimental inicial contiene 2.02 Cmol/L mientras que la parcela experimental final contiene 1.95 Cmol/L en lo cual puede observarse una disminución de 0.07 Cmol/L en parcela experimental, lo cual no es significativo para el suelo ni para la planta.

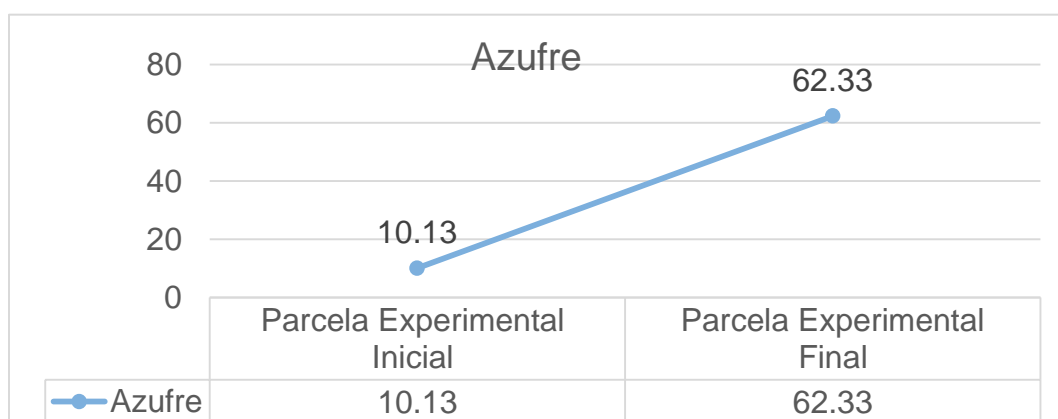


Figura 56. Contenido de Azufre inicial y final en suelo en parcela experimental

El nivel adecuado de azufre, es de 10-100 mg/L; las parcelas iniciales (testigo y experimental) presentan contenidos de 8.77 y 10.13 mg/L respectivamente, pasados cinco meses, se observa que el contenido de azufre asciende a 33.52 mg/L en la parcela testigo final y 62.33 mg/L en la parcela experimental final; esto indica que en ambas parcelas finales (testigo y experimental) aumentó el contenido de este elemento. A pesar de este aumento, aún se encuentra dentro de los niveles ideales, en la figura 56 se muestra el aumento del elemento azufre en la parcela experimental. El contenido de fosforo en parcela experimental final supera por mucho más al contenido de parcela testigo final, por lo que podría concluirse que las aguas están influyendo en este valor.

Vale la pena señalar que la que el contenido de azufre aumentó en las parcelas finales, esto podría deberse a la enmienda realizada en el mes de febrero, pues la enmienda

también apporto azufre, además que en el mes de abril se realizó otra aplicación de fertilizante la cual contenía este elemento.

El azufre es un elemento que se encuentra en una proporción mucho menor que las del nitrógeno y constituye la parte de la vida vegetal, realiza un papel estructural en la planta, la deficiencia de este elemento podría ocasionar reducción en el tamaño de hojas y adquirir color amarillo y color del fruto verde amarillento pálido cuando aún no ha madurado (ANACAFÉ, 2012).

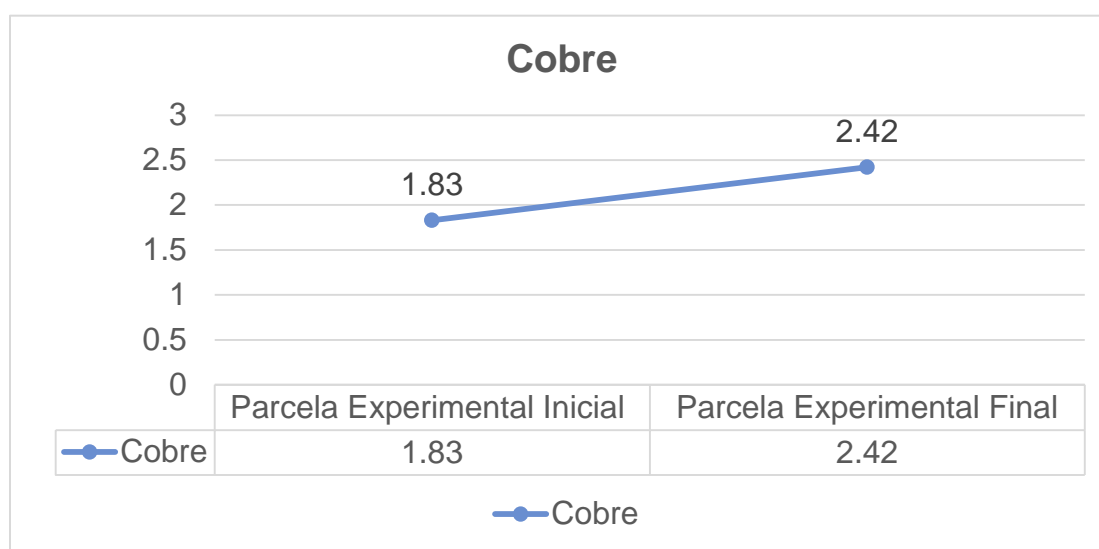


Figura 57. Contenido de Cobre inicial y final en suelo en parcela experimental

En la figura 57 se observa que la parcela experimental inicial contiene 1.83 mg/L de cobre mientras que la parcela experimental final asciende a 2.42 mg/L, datos que se encuentran dentro del nivel adecuado establecido para el cultivo de café 0.1-2.5 mg/L. Se observa algo inusual; en la parcela testigo al inicio se observa un 3.02 mg/L de cobre y al final 2.36 mg/L eso quiere decir que disminuyó. Mientras que en la parcela experimental inicial se encontró en 1.83 mg/L y al final en 2.42 mg/L por lo que este elemento en la parcela experimental aumentó.

Lo que quiere decir que, haciendo una comparación al inicio y final, en la parcela testigo bajó el contenido de cobre y en la parcela experimental aumentó el contenido del elemento. Podría suponerse que las aguas tratadas influyeron en el aporte de este elemento, según valores mostrados en parcela experimental (sigue estando dentro de los niveles adecuados).

Según reporte de fertilización, no indica ningún fertilizante que aporte cobre, por lo que podría considerarse que las aguas tratadas están influyendo en el contenido de este elemento.

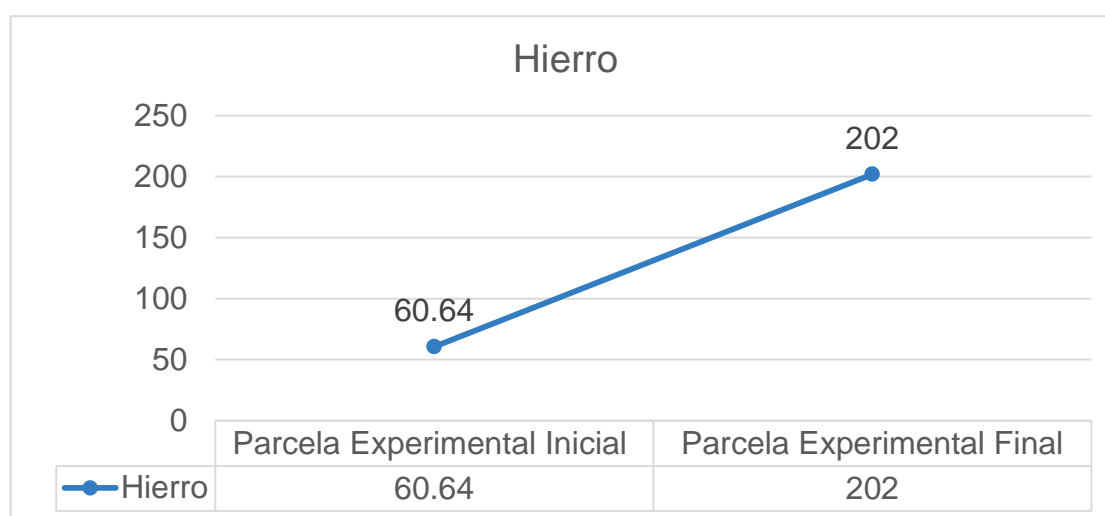


Figura 58. Contenido de Hierro inicial y final en suelo en parcela experimental

El rango ideal para el contenido de hierro es muy amplio de 20-150 mg/L, en la figura 58 se observa el aumento en el contenido de este elemento; sin embargo se observa que en la parcela experimental final existe un exceso de 52 mg/L. En la gráfica, se observa el aumento de la parcela experimental inicial a la parcela experimental final.

Este es uno de los elementos que se encuentra en mayor proporción en los suelos ya que es un elemento semi-movil, es decir que no posee demasiada capacidad para trasladarse (ANACAFÉ, 2012) es por ello que se encuentra en gran cantidad en el suelo. Así como

también podría considerarse que las aguas están influyendo en el contenido de este elemento pues según reporte de fertilización no se muestra alguna aplicación que muestre contenidos de hierro.

Los síntomas de exceso, es difícil que se manifieste, pero podría ser; en suelos muy ácidos puede que su causa sea el hierro en un nivel tóxico (ANACAFÉ, 2012).

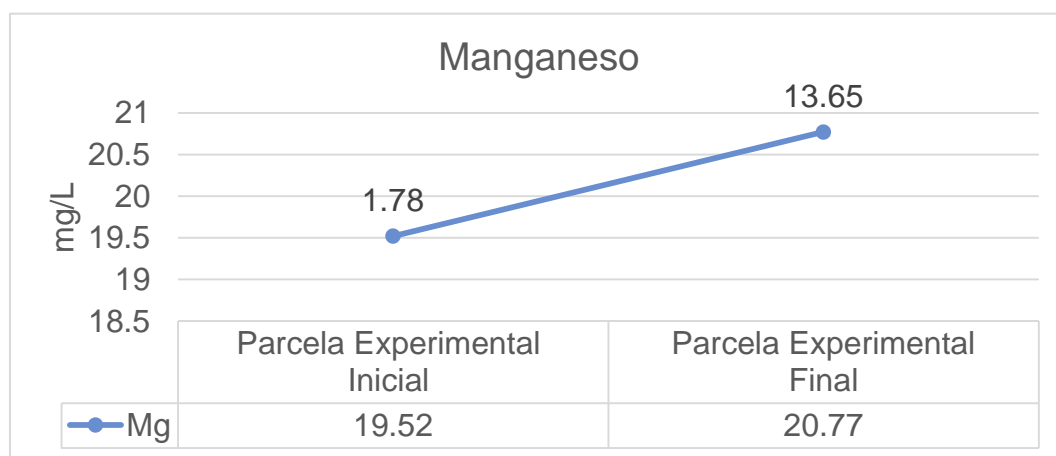


Figura 59. Contenido de Manganeso inicial y final en suelo en parcela experimental

El manganeso es esencial en pequeñas cantidades, pero es tóxico cuando la planta lo absorbe en exceso; entre las funciones que cumple están, actuar como catalizador de sistemas enzimáticos en la fotosíntesis, participar en el metabolismo de nitrógeno, asimilación de nitrógeno. La deficiencia de este elemento podría ocasionar un pobre crecimiento entre otros síntomas (ANACAFÉ, 2012).

