



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**ÁREA AGROPECUARIA Y DE LOS
RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE INDICADORES FISIOLÓGICOS ASOCIADOS
A TRES NIVELES DE SOMBRA EN DIFERENTES FASES DE
DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ, EN DOS
CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS**

*Tesis de Grado previa a la
obtención del Título de
Ingeniero Agrónomo.*

AUTORAS:

Mayelí Viviana Jaramillo Rojas

Tania Marilú Cabrera Erreyes

DIRECTOR

Ing. Max Enrique Encalada Córdova, Mg. Sc.

LOJA- ECUADOR
2014

**EVALUACIÓN DE INDICADORES FISIOLÓGICOS ASOCIADOS A
TRES NIVELES DE SOMBRA EN DIFERENTES FASES DE
DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ, EN DOS CONDICIONES
EDAFOCLIMÁTICAS**

TESIS

Presentada al tribunal como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

En el

**ÁREA AGROPECUARIA DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE
LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

APROBADA:


Dr. Hugo Rene Pérez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL


Ing. Gilberto Alvarez Cajas
Miembro del tribunal


Dr. Patricio Castro
Miembro del tribunal

Ing. Max Encalada Córdova Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICO:

Que he recibido un ejemplar de la tesis titulada “**EVALUACIÓN DE INDICADORES FISIOLÓGICOS ASOCIADOS A TRES NIVELES DE SOMBRA EN DIFERENTES FASES DE DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ EN DOS CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS**”, de la autoría de las señoritas Egresadas de la Carrera de Ingeniería Agronómica **TANIA MARILÚ CABRERA ERREYES**, y **MAYELI VIVIANA JARAMILLO ROJAS**; por lo cual puede continuar con los trámites pertinentes para su graduación.

LO CERTIFICO:


Ing. Max Encalada Córdova Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, **Tania Marilú Cabrera Erreyes** y **Mayeli Viviana Jaramillo Rojas**, declaro ser autor(a)(es) del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor	Tania Marilú Cabrera Erreyes	Mayeli Viviana Jaramillo Rojas
Firma		
Cédula	1104999063	1104612864
Fecha	<u>09 de Junio del 2014</u>	

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR (ES) PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

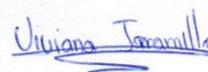
Yo, **Tania Marilú Cabrera Erreyes** y **Mayeli Viviana Jaramillo Rojas**, declaro ser autor (a) (es), de la tesis titulada **“EVALUACIÓN DE INDICADORES FISIOLÓGICOS ASOCIADOS A TRES NIVELES DE SOMBRA EN DIFERENTES FASES DE DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ, EN DOS CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS”**, como requisito para optar al grado de: **INGENIERO AGRÓNOMO**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 09 días del mes de Junio del dos mil catorce, firma el autor.

Firma

autoras

Tania Marilú Cabrera Erreyes

Mayeli Viviana Jaramillo
Rojas

Número de cédula

1104999063

1104612864

Dirección

Correo electrónico

marilunacabrera@gmail.com

vivi_26_flakita@hotmail.com

Teléfono

Celular

0968575640

0991129137

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis

Ing. Max Enrique Encalada Córdova

Tribunal de grado

Dr. Hugo Rene Pérez
Ing. Gilberto Álvarez
Dr. Patricio Castro

AGRADECIMIENTO

Las autoras del presente trabajo dejamos constancia de nuestro profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, a todos y cada uno de los catedráticos de la Carrera de Ingeniería Agronómica por el esfuerzo y apoyo prestado en impartir sus conocimientos, quienes contribuyeron a nuestra formación profesional, así como también a los amigos, compañeros y familiares quienes nos brindaron su apoyo incondicional.

De manera especial queremos expresar nuestro sentimiento de gratitud y estima al Ing. Max Encalada Córdova, Director de Tesis, quién con interés y responsabilidad nos condujo durante todo el proceso de ejecución del presente trabajo investigativo. Así como también a los señores miembros del tribunal de calificación de Tesis por sus aportes y sugerencias, a todos mil gracias por siempre.

DEDICATORIA

De manera especial me permito dedicar con mucho cariño el presente trabajo fruto del esfuerzo y sacrificio de mis padres José y Mageli quienes siempre me brindaron todos sus buenos consejos durante toda mi etapa de formación profesional, gracias a sus constantes sacrificios veo realizada una de mis metas, a mis hermanos Camilo, María, y José, por siempre estar a mi lado; y de manera especial a mi esposo Pablo que gracias a su apoyo, comprensión y sobre todo su amor pude lograr terminar mi carrera universitaria, y a mi hija Doménica Mercedes que es la razón de todo este esfuerzo.

Mageli Viviana Jaramillo.

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, hermanos por ser un pilar fundamental y brindarme su apoyo incondicional durante toda mi vida porque gracias a su comprensión y apoyo incondicional he logrado alcanzar una de las metas más importantes de mi vida, así también dedicar a mis sobrinos en especial a mi ahijada Ayelen por ser la alegría de casa, también a mis familiares y amigos por su apoyo durante este trabajo.

Marilú Cabrera

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CERTIFICACIÓN.- TRIBUNAL DE GRADO	ii
CERTIFICACIÓN.- DIRECTOR DE TESIS	iii
AUTORÍA	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE CUADROS.....	xiii
ÍNDICE FIGURAS	xv
ÍNDICE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN	xxvi

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. GENERALIDADES DEL CAFÉ	4
2.2. EL CAFÉ EN EL ECUADOR	5
2.2.1. Importancia, económica, social y ambiental	5
2.2.2. Zonas de producción	6
2.2.3. Volúmenes de producción	8
2.2.4. Sistemas de producción	9
2.3. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE CAFÉ	10
2.3.1. <u>La Raíz</u>	10
2.3.2. <u>El Tallo</u>	10
2.3.2. <u>Las Hojas</u>	11
2.3.4. <u>Las Flores</u>	12
2.3.5 <u>Los Frutos</u>	13
2.4. MANEJO DEL CULTIVO DEL CAFÉ	14
2.4.1. <u>Manejo de viveros</u>	14
2.4.1.1. Época adecuada	14
2.4.1.2. Ubicación	14
2.4.1.3. Construcción	15
2.4.1.4. Sustrato	15
2.4.1.5. Llenado de fundas	16
2.4.1.6. Siembra	16
2.4.1.7. Regulación de sombrío	17
2.4.1.8. Riego	18
2.5. FISIOLOGÍA DE LAS PLANTAS	18
2.5.1. <u>La fotosíntesis y la respiración</u>	18
2.5.1.1. Las hojas y la fotosíntesis	22
2.5.1.2. La clorofila en la fotosíntesis	24
2.5.1.3. La luz en la fotosíntesis	26

2.5.2. <u>Las plantas C3, C4 Y CAM</u>	28
2.6. EL AGUA EN LAS PLANTAS	29
2.6.1. <u>El potencial hídrico</u>	30
2.6.2. <u>Balance hídrico</u>	32
2.7. FISIOLOGÍA DEL CAFETO.....	32
2.7.1. <u>Factores ambientales en el cultivo del cafeto</u>	32
2.7.1.1. La temperatura	33
2.5.1.2. La humedad	34
2.7.1.3. El viento.....	35
2.7.1.4. La precipitación	36
2.7.1.5. La luz	37
2.7.2. <u>Crecimiento y desarrollo del cafeto</u>	38
2.7.2.1. Fase de desarrollo vegetativo	39
2.7.2.2. Fase reproductiva	40
2.7.2.2.1. Desarrollo floral	40
2.7.2.2.2. Desarrollo del fruto	41
2.7.2.3. Fase de senescencia	43
III. MATERIALES Y MÉTODOS	44
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	44
3.1.1. <u>Yantzaza</u>	44
3.1.2. <u>Chaguarpamba</u>	45
3.2. MATERIALES	46
3.2.1. <u>Materiales de campo</u>	46
3.2.2. <u>Materiales de oficina y laboratorio</u>	46
3.3. METODOLOGÍA GENERAL	47
3.3.1. <u>Preparación del sustrato</u>	47
3.3.2. <u>Semillero</u>	47
3.3.3. <u>Siembra</u>	47
3.3.4. <u>Colocación de postes para los niveles de sombra</u>	47
3.3.5. <u>Labores culturales</u>	49

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	49
3.5. METODOLOGÍA PARA EL PRIMER OBJETIVO	50
3.5.1. <u>Variables a evaluarse</u>	50
3.6. METODOLOGÍA PARA EL SEGUNDO OBJETIVO.....	52
3.6.1. <u>Microclima</u>	52
3.6.2. <u>Iluminación</u>	52
3.6.3. <u>Temperatura y humedad</u>	53
3.7. METODOLOGÍA PARA EL TERCER OBJETIVO.....	53
IV. RESULTADOS	55
4.1. CANTÓN CHAGUARPAMBA	55
4.1.1. <u>Altura de la planta</u>	55
4.1.2. <u>Diámetro del tallo</u>	56
4.1.3. <u>Pares de hojas</u>	58
4.1.4. <u>Área foliar</u>	59
4.1.5. <u>Peso seco</u>	60
4.1.6. <u>Clorofila</u>	62
4.1.7. <u>Densidad estomática</u>	63
4.1.8. <u>Contenido relativo de agua</u>	64
CANTÓN YANTZAZA.....	66
4.1.9. <u>Altura de la planta</u>	66
4.1.10. <u>Diámetro del tallo</u>	67
4.1.11. <u>Pares de hojas</u>	69
4.1.12. <u>Área foliar</u>	70
4.1.13. <u>Peso seco</u>	71
4.1.14. <u>Clorofila</u>	73
4.1.15. <u>Densidad estomática</u>	74
4.1.16. <u>Contenido relativo de agua</u>	75
4.2. COMPARACIONES ENTRE SITIOS CHAGUARPAMBA Y YANTZAZA.....	77
4.2.1. <u>Altura de las plántulas</u>	77
4.2.2. <u>Área foliar</u>	78

4.2.3. <u>Peso seco</u>	79
4.2.4. <u>Clorofila</u>	80
4.2.5. <u>Densidad estomática</u>	81
4.2.6. <u>Contenido relativo de agua</u>	82
4.3. GRÁFICOS DE LA TEMPERATURA	83
4.4. GRÁFICO DE LOS DOS LUGARES DE TEMPERATURA PARA COMPARACIONES	84
V. DISCUSIÓN	85
VI. CONCLUSIONES	90
VII. RECOMENDACIONES	91
VIII. BIBLIOGRAFÍA	92
IX. ANEXOS	103

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro.1. Efecto de cuatro niveles de sombra en la altura de plántulas de café al final del período de evaluación, Chaguarpamba, 2014.....	55
Cuadro. 2. Efecto de cuatro niveles de sombra en diámetro de las plántulas de café al final del período de evaluación, Chaguarpamba, 2014	56
Cuadro.3. Efecto de cuatro niveles de sombra en pares de hojas de las plántulas de café al final del período de evaluación, Chaguarpamba, 2014	58
Cuadro.4. Efecto de cuatro niveles de sombra en área foliar de plántulas de café al final del período de evaluación, Chaguarpamba, 2014	59
Cuadro.5. Efecto de cuatro niveles de sombra en peso seco de plántulas de café al final del período de evaluación, Chaguarpamba, 2014	60
Cuadro.6. Efecto de cuatro niveles de sombra en contenido relativo de agua de plántulas de café a los 115 días (16-10-2013), después de la emergencia (DDE) Chaguarpamba, 2014.....	64
Cuadro.7. Efecto de cuatro niveles de sombra en contenido relativo de agua de plántulas de café a los 165 días (07-12-2013), después de la emergencia (DDE) Chaguarpamba, 2014.....	64
Cuadro.8. Efecto de cuatro niveles de sombra en contenido relativo de agua de plántulas de café a los 215 días (25-01-2014), después de la emergencia (DDE) Chaguarpamba, 2014.....	65
Cuadro.9. Efecto de cuatro niveles de sombra en la altura de plántulas de café al final del período de evaluación, Yantzaza, 2014.....	66
Cuadro.10. Efecto de cuatro niveles de sombra en la altura de plántulas de café al final del período de evaluación, Yantzaza, 2014	67
Cuadro.11. Efecto de los cuatro niveles de sombra para la longitud de la raíz en café al final de la evaluación, Yantzaza, 2014.....	69

Cuadro.12. Efecto de los cuatro niveles de sombra para el área foliar en café al final de la evaluación, Yantzaza, 2014.....	70
Cuadro.13. Efecto de los cuatro niveles de sombra para el peso seco en café, al final de la evaluación, Yantzaza, 2014.....	71
Cuadro.14. Efecto de los cuatro niveles de sombra para el contenido relativo de agua en café, a los 115 días (17-10-2013) después de la emergencia (DDE), Yantzaza, 2014	75
Cuadro.15. Efecto de los cuatro niveles de sombra para el contenido relativo de agua en café, a los 165 días (08-12-2013) después de la emergencia (DDE), Yantzaza, 2014.....	75
Cuadro.16. Efecto de los cuatro niveles de sombra para el contenido relativo de agua en café, a los 215 días (25-01-2014) después de la emergencia (DDE), Yantzaza, 2014.....	76
Cuadro.17. Efecto de cuatro niveles de sombra en contenido relativo de agua de plántulas de cafeto a los 165 días, después de la emergencia (DDE) Chaguarpamba (A), y Yantzaza(B), 2014.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Flor del café	12
Figura 2. Estructura del fruto del café	13
Figura 3. Mapa de la ubicación del experimento en el cantón Yantzaza	44
Figura 4. Mapa de la ubicación del experimento en el cantón Chaguarpamba	45
Figura 5. Niveles de sombra 80%, 50%,30%	48
Figura 6. Polisombra de polietileno utilizada en el experimento	48
Figura 7. Croquis del diseño experimental	49
Figura 8. Día de campo con los agricultores	54
Figura.9. Dinámica de crecimiento de la altura de las plántulas de café en Chaguarpamba, 2014.....	56
Figura.10. Dinámica de crecimiento, del diámetro del tallo de las plántulas de café Chaguarpamba, 2014.....	57
Figura.11. Dinámica de crecimiento de pares de hojas de las plántulas de café en Chaguarpamba, 2014.....	58
Figura.12 Dinámica de crecimiento, del Área foliar (cm ²) de las plántulas de café Chaguarpamba, 2014.....	60
Figura.13. Dinámica de crecimiento, del Peso seco (g), de las plántulas de café Chaguarpamba, 2014.....	61
Figura.14. Efecto de los cuatro niveles de sombra para clorofila de la plántula de café, a los 213 días DDE, Chaguarpamba, 2014	62
Figura.15. Efecto de los cuatro niveles de sombra para densidad de estomas de la plántula de café, a los 115 y 215 días DDE, Chaguarpamba, 2014	63
Figura.16. Dinámica de crecimiento de la altura de las plántulas de café, Yantzaza, 2014	67
Figura.17. Dinámica de crecimiento del diámetro del tallo en café, Yantzaza, 2014.....	68

Figura.18. Dinámica de crecimiento en pares de hojas en café, Yantzaza, 2014	69
Figura.19. Dinámica de crecimiento para área foliar en café, Yantzaza, 2014.....	71
Figura.20. Dinámica de crecimiento para peso seco en café, Yantzaza, 2014	72
Figura.21. Efecto de los cuatro niveles de sombra para clorofila de la plántula de café, a los 213 días DDE, Yantzaza, 2014.....	73
Figura.22. Efecto de los cuatro niveles de sombra para densidad de estomática de la plántula de café a los 165 y 215 días DDE, Yantzaza, 2014	74
Figura.23. Dinámica de crecimiento del efecto de los cuatro niveles de sombra para la altura de la plántula de café, al final de la evaluación, Chaguarpamba (A), Yantzaza (B), 2014	77
Figura.24. Dinámica de crecimiento, del Área foliar cm ² de las plántulas de café, del ensayo Chaguarpamba (A), Yantzaza (B), 2014	78
Figura.25. Dinámica de crecimiento, del Peso seco (gr) de las plántulas de café, del ensayo Chaguarpamba (A), Yantzaza (B), 2014.....	79
Figura 26. Evaluación de clorofila (mm/gr) de las plántulas de café, del ensayo Chaguarpamba (A), Yantzaza (B), 2014.....	80
Figura 27. Evaluación de densidad estomática (estomas/mm ²) de las plántulas de café, del ensayo Chaguarpamba (A), Yantzaza (B), 2014.....	81
Figura.28. Temperatura media mensual durante el periodo del experimento, Chaguarpamba, 2013 - 2014	83
Figura.29. Temperatura media mensual durante el periodo del experimento, Yantzaza, 2013 - 2014	83
Figura.30. Temperatura media mensual durante el periodo del experimento, de las dos zonas de estudio, 2013- 2014	84

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis de varianza de altura de plántulas de café, Chaguarpamba, 30 de Agosto de 2013	103
Anexo 2. Análisis de varianza de diámetro de plántulas de café, Chaguarpamba, 30 de Agosto de 2013.....	103
Anexo 3. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas de café, Chaguarpamba, 30 de Agosto de 2013.....	103
Anexo 4. Análisis de varianza de área foliar de plántulas de café, Chaguarpamba, 30 de Agosto de 2013.....	104
Anexo 5. Análisis de varianza de peso seco de plántulas de café, Chaguarpamba, 30 de Agosto de 2013.....	104
Anexo 6. Análisis de varianza de altura de plántulas de café, Chaguarpamba, 22 de Septiembre de 2013	104
Anexo 7. Análisis de varianza de diámetro de plántulas de café, Chaguarpamba, 22 de Septiembre de 2013	105
Anexo 8. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas de café, Chaguarpamba, 22 de Septiembre de 2013	105
Anexo 9. Análisis de varianza de área foliar de plántulas de café, Chaguarpamba, 22 de Septiembre de 2013	105
Anexo 10. Análisis de varianza de peso seco de plántulas de café, Chaguarpamba, 22 de Septiembre de 2013	106

Anexo 11. Análisis de varianza de altura de plántulas de café, Chaguarpamba, 15 de Octubre de 2013.....	106
Anexo 12. Análisis de varianza de diámetro de plántulas de café, Chaguarpamba, 15 de Octubre de 2013.....	106
Anexo 13. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas de café, Chaguarpamba, 15 de Octubre de 2013.....	107
Anexo 14. Análisis de varianza de área foliar de plántulas de café, Chaguarpamba, 15 de Octubre de 2013.....	107
Anexo 15. Análisis de varianza de pares de hojas de plántulas de café, Chaguarpamba, 15 de Octubre de 2013.....	107
Anexo 16. Análisis de varianza de peso seco de plántulas de café, Chaguarpamba, 15 de Octubre de 2013.....	108
Anexo 17. Análisis de varianza de altura de plántulas de café, Chaguarpamba, 09 de Noviembre de 2013.....	108
Anexo 18. Análisis de varianza de diámetro de plántulas de café, Chaguarpamba, 09 de Noviembre de 2013.....	108
Anexo 19. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas de café, Chaguarpamba, 09 de Noviembre de 2013.....	109
Anexo 20. Análisis de varianza de área foliar de plántulas de café, Chaguarpamba, 09 de Noviembre de 2013.....	109

Anexo 21. Análisis de varianza de pares de hojas de plántulas de café, Chaguarpamba, 09 de Noviembre de 2013.....	109
Anexo 22. Análisis de varianza de peso seco de plántulas de café, Chaguarpamba, 09 de Noviembre de 2013	110
Anexo 23. Análisis de varianza de altura de plántulas de café, Chaguarpamba, 07 de Diciembre de 2013.....	110
Anexo 24. Análisis de varianza de diámetro de plántulas de café, Chaguarpamba, 07 de Diciembre de 2013.....	110
Anexo 25. Análisis de varianza de área foliar de plántulas de café, Chaguarpamba, 07 de Diciembre de 2013.....	111
Anexo 26. Análisis de varianza de pares de hojas de plántulas de café, Chaguarpamba, 07 de Diciembre de 2013.....	111
Anexo 27. Análisis de varianza de peso seco de plántulas de café, Chaguarpamba, 07 de Diciembre de 2013.....	112
Anexo 28. Análisis de varianza de altura de plántulas de café, Chaguarpamba, 28 de Diciembre de 2013.....	112
Anexo 29. Análisis de varianza de diámetro de plántulas de café, Chaguarpamba, 28 de Diciembre de 2013.....	112
Anexo 30. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas de café, Chaguarpamba, 28 de Diciembre de 2013.....	113

Anexo 31. Análisis de varianza de área foliar de plántulas de café, Chaguarpamba, 28 de Diciembre de 2013.....	113
Anexo 32. Análisis de varianza pares de hojas de plántulas de café, Chaguarpamba, 28 de Diciembre de 2013.....	113
Anexo 33. Análisis de varianza peso seco de plántulas de café, Chaguarpamba, 28 de Diciembre de 2013.....	114
Anexo 34. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Chaguarpamba, 25 de Enero de 2014	114
Anexo 35. Análisis de varianza de densidad estomática de plántulas café, Chaguarpamba, 10 de Octubre de 2013.....	114
Anexo 36. Análisis de varianza de densidad estomática de plántulas café, Chaguarpamba, 08 de Diciembre de 2013.....	115
Anexo 37. Análisis de varianza de densidad estomática de plántulas café, Chaguarpamba, 25 de Enero de 2014.....	115
Anexo 38. Análisis de varianza de altura de plántulas de café, Yantzaza, 29 de Agosto de 2013.....	115
Anexo 39. Análisis de varianza de diámetro de plántulas café, Yantzaza, 29 de Agosto de 2013.....	116
Anexo 40. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Yantzaza, 29 de Agosto de 2013	116
Anexo 41. Análisis de varianza de área foliar de plántulas café, Yantzaza, 29 de Agosto de 2013.....	116