En la figura 59 se observa que en la parcela experimental inicial hay un contenido de 1.78 mg/L mientras que en la parcela experimental final aumenta a 13.65 mg/L. Este aumento no solo se presenta en la parcela experimental final sino también en la parcela testigo final, por lo que se supone las aguas no causan este aumento, pues de ser así el aumento solo se observaría en la parcela experimental final. El manganeso es un micronutriente,

semi-móvil, el nivel ideal en el que debe encontrarse es de 8-80 mg/L por lo que el resultado de análisis de suelos indica que los niveles a los que se encuentran estos suelos están dentro del rango ideal.

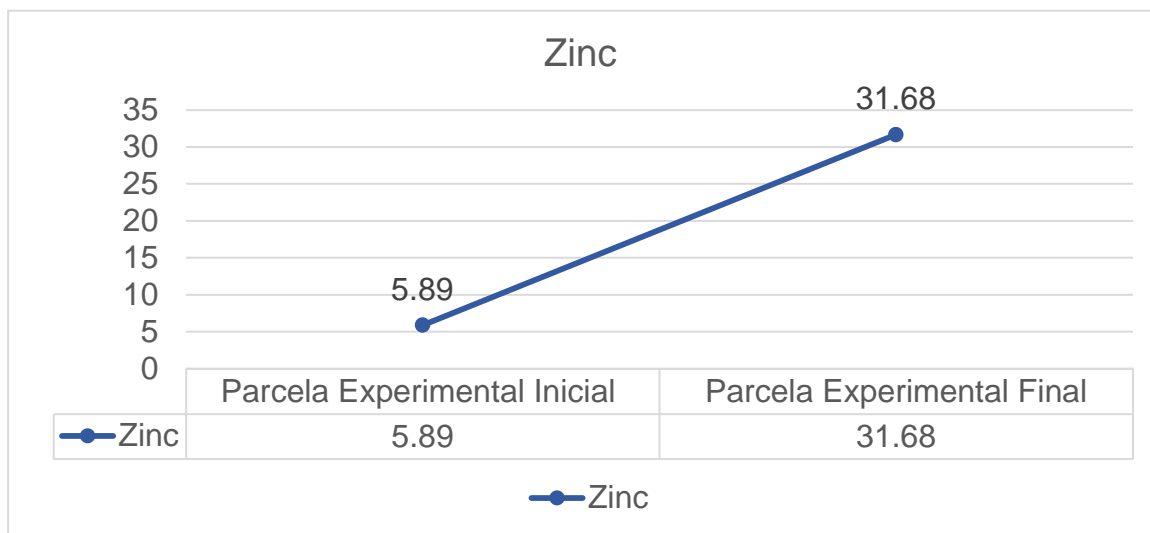


Figura 60. Contenido de Zinc inicial y final en suelo en parcela experimental

El nivel ideal de zinc, según Analab, es de 0.2 mg/L - 2 mg/L para el cultivo de café, sin embargo, en figura 60 se observa que tanto la parcela experimental inicial como la parcela experimental final se encuentran sobre los niveles adecuados.

Como se puede apreciar en esta gráfica, (ver figura 60) la parcela experimental final tiene un contenido más alto que la inicial, no obstante, este aumento no solo se dio en la parcela experimental final sino también en la parcela testigo final, por lo que una vez más se considera que las aguas no muestran un impacto en la presencia y disposición de este elemento.

El zinc está involucrado en síntesis de proteínas, el exceso podría ocasionar toxicidad en suelos ácidos (ANACAFÉ, 2012).

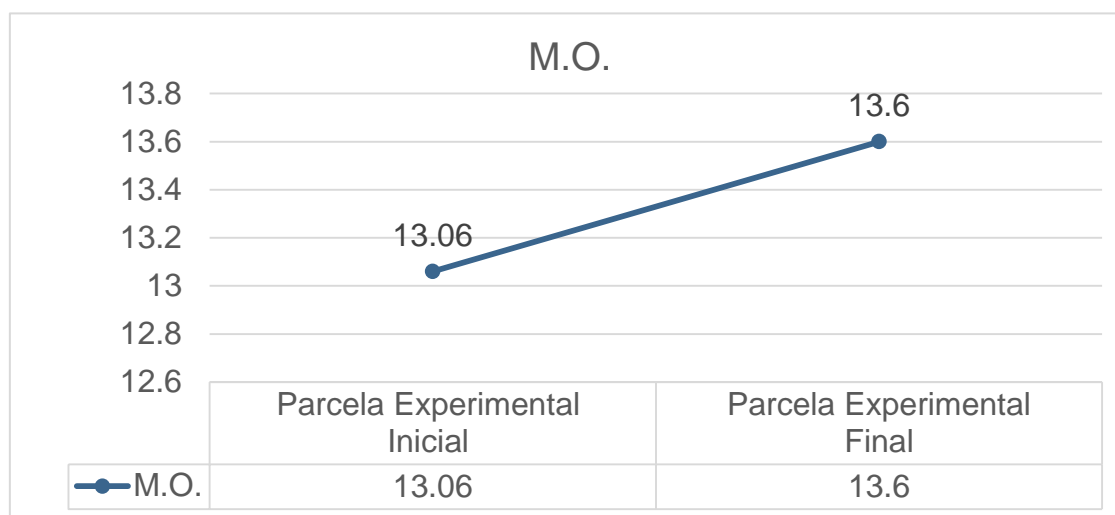


Figura 61. Contenido de M.O. inicial y final en suelo en parcela experimental

El rango ideal de materia orgánica es de 3 % - 6 %, nivel que no se cumple en la parcela testigo inicial y final, pero tampoco, en la parcela experimental inicial y final. Pues como se observa en la figura 61 se observa un leve aumento de materia orgánica en la parcela experimental final.

La materia orgánica en los cafetales de esta finca, Santo Tomas Pachuj, se origina por el tipo de cobertura que poseen, pues su sistema de cultivo es con exposición plena al sol asociado con pasto, este pasto es el que proporciona al suelo esta gran cantidad de materia orgánica. Cada manejo que se le brinda al pasto contribuye con el aumento de materia orgánica en el suelo, esta *Brachiaria*, con cada manejo se transforma por descomposición y mineralización en nutrientes solubles y por humificación a complejos coloidales húmicos que favorecen la nutrición del cafeto y el crecimiento de las raíces.

Los valores obtenidos en ambas parcelas, testigo y experimental indican que es un suelo alto en materia orgánica.

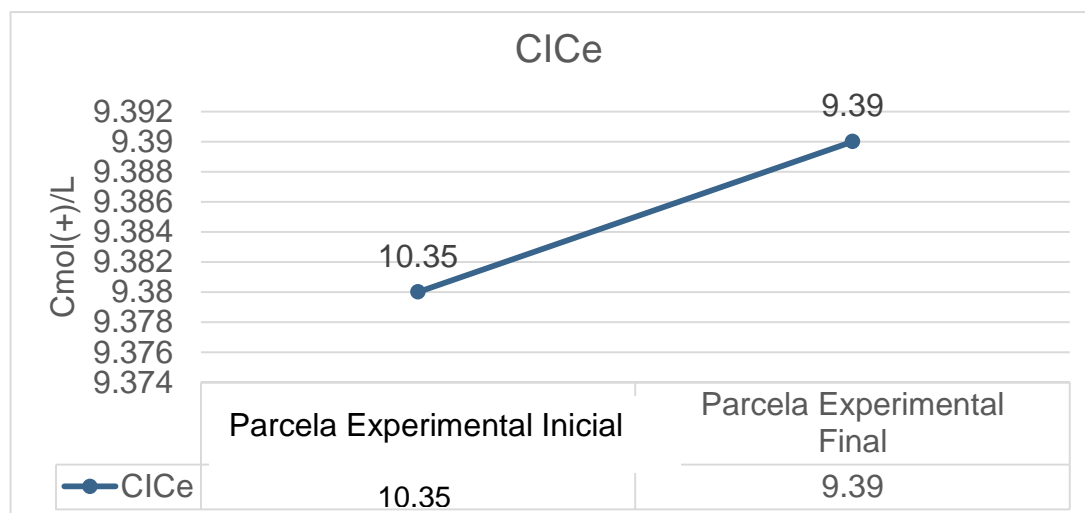


Figura 62. Contenido de CICe inicial y final en parcela experimental

La acidez presente en el suelo corresponde a la concentración de iones hidronio en disolución extraída de la mezcla de suelo y agua o del suelo y una disolución extractora (Ávila, J. sf).

La capacidad de intercambio catiónico efectivo, como su nombre lo indica es la capacidad de reemplazar o intercambiar una carga negativa por una positiva. En la figura 62 se observa que la parcela experimental inicial tiene una CICe mayor que la parcela experimental final; en el análisis físico del suelo se observa que la parcela experimental inicial tiene un alto contenido de arcillas 22.8 %, mientras que en la parcela experimental final hay 18.58 % de arcillas, las arcillas junto con la materia orgánica son los que permiten el intercambio entre iones positivos (cationes).

La razón por la que en la misma parcela (experimental) contenga más arcilla al inicio que al final puede ser un error antrópico, por varias razones, una de ellas que la muestra no se haya tomado en el mismo punto y el porcentaje de limo, arena y arcilla podría variar dependiendo del lugar esto porque son partículas que pueden desplazarse de varias maneras.

Cabe mencionar que la disminución del CICE no solo se dio en la parcela experimental, sino también en la parcela testigo por lo que se considera que las aguas no causaron algún efecto en la capacidad de intercambiar cationes. Por lo que, la disminución de la capacidad de intercambiar cationes (CICE) se dio debido a la variación del contenido de arcillas presentes en el suelo, y más que en el suelo, en el punto de muestreo.

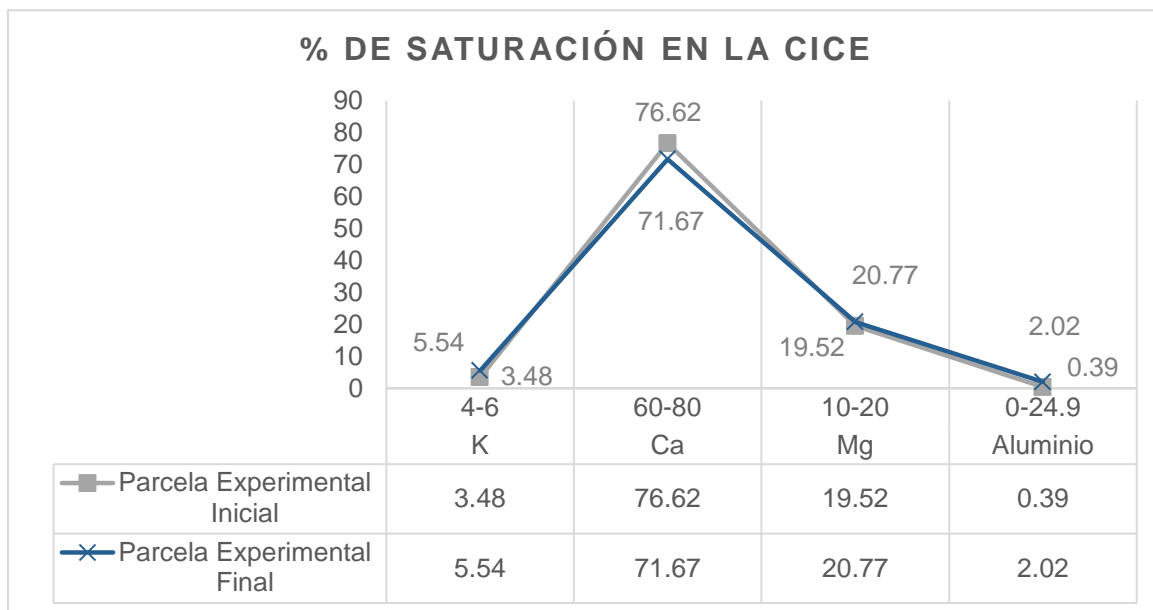


Figura 63. Porcentaje de Saturación en la CICE

Como se mencionó con anterioridad, la CICE indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta.

En el suelo se encuentran los cationes ácidos (hidrógeno y aluminio) y los cationes básicos (calcio, magnesio, potasio y sodio). La fracción de los cationes básicos que ocupan posiciones en los coloides del suelo se refiere al porcentaje de saturación de bases. Cuando el pH del suelo se encuentra en estado neutral, 7, su saturación de bases llega a un 100 % y significa que no se encuentran iones de hidrogeno en los coloides (FAO, 2016).

En la figura 63 se observa que en la parcela experimental inicial y parcela experimental final existe un aumento en el porcentaje de potasio (K), el nivel adecuado de este

elemento va 4 % - 6 % por lo que este valor del potasio indica que está dentro del rango ideal. No obstante, se observa que la parcela experimental final estará disponible para la planta un 5.54 % de potasio.

En cuanto al calcio (Ca) se observa un nivel adecuado bastante alto (el más alto de todas las bases) este va de 60 % a 80 %. En la figura 63 se observa que la parcela experimental inicial tiene mayor disponibilidad de calcio que la parcela experimental final, sin embargo, se encuentran dentro de los valores ideales. Por lo que se puede observar que el 71.67 % de calcio está disponible para ser intercambiado por la carga de las arcillas.

El magnesio es una base, el 20.77 % en la parcela experimental final indica la disponibilidad que este elemento tiene para ser intercambiado por la carga de las arcillas. El valor ideal va 10 % - 20 % por lo que se puede observar que los datos en las parcelas se encuentran dentro del rango ideal.

El aluminio es un catión ácido, el cual debe ser controlado pues su exceso podría convertirse en fitotóxico, al ser el pH muy bajo la arcilla se rompe dejando libre el aluminio es por ello la importancia de monitorear que el aluminio se encuentre en su rango ideal de 0 a 24.9 % en este caso se puede observar que el porcentaje de aluminio es relativamente bajo pues los valores en parcela testigo (inicial y final) no sobrepasan 2.02 %.

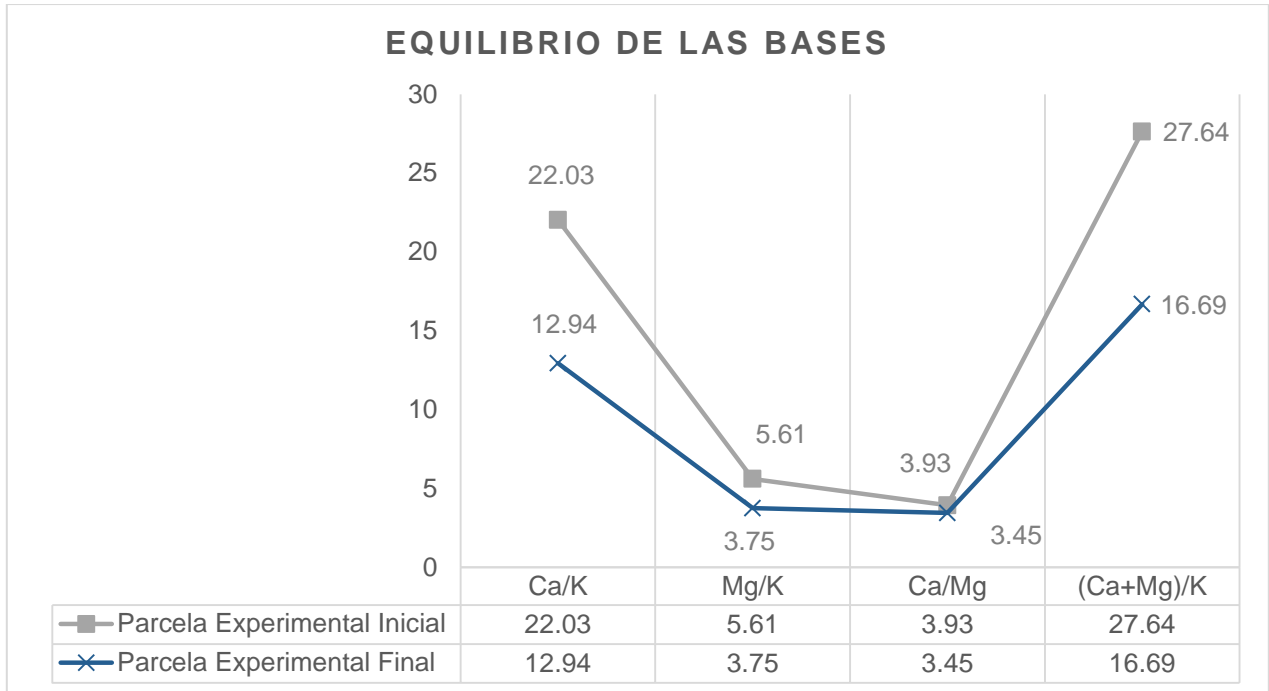


Figura 64. Equilibrio de Bases

Los cationes básicos son calcio, magnesio, potasio y sodio; para este análisis de suelos se consideró el equilibrio de bases para los elementos, calcio, potasio y magnesio.

Si las arcillas logran retener a las bases, estas bases ya no pueden formar equilibrio entre ellas, por lo que estos equilibrios se forman con el contenido que no fue retenido por las arcillas.

En la figura 64 se muestra que el equilibrio entre Ca/K en la parcela testigo final y parcela experimental final está dentro del valor ideal (5-25) por lo que indica que ambas bases están en equilibrio.

En las bases Mg/K los valores ideales son de 2.5-15, en la gráfica se puede observar que todos los valores se encuentran dentro de los ideales, por lo que indica que estas bases se encuentran en equilibrio. Lo mismo sucede con Ca/Mg y con (Ca+Mg)/K pues se encuentra dentro de los rangos ideales por lo cual indica que el suelo se encuentra en equilibrio balanceado.

Si el porcentaje de saturación se eleva, el equilibrio de bases baja; pues esto indica que las arcillas han retenido a las bases quedando poca disponibilidad para poder formar equilibrio entre ellas.

Además de las muestras de suelos que se tomaron, también se tomó una muestra foliar para lograr observar la influencia de las aguas tratadas en el área foliar de la planta. A continuación, en el cuadro 44 se presentan los resultados obtenidos.

Cuadro 44. Propiedades Químicas Foliare

Identificación de la Muestra	%						ppm				
	N	P	K	Ca	Magnesio	Azufre	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	Boro
Niveles Adecuados	2.3-2.8	0.11-0.15	1.9-2.5	1.1-1.5	0.29-0.35	0.16-0.25	6-9	91-105	50-150	14-18	41-90
Parcela Testigo Final	2.77	0.14	3.43	2.09	0.34	0.15	9.32	158.18	45.65	9.37	147.52
Parcela Experimental Final	2.43	0.1	2.7	1.73	0.29	0.12	7.44	100.7	36.72	5.81	145.45

Fuente: elaboración propia, 2016

Las hojas del cafeto, son órganos en los cuales se realizan los tres procesos fisiológicos importantes que soportan el crecimiento y desarrollo vegetativo y desarrollo reproductivo, estos son: fotosíntesis, respiración y transpiración (CENICAFÉ, 2007).

En la figura 65 se puede observar el cambio en la parcela experimental en cuanto al elemento nitrógeno.

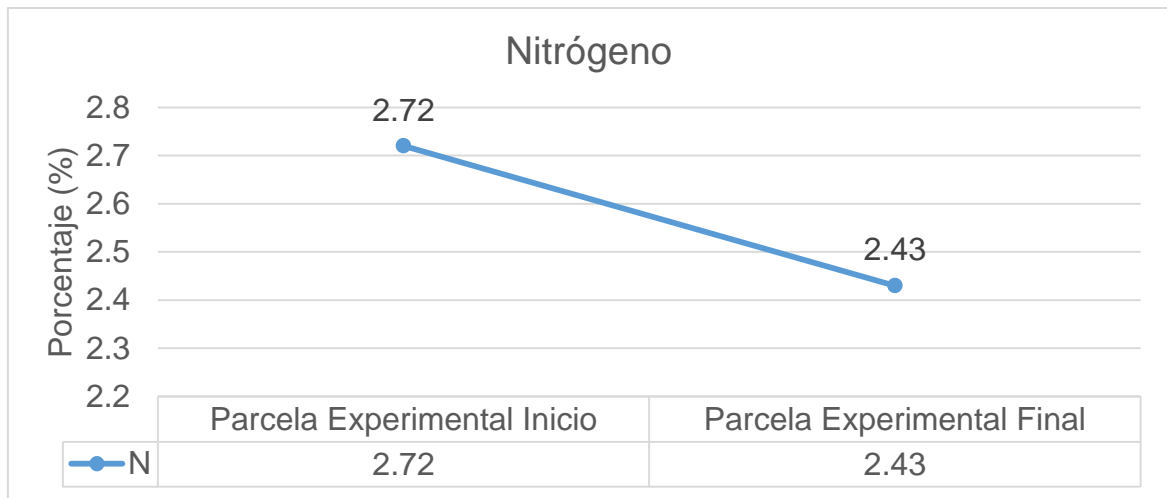


Figura 65. Porcentaje de Nitrógeno inicial y final en foliar en parcela experimental

Como se observa en la figura 65 el porcentaje de nitrógeno disminuyó en 0.29 % pero, aunque, este elemento haya disminuido, aún se encuentra dentro de los niveles adecuados (2.3 % - 2.8 %). La deficiencia del nitrógeno podría causar atrofia en el crecimiento, el color cambiaría a verde pálido hasta amarillo, así como el exceso se vería reflejado en hojas más grandes y succulentas (ANACAFÉ, 2012).

El nitrógeno es un factor de crecimiento, como ya se mencionó, se observa que a la parcela que se le aplicó el agua tratada tuvo un descenso en este elemento, a pesar de las aplicaciones foliares de ATP Up que se realizaron, pues según su composición química, este fertilizante foliar aporta fósforo y nitrógeno, así como promueve la recuperación del metabolismo de cultivos que son sometidos a estrés, en este caso; como son plantaciones al sol (con asoció a gramíneas) puede que el cultivo se sienta en estrés y para combatir ese estrés se aplica ATP foliar.