Anexo 42. Análisis de varianza de peso seco de plántulas café, Yantzaza, 29 de Agosto de 2013	117
Anexo 43. Análisis de varianza de altura de plántulas de café, Yantzaza, 23 de Septiembre de 2013	117
Anexo 44. Análisis de varianza de diámetro de plántulas café, Yantzaza, 23 de Septiembre de 2013	117
Anexo 45. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Yantzaza, 23 de Septiembre de 2013	118
Anexo 46. Análisis de varianza de área foliar de plántulas café, Yantzaza, 23 de Septiembre de 2013	118
Anexo 47. Análisis de varianza de peso seco de plántulas café, Yantzaza, 23 de Septiembre de 2013	118
Anexo 48. Análisis de varianza de altura de plántulas café, Yantzaza, 17 de Octubre de 2013	119
Anexo 49. Análisis de varianza de diámetro de plántulas café, Yantzaza, 17 de Octubre de 2013	119
Anexo 50. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Yantzaza, 17 de Octubre de 2013.....	119
Anexo 51. Análisis de varianza de área foliar de plántulas café, Yantzaza, 17 de Octubre de 2013	120

Anexo 52. Análisis de varianza de pares de hojas de plántulas café, Yantzaza, 17 de Octubre de 2013.....	120
Anexo 53. Análisis de varianza de peso seco de plántulas café, Yantzaza, 17 de Octubre de 2013.....	120
Anexo 54. Análisis de varianza de altura de plántulas café, Yantzaza, 10 de Noviembre de 2013.....	121
Anexo 55. Análisis de varianza de diámetro de plántulas café, Yantzaza, 10 de Noviembre de 2013.....	121
Anexo 56. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Yantzaza, 10 de Noviembre de 2013.....	121
Anexo 57. Análisis de varianza de área foliar de plántulas café, Yantzaza, 10 de Noviembre de 2013.....	122
Anexo 58. Análisis de varianza de pares de hojas de plántulas café, Yantzaza, 10 de Noviembre de 2013.....	122
Anexo 59. Análisis de varianza de peso seco de plántulas café, Yantzaza, 10 de Noviembre de 2013.....	122
Anexo 60. Análisis de varianza de altura de plántulas café, Yantzaza, 08 de Diciembre de 2013.....	123
Anexo 61. Análisis de varianza de diámetro de plántulas café, Yantzaza, 08 de Diciembre de 2013.....	123
Anexo 62. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Yantzaza, 08 de Diciembre de 2013.....	123

Anexo 63. Análisis de varianza de área foliar de plántulas café, Yantzaza, 08 de Diciembre de 2013.....	124
Anexo 64. Análisis de varianza de pares de hojas de plántulas café, Yantzaza, 08 de Diciembre de 2013.....	124
Anexo 65. Análisis de varianza de peso seco de plántulas café, Yantzaza, 08 de Diciembre de 2013.....	124
Anexo 66. Análisis de varianza de altura de plántulas café, Yantzaza, 29 de Diciembre de 2013.....	125
Anexo 67. Análisis de varianza de diámetro de plántulas café, Yantzaza, 29 de Diciembre de 2013.....	125
Anexo 68. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Yantzaza, 29 de Diciembre de 2013.....	125
Anexo 69. Análisis de varianza de área foliar de plántulas café, Yantzaza, 29 de Diciembre de 2013.....	126
Anexo 70. Análisis de varianza de pares de hojas de plántulas café, Yantzaza, 29 de Diciembre de 2013.....	126
Anexo 71. Análisis de varianza de peso seco de plántulas café, Yantzaza, 29 de Diciembre de 2013.....	126
Anexo 72. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Yantzaza, 25 de Enero de 2014.....	127

Anexo 73. Análisis de varianza de densidad estomática de plántulas café, Yantzaza, 15 de Octubre de 2013.....	127
Anexo 74. Análisis de varianza de densidad estomática de plántulas café, Yantzaza, 08 de Diciembre de 2013.....	127
Anexo 75. Análisis de varianza de densidad estomática de plántulas café, Yantzaza, 25 de Enero de 2014	128
Anexo 76. Efecto de los cuatro niveles de sombra para contenido relativo de agua en la plántula de café, a los 115, 165, 215 días DDE, Chaguarpamba, 2014.....	128
Anexo 77. Efecto de los cuatro niveles de sombra para contenido relativo de agua en la plántula de café, a los 115 días DDE, Yantzaza, 2014.....	129
Anexo 78. Evidencia fotográfica	129

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo desde el mes de mayo del 2013 hasta enero 2014, en dos localidades: Chaguarpamba en la provincia de Loja y Yantzaza en la provincia de Zamora Chinchipe; se planteó como objetivo determinar el efecto de la sombra en el comportamiento fisiológico de plántulas de café en vivero; como tratamientos se tuvo cuatro niveles de sombra (80, 50, 30 y 0 %), para lo cual se utilizó material sintético (sarán); la sombra no se reguló y se mantuvo en esas condiciones durante todo el experimento. Las variables evaluadas fueron: Altura de la planta, diámetro del tallo, área foliar, pares de hojas, peso seco, clorofila, densidad estomática, contenido relativo de agua. Los mejores resultados se dieron en los niveles de sombra del 50% en las variables de altura de la planta, diámetro del tallo, área foliar, peso seco, pares de hojas, en cuanto a clorofila a, b, y total se obtuvieron mejores resultados en el tratamiento del 80% de sombra debido a que se encuentran a un mayor nivel de sombra los pigmentos encargados de captar la luminosidad aprovechan la poca energía q ellos pueden receptor y de esta se benefician para la elaboración de azúcares; de igual forma en la variable de contenido relativo de agua se obtuvo mejores resultados en el 80%; porque el intercambio gaseoso es menor debido a que la temperatura y humedad relativa son más estables dentro de la sombra. En cuanto a densidad estomática el tratamiento del 0%, se obtuvo los mejores resultados ya que las plantas tienen mayor intercambio gaseoso, necesitan una mayor cantidad de estomas, ya que se encuentran sometidas a un estrés por los factores climáticos. **Palabras claves:** sombra, temperatura, variables, plántulas.

Summary

The investigation was placed from May 2013 to January 2014, in two towns; Chaguarpamba in Loja province and Yantzaza in Zamora Chinchipe province. The goal to achieve was to establish the effect of shade on the physiological behavior of coffee plants in a green house. As treatment, four levels of shade were used (80%, 50%, 30% and 0%) and a synthetic material was used to provide shade (saran). The shade condition was maintained through the entire experiment. The evaluated variables were:

height of the plant, stem diameter, leaf area, leaf pairs, dry weight, chlorophyll, stomatic density, relative water content.

Best results were obtained under 50% shade for the variables height, stem diameter, leaf area, dry weight and leaf pairs. About chlorophyll a, b and total the best result was achieved by 80% shade treatment; this is due to the chlorophyll's pigments, which are in charge to capture the light, are found under a good shade. These pigments use the low energy that they are able to catch, and take vantage of it to produce sugars. In the same way, the best results for relative water content, was achieved by 30% shade, due to the gas exchange is minimum because temperature and relative humidity are more stable variables under the shade. About the stomatic density, the treatment used by 0% got the best result because the plants that have a higher exchange of gases need a higher amount of stomas, cause they are under stress due to weather factors.

Keywords:

shade, temperature, variables, seedlings.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del café ha constituido un importante rubro en la economía y cultura del Ecuador por casi dos siglos, constituyendo una fuente de trabajo para un gran porcentaje de la población económicamente activa del país.

En Ecuador, el café arábigo se cultiva en las zonas del sistema montañoso Chongón-Colonche, desde la parte alta de Olón, Paján, Jipijapa, Santa Ana, Pichincha, Chone y Pedernales al norte de Manabí (COFENAC, 2010). Se cultiva y produce bien en las estribaciones occidentales y orientales de la cordillera de los Andes, donde se destacan los cantones de Piñas, Zaruma, Balsas, Marcabelí en la provincia de El Oro; Alamor, Célica, Chaguarpamba, Olmedo, Paltas y Vilcabamba en la provincia de Loja; Yantzaza, El Pangui, Palanda, Nangaritza y Centinela del Cóndor en la provincia de Zamora Chinchipe; Gualaquiza en la provincia de Morona Santiago; y Archidona en la provincia de Napo (COFENAC, 2010).

El presente trabajo tiene como finalidad determinar si la luminosidad y la temperatura influyen en el crecimiento de las plántulas a nivel de vivero; para así contribuir desde el punto de vista teórica y práctico con estos elementos, y así complementar la tecnología de producción de plántulas de café, particularmente para las zonas de: Yantzaza y Chaguarpamba respectivamente de la Región Sur del Ecuador, ya que este periodo inicial de desarrollo influye en el comportamiento posterior de los arbustos en la plantación.

En lo que se refiere al manejo de sombra en vivero, los agricultores lo realizan en forma arbitraria, por lo que la investigación contribuye en el establecimiento de qué nivel de sombra es el adecuado para determinar el momento óptimo y poder manejar las plántulas durante el crecimiento a nivel de vivero.

Con estas consideraciones y para contribuir al mejoramiento de los procesos de producción de plantas de café de calidad, se propuso los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Determinar el efecto de la sombra en el comportamiento fisiológico de plántulas de café, en diferentes momentos de su desarrollo y en dos condiciones edafoclimáticas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Evaluar indicadores fisiológicos asociados a tres niveles de sombra, en diferentes fases de su desarrollo de plántulas de café.
- ✓ Comparar el comportamiento fisiológico entre plántulas desarrolladas en dos condiciones edafoclimáticas.

-
- ✓ Difundir los resultados de la investigación entre productores y estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES DEL CAFÉ

El árbol de café tiene su centro de origen en la lejana Abisinia actual Etiopía, en el nororiente de África. En el mundo sobresalen por su importancia comercial, las variedades de los cafés arábigos y de los cafés robusta. La primera especie abarca casi las tres5 cuartas partes de la producción mundial y se cultiva principalmente en centro y sur de América (Santiana, 2013).

Según COFENAC (2013) el café es un producto básico de la economía mundial, los principales tipos de café que se negocian en el mundo son los arábicas colombianos suaves, otros arábicas suaves, arábicas brasileños y robustas; el Ecuador se encuentra entre los productores de otros Arábicas suaves y café robusta.

La región con mayor producción de café es Sur América, seguida de Asia y Oceanía y en un tercer lugar con valores aproximados África, México y América Central. Para la cosecha cafetalera 2011-2012, la producción de Sur América fue de 58,857 millones de sacos de café, mientras que para la cosecha 2012-2013 se estima en 65,757 millones de sacos de café (COFENAC, 2013).

La FAO (2012), indica que Brasil se consolidó como el principal productor mundial de café con una producción de 43,5 y 48 millones de sacos de 60 kilogramos, seguido por Vietnam con 18,5 millones, Colombia una producción de 9,2 millones, Indonesia: 8,5 millones, Etiopía: 7,4 millones, India se encuentra por los 4,7 millones y México con 4,4 millones, según datos de la Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café.

Para el 2011 la producción total de café en el Ecuador fue de 23,829 toneladas métricas y las ventas fueron de 20,191 toneladas métricas. Las hectáreas plantadas fueron de 110,474 y las cosechadas es de 98,347. Estas cifras revelan que ha habido una disminución en la producción y ventas del producto en comparación con anteriores, donde se puede ver que en el 2009 fue el año de mayor producción de los últimos 4 años con 33,624 Toneladas métricas de producción (PRO ECUADOR, 2013).

2.2. EL CAFÉ EN EL ECUADOR

2.2.1. Importancia económica, social y ambiental

La actividad cafetalera en Ecuador posee una notable importancia debido a que genera divisas al Estado, provenientes de las exportaciones cafetaleras, según datos de ANECAFE (2013). Para el 2012 el país exportó alrededor

273'899,790 dólares y en lo que va del 2013 la cantidad es de 183'156,439 dólares de café natural industrializado. En lo social, genera empleo directo para 105,000 familias de productores y para varios miles de familias adicionales vinculadas a las actividades de comercio, agroindustria artesanal, industria de soluble, transporte y exportación, y organización de un importante segmento de los cafetaleros, que forman un amplio tejido social y participan activamente en la vida nacional.

Alarcón (2011), nos habla de que la caficultura promueve una mejor biodiversidad por la cantidad de árboles que el café necesita como sombra para protegerse de los rayos solares, es por ello que los caficultores de la Región siete, para proteger sus plantaciones utilizan diferentes tipos de sombra de rápido crecimiento tales como: guineo, plátano, faique, naranjo, mango, aguacate; constituyendo a la vez un hábitat para diferentes especies de plantas y animales.

2.2.2. Zonas de producción

En el Ecuador se produce el café en las cuatro regiones geográficas, se cultivan desde las altitudes cercanas a nivel del mar hasta los 2,000 metros. Las principales variedades arábicas cultivadas en el Ecuador son: Típica, Caturra, Bourbon, Pacas, Catuaí, Catimor y Sarchimor (COFENAC, 2013).

El café se cultiva principalmente en la provincia de Manabí, ocupando el 32.20 % del área total; siguiendo la provincia de Loja con 13.5%; Orellana

8.9%; Sucumbíos 8.2%; Guayas 6.4%; los Ríos 6% y el 24% restante lo ocupan las provincias de Esmeraldas, Pichincha, Cotopaxi, Azuay, Imbabura, Carchi, Chimborazo, Cañar, Morona Santiago y Zamora Chinchipe (Medina y Luna, 2013).

Se distinguen cuatro zonas de producción de café arábigo: Manabí-Guayas, de 300 a 700 msnm se localiza en las partes altas del sistema montañosos Chongón Colonche; la zona sur, de 500 a 2,000 msnm incluyendo Loja y El Oro; las estribaciones occidentales, de 500 a 1,750 msnm en las vertiente occidental de Los Andes; y, las estribaciones orientales, de 500 a 1,500 metros de altura, en la parte centro-norte, y de 1,000 a 1,800 msnm, en la parte suroriental (COFENAC, 2013).

La precipitación anual óptima para café arábigo se encuentra en un rango de 1,000 a 2,000 mm con un periodo seco de tres a seis meses, claro tomando en cuenta la conservación de la humedad. De igual forma la temperatura varía en función de la altitud a mayor altura menos temperatura, en las provincias de Manabí y Guayas la temperatura media apropiada fluctúa de 22 a 24°C y en las estribaciones occidentales y orientales de 18 a 24°C (Duicela *et al*, 2002).

En las zonas secas de la provincia de Manabí y Loja Duicela *et al* (2002), indica que el manejo de las sombras de cafetales y el uso de cobertura seca en la parte basal de cafetales constituyen prácticas fundamentales para mantener una humedad del suelo. Por otra parte en las zonas cafetales con una heliofanía anual mayor a 1000 horas luz/ año, tienden a ser las más apropiadas para producir cafés arábigos

2.2.3. Volúmenes de producción

En el 2011 la producción total de café en el Ecuador fue de 23,829 toneladas métricas y las ventas fueron de 20,191 toneladas métricas. Las hectáreas plantadas fueron de 110,474 y las cosechadas de 98,347 (PRO ECUADOR, 2013).

Según el Banco Central del Ecuador (2011), la producción de café en el primer semestre en la provincia de Loja fue positiva; es así como en cantones como Gonzanamá, Quilanga, Cariamanga, Calvas, Espíndola, Alamor y Puyango los rendimientos fueron satisfactorios para los agricultores. Los rendimientos obtenidos por productores cafetaleros fueron los siguientes, en Cariamanga 30 quintales de café seco por hectárea; en Alamor 15 quintales de café pilado por hectárea y en Gonzanamá 8 quintales por hectárea.

En cuanto a ingresos por exportación según ANECAFE (2013), en el año 2011 se tuvo una exportación de 1'546,338 sacos de 60 kg, mientras que en el 2012 fue de 1'570,944 y lo que va del 2013 se tuvo una exportación de 1'035,041; estas exportaciones se encuentran entre las especies de café arábigo, robustas e industrializadas.

2.2.4. Sistemas de producción

En un estudio realizado por el COFENAC en los sistemas de producción de las zonas cafetaleras del Ecuador en 411 fincas cafetaleras de las principales zonas productoras del café, el minifundio predomina con un 36%, con fincas menores a 5 hectáreas, en donde el café ocupa un 71% de la superficie. Un 26% de productores tienen fincas mayores a 20 hectáreas. Con un 59% predomina la tenencia de tierra legalizada y un 41% de caficultores son poseionarios de la tierra (Duicela *et al*, 2002).

En las fincas cafetaleras se encuentra una diversidad de subproductos orgánicos entre los que sobresalen hoja de guabo, gallinaza, estiércoles, residuos de la cosecha, pulpa de café, entre otros que pueden reciclarse como abono orgánicos (Duicela *et al*, 2002).

En el estudio de Duicela *et al* (2002), se indica que existen mezclas de variedades de café arábigo, dentro de los lotes de la finca. Los cultivares más frecuentes son Caturra y Typica. La mayoría de caficultores que producen plántulas de café en viveros, obtienen semillas de su finca o de la finca del algún vecino. Un porcentaje importante ha adquirido semilla seleccionada del COFENAC o del INIAP.

2.3. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DEL CAFETO

2.3.1. La Raíz

La planta de cafeto tiene una raíz principal que penetra verticalmente en suelos sin limitaciones físicas, hasta profundidad de 50 cm. De esta raíz salen otras raíces gruesas que se extienden horizontalmente y sirven de soporte a las raíces delgadas o absorbentes, llamadas también raicillas. Las raíces absorbentes son bastante superficiales y se encargan de tomar el agua y los nutrientes minerales. En los primeros días centímetros de profundidad del suelo se encuentran un poco más de la mitad de estas raicillas y el 86% en los primeros 30 cm (Duran, 2010).

A través de ella la planta toma el agua y los nutrientes necesarios para su crecimiento y producción; en ella se acumulan sustancias que más tarde alimentarán las hojas y los frutos, y permiten que el árbol permanezca anclado en su sitio (Duran, 2010).

2.3.2. El Tallo

El tronco y las ramas primarias forman el esqueleto del cafeto. La parte inferior del tallo de una planta adulta es cilíndrica, mientras que la parte

superior es cuadrangular y verde con las esquinas redondeadas y salientes (Duran, 2010).

El cafeto es una planta unicaule en ciertas condiciones presentan tallos múltiples. En un cafeto adulto, la parte inferior del tronco es de forma cilíndrica y la superior o ápice tiende a ser cuadrangular con las esquinas redondeadas y salientes (Sotomayor *et al*, 1993).

Las hojas se hallan implantadas en abultamiento del tallo envueltos en dos láminas apuntadas; tales abultamientos se denominan nudos; las láminas dichas son estipuladas, y el espacio entre dos nudos se llama entrenudo. De los nudos del tallo principal, dentro de la axila de cada hoja nacen ramas oblicuas que se llaman primarias (Duran, 2010).

2.3.3. Las Hojas

En las ramas un par de hojas aparece cada 15 o 20 días aproximadamente. La lámina de hoja por lo general mida de 20 a 24 cm de largo por 5 a 12 cm de ancho, variando su forma elíptica a lanceolada. En la parte inferior de las hojas, en el ángulo que forman el nervio central y los laterales, existen unos agujeros llamados “domacios”. El tamaño de la hoja varía no solo entre especies y variedades, sino que también presenta diferencias bajo condiciones de sombra regulada, y expuesta plenamente al sol (Duran, 2010).

La duración de las hojas en un cafetal es de alrededor de un año, la reducción de las mismas se debe a sequías, con altas temperaturas y una mala nutrición (Duran, 2010).

2.3.4. Las Flores

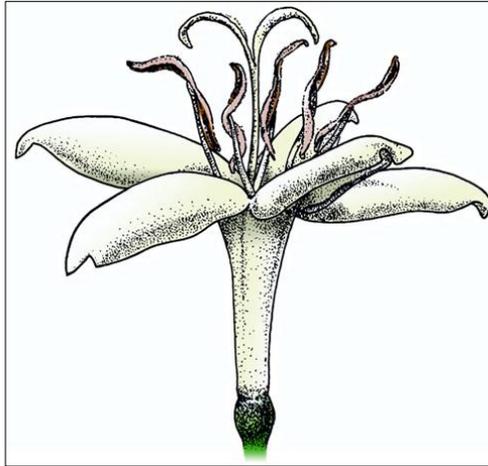


Figura 1. Flor del café.
Fuente: Nathalia Arias 2012.

Duran (2010), menciona que la flor del cafeto aparece en los nudos de las ramas, hacia la base de la flores, en grupos de cuatro o más, sobre un tallito muy corto denominado glomérulo. En la base de cada hoja hay de tres a cinco glomérulos. La cantidad de flores presentes en un momento determinado, depende de la cantidad de nudos formados previamente en cada rama.