En la figura 66 se destaca que el elemento fósforo tuvo una disminución de 0.01%, por lo que se observa que no hubo ningún cambio significativo en el contenido de fósforo en el follaje.

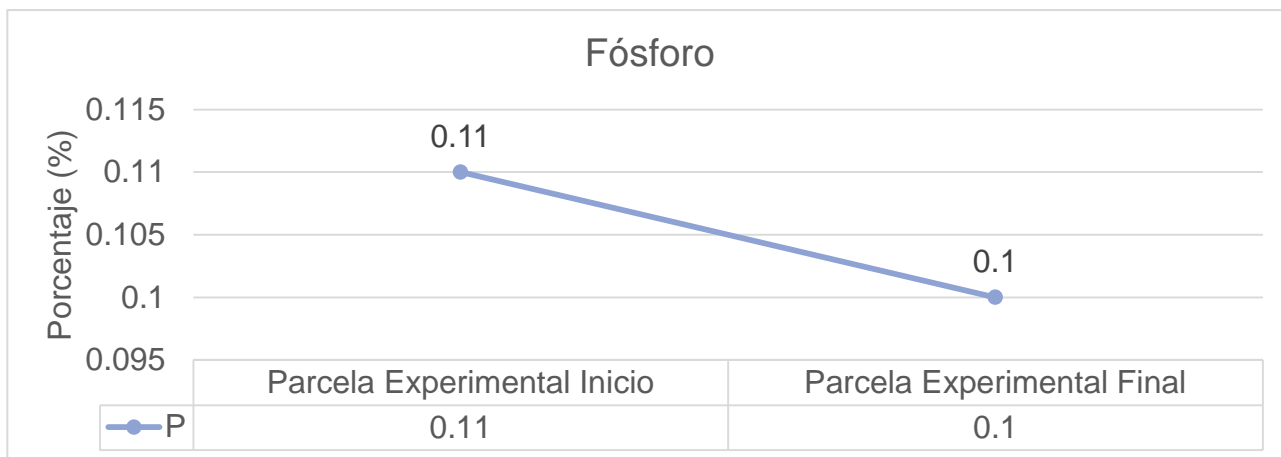


Figura 66. Contenido de Fosforo inicial y final en foliar en parcela experimental

El fósforo cobra importancia en los procesos de fotosíntesis, respiración y fermentación. La deficiencia de fosforo no es fácil de detectar, pero parece manifestarse como deficiencia conjunta de hierro, cinc y manganeso (ANACAFÉ, 2012).

En la figura 67 se observa el aumento en el contenido de potasio en la parcela a la que se le aplico las aguas tratadas, ya que, en la parcela experimental en el inicio, el porcentaje de potasio se encontraba abajo del nivel adecuado.

La deficiencia del potasio podría causar defoliación, aun estando en época de floración, las hojas pequeñas sufrirían deformación y disminución de clorofila (ANACAFÉ, 2012)

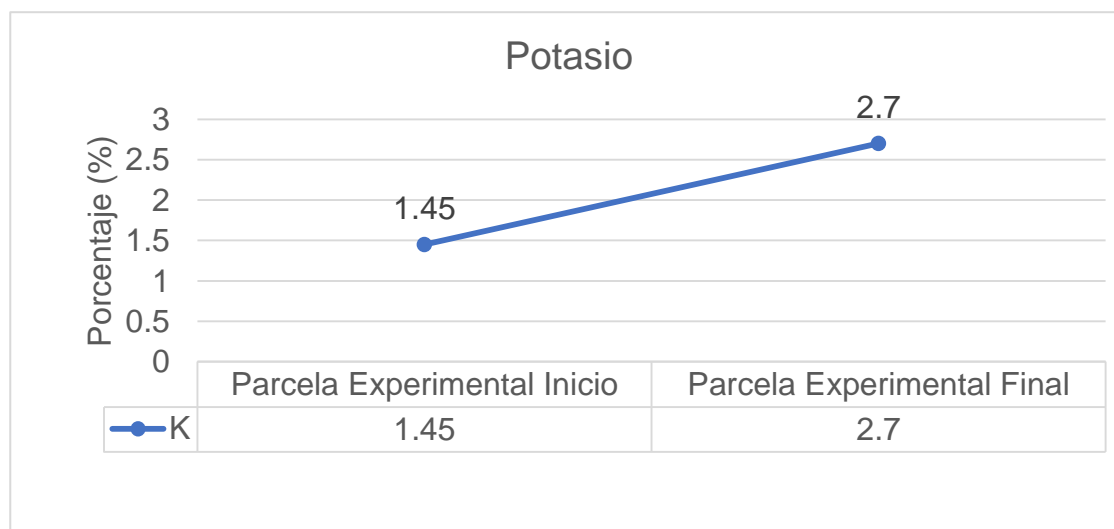


Figura 67. Contenido de Potasio inicial y final en foliar en parcela experimental

En la figura 67 se observa que tanto en la parcela experimental inicial y final existe un exceso de calcio pues sobre pasa los niveles adecuados (1.1 % - 1.5 %); se observa que la parcela experimental tiene 1.73 % de calcio, este exceso puede deberse a la aplicación de Terra Mix, como enmienda; pues este producto aporta calcio, magnesio y azufre. Además de este producto, se realizó otra aplicación en el mes de marzo la cual aportó contenido de calcio.

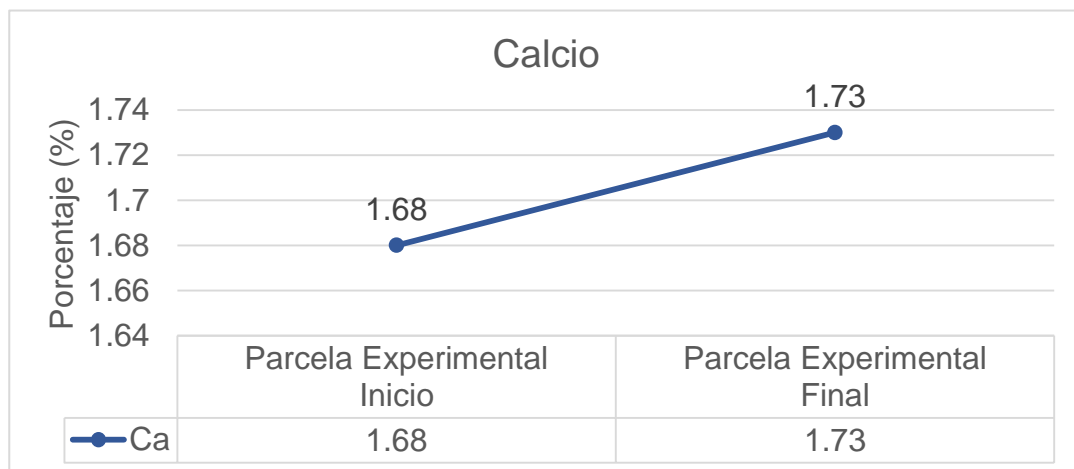


Figura 68. Contenido de Calcio inicial y final en foliar en parcela experimental

El calcio es un elemento básico para mantener la calidad del fruto, y su deficiencia podría causar atrofia en su crecimiento, enrollamiento y distorsión de las hojas (ANACAFÉ, 2012).

El rango ideal, según ANACAFÉ, es de 1.1 % - 1.5 % se observa en la figura 68 que en la parcela experimental inicial y final está sobre el nivel adecuado, mostrando un aumento en la parcela experimental final, este aumento es de 0.5 % dato no significativo pues en follaje es de gran importancia la presencia y disponibilidad de este elemento.

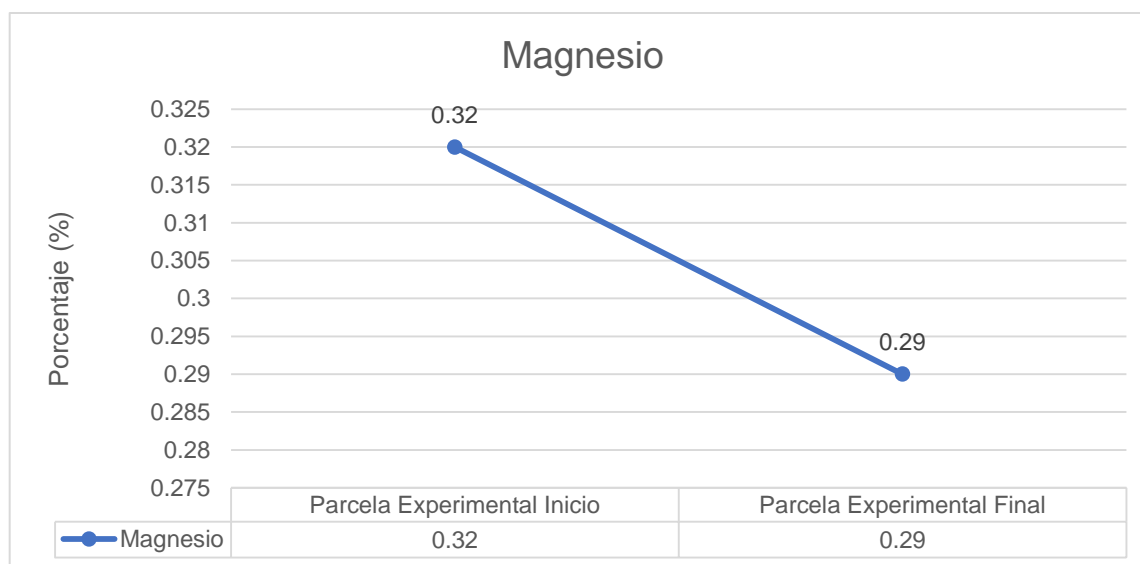


Figura 69. Contenido de Magnesio inicial y final en foliar en parcela experimental

Se observa en la figura 69 que en la parcela experimental final el porcentaje de magnesio disminuyó un 0.03 % aun así, el porcentaje de magnesio está dentro de los niveles adecuados (0.29 % - 0.35 %) tanto en la parcela inicial como en la final. El magnesio es necesario para la formación de clorofila y vital para la fotosíntesis, la deficiencia de este elemento podría ocasionar defoliación en ramas cargadoras y estas pueden secarse (ANACAFÉ, 2012).

En la parcela experimental se muestra un descenso en la cantidad de magnesio, a pesar de que se realizaron aplicaciones que contribuyen al aporte de este elemento; lo que muestra que el descenso hubiese sido más pronunciado si no se hubiese realizado la aplicación de Fetrilon Combi y Newfol Plus.

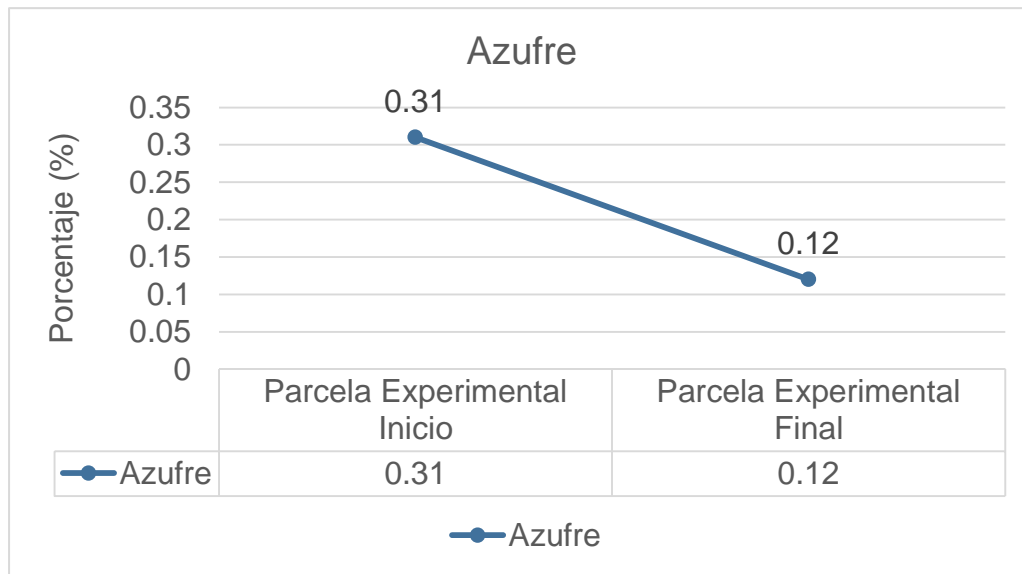


Figura 70. Contenido de Azufre inicial y final en foliar en parcela experimental

En la figura 70 se observa que en la parcela experimental inicial contiene el 0.31 % de azufre, y en la parcela final disminuye a 0.12 %. Estos valores no se encuentran dentro de los niveles adecuados (0.16 % - 0.25 %). En los meses de febrero y marzo se realizaron aplicaciones de Fetrilon Combi y Newfol Plus los cuales aportan azufre (en pequeñas cantidades), por lo que se supone que el descenso pudo haberse mostrado más pronunciado, pero estos fertilizantes contribuyeron para que no fuese así.

El azufre constituye parte de la vida vegetal, su papel es más estructural. La deficiencia de este elemento podría causar reducción en el tamaño de hojas que adquieren color amarillo y caer prematuramente (ANACAFÉ, 2012).

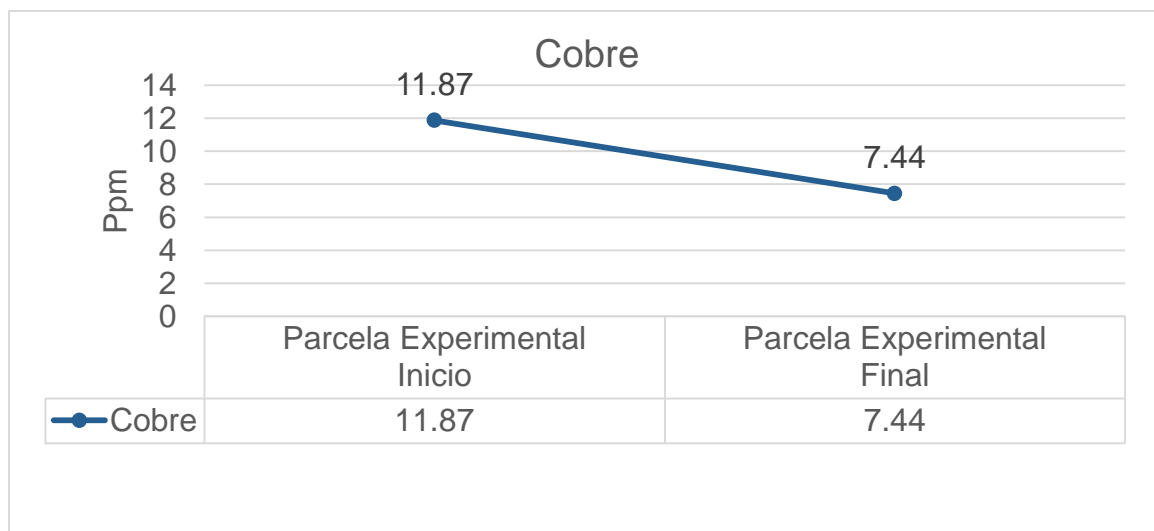


Figura 71. Contenido de Cobre inicial y final en foliar en parcela experimental

La figura 71 muestra, que al inicio el contenido de cobre es superior al nivel adecuado (6-9 ppm), pero en la parcela experimental final se observa una disminución por lo que causa que este valor se encuentre dentro de los niveles adecuados. Cabe resaltar que tanto en la parcela experimental final como testigo final el contenido de cobre disminuyó. El cobre contribuye a actividad determinadas enzimas en la planta para la síntesis de clorofila. Su deficiencia podría afectar en la muerte de brotes, aparición de manchas necróticas en hojas terminales, hojas reducidas en su tamaño y adquiere forma de "S", por el contrario, su exceso daría lugar a la aparición de hojas con falta de vitalidad y coloración bronceada (ANACAFÉ, 2012).

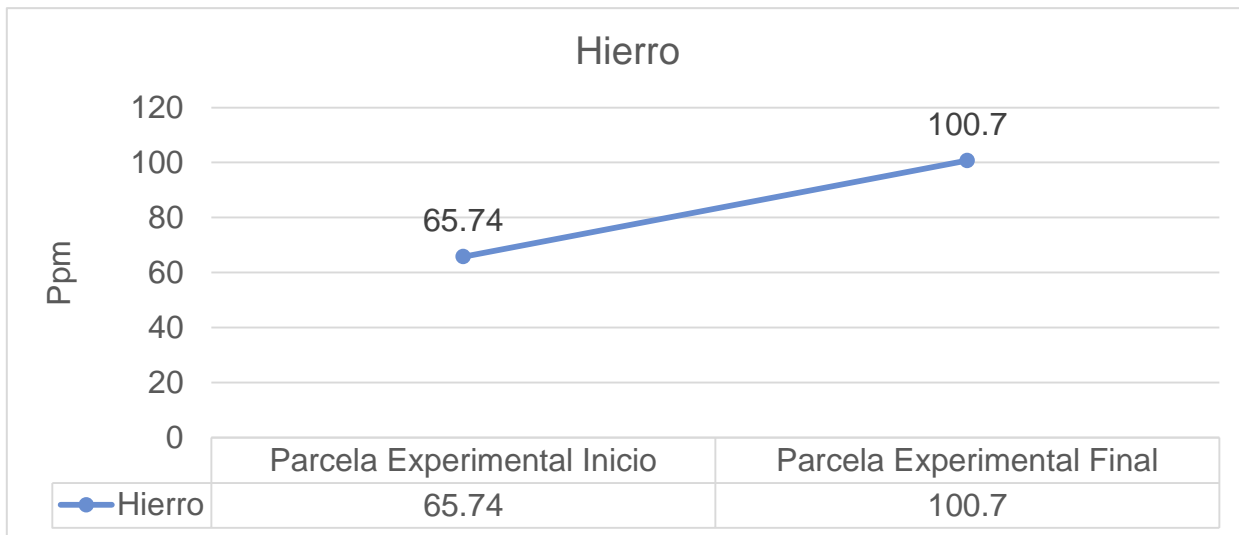


Figura 72. Contenido de Hierro inicial y final en foliar en parcela experimental

La figura 72 muestra que la parcela experimental de inicio contiene 65.74 ppm que indica que se encuentra abajo de los niveles adecuados (91-105) mientras que posterior a la aplicación de las aguas, parcela experimental final, tiene un aumento de 34.96 ppm, llegando a un contenido de 100.7 ppm adentrándolo en los niveles adecuados (91-105). La aplicación foliar de fertilizantes contribuyo con este aumento en dicho elemento.

Cabe resaltar que el contenido de hierro no solo aumento en la parcela experimental, sino también en la parcela testigo, por lo que se supone que las aguas no influenciaron en este dato, sino tuvo que ver más, con la fertilización realizada en la época de noviembre a abril; fechas de toma de muestras inicial y final. El hierro es un elemento menor, pero no por eso deja de ser importante, pues influye en el proceso de la fotosíntesis.

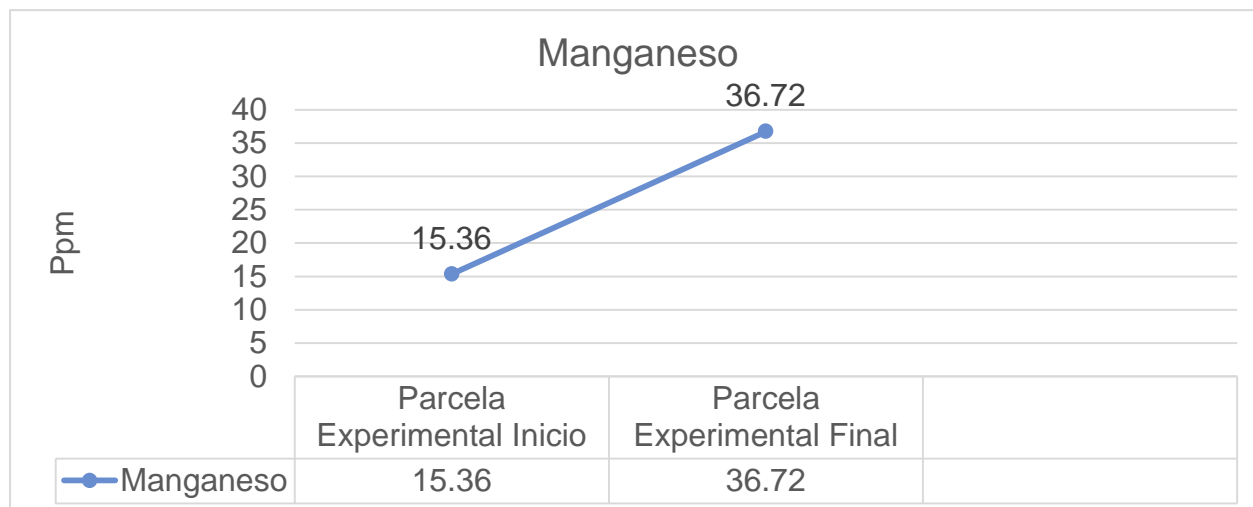


Figura 73. Contenido de Manganeso inicial y final en parcela experimental

El manganeso es esencial en pequeñas cantidades, pero es tóxico cuando las plantas lo absorben en exceso, la deficiencia de este elemento podría causar un pobre crecimiento en la floración y frutación, y su exceso ocasionaría un escaso crecimiento y necrosis de la corteza interna (ANACAFÉ, 2012). Como se muestra en la figura 73 la cantidad de manganeso está debajo de los niveles adecuados (50 ppm - 150 ppm), la parcela experimental final y la testigo final tiene un aumento en el contenido de dicho elemento, aun habiendo aumentado este no llega al nivel adecuado, dato no alarmante pues se considera que el rango de nivel adecuado es demasiado abierto, por lo que el valor final es aceptable ya que como ya se mencionó con anterioridad es esencial solo en pequeñas cantidades.