Cada flor tiene en la base un receptáculo corto se prolonga en el cáliz de color verde de 1 a 2 mm de largo, con cinco pisos terminales. La corola es un tubo largo, cilíndrico en la base y de color blanco, que mide de 6 a 12 mm de largo, la

cual se abre arriba en cinco pétalos. Consta de cinco estambres insertados en el tubo de la corola, el gineceo está constituido por un ovario súpero con dos óvulos, el estilo es fino y largo con terminaciones estigmáticas (Duran, 2010).

El crecimiento de la flor está influenciado por la luz solar (luminosidad menor a 13 horas), agua (mínimo 10 mm al día), temperatura (20 a 15 °C), y reguladores de crecimiento vegetal (hormonas) (Duran, 2010).

2.3.5. Los Frutos



Figura 2. Estructura del fruto del café.

Fuente: Nathalia Arias 2012.

Duran (2010), indica que son drupas que contienen dos semillas con una longitud de 10 a 17 mm, que se conoce como café uva. Dependiendo de la variedad se necesitan entre siete y ocho meses para que madure, su cubierta es roja o amarilla en algunas variedades. El fruto es de color verde al principio, luego se torna amarillo y finalmente rojo, aunque algunas variedades maduran de color amarillo. El

fruto está formado por piel, pulpa (exocarpio y mesocarpio), pergamino (endocarpio), mucílago, película plateada (testa), grano o semilla (endospermo) y embrión.

2.4. MANEJO DEL CULTIVO DE CAFÉ

2.4.1. Manejo de viveros

2.4.1.1. Época adecuada

Se debe tener en cuenta la época apropiada para hacer el germinador, a fin de que la siembra del cafetal no coincida con el tiempo de cosecha o de verano, se debe realizar el germinador siete u ocho meses antes de la época del trasplante al campo (Duran, 2010).

2.4.1.2. Ubicación

El vivero se debe ubicar en un lugar con buen acceso para traslado de materiales, tener acceso a agua apta para el riego del vivero y aplicación de insumos agrícolas (Ureña, 2009).

2.4.1.3. Construcción

Duran (2010), indica que se lo puede realizar con diversos materiales como guadua, ladrillo o cualquier material que se encuentre disponible en la finca. Se lo puede construir de dos maneras: a ras de suelo o elevado sobre el suelo para evitar salpicado de aguas lluvias o escorrentías.

Cuando el germinador se construye sobre el suelo se hace un marco, en el fondo se coloca una capa de trozos de teja o ladrillo picado para facilitar el drenaje, sobre la capa inicial se coloca la capa de sustrato con un espesor de 15 a 20 cm por un 1 m de largo (Duran, 2010).

2.4.1.4. Sustrato

Para obtener un buen sistema radical se debe elaborar un sustrato que se lo recomienda hacerlo en las siguientes proporciones un 25% de materia orgánica, un 25% de granza y 50% de tierra que no sea muy arcillosa y adicionar por cada metro cubico 4 kg de cal agrícola. Se debe esterilizar el sustrato, para ello se utiliza el método de la solarización, que consiste en exponer el sustrato al sol dándole vuelta de tal forma que todo el sustrato reciba los rayos del sol (Ureña, 2009).

Duran (2010), recomienda que para una buena germinación de las semillas se pueden elaborar varios sustratos como arena fina de río lavada, suelo, mezcla de suelo y arena, mezcla de suelo y pulpa de café, borra de café y aserrín de madera

2.4.1.5. Llenado de fundas

Marín (2012), expresa que el llenado de bolsas se lo realiza presionando con los dedos para un llenado adecuado la base de la bolsa y las esquinas, se recomienda utilizar bolsas de 5" x 7" con agujeros de 1mm para el drenaje.

La bolsa más utilizada es de polietileno negro, perforada, cuyas dimensiones pueden variar de 6x8, 7x8, 8x9, 8x10 pulgadas respectivamente. La decisión sobre el tamaño de la bolsa a utilizar dependerá del tiempo que se tenga planificado para que la planta permanezca en el vivero, entre más pequeña es la bolsa menos tiempo puede permanecer en el vivero o al contrario, una bolsa más grande presta mejores condiciones para que la planta pueda alcanzar un mayor crecimiento sin sufrir deterioro en su desarrollo (Ordoñez, sf.).

2.4.1.6. Siembra

Sacar y seleccionar las plántulas (estado de fosforito) del germinador, eliminando aquellas que presentan raíces torcidas, bifurcadas, atrofiadas y con presencia de enfermedades (Marín 2012).

Marín (2012), en su manual técnico de producción de cafés especiales nos da las siguientes recomendaciones para la siembra: se debe regar el sustrato embolsado, con un repicador realizar hoyos en el centro de la bolsas, seguidamente se procede a colocar las plantas teniendo en cuenta que la raíz no este doblada; si se observa que la raíz pasa los 6 cm de largo se realiza un despunte, también se debe tener presente que el cuello de la plántula coincida al ras del sustrato, y finalmente presionar adecuadamente el sustrato para evitar que se formen espacios de aire alrededor de la raíz .

De igual forma Ureña (2009), indica que se debe realizar un hoyo en el sustrato que contiene la bolsa y colocar la semilla pregerminada de tal forma que no se maltrate la raíz. Se debe tener cuidado de no lastimar la raíz si por alguna razón se rompe, es recomendable aplicar algún protector para evitar la entrada de agentes patógenos.

2.4.1.7. Regulación del sombrío

Se construye un cobertizo de 1.8 a 2 m de altura y se colocan postes perimetrales cada 3 a 5 m, utilizar malla, materiales de la zona como hojas de palmera, de plátano, que permiten regular la entrada de luz con un 40% de sombra y 60% de luz (Marín, 2012).

El propósito de la construcción del cobertizo es proteger a las plántulas de los rayos solares en los primeros meses, ya que estas son susceptibles. Una vez que las plantas cuenten con 5 a 6 pares de hojas, retirar paulatinamente el cobertizo para adaptarlos a las condiciones de campo definitivo (Marín 2012).

2.4.1.8. Riego

Durante la época seca se recomienda efectuar riegos con el propósito de mantener la planta en continuo crecimiento y evitar el efecto perjudicial de un déficit hídrico. La frecuencia de riego dependerá de la duración e intensidad del periodo seco y la sombra que tenga el vivero. Cualquiera que sea el método de riego se debe tener suma atención a la penetración adecuada del agua en el suelo de las bolsas, ya que cuando hay compactación no existe un aprovechamiento eficiente de la misma (Ordoñez, sf.).

2.5. FISILOGIA DE LAS PLANTAS

2.5.1. La fotosíntesis y la respiración

Para Ortiz (2008), la fotosíntesis es el proceso por medio del cual las plantas transforman la luz solar en azúcares y oxígeno, en presencia del anhídrido carbónico, el agua y los nutrientes. La fotosíntesis depende de las horas de luz (incluyendo temperatura), de la cantidad de agua que se transporta desde el suelo hasta

las hojas a través del xilema y de la concentración de anhídrido carbónico que ingresa por los estomas.

Reigosa *et al*, (2002) señala que la fotosíntesis ocurre en un ambiente sobre el que cada planta individual tiene un control mínimo, teniendo que soportar el rango de temperatura, precipitación, intensidad de la luz y de concentración de CO₂ del hábitat al que está sujeta.

Taiz y Zeiger (2006), señalan que tanto la fotosíntesis como la respiración se inhiben a altas temperaturas, y que a medida que la temperatura aumenta, las tasas fotosintéticas disminuyen más rápidamente que las tasas respiratorias. La temperatura a la cual la cantidad de CO₂ fijada por la fotosíntesis iguala a la cantidad de CO₂ liberada por la respiración en un periodo de tiempo dado, se denomina punto de compensación térmica o punto de compensación de la temperatura.

Cornejo *et al* (2006), señala a la respiración celular como las series de reacciones enzimáticas en las que se utiliza el oxígeno, se libera el dióxido de carbono, y se transfiere la energía de la molécula de glucosa y otras moléculas de sustrato al ATP.

Los tejidos internos de las hojas están encerrados por completo por las células epidérmicas transparentes revestidas con una capa cerosa, la cutícula. El oxígeno, el dióxido de carbono y otros gases entran en la hoja por una abertura especial,

los estomas estos gases y el vapor de agua llenan el espacios entre las células de la capa esponjosa, lo que realizan por medio de la difusión (Cornejo *et al*, 2006).

El agua que es capturada por las raíces, llega a las hojas a través del haz vascular de la planta y los azúcares que se forman son producto de la fotosíntesis. Una gran parte de la fotosíntesis se realiza en las células empalizadas que son alargadas y que se encuentran debajo de la epidermis superior. Estas células tienen una gran vacuola central y numerosos cloroplastos que se mueven constantemente dentro de ellas, la luz es captada por la membrana de los tilacoides disformes que están dentro de los cloroplastos, el tilacoide es la unidad estructural de la fotosíntesis y adopta la forma de saco aplanado o vesículas, en el cloroplasto se orienta de una forma paralela de manera que desvían la luz orientando simultáneamente a todas las moléculas del pigmento para una mejor recepción de luz (Cornejo *et al*, 2006).

Si se corta una hoja y se observa al microscopio se puede ver varios tipos de células, las externas, tanto superiores como inferiores, forman la epidermis que es incolora, da protección y secreta una cutina cerosa. Estas células protegen a células subyacentes y disminuyen pérdidas de agua, pero permiten el paso de la luz y la absorben. En la superficie epidérmica hay pequeños poros llamados estomas formados por dos células, que al cambiar de forma modifican el tamaño de la abertura para regular la salida del agua y el intercambio de gases (Cornejo *et al*, 2006).

A temperaturas superiores a la del punto de compensación la fotosíntesis no puede reemplazar al carbono usado como sustrato de la respiración. Como resultado se tiene que las reservas de carbohidratos se reducen, las frutas y verduras pierden el sabor dulce. Este desequilibrio entre fotosíntesis y respiración es una de las principales causas de los efectos perjudiciales de las altas temperaturas (Taiz y Zeiger, 2006).

El punto de compensación térmico es normalmente más bajo en las hojas de sombra que en las de sol que se encuentran expuestas a la luz. A altas temperaturas, el incremento de la intensidad respiratoria con respecto a la fotosíntesis es más perjudicial en las plantas C3 que en las plantas C4 o las CAM, porque en las plantas C3, a altas temperaturas, aumenta tanto la intensidad de la respiración en la oscuridad como de la foto respiración (Taiz y Zeiger, 2006).

La permeabilidad diferencial de las membranas no puede mantenerse sin un abasto de energía. Las raíces no acumularían solutos y el protoplasma de las células no tendría movimiento sin la energía de respiración. La síntesis de nuevo material celular como aminoácidos, proteínas y grasas y el crecimiento requieren la energía proporcionada por la respiración. El término respiración se ha usado principalmente para indicar el intercambio de gases entre un organismo y su medio ambiente (Lira, 2010).

Para que una célula pueda encontrar la energía almacenada en los carbohidratos, debe existir un mecanismo para que algo de la energía capturada pueda ser convertida en energía disponible para que las reacciones productoras de energía se acoplen en forma muy precisa a las reacciones demandantes de energía, que resultan en la transferencia de energía producida por los carbohidratos y llevada a los puntos de demanda por el ATP y NADH o NADPH (Lira, 2010).

Durante la respiración, un poco de la energía se libera como calor; no puede ser usada por las células vivas y se pierde así. Sin embargo, una cantidad considerable de la energía obtenida de los carbohidratos se conserva en los acarreadores de energía (ATP, NADPH o NADH), en los que puede ser transportada por ciclos inapropiados en el interior de las células, donde puede ser utilizada más tarde en el metabolismo celular (Lira, 2010).

2.5.1.1. Las hojas y la fotosíntesis

La anatomía de la hoja puede influir sobre la fotosíntesis de manera significativa, provocando, entre otros efectos, diferencias en el uso de la luz, a su vez la anatomía foliar está influenciada por los factores ambientales, siendo la disponibilidad de agua y las condiciones de iluminación de primordial importancia ya que pueden provocar cambios en la estructura interna o en la organización de los tejidos, así como en la morfología de la hoja, todos tendientes a hacer más eficiente la captura de la energía solar. La distribución, tamaño, posición, número, densidad y estructura de estoma, así

como el grosor de las hoja, como son elementos distintivos de las plantas que se desarrollan en diferentes condiciones ambientales y como tal influirán en su actividad fotosintética (Sáenz, 2012).

Las hojas de la mayor parte de las plantas terrestres tienen solo unas cuantas células de espesor, su estructura está adaptada a las exigencias de la fotosíntesis. La forma aplanada de las hojas expone un área superficial considerable al sol, y su delgadez garantiza que la luz solar pueda penetrar en ellas y llegar a los cloroplastos de su interior, que atrapan la luz. Las superficies tanto superior como inferior de las hojas constan de una capa de células transparentes, la epidermis. La superficie exterior de ambas capas epidérmicas está cubierta por la cutícula, un recubrimiento ceroso, impermeable, que reduce la evaporación de agua de la hoja. La hoja obtiene el CO₂ para la fotosíntesis del aire a través de poros ajustables en la epidermis llamados estomas que se abren y se cierran en intervalos apropiados para admitir CO₂ (Audesirk *et al*, 2004).

Dentro de la hoja hay unas capas de células que reciben el nombre de mesófilo, las células mesofílicas contienen casi todos los cloroplastos de la hojas y por lo tanto la fotosíntesis se efectúa primordialmente en estas células; los haces vasculares, o venas suministran agua y minerales a las células mesofílicas y llevan los azúcares producidos a otras partes de la planta (Audesirk *et al*, 2004).

Las plantas pueden adaptar su morfología, así como la estructura y función de los aparatos fotosintéticos en función de la intensidad de la luz. Esto se visualiza mejor en la formación de hojas de sol y hojas de sombra en los árboles que poseen no solo una morfología y composición química diferente si no que también exhiben las tasas fotosintéticas diferentes. Las plantas de iluminación elevada y las hojas de sol muestran área foliar reducidas y son más gruesas que las hojas de plantas a la sombra. Así mismo poseen cloroplastos de sol con tasas cuánticas de conversión fotosintética y asimilación neta de CO₂ superiores y puntos elevados de competencia para la luz y de saturación fotosintética (Reigosa et, al. 2002).

Reigosa *et al* (2002), nos indica que los cloroplastos de alta iluminación y del tipo de sol poseen cantidades mucho menores de proteínas de complejo antena, de clorofila a/b, de fotosistema II menores apilamientos de tilacoides por cloroplasto pero más cadenas de transporte electrónico fotosintético y más centros de reacción por clorofila total cuando se les compara con los cloroplastos de tipo sombra o de hojas de plantas de baja iluminación.

2.5.1.2. La clorofila en la fotosíntesis

En el caso de las hojas de sombra y parcialmente de sombra, la ruptura de la clorofila a y de la clorofila b no ocurre a la misma velocidad. Las hojas de sombra o adaptadas a baja intensidad lumínica, poseen cantidades mucho mayores de complejo antena II por lo que consecuentemente poseen valores más bajos para la

relación clorofila a/b. En la senescencia el complejo antena II que muestra valores bajos de clorofila a/b de 1,1 a 1,3 se rompe más rápido que el resto de las clorofilas. Esto produce un incremento significativo de la relación clorofila a/b, como se muestra para hojas parcialmente de sombra (Reigosa, 2004).

En cambio Lira (2010), dice que el pigmento más conocido por su capacidad de absorber luz es la clorofila. A pesar de que antiguamente se reconoció al pigmento verde de las plantas como la sustancia responsable de la absorción lumínica en la fotosíntesis y capaz de absorber la luz roja y la azul, no la verde, desde hace mucho se sabe que hay otros pigmentos de diversos colores y que, incluso, la clorofila no es una sustancia simple, sino un grupo de pigmentos interrelacionados. Se descubrió que algunas sustancias coloridas de las plantas están fuera de los cloroplastos, difundidas en el citoplasma, presentes en cuerpecillos especiales, a veces como plastos, y a menudo de forma irregular o muy angular, llamados cromatóforos.

En los cloroplastos ocurre la fotosíntesis; por lo tanto, los pigmentos fuera de ellos (en especial las antocianinas azules y rojas, las xantofilas amarillas y algunos carotenos rojo y naranja) no tienen que ver con la fotosíntesis. Además de la clorofila, en los cloroplastos se encuentran varios pigmentos, incluyendo algunas xantofilas y carotenos, con los cuales se han realizado muchos experimentos para saber si intervienen en la fotosíntesis; algunos se encuentran solo en ciertos grupos de plantas, en tanto que otros tienen una distribución casi universal (Lira, 2010).

Marín (2012), señala que la clorofila a es el pigmento relacionado de forma directa con la conversión de energía luminosa en energía química, mientras que la clorofila b y los pigmentos denominados carotenoides, los cuales son rojos, anaranjados o amarillos, que en las hojas verdes se enmascaran por la abundancia de clorofilas. Estos pigmentos accesorios a la clorofila, le permiten a las plantas absorber una gama más amplia del espectro de luz disponible para realizar fotosíntesis, actuando como receptores que transfieren energía.

En un ensayo realizado por el IICA (2000), sobre crecimiento y asimilación del carbono y nitrógeno en plantas jóvenes de Coffea en condiciones de sol y sombra se obtuvieron los siguientes resultados: en cuanto a los contenidos de clorofila total, clorofila a y clorofila b los cultivares presentaron diferentes respuestas; para las variedades de Apoata y Catuaí presentaron mayores contenidos de clorofila total en 50% de luz solar; para las variedades de mundo Novo, Bourbon y Catuaí con 30% de luz solar los contenidos de clorofila acompañaron los misma tendencia observada para la clorofila total.

2.5.1.3. La luz en la fotosíntesis

Sin luz no hay fotosíntesis, las plantas requieren de la luz en términos de intensidad y de calidad de la radiación. Con un incremento de la intensidad lumínica aumenta la intensidad fotosintética primero en forma lineal, luego disminuye suavemente y por último alcanza un valor constante, es decir la capacidad fotosintética

está saturada de luz. Este valor de saturación es alcanzado por las diferentes especies con diferente velocidad. En plantas heliófilas esto ocurre después de llegar a intensidades de radiación altas y en plantas umbrófilas esta saturación se alcanza rápidamente, es decir, se requieren intensidades de luz baja (Marín, 2012).

En la caracterización de la luz hay tres parámetros que son especialmente importantes como son la calidad espectral, la cantidad y la dirección.

Los sensores de luz plana se adaptan mejor a las hojas planas. La luz que alcanza la planta puede ser medida como energía, y la cantidad de energía que incide sobre un sensor plano por unidad de área y unidad de tiempo se denomina **irradiancia**. Las unidades se pueden expresar en términos de energía que puede ser vatio por metro cuadrado, en este se encuentra incluido el tiempo $1W=1 \text{ julio s}^{-1}$.

Vogelmann (1993) citado por Taiz & Zeiger (2006), describe que la canalización de la luz se produce cuando parte de la luz incidente se propaga a través de la vacuola central de las células en empalizada y a través de los espacios aéreos entre las células, una disposición que facilita la transmisión de parte de la luz al interior de la hoja.

Bajo las capas de empalizada se encuentra el parénquima lagunar o mesófilo esponjoso, con células de forma irregular y rodeada de grandes espacios aéreos, estos espacios generan muchos muchas interfaces entre el aire y el agua

que reflejan y refractan la luz, provocando su dirección de transmisión sea al azar. Este fenómeno se denomina dispersión de la luz (Taiz y Zeiger, 2006).

Taiz y Zeiger (2006), en sus estudios demuestran que las hojas absorben las mayores cantidades de radiación cuando el limbo de la hoja es perpendicular a la luz incidente. Algunas plantas controlan la absorción de la luz por seguimiento solar, es decir que las hojas ajustan continuamente la orientación de sus limbos para que permanezcan perpendiculares a los rayos del sol.

2.5.2. Las plantas C3, C4 y CAM

El café se clasifica como planta C3 poco eficiente, siendo una de las características fundamentales que presenta fotorrespiración, la cual resulta en pérdidas de CO₂ de las células que están simultáneamente fijando CO₂ por el ciclo de la reducción fotosintética del carbono. Por el contrario las plantas del ciclo C4 al presentar fotorrespiración, tienen alta tasa de fotosíntesis y bajo consumo de agua por unidad de materia seca producida, son más eficientes (Soto,)

Las plantas C3 son llamadas así porque el primer producto estable de fotosíntesis es el ácido 3-fosfoglicérico del cual se originan hexosas en el ciclo de Calvin; estas plantas crecen bien a temperaturas entre 15 y 25°C, aprovechan poco eficientemente la energía lumínica y la humedad y son llamadas plantas de baja eficiencia fotosintética por presentar altos valores de foto-respiración, fenómeno que

consiste en oxidar parcialmente los primeros productos de fotosíntesis liberando CO₂ , lo cual disminuye la tasa de fotosíntesis neta (Camacho et al, 1982).

Lira (2010), dice que otra de las diferencias importantes en las plantas C-3 y C-4 es la respuesta diferencial de la fotosíntesis neta a diferentes intensidades de la luz. Las plantas C-3 tienen tasas de actividad fotosintética, altos puntos de compensación del dióxido de carbono y altas tasas de foto-respiración; en este grupo se incluyen los cereales de grano pequeño como avena, cebada, arroz, centeno y trigo, y otras especies como cacahuete, soya, frijol, algodón, remolacha, azucarera, tabaco, espinaca y muchos árboles frutales.