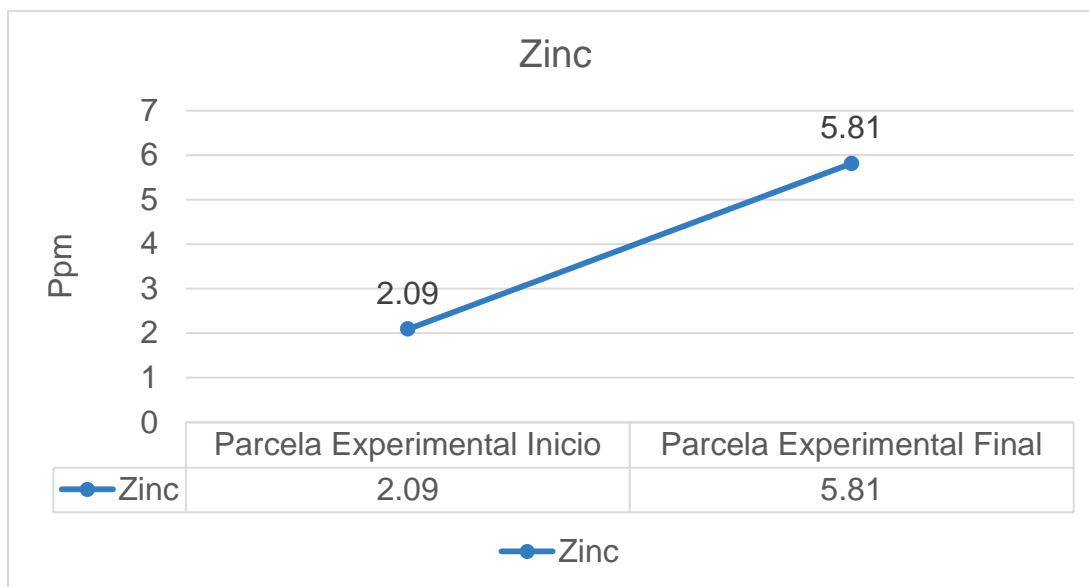


Figura 74. Contenido de Zinc inicial y final en foliar en parcela experimental

En la figura 74 se muestra el aumento en el contenido de zinc en la parcela experimental final, aun con este aumento, no se encuentra dentro de los niveles adecuados (14-18 ppm), el aumento en este elemento también se observa en la parcela testigo final, lo que indica que tanto la parcela experimental final como la parcela testigo final presentan un aumento esto puede deberse a la aplicación de fertilizantes realizada. La deficiencia de este elemento podría presentar hojas adultas con un amarillamiento del limbo, al aumentar la deficiencia se reduce el tamaño de las hojas y se vuelven estrechas y punteadas (ANACAFÉ, 2012).

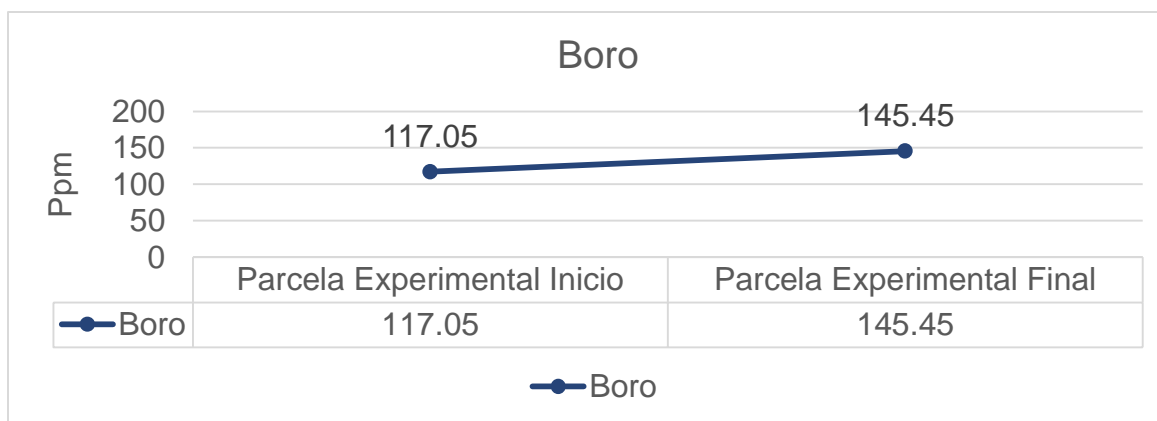


Figura 75. Contenido de Boro inicial y final en foliar en parcela experimental

En la figura 75 se observa un aumento en el contenido de boro de 28.4 ppm en la parcela de inicio y la parcela final, en ambos casos el contenido es superior a los niveles adecuados (41-90 ppm). Este aumento del elemento puede deberse a la aplicación de fertilizantes, tanto foliares como edáficas que se realizaron, las cuales aportaron cantidades de boro.

El exceso de boro podría acelerar la maduración de los frutos, puede producir toxicidad en la planta, aparición de hojas amarillentas en las puntas, extendiéndose a los bordes y una posible defoliación prematura, puede que la planta quede desnuda.

7. CONCLUSIONES

1. En suelos, de los 22 parámetros evaluados, 16 elementos están dentro del contenido ideal que debe de tener; estos elementos son boro, calcio, magnesio, azufre, cobre, manganeso, ClCe, pH, porcentaje de saturación de las bases y el equilibrio de bases.
2. En suelos, se encontró 6 elementos que no están dentro de los niveles adecuados; sino que están sobre ese nivel. Los elementos que muestran exceso son; fosforo, potasio, acidez intercambiable, hierro, zinc y la materia orgánica. El fósforo y potasio son macronutrientes, esto quiere decir que el suelo necesita de estos elementos en altas cantidades por lo que su exceso no afecta a la planta.
3. El nivel adecuado de materia orgánica es de 3 - 6 % pero tanto al inicio como al final y en la parcela testigo y experimental se determinó una cantidad desde 13.06 % hasta 13.66 % esto debido al tipo de cobertura que la finca maneja ya que son plantaciones expuestas a plena luz solar con asocio a pasto que es un tipo de *Brachiaria*.
4. El sistema de tratamiento de aguas revela la eficiencia que posee, otorgando al agua un pH de 6.6 al finalizar todo el proceso (agua que se aplica a la planta). Así como se puede observar que el agua contiene 25.94 mg/L de nitrógeno y 1.19 mg/L de fósforo, claro que estos elementos deben pasar por un proceso químico en el suelo para estar disponibles y que sean aprovechados por la planta.
5. Se realizaron 18 aplicaciones de agua tratada, estas se llevaron a cabo en los meses de diciembre a marzo, las plantas seleccionadas como parcela neta fueron 18 y cada planta recibió 10 L de agua semanales, por lo que en los meses comprendidos de diciembre a marzo cada planta recibió 180 L de agua tratada.
6. Para la aplicación de aguas tratadas a las plantas se utilizaron 3240 L de agua, en los meses comprendidos de diciembre a marzo, esta cantidad fue aplicada en las plantas de la parcela experimental.

7. En base a información generada en la fase 2, comparación del contenido nutricional en suelo y en follaje de las plantas al inicio y al finalizar la aplicación de las aguas, se elaboró un protocolo de investigación con formato CEDICAFÉ el cual contiene información relevante para el sector café.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café Gt). 2012. Evaluación del potencial de reúso de aguas mieles, según caracterización fisicoquímica, con fines de fertirriego para la agricultura. Guatemala. 64 p.
2. _____. 2014. Guía Técnica del Caficultor. Guatemala 212 p.
3. _____. 2014. Diseño y construcción de planta de tratamiento de aguas residuales del proceso de beneficiado húmedo del café y sistema de reúso a través del fertirriego. Guatemala 14 p.
4. _____. 2016. Información general de unidades productivas atendidas. Guatemala. 1 p.
5. Avila, J. sf. Acidez del suelo, Capacidad de Intercambio Cationico Efectivo. Consultado 18 jul 2016. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/acidez_suelo.pdf
6. CENICAFÉ (Centro Nacional de Investigación de Café de Colombia). 2007. Desarrollo vegetativo del cafeto: Desarrollo foliar y su relación con el crecimiento y producción de la planta. 40p
7. El Cafetal. 2015. La revista del caficultor: Importancia del muestreo de suelos en el cultivo de café. Guatemala. 27 p.
8. FAO (Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y Alimentación). S.f. Fertilidad del suelo. 19 p.
9. _____. 2016. Propiedades físicas del suelo. Consultado 26 may 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
10. _____. 2016. Saturación de bases. Consultado 13 jul 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>
11. FAUSAC (Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala). 2014. Diseños y Análisis de Experimentos. Consultado 18 jul 2016. Disponible en http://fausac.usac.edu.gt/GPublica/images/2/2b/Dise%C3%B1o_y_An%C3%A1lisis_de_Experimentos_2014.pdf
12. Manual de beneficiado húmedo del café. 2005. Beneficiado húmedo. Guatemala: ANACAFÉ. 240p

13. MARN. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales). 2005. ACUERDO GUBERNATIVO No. 66-2005. Consultado 8 de febrero de 2016. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd38/Guatemala/A66-05.pdf>
14. _____. 2006. ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006. Consultado 8 de febrero de _____ 2016. Disponible _____ en: [file:///C:/Users/manuel.esq/Downloads/Acuerdo_Gubernativo_236-2006_de_disposici n de aguas residuales 1.pdf](file:///C:/Users/manuel.esq/Downloads/Acuerdo_Gubernativo_236-2006_de_disposici_n_de_aguas_residuales_1.pdf)

SERVICIO 2: PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA EVALUACIÓN DEL CONTENIDO NUTRICIONAL EN PLANTAS DE CAFÉ A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS, SANTO TOMAS PACHUJ, SAN LUCAS TOLIMAN, SOLOLA.

1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EVALUACIÓN DEL CONTENIDO NUTRICIONAL EN PLANTAS DE CAFÉ A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL PROCESO DE BENEFICIADO HÚMEDO DE CAFÉ, SANTO TOMAS PACHUJ, SAN LUCAS TOLIMAN, SOLOLA (agosto, 2016)

2. OBJETIVOS:

2.1 GENERAL:

Implementar el diseño experimental en campo para la evaluación del contenido nutricional en plantas de café a partir de la aplicación de aguas provenientes de un sistema de tratamiento de aguas residuales del proceso de beneficiado húmedo de café.

2.2 ESPECÍFICOS:

- Aplicar tres frecuencias de riego distintas, con la misma dosis de agua.
- Determinar si el sistema de reúso de aguas mieles de café evaluado, es factible y cumple con la normativa ambiental vigente para el sector.
- Determinar el tratamiento de riego más efectivo, utilizando agua miel.
- Determinar la cantidad de elementos en el suelo y en el follaje, previo y posterior a la aplicación de las aguas tratadas, por tratamiento.
- Documentar fotográficamente la apariencia física de las plantas de experimentación, sometidas o no a riego, durante la investigación.

- Correlacionar el aporte nutricional de las aguas mieles y su influencia en el desarrollo de las plantas de café, mediante análisis de calidad aguas residuales, abono líquido orgánico, de suelos y foliar.