Reigosa *et al*, (2002), señala que las plantas CAM son capaces de fijar CO₂ durante la noche por una vía semejante a la de las plantas C4 lo que permita permanecer con los estomas cerrados durante el día. Sin embargo si las condiciones de la noche son adecuadas, pueden abrir sus estomas y funcionar como una planta C3, fijando CO₂ directamente a través de Rubisco.

2.6. EL AGUA EN LAS PLANTAS

El agua entra en la planta por la raíz y es despedida, en grandes cantidades por la hoja. Cuando el agua se evapora de la superficie de las paredes que rodean los espacios intercelulares en el interior de una hoja durante la transpiración, se reemplaza por agua del interior de la célula. Esta agua se difunde a través de la

membrana citoplasmática, que es libremente permeable al agua pero no a los solutos de la célula. Como resultado, se incrementa la concentración de solutos dentro de la célula, y el potencial hídrico de la célula decrece. Se establece entonces un gradiente de potencial hídrico entre estas células y las adyacentes, más saturadas. Estas células obtienen agua a través de otras células hasta que esta cadena alcanza eventualmente un vaso y ejerce un tirón o tensión al agua del xilema. Debido a la extraordinaria cohesividad del agua, dicha tensión se trasmite desde el tallo hasta las raíces, de manera que el agua es retirada de las raíces, arrastrada hacia arriba a través del xilema y distribuidas a las células que están perdiendo agua; esto hace negativo el potencial hídrico de las raíces, de manera que su habilidad para extraer agua del suelo aumenta (Lira. 2010).

2.6.1. Potencial hídrico

Salisbury (1978) citado por Lira (2010), menciona que para poder entender las relaciones hídricas en las plantas, es necesario familiarizarse con algunos principios de termodinámica. Para conceptualizar esto, se debe entender qué es la energía libre de un sistema, también llamada energía libre de Gibbs. La energía libre (G) se define como la energía isotérmicamente (esto es la temperatura constante) disponible para efectuar un trabajo.

La energía libre de una sustancia en cualquier sistema depende de la cantidad de sustancia presente; esto es, depende del número de partículas que

tienen energía y entropía de partículas bajo condiciones dadas de temperatura y presión. La energía libre, por lo tanto, generalmente se expresa en términos de energía por mol, o por gramo, de la sustancia en cuestión; por ejemplo, calorías/mol (Lira, 2010).

El potencial químico del agua también se conoce como potencial hídrico; es una propiedad de gran importancia para entender el movimiento del agua en el sistema suelo-planta-atmosfera. Algunas veces, el potencial hídrico se expresa en términos de presión (atmosferas, bars), pero generalmente, el término bars se ha sustituido por megapascuales (MPa). Independientemente de cómo se exprese si el potencial difiere en varias partes de un sistema, el agua tenderá a moverse hacia el punto donde el potencial es más bajo. Por lo tanto, la difusión de sustancias, incluyendo osmosis, ocurre en respuesta a un gradiente en la energía libre de difusión de partículas. En la figura 4.1 se muestra conceptualmente el movimiento del agua en función de un gradiente del potencial hídrico (Lira, 2010).

El potencial hídrico es una expresión del estado de energía libre del agua; es una medida de la fuerza que provoca el movimiento del agua en un sistema, como el tejido de una planta, el suelo o la atmosfera, o bien, de una parte del sistema a otro. El Ψ es probablemente la propiedad más importante y poderosa que puede medirse en el sistema suelo-planta-atmosfera, ya que es la causa de la difusión del movimiento del agua y de su flujo potencial de masa dentro del sistema, que ocurre en respuesta a gradientes en el potencial total del agua (Spomer, 1985).

2.6.2. Balance hídrico

El contenido de agua en cada horizonte es la diferencia entre el agua que entra y el agua que sale. Así, de forma general en la profundidad explorada por las raíces y para un horizonte cualquiera (González, 2007).

Jaramillo (1988), citado por Duicela (2003), indican que el balance hídrico contabiliza las ganancias de agua por la lluvia o riego y las pérdidas por evaporación, escorrentía, drenaje profundo y la variación del almacenamiento de aguas en el suelo.

La precipitación es normalmente la única fuente de humedad que tiene el suelo. Cada suelo tiene ciertas características que influyen en la cantidad de agua que puede ser almacenada para su utilización por las plantas. En las zonas húmedas, durante el periodo de lluvias, la precipitación es superior a la evaporación, por lo que existe un período de exceso de humedad, que está dado por el excedente de precipitación sobre la evaporación potencial, después de que el suelo llega a su máxima capacidad (Duicela, 2003).

2.7. FISILOGIA DEL CAFETO

2.7.1. Factores ambientales en el cultivo del cafeto

2.7.1.1. La temperatura

Duran (2010), se refiere que el café se produce en la tierra templada y caliente, pero la duración de la plantación, cantidad y la calidad de sus productos varían con la temperatura. Cuando ésta pasa de los 23°C la duración del árbol, la cantidad y calidad del fruto van disminuyendo y a medida que la temperatura sube aumenta la necesidad de mantener con sombra el café.

Desde los 17 a 22°C no hay necesidad de sombra. La temperatura más favorable del café es de los 18 a 22°C, y la calidad de café es superior cuanto menor es la temperatura y menos humedad es el terreno. La humedad constante de la atmósfera favorece más la cantidad que la calidad del producto (Duran F, 2010).

En climas fríos donde la temperatura media es menor de 19°C, las variedades de café se desarrollan menos, su producción es menor y la cosecha se distribuye a lo largo del año. En climas calientes, donde la temperatura media es mayor de 21.5°C, la vida productiva del cafeto es más corta, la cosecha más temprana y más concentrada. El ataque de la roya es más severo y se incrementan plagas como la broca y el minador (Duran, 2010).

Otra de las cosas que se puede anotar sobre la temperatura y lo menciona Sotomayor y Duicela (1993), las altas temperatura inhiben el crecimiento del cafeto, porque a los 24°C la fotosíntesis comienza a decrecer y se hace casi imperceptible a los 34°C.; por esta razón, en zonas muy calientes la sombra es un factor

muy importante para moderar las altas temperaturas que producen los rayos directos del sol.

De acuerdo con Armas (1988), citado por Soto (2002), a bajas temperaturas las velocidades fotosintéticas son muy bajas; cuando la temperatura aumenta, se incrementa notablemente la velocidad de la fotosíntesis, por encima de un cierto valor (30-35°C), esta comienza a disminuir de forma brusca, ya que la planta es incapaz de soportar tales temperaturas.

2.7.1.2. La humedad

La humedad relativa interviene en gran medida en el desarrollo sanitario del cafeto y en el crecimiento vegetativo. Se considera como óptimo las humedades entorno al 70 – 85%, considerando que las superiores al 85% disminuyen la calidad del café y favorecen al desarrollo de hongos y enfermedades (Alarcón, 2011).

La humedad relativa ideal para el cafeto varía de acuerdo a la especie o variedad, en especial el café arábigo se adapta bien a ambientes que se encuentren de 70 a 95% de humedad relativa (Duicela *et al*, 2003).

En cambio Enríquez (1993), citado por Duicela *et al*, (2003), indica que se prefiere una humedad relativa baja para un mejor desarrollo del cultivo, debido a que los ambientes con alta humedad atmosférica favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas como mal de hilachas y ojo de gallo y la proliferación de la

broca del fruto. En ambientes muy húmedos también atacan enfermedades del sistema radicular que provocan la muerte de las plantas.

Duicela *et al*, (2003), dice que en el Ecuador la Cordillera de los Andes influye directamente sobre el comportamiento macroclimático y microclimático, particularmente sobre la humedad relativa, el ascenso y enfriamiento del aire proveniente de la costa y la región amazónica provoca muchas lluvias en las vertientes externas de la cordillera.

En cambio en la región costa el régimen anual de la humedad no es uniforme debido a la influencia de las corrientes marinas. De enero a abril, la Corriente del Niño trae aire húmedo y caliente que promueve la lluvia y la corriente de Humboldt, durante los demás meses del año, transporta aire frío provocando sequía (Duicela, 2003).

2.7.1.3. El viento

El viento es un componente que puede afectar en gran medida al cultivo de café, ya que vientos fuertes pueden dañar el tronco, las hojas y las yemas, y propiciar la incidencia de enfermedades; el umbral de velocidad para no producir daños físicos y fisiológicos al cafeto es de 20 a 30 km/h (Alarcón, 2011).

2.7.1.4. La precipitación

La cantidad de lluvia para un buen cultivo es algo controversial, pues los límites máximo o mínimo varían mucho dependiendo de varios factores como temperatura, estructura del suelo, pendiente, drenaje, tipo de asociación. De un estudio de varios artículos científicos al respecto se puede concluir que los límites para un buen desarrollo del cafeto fluctúan de 760 a 1780 mm bien distribuidos mientras los límites altos varían de 990 a 3000 milímetros (Sotomayor y Duicela 1993).

Según Alarcón (2011) en un estudio realizado denominado modelo de gestión productiva para el cultivo de café (*Coffea arábica* L.), en el sur del Ecuador, hace referencia que el rango de precipitaciones óptimas para el café varía desde los 1000 a 3000 mm, por lo que es un especie aptada a diferentes regímenes de lluvia, aguantando incluso épocas no muy prolongadas de sequía. En cuanto a la distribución anual de lluvias se recomienda que haya un rango entre 145 a 245 días lluviosos. Los periodos sensibles a una ausencia de lluvia se encuentran comprendidos, durante el rápido crecimiento del fruto y durante la maduración.

La cantidad y distribución de las lluvias durante el año son aspectos muy importantes, para el buen desarrollo del cafeto. Con menos de 1000 mm anuales, se limita el crecimiento de la planta y por lo tanto la cosecha del año siguiente; además, un período de sequía muy prolongado propicia la defoliación y en última instancia la muerte de la planta (ICAFE, 2011).

Con precipitaciones mayores de 3000 mm, la calidad física del café oro y la calidad de taza puede comenzar a verse afectada; además el control fitosanitario de la plantación resulta más difícil y costoso (ICAFE, 2011).

2.7.1.5. La luz

En cuanto a la radiación solar, el agente que más influencia tiene sobre el cultivo de café es la irradiación o intensidad lumínica. Un exceso de irradiación provoca una reducción de la fotosíntesis, en cambio, una falta de la misma, implica una mayor incidencia de plagas y enfermedades, así como problemas de maduración y recolección (Alarcón, 2011).

Sotomayor y Duicela (1993), hacen referencia que para un máximo de fotosíntesis, la luz que llegue a la hoja deberá ser en una proporción menor que un tercio de la insolación total del medio día. La proporción de asimilación neta del cafeto es mayor bajo condiciones de luminosidad moderada que a pleno sol. La asimilación total es mayor en la sombra que en el sol.

La sombra excesiva también es perjudicial, pues la planta no tiene sus funciones completas y estas se restringen o pueden disminuir seriamente en rendimiento. Este efecto desfavorable puede ser diferencial para algunas variedades pues aquellas mejoradas como el caturra o bourbon se afectan más que otras. Se conoce que plántulas de café se desarrollan mejor cuando desde el vivero hay cerca del 40% de sombra aproximadamente de la luz solar total. Este 40% de sombra varía grandemente

de lugar a lugar dependiendo de la altitud, la luminosidad total o diaria de la zona y la formación orográfica general del lugar (Sotomayor y Duicela, 1993).

Treshow (1970), citado por Soto (2002), explica que el exterior de la copa puede estar recibiendo suficiente luz, mientras que al mismo tiempo una inadecuada iluminación limita la fotosíntesis en el interior; bajo condiciones de una iluminación intensa las hojas interiores pueden estar recibiendo una cantidad de luz óptima, mientras que al mismo tiempo para las hojas del exterior la intensidad es tan alta que descompone la clorofila y disminuye la fotosíntesis.

2.7.2. Crecimiento y desarrollo del cafeto

El éxito del cultivo del cafeto depende la cantidad y calidad de su crecimiento, así que si el crecimiento es óptimo, los rendimientos en producción serán buenos.

Arcila (2007), menciona las etapas de desarrollo del café que consta de tres fases: el primero desarrollo vegetativo del cafeto, desarrollo reproductivo del cafeto, y la fase de senescencia del cafeto.

2.7.2.1. Fase de desarrollo vegetativo

Las plantas no crecen con la misma intensidad toda su vida; cuando el crecimiento se mide continuamente durante un tiempo, se obtiene una curva en forma de S o sigmoide; estas curvas presentan un periodo de crecimiento lento, seguido por un período de rápido crecimiento, el cual es seguido por otro período de crecimiento lento o no existe, la curvas de este tipo se puede observar si se sigue la dinámica de crecimiento de células, órganos o la planta completa (Soto, 2002)

En esta fase se encuentra la formación de nudos, hojas y la generación de nuevas raíces, ocurre durante toda la vida de la planta y en la mayor parte del tiempo está intercalando con el crecimiento reproductivo (Arcila, 2007).

En la fase de desarrollo vegetativo el crecimiento del café es indeterminado, esto implica que las fases de crecimiento vegetativo se escondan, el crecimiento vegetativo se produce durante todo el año pero es mayor en periodos de lluvia (González, 2007).

Durante el primer año fenológico del cafeto se dedica a la producción de ramas y yemas axilares que por diferenciación se convertirán en hojas, ramas o yemas reproductivas y al año siguiente producirán, todo este proceso se encuentra controlado por el fotoperiodo, la precipitaciones y las temperaturas, el segundo año se inicia con la floración y termina con el reposo de la planta y la

senescencia de algunas ramas terciarias y cuaternarias. Lo que respecta al estado de la planta, los estados que comprende esta fase se centra en el crecimiento de la raíz, ramas, número de ramas como el número de nudos en ramas.

Riviera (1993) citado por Soto (2002), reporta que a los 14 meses de plantado el café el 76% del sistema radical se encuentra en los primeros 30 cm y el 23% entre los 30 y 60 cm; a los 27 meses se manifiesta con mayor fuerza la característica del sistema radical profundo que tiene el café.

2.7.2.2. Fase reproductiva

2.7.2.2.1. Desarrollo floral

Soto (2002), indica que en regiones como el Ecuador, donde la longitud del día permanece prácticamente igual en cualquier periodo del año, la iniciación de las yemas florales puede ocurrir durante todo el año, sin embargo aun así en estas regiones la floración del café exhibe a menudo una periodicidad, lo cual parece estar asociado con el mecanismo de antésis más bien que con la conformación de la yema floral.

Esta fase comienza con la aparición de las primeras flores, el período de esta fase puede verse influenciado por la duración del día, la época de siembra, la temperatura y la disponibilidad hídrica. Se considera primera floración, el

momento en el que por lo menos el 50% de las plantas hayan florecido la fase reproductiva continúa luego con el desarrollo del fruto y culmina con la maduración (Arcila, 2007).

Arcila (2007), menciona que las flores del cafeto se forman en las yemas ubicadas en las axilas foliares, en los nudos de las rama, el proceso puede verse desde dos aspectos como es desarrollo de la inflorescencia en axilas foliares y desarrollo de las flores en cada inflorescencia.

Cada nudo de la rama tiene dos axilas foliares opuestas, en cada axila se forman de tres a cuatro yemas o inflorescencias y en cada una de ellas de cuatro a cinco flores, es decir en cada nudo existe potencialmente entre 24 y 32 botones florales; cada yema está formada por un pedúnculo que contiene varios nudos en los cuales se insertan dos hojas diminutas y opuestas en cuyas axilas se produce de 3 a 5 botones florales (Arcila, 2007).

2.7.2.2.2. Desarrollo del fruto

(Cenicafé, 2001; Salazar *et al.*, 1994, 1993; Suárez, 1979; Huxley, 1969; León y Fournier, 1962), citados por Arcila (2007), mencionan que desde el momento de la floración hasta la maduración transcurren un promedio de 32 semanas, dentro de estas semanas se encuentran algunas etapas que se describen a continuación.

En la primera etapa se encuentran las primeras siete semanas después de la floración se da un crecimiento lento en el cual el fruto tiene el tamaño de un fosforo.

En la siguiente etapa de la semana 8 a la 17 el fruto crece de forma acelerada y adquiere su tamaño final, la semilla presenta una consistencia gelatinosa.

En la tercera etapa de la semana 18 a la 25 la almendra completa su desarrollo adquiere una consistencia sólida y posee consistencia.

La cuarta etapa semana 26 a 32 el fruto se encuentra fisiológicamente desarrollado y comienza a madurar.

En la última etapa después de la semana 32 el fruto se sobre madura y toma un color violeta oscuro y finalmente se seca.

Mayra y Alarcón (1994), mencionados por Soto (2002), encontraron que en cafetos crecidos tanto bajo sombra como a plena exposición solar, el ancho del fruto se estableció a partir de la oncesima semana después de la fecundación y al largo a partir de la décima semana, se observó un rápido crecimiento comprendido entre la quinta y la novena semana después de la fecundación y una de crecimiento muy lento se inicia en la décima semana.

Valencia (1998), señala un período de rápido crecimiento del fruto entero entre las semanas 13 y 17 a partir de ahí comienza el tercer período de crecimiento muy lento donde ocurre el endurecimiento del endocarpio.

2.7.2.3. Fase de senescencia

A medida que la planta envejece el follaje se vuelve más claro, con tonalidades de verde pálido y se observa defoliación en las ramas de la parte baja y en el interior de la planta, la zona de producción se desplaza hacia la parte media y superior en el tallo principal hacia la parte exterior de las ramas y se producen hojas de mayor tamaño (González, 2007).

Arcila (2007), considera que la planta del cafeto alcanza su desarrollo y productividad máxima entre los seis y ocho años de edad, a partir de los cuales la planta se deteriora paulatinamente y su productividad disminuye a niveles de poca productividad, el ritmo de envejecimiento depende de la zona en donde se encuentre establecido el cultivo, la densidad de siembra, la intensidad de la producción, la disponibilidad de nutrientes, la presencia de plagas y enfermedades o del estrés ambiental. Los órganos de la planta completan su ciclo de vida en épocas y edades diferentes es en donde empieza su período de senescencia.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

3.1.1. Yantzaza

Geográficamente se ubica en las siguientes coordenadas:

Latitud: 03° 50' 15" Sur y Longitud 78° 45' 46" Oeste (Gobierno Provincial Zamora Chinchipe 2011).

La altitud promedio es de 801 msnm. (Gobierno Provincial Zamora Chinchipe 2011). La zona de vida según Holdridge corresponde a: bosque muy húmedo montano bajo (bmh-Mb) y bosque muy húmedo premontano (bmh-P) Según la clasificación de Koppen, a esta zona le corresponde un clima meso-térmico húmedo, la temperatura oscila entre los 21 y 32°C con una media de temperatura de 23°C, en cuanto a la humedad relativa es alta y alcanza hasta 92%, las precipitaciones anuales están en promedio en los 2000 mm anuales (Municipio de Yantzaza 2011).



Figura. 3. Mapa de la ubicación del experimento en el cantón Yantzaza.

Fuente: Saritama y Salinas (2013).

3.1.2. Chaguarpamba

Según Reinoso (1995), citado por Saraguro y García (2011), Chaguarpamba se encuentra al noroccidente de la provincia de Loja, en las coordenadas 03° 52' 23" Sur y 79° 38' 27" Oeste. Limitando al norte con la provincia de El Oro, al Sur con el cantón Olmedo, al Este con el cantón Catamayo y al oeste con el cantón Paltas, a una altitud de 1050 msnm y con una humedad relativa del 70%.

Los suelos se caracterizan por ser irregulares, con pendientes desde los 13% hasta más de 35%. De acuerdo al Programa Nacional de Regionalización (PRONAREG) pertenecen a la clase INCEPTISOL y ALFISOLES. Con una temperatura promedios de 21 a 23°C y precipitaciones anuales de 1200 a 1400 mm (Saraguro y García, 2011).

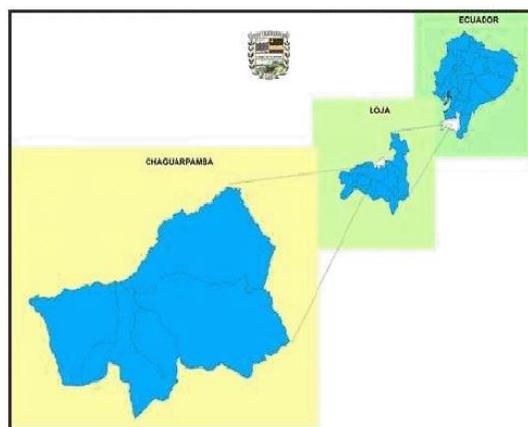


Figura. 4. Mapa de la ubicación del experimento en el cantón Chaguarpamba.

Fuente: Saritama y Salinas (2013)

3.2.MATERIALES

3.2.1. Material de Campo

Semillas de café var. Caturra, sustrato, fundas de polietileno de 15 cm x 20 cm, polisombra (Sarán) con regulación de 80, 50, 30%, de sombra, y el testigo, madera para construcción de umbráculos, fundas plásticas, fundas de papel, esmalte de uñas, tijeras, bisturí, porta y cubre objeto, cinta masky, reglas milimetradas, calibrador pie de rey digital, termómetro-higrómetro ambiental digital, luxómetro digital, libreta de campo, cámara fotográfica.

3.2.2. Materiales de oficina y Laboratorio

Computador, microscopio, estufa, balanza analítica, espectrofotómetro, sulfato anhidro, embudos, vasos de precipitación, Erlenmeyer, balones, papel filtro, acetona al 80%, material bibliográfico.

3.3. METODOLOGÍA GENERAL

3.3.1. Preparación del sustrato

Se preparó un sustrato orgánico, compuesto de tierra agrícola con humus en la relación 3- 1; tres partes de tierra orgánica y una parte de humus respectivamente, cabe recalcar esto se lo realizó en los dos lugares del ensayo, el mismo que es recomendado por Duicela, (2011).

3.3.2. Semillero

Se construyó de dos metro de largo por un metro de ancho por veinte centímetro de alto.

3.3.3. Siembra

Para la siembra se utilizó la semilla de la variedad caturra que dispone el COFENAC y se colocó las plántulas directamente en las fundas de polietileno de 15cm x 20cm, una semilla/funda.

3.3.4. Colocación de postes para los niveles de sombra

Se utilizó postes de madera, como estructura de soporte a una altura de 1 m y se utilizó como cubierta, material de polisombra (sarán) con tres niveles de sombra al 80%, 50% y 30%.



Figura. 5. Niveles de sombra 80%, 50%, 30%.

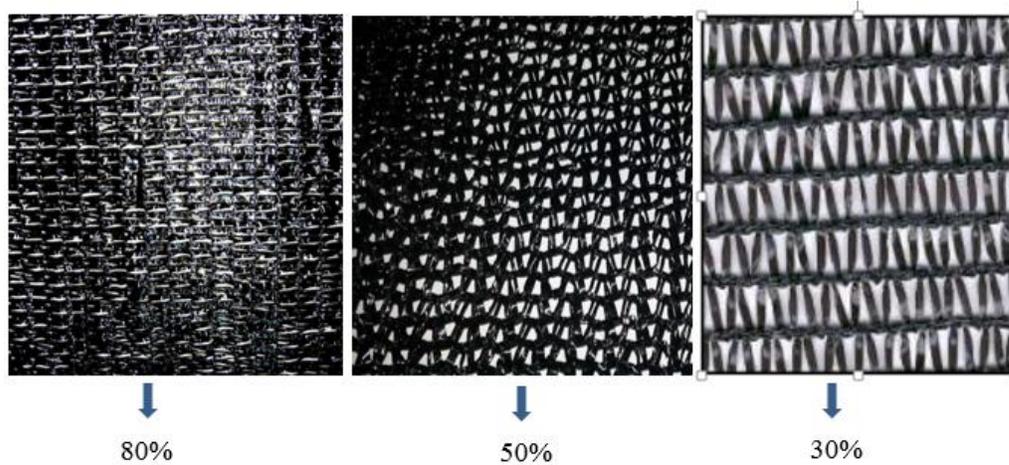


Figura.6. Polisombra de polietileno utilizada en el experimento.

3.3.5. Labores culturales

Las labores culturales como: riego y deshierbe que no son motivo de investigación, se aplicaron por igual para todos los tratamientos, siguiendo las instrucciones técnicas establecidas por (Duicela, 2011).

Se realizaron riesgos con frecuencia de manera localizada y las labores de deshierba en lugar del ensayo con el fin de que no se conviertan en un impedimento para el desarrollo de la investigación.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño muestral completamente al azar en franjas con 4 tratamientos cuya distribución espacial es la que se muestra en la figura.

Cada parcela contó con 156 plántulas, de las cuales se utilizaron en las evaluaciones 96 plántulas por parcela sin tomar las que se encontraban en los bordes.

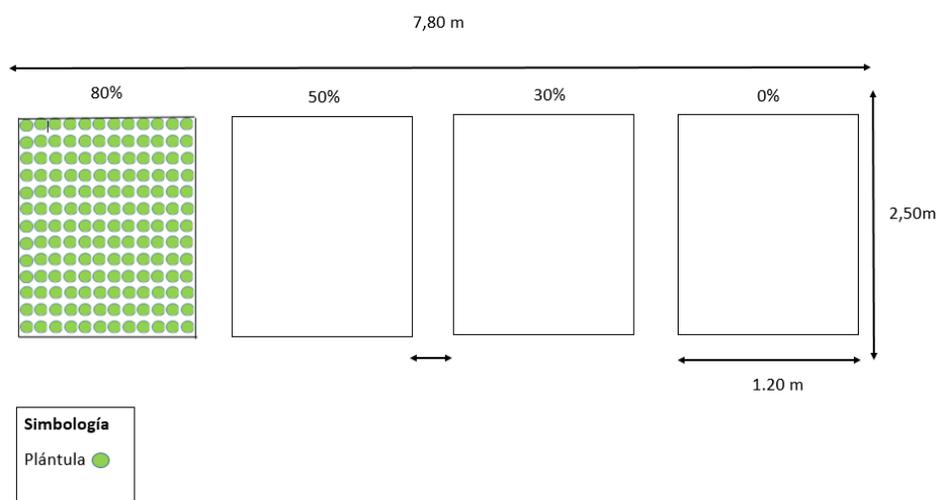


Figura 7. Croquis del diseño experimental.

3.5.METODOLOGÍA PARA EL PRIMER OBJETIVO

“Evaluar indicadores fisiológicos asociados a tres niveles de sombra, en diferentes fases del desarrollo de plántulas de café.”

3.5.1. Variables a evaluarse

La recolección de datos de las siguientes variables se realizó desde que las plantas presentaron el primer par de hojas completamente formado (30 de agosto del 2013) hasta (25 de enero del 2014), donde las plántulas estuvieron listas para el trasplante.

- ✓ **Días a la emergencia:** el dato se registró cuando al menos el 90% de las semillas estuvieron emergidas.

Cada 25 días se evaluaron los siguientes indicadores, con la técnica correspondiente:

- **Altura de la planta:** Desde el cuello hasta el ápice: se midió con regla milimetrada.
- **Longitud de las raíces:** Se midió desde el cuello de la planta hasta la cofia.
- **Diámetro del tallo:** Este dato se tomó a 5 cm, del cuello de la planta con la utilización de calibrador pie de rey milimetrado.

-
- **Pares de hojas:** Se contaron solamente hojas verdaderas, y las nuevas que tengan al menos 1 cm en la parte más ancha, esto se lo hizo hasta llegar al séptimo par de hojas.
 - **Área foliar:** Se midió el ancho y largo de la hoja de cada plántula y se calculó el área con la siguiente fórmula.

$$AF= 0.64 \times (L \times A) + 0.49$$

- **Peso seco:** Se colocaron cada parte de la planta por separado (hojas, raíz, tallo), y se procedió a colocarlas en la estufa 75 grados centígrados, durante cuarenta y ocho horas; cuando haya llegado a un valor constante, se pesó en una balanza analítica.
- **Clorofila:** Para esto se hizo de la siguiente manera: se tomó 3 plantas de cada tratamiento, de las cuales se tomó las hojas y se pesó 5 gr, se maceró con acetona por 10 minutos y se las dejó por 24 horas, después de transcurrido este tiempo se filtró poniendo como base papel filtro y sulfato anhidro, se aforó a 100ml con acetona; se hizo la lectura de absorbancia en el espectrofotómetro a la onda de 660 y 642.5.
- **Densidad estomática:** Para establecer la densidad estomática, se aplicó la técnica de la impronta; colocando esmalte transparente en el envés de las hojas, luego se colocó esta lámina en un porta objeto y se hace el conteo de los estomas

en un milímetro y se tomó el ancho y largo del mismo; la observación se hizo en un microscopio con aumento de 40X.

- **Contenido Relativo de Agua:** Este indicador se determinó mediante la técnica de Turner, en la que se determina peso fresco de las hojas, se colocó las hojas en un recipiente con agua por 24 horas, después de esto se tomó el peso de las hojas turgentes (saturadas en agua), y se colocó las hojas en la estufa a 75 grados centígrados por 24 horas y se obtiene el peso seco.

3.6. METODOLOGÍA PARA EL SEGUNDO OBJETIVO

“Comparar el comportamiento fisiológico entre plántulas desarrolladas en dos condiciones edafoclimáticas.”

3.6.1. Microclima

Se evaluaron las variables de temperatura, humedad relativa y de iluminación en cada nivel de sombra.

3.6.2. Iluminación

La cantidad de energía radiante incidente por unidad de área se determinó con el luxómetro, colocado simultáneamente en el centro de las parcelas de cada tratamiento. Se colocó el luxómetro a la altura del ápice de la plántula, en cada

tratamiento. Esta variable se la midió dos veces durante el día a las (08h00) y al medio día (12h00).

3.6.3. Temperatura y Humedad relativa

Estas determinaciones se realizaron con el uso de un termohigrómetro, colocándolo sobre un soporte a la altura del ápice de las plántulas. Esta variable se la midió dos veces al día, simultáneamente con las mediciones de iluminación y abarcaron todas las fases de desarrollo hasta el momento de su trasplante al campo.

3.7. METODOLOGÍA PARA EL TERCER OBJETIVO

“Difundir los resultados de la investigación entre productores y estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica.”

Se realizó un día de campo en Lozumbe, en el cantón Chaguarpamba, de la provincia de Loja, se elaboraron trípticos, y se les explicó los resultados obtenidos en el experimento.



Figura 8. Día de campo con los agricultores.

IV. RESULTADOS

4.1.CANTÓN CHAGUARPAMBA

4.1.1. Altura de las plántulas

Cuadro.1. Efecto de cuatro niveles de sombra en la altura de plántulas de café al final del período de evaluación, Chaguarpamba, 2014.

#	Tratamiento	Altura media (cm)	S
1	S 80%	35.06	bc
2	S 50%	37.70	b
3	S 30%	38.50	a
4	S 0%	29.68	c

En el cuadro se observa que el mayor valor se obtuvo con el tratamiento del 30% de sombra, obteniéndose plántulas de menor altura con el 0%, respectivamente; las diferencias significativas se presentaron entre los tratamientos 80% con el 30% y el 0% y, entre el 50% con el 0%.

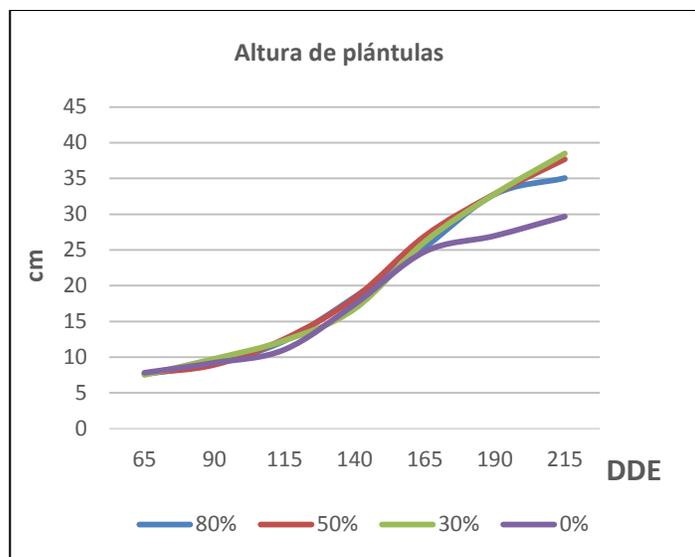


Figura.9. Dinámica de crecimiento de la altura de las plántulas de café en Chaguarpamba, 2014.

En la figura se nota que a partir de los 115 DDE se producen mayores incrementos en la altura; también se observa que a partir de los 165 DDE se empiezan a diferenciar los valores de altura en correspondencia con los tratamientos; adquiriendo así mismo, los mayores valores los tratamientos 30 y 50%.

4.1.2. Diámetro del tallo

Cuadro. 2. Efecto de cuatro niveles de sombra en diámetro de las plántulas de cafeto al final del período de evaluación, Chaguarpamba, 2014.

#	Tratamiento	Altura media (mm)	S
1	S 80%	4.956	b
2	S 50%	5.294	b
3	S 30%	5.082	b
4	S 0%	6.480	a

En el cuadro se presentan los valores en donde el mayor valor se obtuvo en tratamiento del 0% de sombra, y el menor valor se alcanzó en el 80% respectivamente la diferencia significativa que presenta los tratamientos es entre 0% con 30%, 50% y 80% correspondientemente.

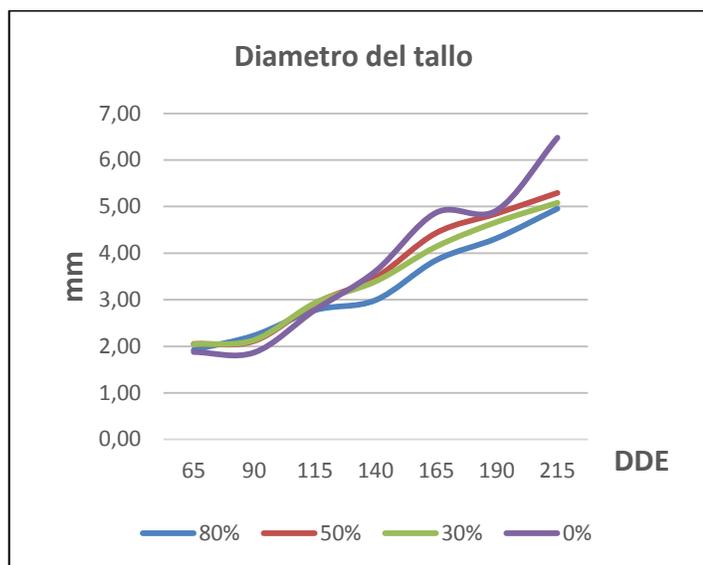


Figura 10. Dinámica de crecimiento, del diámetro del tallo de las plántulas de café Chaguarpamba, 2014.

En la figura se aprecia con claridad, que las plántulas con mayor nivel de sombra presentaron un menor crecimiento con relación al diámetro del tallo, prevaleciendo las plántulas del 0% de sombra a diferencia de las plántulas que se desarrollan con el nivel de sombra de 50 y 30% que presentaron un menor crecimiento.

4.1.3. Pares de hojas

Cuadro.3. Efecto de cuatro niveles de sombra en pares de hojas de las plántulas de café al final del período de evaluación, Chaguarpamba, 2014.

#	Tratamiento	Altura media (cm ²)	S
1	S 80%	8.2	ab
2	S 50%	8.2	ab
3	S 30%	7.6	c
4	S 0%	9.8	a

Se puede observar que el tratamiento del 0% de sombra tiene mayor valor de pares hojas, en correspondencia a los tratamientos del 80%, 50% y 30% en donde en estos no se observa una diferencia significativa.

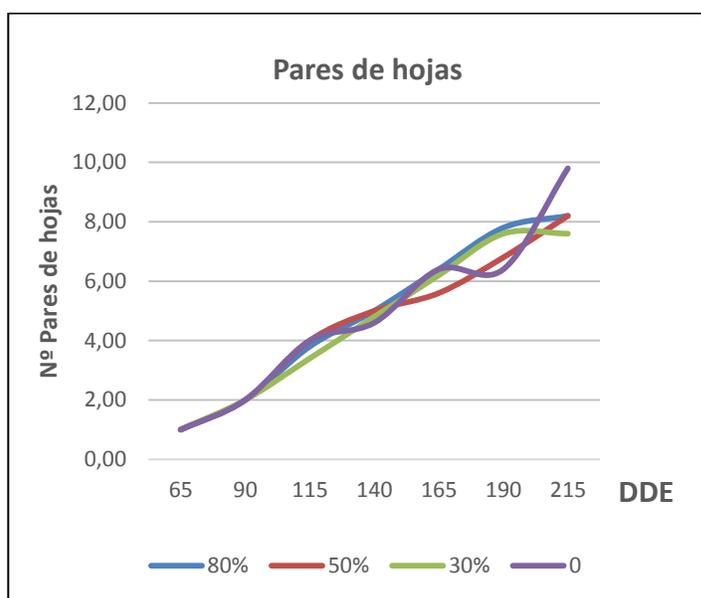


Figura.11. Dinámica de crecimiento de pares de hojas de las plántulas de café en Chaguarpamba, 2014.

Se observa que las plántulas del tratamiento del 0% de sombra se empiezan a diferenciar a partir de los 115 DDE, así mismo se puede evidenciar que los tratamientos del 30% y 80% tienen un crecimiento similar sin una mayor variabilidad.

4.1.4. Área foliar

Cuadro.4. Efecto de cuatro niveles de sombra en área foliar de plántulas de café al final del período de evaluación, Chaguarpamba, 2014.

#	Tratamiento	Altura media (cm ²)	S
1	S 80%	791.32	b
2	S 50%	842.42	a
3	S 30%	750.62	b
4	S 0%	567.63	c

En el cuadro se muestra que no registra diferencias estadísticas al 0.05% entre los tratamientos, evidenciándose un igual crecimiento en las plántulas con los niveles de sombra de 80, 50, 30%; la diferencia significativa que se presenta es entre los tratamientos del 0% con relación a 30%, 50% y 80%.

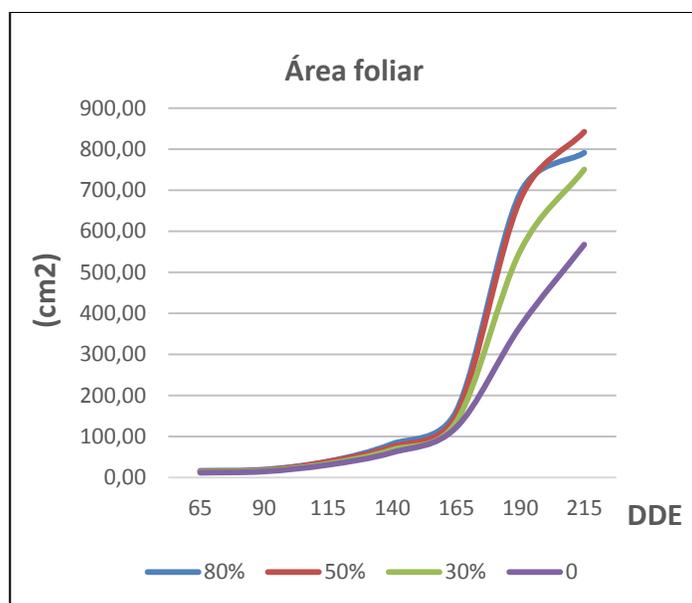


Figura.12. Dinámica de crecimiento, del Área foliar (cm²) de las plántulas de café Chaguarpamba, 2014.

En la figura se puede apreciar que con respecto al área foliar que a los 165 DDE empiezan a presentar una diferencia de valores en cuanto a volumen del área foliar, los tratamientos del 80% y 50% sombra con respecto al 30%, y finalmente el 0% con un valor bajo en relación con los tratamientos anteriores.

4.1.5. Peso seco

Cuadro.5. Efecto de cuatro niveles de sombra en peso seco de plántulas de cafeto al final del período de evaluación, Chaguarpamba, 2014.

#	Tratamiento	Altura media (g)	S
1	S 80%	5.668	c
2	S 50%	6.272	bc
3	S 30%	5.668	c
4	S 0%	7.436	a

Con relación a la peso seco total, resalta el hecho de que el tratamientos que tuvo una diferencia significativa fue el 0% con respecto al 80% y 30% de sombra, y los tratamientos del 0% y 50% no presentan una diferencia significativa.

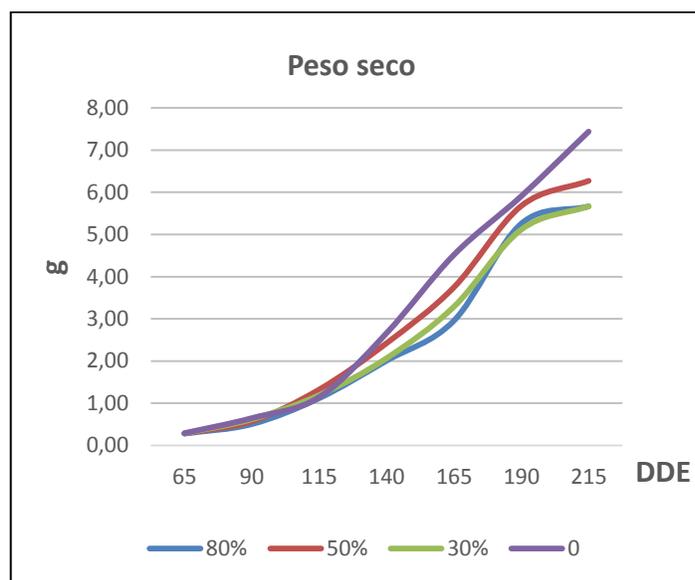


Figura.13. Dinámica de crecimiento, del Peso seco (g), de las plántulas de café Chaguarpamba, 2014.

Se observa que en los tratamientos se empieza a diferenciar a partir de los 115 DDE, el mayor valor en cuanto a peso seco corresponde al 0%, seguido del 50% de sombra y en igualdad el del 80 y 30% de sombra.