3. ANTECEDENTES

En el año 2014 se inició con el proyecto de implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales, en ese año se llevó a cabo todo lo necesario para la instalación en la finca (gestiones, elaboración de diseño, presupuesto, etc.). Los detalles tanto del beneficio húmedo como del sistema de tratamiento se encuentran en el protocolo “Construcción de sistema de tratamiento de aguas residuales el proceso de BH del café”, enero 2014. Su funcionamiento dio inicio en la cosecha 2015-2016.

En el mes de noviembre de 2015 se establecieron dos parcelas, una testigo y una experimental de las cuales se realizaron análisis del estado de los suelos y foliar. En el mes de diciembre se dio inicio a la aplicación de aguas tratadas a las plantas de café, la dosis y la frecuencia fue la misma para toda la parcela experimental (10 L/planta/semana), estas aplicaciones se realizaron hasta el mes de marzo y en el mes de abril nuevamente se tomaron datos del estado de suelos y foliar de ambas parcelas (testigo y experimental).

También se consideró importante hacer un análisis de aguas residuales en diferentes puntos del sistema de tratamiento de aguas para conocer la calidad de las aguas. Los resultados se presentan en el protocolo “EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS DEL BENEFICIADO HÚMEDO DE CAFÉ CON FINES DE NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DE CAFÉ, SANTO TOMAS PACHUJ, SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ”, Julio 2016.

4. JUSTIFICACIÓN

Se desea implementar un diseño experimental en campo que permita identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro del experimento y así analizar estadísticamente año con año los resultados obtenidos del estado de los suelos y foliar.

La investigación está planificada para 5 años (como mínimo) debido a las variaciones en cuanto al clima, plagas y/o enfermedades, aplicación de prácticas agrícolas, entre otros y así contrarrestar a través de los años dichas variaciones. Cabe mencionar la importancia de establecer parcelas permanentes, para obtener información más precisa del área.

No se tomará en cuenta la etapa de manejo de tejido (renovación de tejido productivo) en el que se encuentre, pues esto creara un escenario con mayor amplitud que permita observar el efecto del agua en diferentes etapas de manejo de la plantación.

5. LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA FINCA

- Finca: Santo Tomas Pachuj
- No. De Registro en ANACAFÉ: 7299
- Ubicación: San Lucas Tolimán, Sololá – Región II
- Área con café: 95 Mz.
- Variedades de café: Caturra
- Edad de la plantación de experimentación: 5 años
- Hidrología:
 - Fuentes de agua Nacimientos: 3
 - Ríos: 1
- Coordenadas: $y= 14.5833$ $x= -91.1167$
- Altitud: 800 – 2400 msnm.
- T° promedio anual: 24 °C
- Precipitación promedio anual: 2000 – 4000 milímetros
- Suelo: Franco – arenoso

- Cosecha/Operación: Diciembre-Marzo
- Promedio de proceso en día pico: 250 quintales de café cereza
- Promedio de uso de agua por día: 3 metros cúbicos
- Recibo del fruto de café: Tanque recibidor semi-seco construido de mampostería de block reforzado

6. MATERIALES Y MÉTODOS

En base a los resultados obtenidos en la fase 2, se procedió a implementar la propuesta del diseño experimental para la investigación, la elaboración del protocolo se realizó en el mes de agosto y se implementó en campo en el mes de septiembre.

La investigación se planea realizar por 5 años, el año estará comprendido de septiembre-mayo; iniciará en septiembre para realizar los preparativos necesarios previo a la cosecha (establecimiento de parcelas, puntos de muestro en STAR así como muestreo inicial) y se tomaran las ultimas muestras en campo en el mes de abril y en mayo ya se tendrán los resultados analizados.

Diseño a evaluar: bloques al azar

Número de tratamientos: 4

Número de repeticiones: 4

Número de plantas para parcela neta: 3 plantas experimentales y 2 plantas de bordes

6.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Se establecerán 4 surcos los cuales serán identificados como parcelas de repetición, cada repetición contará con los 4 tratamientos definidos a más adelante. La planta recibirá una dosis de 10 L de agua cada una, según la frecuencia (tratamiento) que le sea asignada

durante los meses de noviembre a febrero (esto dependerá de la disponibilidad de agua en el sistema de tratamiento de aguas).

Para la aplicación de las aguas, se utilizará una cubeta la cual estará calibrada para 10 L de agua, esto para aplicar estrictamente la dosis establecida (no mayor o menor cantidad de agua) de riego.

1. Tratamiento 1, se trata del testigo absoluto es decir no se aplicará agua tratada ningún día de la semana.
2. Tratamiento 2, la dosis será la misma que se utilizó en la fase 2, y la frecuencia del riego será una vez a la semana.
3. Tratamiento 3, dosis de 10 L por planta con una frecuencia de 2 días a la semana
4. Tratamiento 4, dosis de 10 L por planta con frecuencia de 3 días a la semana.

Cuadro 45. Aplicación de tratamientos

Tratamiento	Dosis (L/agua)	Frecuencia (Días/Semana)
Tratamiento 1 (Testigo Absoluto)	0 L	0
Tratamiento 2	10 L	1
Tratamiento 3	10 L	2
Tratamiento 4	10 L	3

Fuente: elaboración propia, 2016

- MATERIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE TRATAMIENTOS
- ✓ Estacas
- ✓ Metro
- ✓ Cintas plásticas de colores

Para el establecimiento de las parcelas experimentales, se ubicó el área más homogénea posible. Área con una pendiente similar y que se encontrará completamente expuesta al sol, para evitar variación por sombra.

Se asume que las aguas provenientes del sistema de tratamiento de aguas residuales se encontrarán disponibles desde el mes de noviembre, al final se presenta el plan de riego. Se muestra que tratamientos deben regarse, según el día en el que se encuentren.

CONSIDERAR: Según el calendario de riegos, este da inicio el 1 de noviembre, pero, por si algún motivo aún no hay aguas disponibles para esa fecha, se debe continuar con el calendario establecido independientemente el día que se inicie el riego.

6.2 UNIDAD EXPERIMENTAL

UNIDAD EXPERIMENTAL				
X	O	O	O	X
X = Borde O = Parcela Neta				

Cada bloque tendrá los 4 tratamientos y cada tratamiento contará con 5 plantas, de las cuales se tomarán datos de 3 solamente, esto con el fin de disminuir el error que podría presentar la experimentación.

6.3 PARAMETROS DE MUESTREO

A continuación, se describe el tipo de muestreo y los meses en que estos se realizarán.

Como se observa en el cuadro anterior, se realizaran muestreos en suelo y foliar (pre y post aplicación de aguas tratadas) y en aguas se realizaran muestreos en 6 puntos distintos

- Agua limpia
- Tanque Decantador (agua cruda)
- Tanque Colector-Homogeneizador
- Salida canal floculador

- Pila de sedimentación
- Salida de pila de sedimentación

6.3.1 REGISTRO DE TOMA DE MUESTRAS DE AGUA

Los cuadros 46 y 47 muestran los análisis de agua a realizarse.

Cuadro 46. Monitoreo de aguas para análisis Aguas Residuales

Tipo de análisis: A-2 "Análisis Aguas Residuales"						
No	Punto de Muestreo	Muestreo 1	Muestre 2	Muestreo 3	Muestreo4	Muestreo5
1	Agua limpia	2 L				2 L
2	Tanque Decantador (Agua Cruda)	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L
3	Salida del Tanque Colector-Homogeneizador	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L
4	Salida de canal Floculador (agua tamizada y neutralizada)	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L
5	Pila de sedimentación (a las 6 horas de estar en la pila)	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L
6	Salida de pila de sedimentación (a las 12 horas)	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L

Fuente: elaboración propia, 2016

Cuadro 47. Monitoreo de aguas para análisis Abonos Orgánicos

Tipo de análisis: O-2 "Análisis de abonos orgánicos"						
No.	Punto Muestreo	Muestreo1	Muestreo2	Muestreo3	Muestreo4	Muestreo5
1	Agua limpia	2 L				2L
2	Tanque Decantador (Agua Cruda)	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L
3	Salida del Tanque Colector-Homogeneizador	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L
4	Salida de canal Floculador (agua tamizada y neutralizada)	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L
5	Pila de sedimentación (a las 6 horas de estar en la pila)	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L
6	Salida de pila de sedimentación (a las 12 horas)	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L

Fuente: elaboración propia, 2016

- MATERIALES PARA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA
 - ✓ Hielera y hielo
 - ✓ Etiquetas
 - ✓ Recipientes de capacidad 2 L.

CONSIDERAR:_ No se debe permitir que el agua por rebalse pase de una pila a otra, por lo que en la salida del canal floculador debe colocarse un tubo que haga llegar el agua a la pila 1 a la pila 2 y a la pila 3, respectivamente. Las muestras tomadas de la pila de sedimentación y salida de pila de sedimentación se realizaran de la siguiente manera: en el primer muestreo se tomara de la pila 1, en el segundo muestreo de la pila 2 y el tercer muestreo de la pila 3.

6.3.2 REGISTRO DE TOMA DE MUESTRAS DE SUELO Y FOLIAR

Se trabajará con muestras compuestas. Las muestras de suelo y foliar debe obtenerse 1 Kg de suelo por cada tratamiento, este suelo debe tomarse de las 4 repeticiones y homogenizarlo en una cubeta (no manipular con las manos) para tener una sola muestra por tratamiento en todas sus repeticiones. De igual manera para la toma foliar, debe tomarse 50 g (aprox. 40 hojas) de muestra de cada tratamiento, en las 4 repeticiones con el fin de obtener solo una muestra por tratamiento en todas sus repeticiones, la toma de hojas de realizarse en dirección de los cuatro puntos cardinales.

- MATERIALES PARA LA TOMA DE MUESTRA
 - ✓ Marcadores para etiquetar
 - ✓ Barreno (o bien; machete, azadón y pala)
 - ✓ Cubeta
 - ✓ Bolsas para muestra

6.3.3 REGISTRO DEL ESTADO FISICO DE LA PLANTA

Se elegirán las 3 plantas de cada tratamiento, en la repetición número dos (segundo surco en el que se implementaran los tratamientos), a las cuales se les tomara una fotografía, estas plantas se dejaran establecidas para que año con año pueda observarse sus características físicas, las fotografías serán tomadas semanalmente (día martes) desde el mes de noviembre hasta el mes de abril.

La toma de fotografías se realizara a las 9:00 horas, debe tomarse en cuenta la fecha en la que fue tomada así como la temperatura ambiente en el que se encuentra en ese momento (esto con ayuda de la estación meteorológica establecida en la finca).

- MATERIALES PARA REGISTRO
 - ✓ Cámara fotográfica
 - ✓ Cinta plástica para identificar las plantas a fotografiar
 - ✓ Hojas de registro para características de la planta

Para esta sección, se utilizará un formato en el cual se debe incluir la información requerida además, de tomar la fotografía (ver cuadro 48).