4.1.6. Clorofila

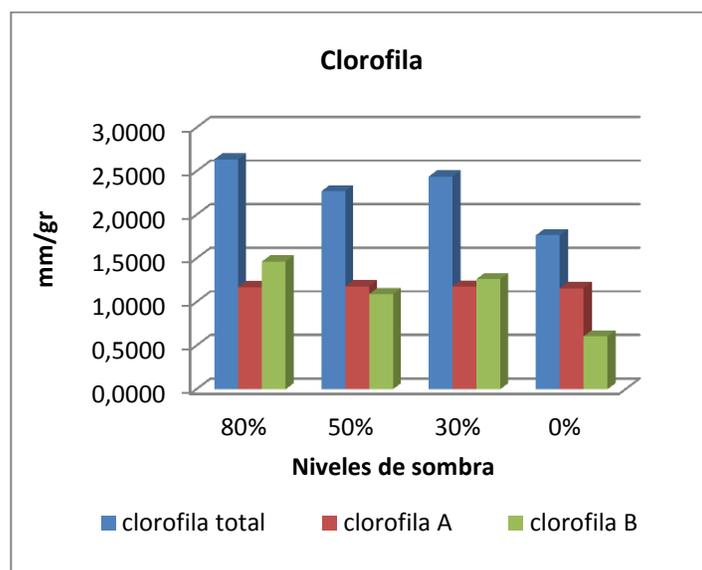


Figura.14. Efecto de los cuatro niveles de sombra para clorofila de la plántula de café, a los 213 días DDE, Chaguarpamba, 2014.

Como se observa en la figura los mejores resultados en cuanto a clorofila total se da en el tratamiento del 80%; en cuanto a clorofila a no presenta una diferencia significativa en ninguno de los tratamientos, y en clorofila b el mejor resultado se observa en el tratamiento de 80% y el menor es el del testigo.

4.1.7. Densidad estomática

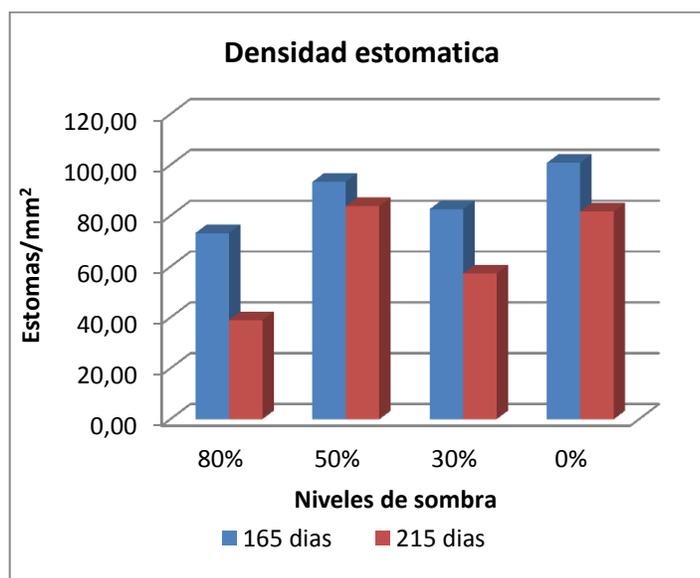


Figura.15. Efecto de los cuatro niveles de sombra para densidad de estomas de la plántula de café, a los 115 y 215 días DDE, Chaguarpamba, 2014.

En esta figura se puede observar que a los 165 días después de la emergencia existe una diferencia significativa del 80% y 30% con respecto al 50% y 0% de los tratamientos; el tratamiento con mayor número estomas por mm^2 fue el de 0% y el de menor densidad el de 80%; a los 215 días se puede observar que entre los tratamientos 80%, 50%, 30%, 0% existe una diferencia significativa, mientras que entre el 50% y 0% no existencia una diferencia significativa; la mayor densidad de estomas en la última evaluación se presentaron en el tratamiento del 0%.

4.1.8. Contenido relativo de agua

Cuadro.6. Efecto de cuatro niveles de sombra en contenido relativo de agua de plántulas de cafeto a los 115 días (16-10-2013), después de la emergencia (DDE) Chaguarpamba, 2014.

#	Tratamiento	CRA (%)	S
1	S 80%	91,877	a
2	S 50%	90,7602	a
3	S 30%	94,6602	a
4	S 0%	90,8448	a

Con relación al contenido relativo de agua a los 115 días después de la emergencia, se observa en los tratamientos que no hubo diferencia significativa.

Cuadro.7. Efecto de cuatro niveles de sombra en contenido relativo de agua de plántulas de cafeto a los 165 días (07-12-2013), después de la emergencia (DDE) Chaguarpamba, 2014.

#	Tratamiento	CRA (%)	S
1	S 80%	100,784	a
2	S 50%	79,0522	b
3	S 30%	74,904	b
4	S 0%	82,2508	b

Con relación al contenido relativo de agua a los 165 días después de la emergencia, se observa que no hubo diferencia significativa en los tratamientos del 50, 30 y el 0%, con relación al del 80% que es el que dio mejor resultado.

Cuadro.8. Efecto de cuatro niveles de sombra en contenido relativo de agua de plántulas de cafeto a los 215 días (25-01-2014), después de la emergencia (DDE) Chaguarpamba, 2014.

#	Tratamiento	CRA (%)	S
1	S 80%	92,7972	a
2	S 50%	93,4752	a
3	S 30%	91,3624	a
4	S 0%	90,624	a

Con relación al contenido relativo de agua a los 215 días después de la emergencia, se observa en los tratamientos que no hubo diferencia significativa.

Al analizar la variable, observamos que no presentan diferencias significativas a los 115 días; en la última evaluación realizada a los 165 días desde la emergencia de las plantas se obtiene que exista una diferencia significativa en el 80% con respecto a los de 50%, 30%, y 0% de sombra. Y la evaluación a los 215 días no se presenta diferencias significativas.

4.2. CANTÓN YANTZAZA

4.2.1. Altura de las plántulas

Cuadro.9. Efecto de cuatro niveles de sombra en la altura de plántulas de cafeto al final del período de evaluación, Yantzaza, 2014.

#	Tratamiento	Altura media (cm)	S
1	S 80%	27.48	b
2	S 50%	31.26	a
3	S 30%	27.06	b
4	S 0%	21.9	c

Como se aprecia en los resultados expuestos, en el cuadro se indica que el mejor tratamiento es del 50% de sombra, seguido del tratamiento del 80 y 30% de sombra respectivamente. Al final se encuentra el tratamiento del 0% de sombra con un menor crecimiento en las plántulas; por lo que se puede decir que existe una diferencia significativa entre 80% y 50%, también entre 80% y 0% respectivamente.

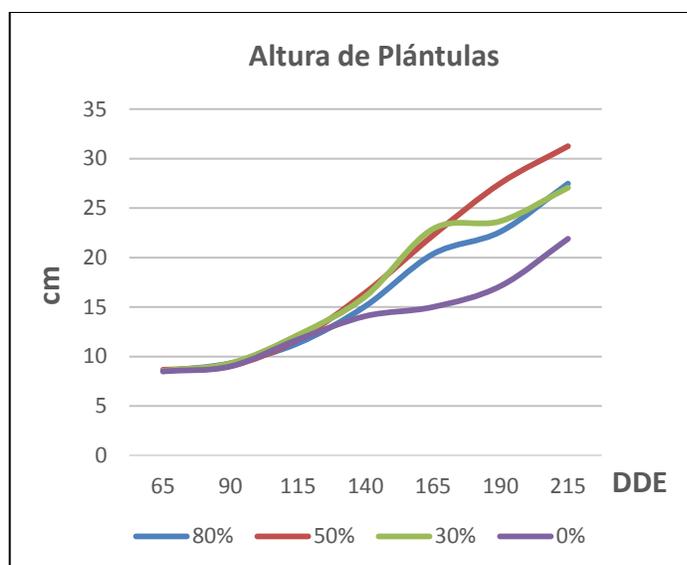


Figura.16. Dinámica de crecimiento de la altura de las plántulas de café, Yantzaza, 2014.

Se observa que las plántulas de mayor crecimiento fueron del 50% sombra, obteniéndose plántulas de menor altura en el tratamiento del 0%; las diferencias significativas que se presentaron fueron a partir de los 115 DDE entre los tratamientos del 50% con el 80% y 30% y el 0%.

4.2.2. Diámetro del tallo

Cuadro.10. Efecto de cuatro niveles de sombra en la diámetro del tallo de cafeto al final del período de evaluación, Yantzaza, 2014.

#	Tratamiento	Altura media (cm)	S
1	S 80%	3.63	b
2	S 50%	4.45	a
3	S 30%	3.87	ab
4	S 0%	4.20	ab

Se puede apreciar que el mayor diámetro del tallo correspondió al tratamiento del 50% de sombra, con diferencias significativas entre tratamientos de 30% y las plántulas a pleno sol las cuales no difieren estadísticamente entre sí. Finalmente se encuentran el menor valor del tratamiento del 80% de sombra.

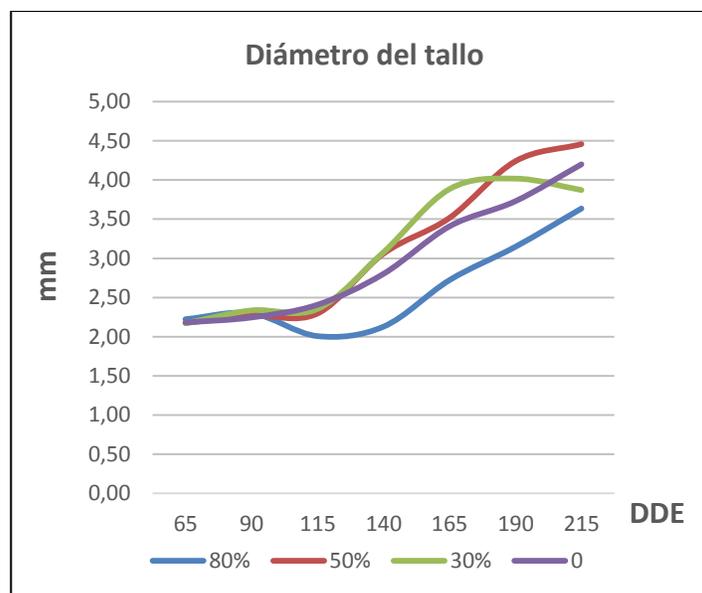


Figura.17. Dinámica de crecimiento del diámetro del tallo en café, Yantzaza, 2014.

Podemos observar que el tratamiento que tiene buenos resultados es el del 50% de sombra y como el menor valor se encuentra el de 80% de sombra, las diferencias significativas que se dan entre los cuatro tratamientos son a partir de los 90 DDE; y sin diferencias significativas tenemos los tratamientos del 0 y 30% de sombra respectivamente.

4.2.3. Pares de hojas

Cuadro.11. Efecto de los cuatro niveles de sombra para pares de hojas en café al final de la evaluación, Yantzaza, 2014.

#	Tratamiento	Media	S
1	S 80%	8.4	a
2	S 50%	8.0	ab
3	S 30%	7.8	ab
4	S 0%	7.6	b

En el cuadro podemos observar que el mayor valor absoluto se obtuvo en el tratamiento 80% de sombra, y el menor número de pares de hojas se presentó en el 0% respectivamente, existiendo diferencias significativas entre 0% y los tratamientos del 30%, 50% y 80%.



Figura.18. Dinámica de crecimiento en pares de hojas en café, Yantzaza, 2014.

En esta figura podemos observar que el mayor valor absoluto se obtuvo en el tratamiento del 80% de sombra, seguido de los tratamiento del 50, 30 y 0% de sombra; no presentan diferencias significativas.

4.2.4. Área foliar

Cuadro.12. Efecto de los cuatro niveles de sombra para el área foliar en café al final de la evaluación, Yantzaza, 2014.

#	Tratamiento	Altura media (cm ²)	S
1	S 80%	567.56	a
2	S 50%	511.46	ab
3	S 30%	454.46	bc
4	S 0%	378.38	c

En cuanto a área foliar en el cantón Yantzaza se presenta una diferencia significativa de los tratamientos del 80% y 50% en relación a los tratamiento del 30% y 0% de sombra, lo que indica que los tratamientos recomendados en cuanto a área foliar son los de 80 y 50% de sombra, ya que poseen un mayor volumen.

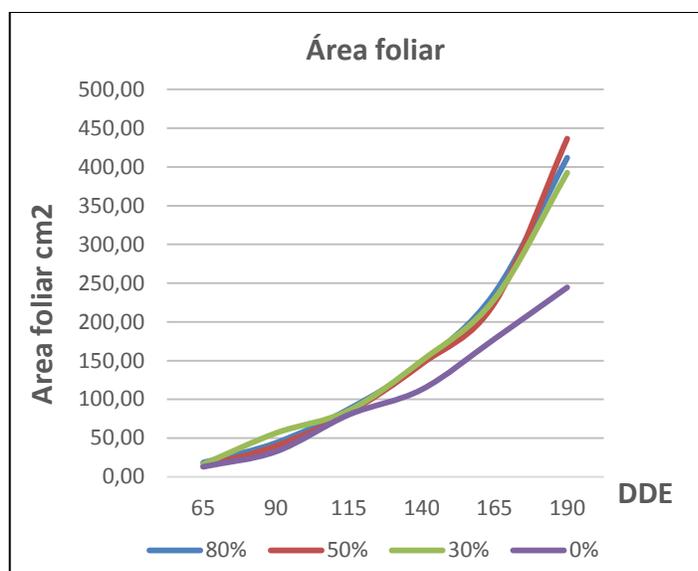


Figura.19. Dinámica de crecimiento para área foliar en café, Yantzaza, 2014.

En la figura se muestra que las diferencias significativas se presenta a partir de los 115 DDE en donde se produce un incremento del diámetro, a partir de ahí se observa que los tratamientos del 80%, 50% y 30% presentan los mayores valores con respecto al 0%.

4.2.5. Peso seco

Cuadro.13. Efecto de los cuatro niveles de sombra para el peso seco en café, al final de la evaluación, Yantzaza, 2014.

#	Tratamiento	Altura media (g)	S
1	S 80%	3.28	c
2	S 50%	5.51	a
3	S 30%	4.95	b
4	S 0%	4.25	bc

Con respecto al peso seco en el cuadro de igual manera se refleja que el mejor tratamiento es del 50% de sombra seguido del tratamiento de 30% de sombra, así que la diferencia significativa se encuentra entre 50% con relación al 0% y 80%. Finalmente el tratamiento del 80% de sombra presento el menor valor absoluto en cuanto a masa seca total.

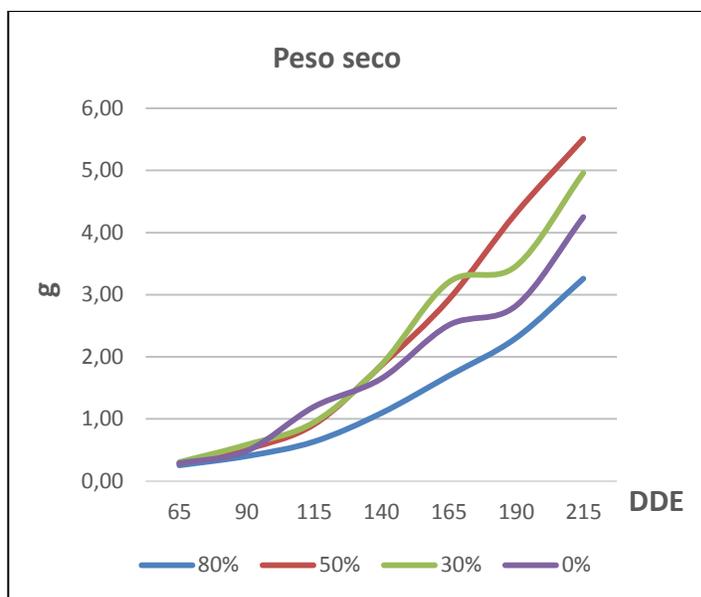


Figura.20. Dinámica de crecimiento para peso seco en café, Yantzaza, 2014.

Como se puede observar en la figura tenemos que los tratamientos a partir de los 90 DDE presentan un incremento en peso seco y a partir de los 115DDE se empieza a notar la diferencia de los valores de la variable adquiriendo así los mayores valores el tratamiento del 50% y 30%.

4.2.6. Clorofila

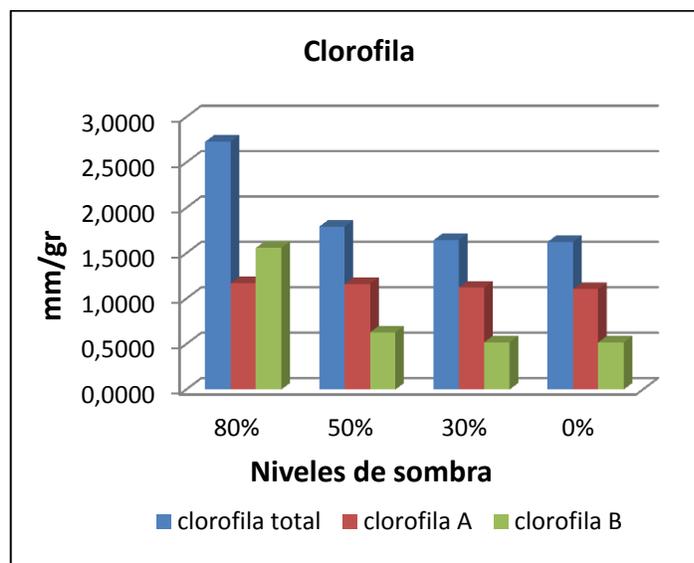


Figura.21. Efecto de los cuatro niveles de sombra para clorofila de la plántula de café, a los 213 días DDE, Yantzaza, 2014.

En la última evaluación realizada los resultados que se obtuvieron en cuanto a niveles clorofila fueron los siguientes el tratamiento del 80% con mayor clorofila total mientras que en los tratamientos 50%, 30% y 0% de sombra hubo similitud en cuanto a los resultados de clorofila total; en clorofila a no existe una variación considerable entre los cuatro tratamientos, y en lo relacionado a clorofila b el de mayor valor absoluto es el 80%.

4.2.7. Densidad estomática

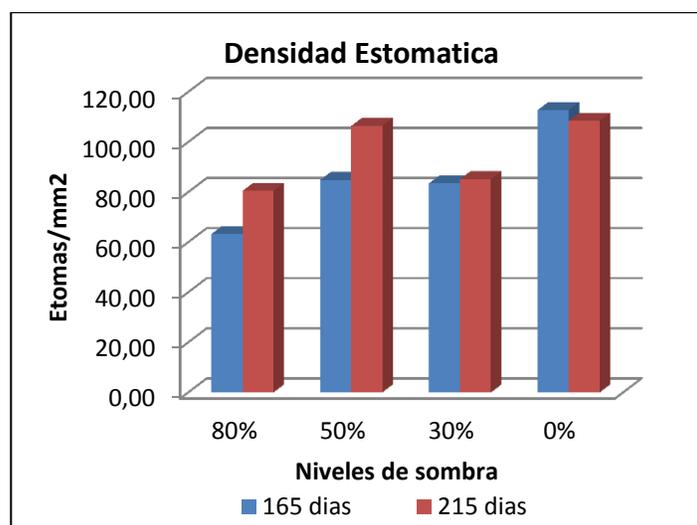


Figura.22. Efecto de los cuatro niveles de sombra para densidad de estomática de la plántula de café a los 165 y 215 días DDE, Yantzaza, 2014.

Como evidencian los resultados a los 165 días DDE la diferencia significativa que existe entre los tratamientos del 0% con respecto al 30%, 50% y 80%, también existe una diferencia significativa de los tratamientos del 30% y 50% con respecto al 80%. La mayor densidad de estomas como se puede observar se encuentra en el tratamiento del 0% y con una menor densidad encontramos al de 80%. A los 213 días se puede observar que entre los tratamientos 80% y 30% existe una diferencia significativa con respecto a los de 50% y 0%. Mientras que en los tratamientos de 80% y 30% no existe una diferencia; la mayor densidad de estomas en la última evaluación se presentó en el tratamiento del 0%.

4.2.8. Contenido relativo de agua

Cuadro.14. Efecto de los cuatro niveles de sombra para el contenido relativo de agua en café, a los 115 días (17-10-2013) después de la emergencia (DDE), Yantzaza, 2014.

#	Tratamiento	CRA (%)	S
1	S 80%	78,135	a
2	S 50%	81,005	a
3	S 30%	83,892	a
4	S 0%	80,677	a

Con relación al contenido relativo de agua a los 115 días después de la emergencia, se observa en los tratamientos que no hubo diferencia significativa.

Cuadro.15. Efecto de los cuatro niveles de sombra para el contenido relativo de agua en café, a los 165 días (08-12-2013) después de la emergencia (DDE), Yantzaza, 2014.

#	Tratamiento	CRA (%)	S
1	S 80%	72,9508	bc
2	S 50%	63,991	c
3	S 30%	80,6486	a
4	S 0%	76,0808	b

Con relación al contenido relativo de agua a los 165 días después de la emergencia, se observa que el mejor tratamiento es el del 30% en relación con el tratamiento del 50% que es el más bajo, y los tratamientos del 80 y 0% no hay diferencia significativa.

Cuadro.16. Efecto de los cuatro niveles de sombra para el contenido relativo de agua en café, a los 215 días (25-01-2014) después de la emergencia (DDE), Yantzaza, 2014.

#	Tratamiento	CRA (%)	S
1	S 80%	66,0646	a
2	S 50%	72,2014	a
3	S 30%	75,2846	a
4	S 0%	81,7112	a

Con relación al contenido relativo de agua a los 115 días después de la emergencia, se observa en los tratamientos que no hubo diferencia significativa.

A los 115 días lo que se puede evidenciar en estos resultados que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos, y los valores de saturación de las hojas son valores muy bajos. A los 165 días observamos los datos de contenido relativo de agua que se presenta, se nota que el mejor tratamiento es del 30% de sombra, seguido y con menor resultado el del 50%, el tratamiento del 80 y 0% no difieren estadísticamente con relación a los demás tratamientos. Y por último a los 215 días los datos obtenidos en la última evaluación realizada para el contenido relativo de agua se obtuvo una diferencia significativa entre el tratamiento del 0% de con respecto a los otros tratamientos del 30%, 50%, y 80%.

4.3.COMPARACIONES ENTRE SITIOS CHAGUARPAMBA Y

YANTZAZA

4.3.1. Altura de las plántulas

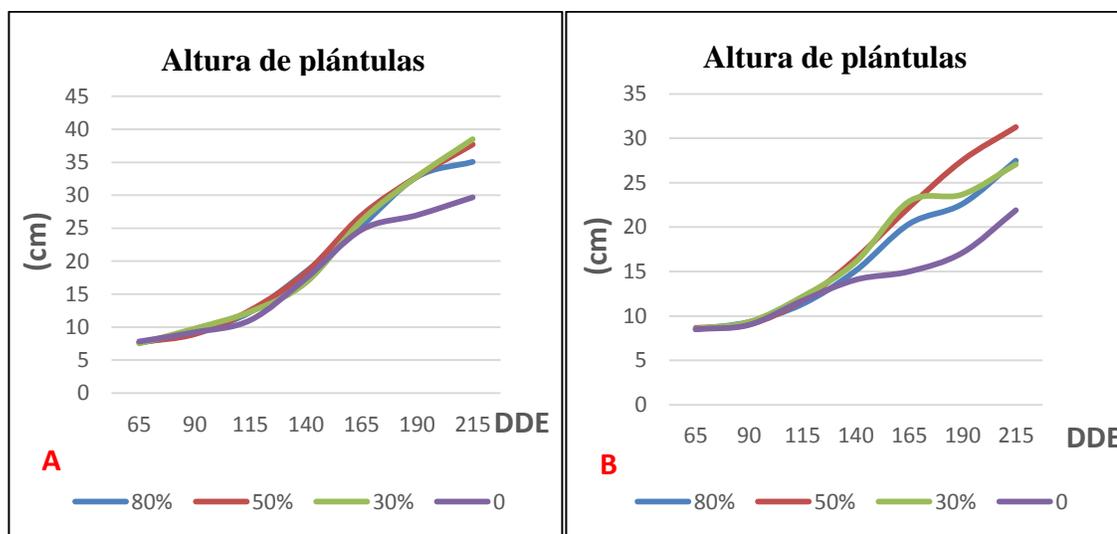


Figura.23. Dinámica de crecimiento del efecto de los cuatro niveles de sombra para la altura de la plántula de café, al final de la evaluación, Chaguarpamba (A), Yantzaza (B), 2014.

En la figura se puede observar el comportamiento de la altura de las plántulas, notándose que a partir de los 115 DDE, este se incrementa en mayor magnitud en las plántulas a la sombra, alcanzando los mayores incrementos a los 165 DDE, se puede observar que en Chaguarpamba las plántulas de las sombras de 80, 50 y 30% tuvieron un crecimiento por igual, y en el sector de Yantzaza se observa que las plántulas de mayor crecimiento fueron las de la sombra del 50%, seguido por las

plántulas del 80 y 30% con un crecimiento por igual; a diferencia de las plántulas del 0% de sombra donde presentaron un incremento menor.

4.3.2. Área foliar

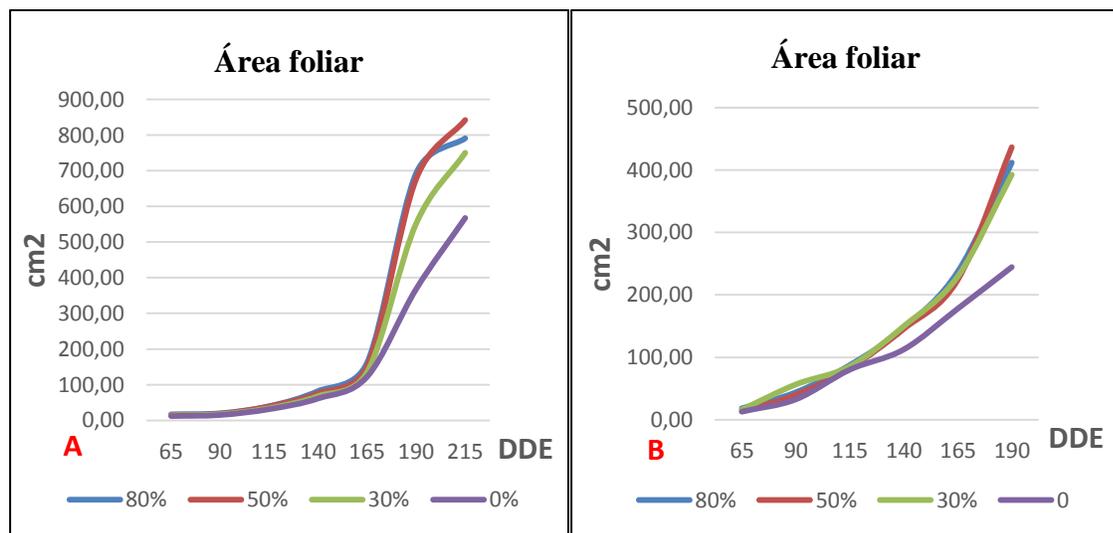


Figura.24. Dinámica de crecimiento, del Área foliar cm^2 de las plántulas de café, del ensayo Chaguarpamba (A), Yantzaza (B), 2014.

En la figura se puede apreciar el área foliar en el ensayo de Chaguarpamba ha mantenido una tendencia similar hasta los 165 DDE donde se empiezan a presentar las diferencias significativas, con un rendimiento mayor el tratamiento del 50% de sombra, seguido del 80 % y 30%, en los dos lugares del ensayo; y con un menor rendimiento las plántulas del tratamiento del 0% de sombra; en el ensayo de Yantzaza tenemos un crecimiento igual hasta los 90 días, y sin diferencias significativas entre los tratamientos del 50, 80, y 30% de sombra, y con un menor resultado el tratamiento del 0% de sombra respectivamente.

4.3.3. Peso seco

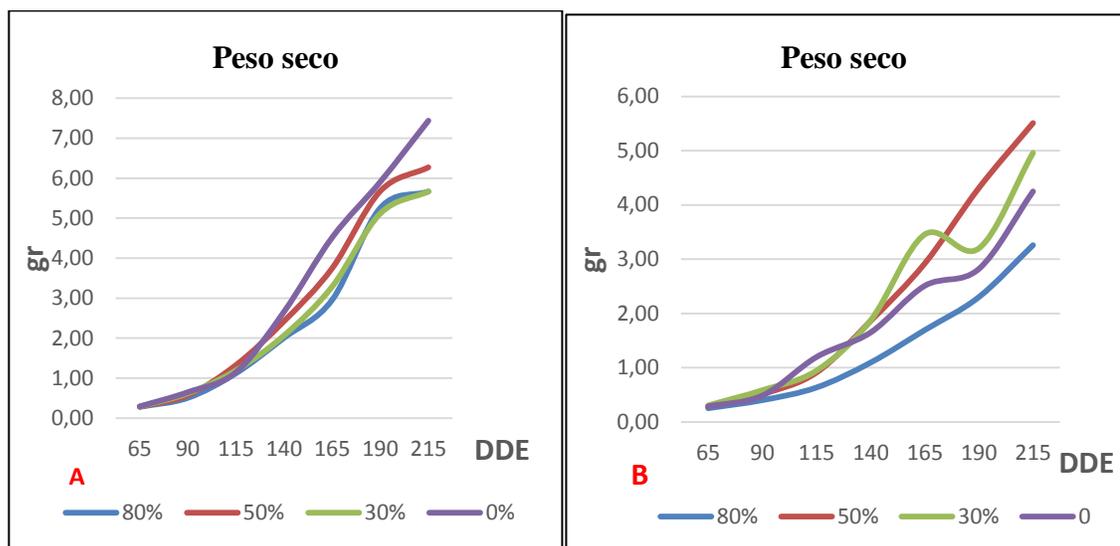


Figura.25. Dinámica de crecimiento, del peso seco (cm^2) de las plántulas de café, del ensayo Chaguarpamba (A), Yantzaza (B), 2014.

En esta figura podemos observar que de acuerdo al peso seco todos los tratamientos se desarrollan normalmente hasta los 90 DDE ; en el sector (A) a partir de los 115 se presentan diferencias en los valores de peso seco en correspondencia con los tratamientos adquiriendo los mayores valores los tratamientos del 0% y 50%; y en cuanto al sector (B) los tratamientos se diferencia a partir de los 90 DDE existiendo diferencias significativas destacando así el tratamiento del 50%, seguido del 30% de sombra.

4.3.4. Clorofila

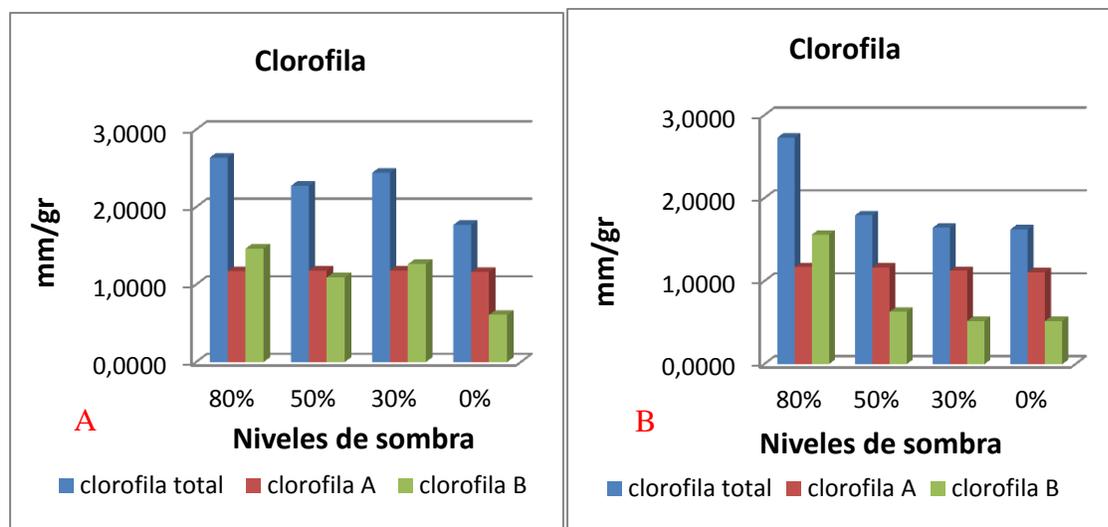


Figura 26. Evaluación de clorofila (mm/gr) de las plántulas de café, del ensayo Chaguarpamba (A), Yantzaza (B), 2014.

En las figuras podemos observar que en los dos sectores, los niveles de clorofila a y b en la sombra del 80, 50, 30% y en el testigo, se nota una mínima diferencia en cuanto a la cantidad de clorofila que cada uno de los tratamientos tiene; en lo que se refiere a la clorofila total en el sector de Chaguarpamba se nota diferencia con el sector de Yantzaza.

4.3.5. Densidad estomática

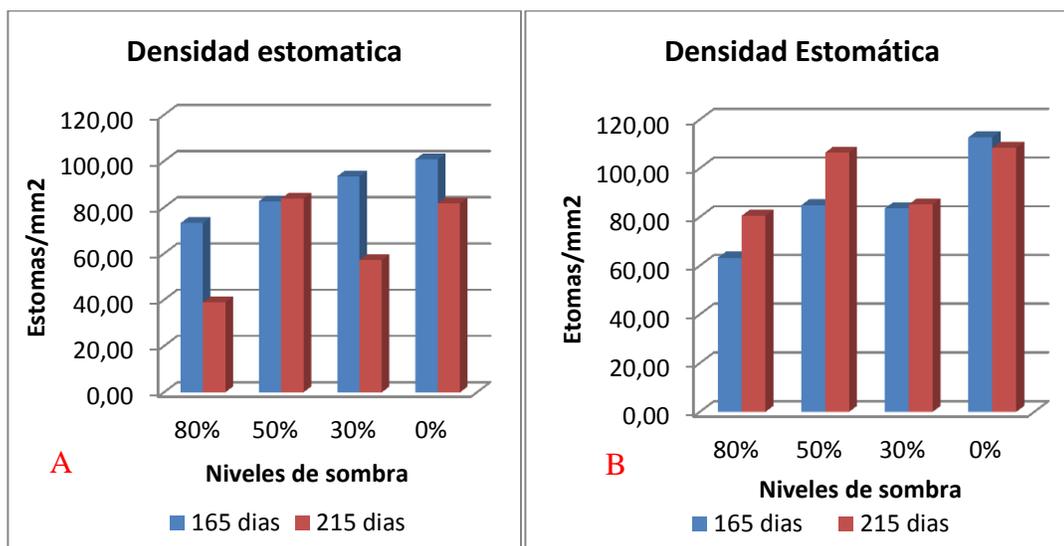


Figura 27. Evaluación de densidad estomática (estomas/mm²) de las plántulas de café, del ensayo Chaguarpamba (A), Yantzaza (B), 2014.

Podemos observar que a los 165 días en todos los tratamientos de los dos lugares existe un incremento en forma ascendente en la densidad estomática, y a los 215 días se observa que tenemos una diferencia significativa en todos los tratamientos.

4.3.6. Contenido relativo de agua

Cuadro.17. Efecto de cuatro niveles de sombra en contenido relativo de agua de plántulas de cafeto a los 165 días, después de la emergencia (DDE) Chaguarpamba (A), y Yantzaza(B), 2014.

(A)	#	Tratamiento	CRA (%)	S
	1	S 80%	100,784	a
	2	S 50%	79,0522	b
	3	S 30%	74,904	b
	4	S 0%	82,2508	b

(B)	#	Tratamiento	CRA (%)	S
	1	S 80%	72,9508	bc
	2	S 50%	63,991	c
	3	S 30%	80,6486	a
	4	S 0%	76,0808	b

En el cuadro presente se puede observar que el tratamiento del 80% en los dos sectores (A) y (B) se presenta una diferencia significativa en la tres fechas evaluadas, el tratamiento del 50% tenemos que existe una diferencia significativa a partir de los 165 días; en el tratamiento del 30% a los 165 días se obtuvo mayores resultados en Yantzaza, y por último en el tratamiento del 0% no se nota diferencias significativas en los dos sectores (A) y (B).

4.4. GRAFICOS DE LA TEMPERATURA

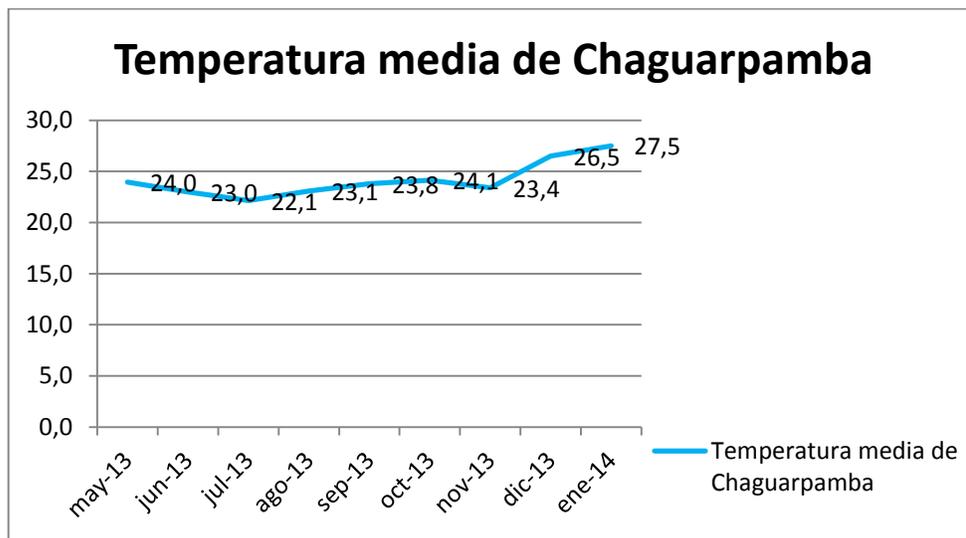


Figura.28. Temperatura media mensual durante el periodo del experimento, Chaguarpamba, 2013 - 2014.

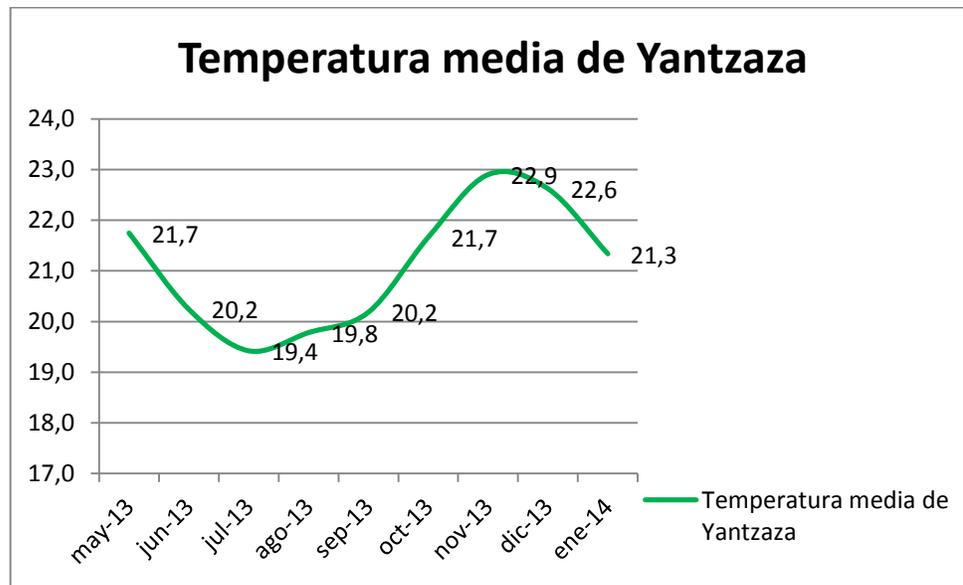


Figura.29. Temperatura media mensual durante el periodo del experimento, Yantzaza, 2013 - 2014.

4.5. GRAFICO DE LOS DOS LUGARES EN EL MISMO PARA LAS COMPARACIONES

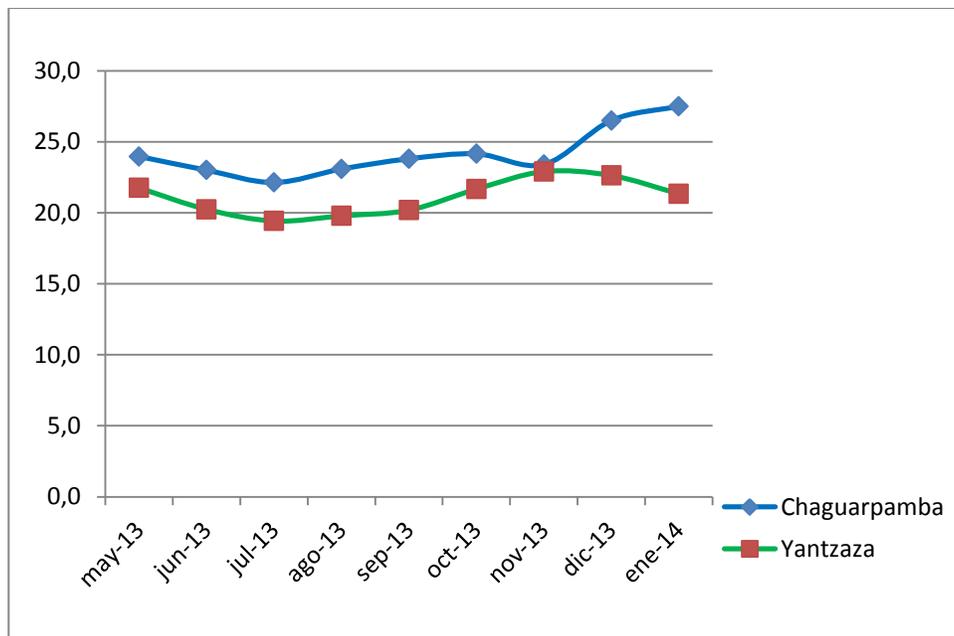


Figura.30. Temperatura media mensual durante el periodo del experimento, de las dos zonas de estudio, 2013- 2014.