Cuadro 48. Registro fotográfico de plantas

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PLANTAS													Fotografía	
No. Tratamiento: ___ Fotografía No. ___ Fecha: ___ Hora: ___														
Repetición II	Planta		Clima			Pasto		Acumulación de sólidos en el suelo	Fertilización/Enmiendas/Otros					Observación
	Planta	Cantidad de L de agua que la planta recibió	Temp.	Humedad	Pp. (si/no) Cantidad de ml de lluvia	Manejo de pasto (si/no)	Altura del pasto (M.aprox.)		Si	No	Suelo	Foliar	Nombre /Formula	
	1													
	2													
	3													

Fuente: elaboración propia, 2016

7 NÚMERO Y TIPO DE MUESTRAS

Cuadro 49. Cantidad de muestreos y tipo de análisis

NÚMERO DE MUESTRAS POR TIPO DE ANALISIS POR AÑO (ANALAB)						
Tipo de análisis (Analab)	Código Analab*	Fechas de muestreo por año	Puntos de muestreo	Muestreos	Tratamientos ** O puntos de muestreo	Número de Muestras
Suelos	AS-2	Octubre- Abril ***	Suelos	2	4	8
Foliar	F-2	Octubre- Abril ***	Foliar	2	4	8
Aguas Residuales	A-4	Noviembre - Diciembre - Enero	agua limpia	2	1	25
			decantador (agua cruda)	5	1	
			salida del tanque colector (agua cruda homogeneizada)	5	1	
			salida del canal floculador (agua tamizada y neutralizada)	5	1	
			Pila de sedimentación (a las 6Hrs.)	5	1	
			Salida de pila sedimentación (a las 12 Hrs.)	5	1	
Abonos Orgánicos Líquidos	O-2	Noviembre - Diciembre - Enero	agua limpia	2	1	25
			decantador (agua cruda)	5	1	
			salida del tanque colector (agua cruda homogeneizada)	5	1	
			salida del canal floculador (agua tamizada y neutralizada)	5	1	
			Pila de sedimentación (a las 6 Hrs.)	5	1	
			Salida de pila sedimentación (a las 12 Hrs.)	5	1	
			Total	58	20	70

Fuente: elaboración propia, 2016

8 ESTIMACIÓN DE COSTOS POR AÑO

Costos de muestreos por Tipo de Análisis por año								
Tipo de análisis (Análisis)	Código Analab *	Fechas de muestreo por año	Puntos de muestreo	Muestreos	Tratamientos ** O puntos de muestreo	Número de Muestras	Costo Unitario (afiliado)	Costo Total
Suelos	AS-2	Octubre-Abril ***	Suelos	2	4	8	Q 190.00	Q 1,520.00
Foliar	F-2	Octubre-Abril ***	Foliar	2	4	8	Q 160.00	Q 1,280.00
Aguas Residuales	A-4	Noviembre - Diciembre - Enero	agua limpia	2	1	2	Q 445.00	Q 890.00
			decantador (agua cruda), salida del tanque colector (agua cruda homogeneizada), salida del canal floculador (agua tamizada y neutralizada), pila de sedimentación y salida de pila de sedimentación	5	5	25	Q 445.00	Q11,125.00
Abonos Organicos Líquidos	O-2	Noviembre - Diciembre - Enero	agua limpia	2	1	2	Q 195.00	Q 390.00
			decantador (agua cruda), salida del tanque colector (agua cruda homogeneizada), salida del canal floculador (agua tamizada y neutralizada), pila de sedimentación y salida de pila de sedimentación	5	5	25	Q 195.00	Q 4,875.00
		Total		18	20	70	Q 1,630.00	Q20,080.00

Fuente: elaboración propia, 2016

9 PLANO DE CAMPO

REPETICION I																			
X	o	o	o	X	X	o	o	o	X	X	o	o	o	X	X	o	o	o	X
Tratamiento 1					Tratamiento 2					Tratamiento 3					Tratamiento 4				
SURCO DE BORDE																			
SURCO DE BORDE																			
REPETICION II																			
X	o	o	o	X	X	o	o	o	X	X	o	o	o	X	X	o	o	o	X
Tratamiento 4					Tratamiento 3					Tratamiento 2					Tratamiento 1				
SURCO DE BORDE																			
SURCO DE BORDE																			
REPETICION III																			
X	o	o	o	X	X	o	o	o	X	X	o	o	o	X	X	o	o	o	X
Tratamiento 2					Tratamiento 1					Tratamiento 4					Tratamiento 3				
SURCO DE BORDE																			
SURCO DE BORDE																			
REPETICION IV																			
X	o	o	o	X	X	o	o	o	X	X	o	o	o	X	X	o	o	o	X
Tratamiento 3					Tratamiento 4					Tratamiento 1					Tratamiento 2				

CONSIDERAR: Las plantas de la repetición II, son las plantas las cuales se fotografiarán (en todos los tratamientos, de la repetición II).

11 CRONOGRAMA ANUAL (2016-2021)

CRONOGRAMA DE MUESTREOS AÑO POR AÑO					
No VISITAS	MES MUESTREO/ OCTUBRE	CODIGO MUESTRA	CANTIDAD	OBSERVACIONES	Recomendaciones
PRIMERA VISITA	PRIMER MUESTREO SUELO/FOLIAR	F-2	4	MUESTRA INICIAL FOLIAR - 4 TRATAMIENTOS	
		AS-2	4	MUESTRA INICIAL SUELOS - 4 TRATAMIENTOS	
No VISITAS	MES MUESTREO/ NOVIEMBRE	CODIGO MUESTRA	CANTIDAD	OBSERVACIONES	Recomendaciones
SEGUNDA VISITA	PRIMER MUESTREO AGUA	A-4	6	agua limpia, decantador (agua cruda), salida del tanque colector (agua cruda homogeneizada), salida del canal floculador (agua tamizada y neutralizada), pila de sedimentación 02 y salida de sedimentación 03	Debe de estar lleno todo el circuito
		O-2	6		SE INCLUYE LA MUESTRA INICIAL DE AGUA LIMPIA
No VISITAS	MES MUESTREO/ DICIEMBRE	CODIGO MUESTRA	CANTIDAD	OBSERVACIONES	Recomendaciones
TERCERA VISITA	SEGUNDO MUESTREO AGUA	A-4	5	decantador (agua cruda), salida del tanque colector (agua cruda homogeneizada), salida del canal floculador (agua tamizada y neutralizada), pila de sedimentación 02 y salida de sedimentación 03	Debe de estar lleno todo el circuito
		O-2	5		SOLO AGUA LIMPIA NO SE MUESTREA
No VISITAS	MES MUESTREO/ DICIEMBRE	CODIGO MUESTRA	CANTIDAD	OBSERVACIONES	Recomendaciones
CUARTA VISITA	TERCERO MUESTREO AGUA	A-4	5	decantador (agua cruda), salida del tanque colector (agua cruda homogeneizada), salida del canal floculador (agua tamizada y neutralizada), pila de sedimentación 02 y salida de sedimentación 03	Debe de estar lleno todo el circuito
		O-2	5		SOLO AGUA LIMPIA NO SE MUESTREA
No VISITAS	MES MUESTREO/ ENERO	CODIGO MUESTRA	CANTIDAD	OBSERVACIONES	Recomendaciones

QUINTA VISITA	CUARTO MUESTREO AGUA	A-4	5	decantador (agua cruda), salida del tanque colector (agua cruda homogeneizada), salida del canal floculador (agua tamizada y neutralizada), pila de sedimentación 02 y salida de sedimentación 03	Debe de estar lleno todo el circuito
		O-2	5		SOLO AGUA LIMPIA NO SE MUESTREA
No VISITAS	MES MUESTREO/ ENERO	CODIGO MUESTRA	CANTIDAD	OBSERVACIONES	Recomendaciones
SEXTA VISITA	QUINTO MUESTREO AGUA	A-4	6	decantador (agua cruda), salida del tanque colector (agua cruda homogeneizada), salida del canal floculador (agua tamizada y neutralizada), pila de sedimentación 02 y salida de sedimentación 03	SE INCLUYE LA MUESTRA FINAL DE AGUA LIMPIA
		O-2	6		
No VISITAS	MES MUESTREO/ MARZO-ABRIL	CODIGO MUESTRA	CANTIDAD	OBSERVACIONES	Recomendaciones
SEPTIMA VISITA	SEGUNDO MUESTREO SUELO/FOLIAR	F-2	4	MUESTRA FINAL FOLIAR - 4 TRATAMIENTOS	
		AS-2	4	MUESTRA FINAL SUELOS - 4 TRATAMIENTOS	
			70		



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



REF. Sem. 03/2017

LA TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DEL DESARROLLO VEGETATIVO Y FERTILIDAD DEL SUELO EN DOS SISTEMAS DE CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*), BAJO SOMBRA Y SIN SOMBRA ASOCIADO CON PASTO RUZI (*Brachiaria ruziziensis*), EN FINCA LA VIRGEN, VILLA CANALES GUATEMALA, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADA POR LA ESTUDIANTE: BARBARA YADARÍ LÓPEZ RODRÍGUEZ

CARNE: 201111968

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Dr. Amílcar Sánchez
 Dr. Marco Tulio Aceituno Juárez
 Ing. Agr. César Linneo García Contreras

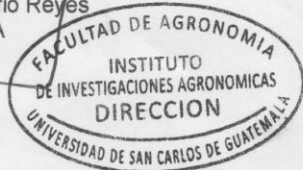
Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Dr. Marco Tulio Aceituno Juárez
 ASESOR

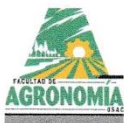
Ing. Agr. César Linneo García Contreras
 SUPERVISOR-ASESOR



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 014-2017
Guatemala, 08 de mayo de 2017

TRABAJO DE GRADUACIÓN: DIAGNÓSTICO, INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ -ANACAFÉ-

ESTUDIANTE: BARBARA YADARÍ LÓPEZ RODRÍGUEZ

No. CARNÉ 201111968

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

“EVALUACIÓN DEL DESARROLLO VEGETATIVO Y FERTILIDAD DEL SUELO EN DOS SISTEMAS DE CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arábica*), BAJO SOMBRA Y SIN SOMBRA ASOCIADO CON PASTO RUZI (*Brachiaria ruziziensis*), EN FINCA LA VIRGEN, VILLA CANALES GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES:

Dr. Amilcar Sánchez
Dr. Marco Tulio Aceituno
Ing. Agr. César Linneo García Contreras

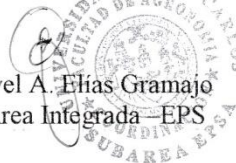
Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Agr. César Linneo García Contreras
Docente - Asesor de EPS



Vo.Bo. Ing. Agr. Silvel A. Elías Gramajo
Coordinador Área Integrada - EPS



c.c. Control Académico, Estudiante, Archivo,



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



No.05.2017

Trabajo de Graduación:

"EVALUACIÓN DEL DESARROLLO VEGETATIVO Y FERTILIDAD DEL SUELO EN DOS SISTEMAS DE CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*), BAJO SOMBRA Y SIN SOMBRA ASOCIADO CON PASTO RUZI (*Brachiaria ruziziensis*), EN FINCA LA VIRGEN, VILLA CANALES, GUATEMALA, C.A."

Estudiante:

Bárbara Yadarí López Rodríguez

Carné:

201111968

"IMPRIMASE"



Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
DECANO