V. DISCUSIÓN

En los lugares del experimento, Chaguarpamba y Yantzaza, de acuerdo al análisis estadístico realizado con respecto a la altura de la plántula, y de acuerdo a la dinámica de crecimiento se comprobó que existe una influencia significativa del nivel de sombra en los tratamientos; dando como mayor valor en los dos sitios el tratamiento del 50 y 30% de sombra, obteniendo con un menor valor el del 0%; lo cual significa que estos resultados coinciden con lo expuesto por Saritama y Salinas (2013), donde señalan que las plántulas que crecieron a pleno sol presentaron un menor crecimiento, en comparación con las plántulas que crecieron bajo los niveles de sombra; esto significa que la tasa de crecimiento es altamente dependiente de la radiación que el follaje pueda interceptar y de la eficiencia de conversión de ésta. Arcila (2007), afirma que la radiación global incide sobre la planta, aproximadamente el 15% es reflejada, el 75% es absorbida por el follaje y un 10% se absorbe por el suelo; de la radiación que llega al follaje aproximadamente el 90-95% es absorbida por la planta y cerca del 50% es radiación fotosintéticamente activa. García y Saraguro (2011), señalan que con un 50% de intensidad de sombra se observa un mejor crecimiento y desarrollo de las plántulas de café, en comparación con las expuestas a plena exposición solar. También se corrobora lo señalado por Valencia (1998) quien señala que el crecimiento del café es mayor bajo sombra en comparación con los cultivados a exposición solar. Sotomayor y Duicela (1993) mencionan que las plántulas de café se desarrollan mejor cuando desde el vivero hay cerca del 40% de sombra aproximadamente de la luz solar total, este 40% de sombra varía grandemente de lugar a lugar.

En relación al Área foliar en los experimentos realizados no se presentó una diferencia marcada entre los tratamientos que se encuentran bajo sombra hasta los 165 días DDE aproximadamente, a partir de ahí se empiezan a diferenciarse, obteniendo mayores valores los que se encuentran bajo sombra; esto lo corrobora Larramendi (2002) en donde el crecimiento foliar, fue reducido en los cafetos expuestos al sol en comparación con los cafetos sombreados en donde observó mayor área foliar; Esto está influenciado por la temperatura, que es un factor determinante en el crecimiento de plántulas de café, es decir que a mayor temperatura las plántulas alcanzaron un mejor desarrollo para ser trasplantadas apreciándose que fue mayor en Chaguarpamba debido a las condiciones climáticas ya que son más estables en este sector, en relación con la de Yantzaza. Lo corrobora Morales y Duc Son (1982) citados por Saritama y Salinas (2013) señalan que las plántulas que crecen al sol deben permanecer aproximadamente un mes más en el vivero para alcanzar el mismo crecimiento que en las obtenidas en la sombra.

En cuanto al peso seco se observó en el experimento de Chaguarpamba que el tratamiento del 0% presentó un mayor valor, debido a que las plantas tuvieron menor posibilidad de fotosíntesis y por ende de acumulación de masa seca, ya que las plantas al estar a plena exposición solar cierran sus estomas para tener menos transpiración esto lo sustenta Gliessman (2012), menciona que la pérdida de agua que sufren las plantas crea un bajo potencial de agua foliar, lo cual ocasiona que mediante la capilaridad se mueva más agua en la planta hasta las hojas para reponer la pérdida; y Ortiz (2008), menciona que la planta utiliza sus carbohidratos para su

crecimiento los mismos que se almacenan en las raíces y los frutos y estos se convierten en proteínas, azúcares y grasas; en el experimento de Yantzaza tenemos lo contrario que el mejor tratamiento es el del 50% de sombra; y los que obtuvieron menor valor fueron los tratamientos del 80% de sombra debido a la menos captación de radiación solar ya que esto influye en el peso seco. OIRSA (2001), menciona que el proceso de la fotorrespiración representa una pérdida extra de materia seca del orden de 25 a 50%, el café es una planta C3 y posiblemente la fotorrespiración sea una de las principales causas de la baja fotosíntesis. Valladares *et al.*, (2004), indica que las plántulas de sombra cuando se las compara con las de sol presentan hojas delgadas, mayor superficie foliar por unidad de biomasa, poca biomasa en raíces y una tasa de respiración baja. Mcalpine y Jesson (2007), dicen que la masa seca foliar y el sistema radical fueron los componentes más afectados por el ambiente lumínico de crecimiento y se adaptaron al modelo de distribución de foto asimilados en el cual las plantas que crecen en altas condiciones de luz translocan la mayor proporción a las raíces mientras que en condiciones de baja luminosidad se favorece la translocación a los brotes.

En cuanto a clorofila en los dos experimentos Chaguarpamba y Yantzaza se observó una relación directamente proporcional a los tratamientos, empezando del tratamiento del 80 al 0% de sombra, alcanzando el 80% los índices mayores de clorofila total, clorofila a y b, esto quiere decir que las plántulas que se encontraban bajo el mayor nivel de sombra presentaron una coloración verde más intensa esto lo corrobora Piña y Arboleda (2010), el contenido relativo de clorofila fue mayor en las plantas bajo sombra en comparación con las bien expuestas a la luz, lo cual

se correspondió con la coloración verde más intensa observada en las hojas de ese tratamiento de igual manera lo ratifica Carrasco y Escobar (2002), plantas con un 80% de sombra contienen una mayor cantidad de pigmentos foliares, tanto clorofila a como b, lo que se expresa en el color verde más oscuro de las hojas.

En cuanto a la densidad estomática en el experimento de Chaguarpamba a los 165 días se obtuvo un valor mayor en el tratamiento del 0% de sombra, seguido del 50% y como menor valor el del 80%; en el experimento de Yantzaza se presentó que a los 115 días el tratamiento del 0% de sombra obtuvo el mejor valor, seguido del 30, y 50% y a los 215 días en el tratamiento del 50% de sombra obtuvo un mayor valor, seguido del 0% y con un menor valor el 80%, la razón por la cual las plantas del 0% tienen mayor cantidad de estomas se debe a que reciben una mayor cantidad de luz, mientras que las que se encuentran cubiertas por los niveles de sombra no absorben la cantidad necesaria de luz solar por lo cual presentan una cantidad menor de estomas, esto lo asienta Curtis H, Barnes S. (2001) mencionando que la pérdida de agua en forma de vapor se conoce como transpiración y es una consecuencia de la apertura de los estomas; esta apertura es necesaria pues a través de los estomas ingresa el dióxido de carbono que se utiliza en la fotosíntesis, Smith R, y Smith T (2002), menciona que para llevar a cabo la fotosíntesis, deben abrir sus estomas; pero cuando lo hacen pierden agua, que deben restituir posteriormente, si el agua es escasa las plantas deben equilibrar la apertura y cierre de los estomas, tomando suficiente CO₂ al mismo tiempo que minimizan la pérdida de agua lo que vendría a explicar porque el testigo tiene mayor número de estomas.

En cuanto al contenido relativo de agua a los 115 días no se observó diferencias significativas en los dos sectores, esto se presentó por las condiciones climáticas; a los 165 días en Chaguarpamba el que mejor resultado fue el del 80% de sombra, y en el sector de Yantzaza fue el tratamiento del 30%. Por último a los 215 días, en el sector de Chaguarpamba no se presentaron diferencias entre los tratamientos, en cambio en Yantzaza presentó una diferencia significativa el tratamiento del 0% con respecto a los demás. Con esto podemos decir que las plantas con mejor resultado fueron las que se encontraron bajo sombra. Esto lo corrobora Velasco *et al*, (2002) el contenido relativo de agua en hojas de plantas bajo sombra fue mayor que el de las plantas al sol, principalmente en horas cercanas al mediodía. Esto lo indica Ryan (2009), Siendo como es el agua un componente esencial para el desarrollo de la planta, la superficie de la hoja de sol debe ser más pequeña para reducir su pérdida. El resultado es que se pierde menos agua por culpa del calor y la evaporación, y de esa forma la planta puede crecer.

VI. CONCLUSIONES

- Las plantas con mejores características en: la altura, área foliar y peso seco, tanto en Yantzaza como en Chaguarpamba fueron las del nivel de sombra del 50%.
- La temperatura fue un factor determinante en el crecimiento y permanencia de plántulas, en el tiempo que estas deben permanecer en vivero, tanto en Chaguarpamba como en Yantzaza.
- El nivel de clorofila presente es mayor en el tratamiento del 80% en los dos sectores.

VII. RECOMENDACIONES

- Plantear una investigación en cafetales para poder observar cómo puede llegar a influir la sombra en la producción.

- Para condiciones de vivero se recomienda utilizar un nivel de sombra del 50% ya que este posee las condiciones necesarias para que las plantas tengan un óptimo desarrollo.

- Tomar las medidas necesarias para poder realizar las pruebas en el laboratorio ya que en algunas ocasiones se utilizan reactivos peligrosos para la salud.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, A. 2011. Modelo de gestión productiva para el cultivo de café (*Coffea arábica* L.) en el sur de Ecuador. (En línea). Loja, Ecuador. Consultado 25 ene 2013. Disponible en [www.http.Oa.upm.es/9985/2ALICIA_ALARCON_LOPEZ.Pdf](http://www.Oa.upm.es/9985/2ALICIA_ALARCON_LOPEZ.Pdf).
- ANECAFE. 2013. Exportaciones de Café del Ecuador. (En Línea). Ecuador. Consultado 15 de Dic 2013 Disponible en <http://www.anecafe.org.ec/wp-content/uploads/2013/04/Resumen-de-Exportaci%C3%B3n-Seg%C3%BA-D%C3%B3lares-1992-20139.pdf>
- ANECAFE. 2013. Exportación de Café del Ecuador Según Variedad – años 1992/2013. (En línea). Ecuador. Consultado 15 de Nov 2013. Disponible en <http://www.anecafe.org.ec/wp-content/uploads/2013/04/Resumen-de-Exportaci%C3%B3n-Seg%C3%BA-Variedad-1992-20139.pdf>
- Audesirk, T; Audesirk, G; Byers, B. 2004. Biología Ciencia y Naturaleza. (En línea). Pearson Educacion Mexico S.A. de C.V. Mexico. Pag. 106-107. Consultado 30 Jul 2013. Disponible en <http://books.google.com.ec/books?id=YNxwYAkhaqC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

-
- Arcila, J. 2007. Sistemas de Producción de Café en Colombia. *Crecimiento y Desarrollo de la planta de Café*. (En línea). Colombia. Pág. 23. Consultado 26 Dic 2013. Disponible en <http://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>

 - Banco Central del Ecuador. 2011. Encuestas de Coyuntura. *Sector Agropecuario. Café*. (En línea). Ecuador. Pág. 34. Consultado 08 Ene 2013. Disponible en <http://www.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201102.pdf>

 - Campbell, N; Reece, J; Molles,M; Urry,L; Heyden,R. 2007. *Biología. Medica Panamericana*. 7^a ed. (En línea). Madrid. España. Pág. 196, 197. Consultado 28 de Jul 2013. Disponible en <http://books.google.com.ec/books?id=QcU0yde9PtkC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

 - Camacho, S; Polania A; Pérez G. 1982. Respuesta Fotosintética de algunas Variedades de Maíz, Frijol y Café. (En línea). Bogotá. Colombia. Consultado 14 de may 2014. Disponible en <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCgQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.revistas.unal.edu.co%2Findex.php%2Frcolquim%2Farticle%2Fdownload%2F10582%2F11045%3A%3Apdf&ei=5>

el0U8XAKOzLsQSzhoGwCg&usg=AFQjCNEFI0ZKzQAWzq_DexTkhBh0E3
v82A

- Cornejo, J; Rosales, P; Gauna, P; Esteban, C; Campos, A. 2006. *Biología 2*. (En línea). Umbral Editorial S.A. de C.V. Jalisco. Mexico. Pag. 56-57. Consultado 30 Jul 2013. Disponible en <http://books.google.com.ec/books?id=cWKWY08Uv4C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
- Columbus, M; Pulgarín, G. 2002. Proyecto de Producción de Café Orgánico para Exportación como una Nueva Alternativa Comercial para Ecuador. *Aspectos Técnicos del Producto*. (En línea) Guayaquil, Ecuador. Consultado 01 Dic 2013. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3807/1/6334.pdf>
- COFENAC, 2013. EL SECTOR CAFETALERO ECUATORIANO. DIAGNOSTICO. (en línea). Ecuador. Consultado 11 de Nov 2013. Disponible en <http://www.cofenac.org/wp-content/uploads/2010/09/situacion-sector-cafe-ecu-2013.pdf>
- Costa, Ángel. 2001. Recursos hídricos para producción agropecuaria. *Elementos de meteorología y climatología*. Facultad de ciencias agrícolas. UNL. Loja. Ecuador. Pág. 20.

-
- Curtis, H.; Suebarnes, N. et al. 2001. Biología. 6ta Ed. Madrid, España. Pag. 982-983.
 - Durán Felipe. 2010. Cultivo del café. Grupo Latino Editores S.A.S. Colombia. Pag.91-92.
 - Duicela, L; Corral, R; Farfán, D. 2002. El clima en las zonas de producción de café arábigo del ecuador. (En línea). Ecuador. Consultado 11 de Nov 2013. Disponible en <http://cofenac.org/documentos/Climacafe.pdf>
 - Duicela, L; Corral, R; Farfán, D; Cedeño, R; Bravo J. 2002. Sistemas De Producción De Las Zonas Cafetaleras Del Ecuador. (En línea). Ecuador. Consultado 11 de Nov 2013. Disponible en <http://cofenac.org/documentos/Sistemas-de-produccion-cafetateros.pdf>
 - Duicela, L; Corral, R; Farfán, D; Cedeño; Palma, R; Sánchez, J; Villacís, J. 2003. Caracterización Física y Organoléptica de Cafés Arábigos en los Principales Agro ecosistemas del Ecuador. *Humedad Relativa*. (En línea). Manabí. Ecuador. Consultado 07 Ene 2014. Disponible en <http://books.google.com.ec/books?id=S4QzAQAAMAAJ&pg=PA20&dq=desarrollo+del+cafeto&hl=es&sa=X&ei=mjjPUqCIIoawsQTT2oD4Cw&ved=0CDQQ6AEwAQ#v=onepage&q=desarrollo%20del%20cafeto&f=false>

-
- FAO. 2012. Vietnam destrona a Brasil como el primer exportador mundial de café. Consultado. (En línea). Consultado 09 Ene 2014. Disponible en http://www.fao.org/agronoticias/agronoticias/detalle/es/?dyna_fef%5Buid%5D=155590

 - Gliessman, Stephen. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en la agricultura sostenible. (En línea). Costa Rica. Consultado 24 Nov 2013. Disponible en <http://books.google.com.ec/books?id=rnqan8BOVNAC&pg=PA56&dq=factores+ambientales+en+el+cultivo+del+cafeto+en+ecuador&hl=es&sa=X&ei=uGiTUu AC9GPkAeU1lHYBw&ved=0CFUQ6AEwCQ#v=onepage&q=factores%20ambientales%20en%20el%20cultivo%20del%20cafeto%20en%20ecuador&f=false>

 - González, Cesar. 2007. Producción de Café en Honduras: Modelado de las Relaciones Cafeto-Arbolado. *Eco fisiología del Cafeto*. (En línea). Madrid. España. consultado 09 de Ene 2014. Disponible en http://oa.upm.es/959/1/PFC_CESAR_GONZALEZ_DE_MIGUEL.pdf

 - INIAP. SF. Protocolo de Establecimiento y Mantenimiento del Cafetal. (En línea). Consultado 20 Nov 2013. Disponible en http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Metodologia_evaluacion_variedades_Caf%C3%A9.pdf

-
- INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA (ICAFFE). 2011. Guía Técnica para el Cultivo del Café. (En línea). Costa Rica. Consultado 15 de Nov 2013. Disponible en <http://www.icafe.go.cr/icafe/anuncios/documentos/GUIA%20TECNICA%20V10.pdf>

 - IICA/PROMECAFFE.ICAFFE. 2002. XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura Memoria. *Crecimiento y Asimilación del carbono y nitrógeno en plantas Jóvenes de Coffea en Condiciones de Sol y Sombra*. (En línea). San José. Costa Rica. Pag.104. consultado 10 Ene 2014. Disponible en http://books.google.com.ec/books?id=0NoOAQAIAAJ&pg=PA104&dq=clorofila+a+y+b+en+plantas+de+cafe&hl=es&sa=X&ei=lr_QUrbUCY3IsATKyYDIDA&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q=clorofila%20a%20y%20b%20en%20plantas%20de%20cafe&f=false

 - Lira Ricardo. 2010. Fisiología vegetal. Trillas. México. Pág. 38, 39, 40, 162-164, 171-173.

 - Marín, Gino. 2012. Producción de Cafés Especiales. Manual Técnico. *Manejo Tecnificado del Cultivo del Café*. (En línea). Lima, Perú. Desco. Consultado 20 Nov 2013. Disponible en http://www.desco.org.pe/sites/default/files/publicaciones/files/manual%20cafe_selva_VF.pdf

-
- Medina, M; Luna, R. 2013. Análisis de la cadena del café y estrategia de mejoras para el sector caficultor en la provincia de Manabí Cantón Jipijapa Parroquia Pedro Pablo Gómez. (En línea). Guayaquil, Ecuador. Consultado 15 de Nov 2013. Disponible en <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4112/1/UPS-GT000365.pdf>

 - Ordoñez, Mario. Sf. Producción de Semilleros y Viveros de café. (En línea). Consultado 20 Nov 2013. Disponible en http://www.ihcafe.hn/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=31:tec-guia-produccion

 - OIRSA. 2001. Manual Técnico Buenas Prácticas de Cultivo en Café Orgánico. *Procesos Fisiológicos Determinantes del Rendimiento*. (En línea). Costa Rica. Consultado 19 Nov 2013. Disponible en <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/MANUALCAFEORGANICOparaprofesionales.pdf>.

 - Ortiz, R. 2008. Hidroponía en el suelo. Abya Yala. Quito. Ecuador. Pág. 29-30.

 - Pro Ecuador. 2013. Análisis Sectorial del Café. Ecuador. (En línea) Consultado 11 de Nov 2013. Disponible en
-

http://www.proecuador.gob.ec/wpcontent/uploads/2013/05/PROEC_AS2013_CAFE.pdf

f.

- Reigosa, M; Pedrol, N; Sánchez A. 2002. La eco fisiología vegetal. Una ciencia de síntesis. Paraninfo S.A. Madrid. España. Pág. 22, 72, 93, 94, 123, 125.

- Rodríguez, Luis. 2002. Efecto eco-fisiológico de diferentes niveles de irradiancia en la productividad biológica y agrícola del cafeto (*Coffea arábica* L.) en ecosistemas típicos de la Sierra Maestra. *Factores que Limitan la Producción Asequible de los Cultivos agrícolas*. (En línea). La Habana, Cuba. Consultado 19 Nov 2013. Disponible en <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/tesis/index/assoc/HASH013b/d996022e.dir/doc.pdf>

- Ryan, A. 2009. Hojas de sombra y hojas de sol. (en línea), Consultado el 20 de May del 2014. Disponible en http://www.ehowenespanol.com/hojas-sombra-hojas-hechos_112585/

- Sáenz, Jorge. 2012. La fotosíntesis, Concepciones, Ideas Alternativas y Analogías. *Unidad didáctica dirigida a estudiantes de los ciclos 3 y 4 de educación básica del colegio José María Carbonell*. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. (En línea). Bogotá, Colombia. Consultado 19 Nov 2013. disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/7577/1/jorgeenriquesaenzguarin.2012.pdf>

-
- Santiana, G. 2013. Proyecto de factibilidad para creación de una microempresa dedicada a la producción de café y comercialización de café molido lojano en la ciudad de Quito. (En línea). Quito. Ecuador. Consultado 08 Ene 2014. Disponible en <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5237/1/UPS-QT03693.pdf>

 - Saritama, S; Salinas, B. 2013. Influencia de la sombra y época de siembra en la dinámica de crecimiento del café en vivero, en Yantzaza y Chaguarpamba. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. UNL. Loja. Ecuador. Pág. 20.

 - Smith, R.; Smith, T. 2002. Ecología. Madrid, España. 4ta Ed. pp. 25-26.

 - Soto, F. 2002. *Ecofisiología del cafeto*. La Habana. Cuba.

 - Sotomayor; Duicela. 1993. Manual del cultivo del café. Eco fisiología del cultivo. (En línea). Quevedo, Ecuador. Consultado 15 de Nov 2013. Disponible en <http://books.google.com.ec/books?id=RXszAQAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

 - Solarte, M; Moreno, L; Melgarejo, L. 2010. Experimentos en Fisiología Vegetal. *Fotosíntesis y Pigmentos Vegetales*. (En línea). Bogotá, Colombia. Consultado 19 Nov 2013. Disponible en http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/18/08_Cap06.pdf

-
- Taiz, L; Zeiger, E. 2006. Fisiología vegetal. Estados Unidos. Pág. 316, 318, 324, 322, 1153, 1154. (En línea). Consultado 28 de Jul 2013. Disponible en <http://books.google.com.ec/books?id=1PRucJTuvrQC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
 - Ureña, José. 2009. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en los cultivos de café en asocio con aguacate. *Producción de Vivero*. (En línea). Zumbado. Consultado 20 Nov 2013. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00190.pdf>.
 - Valencia, A. 1998. Manual de nutrición y fertilización del café. Quito Ec., Editorial INPOFOS. pp. 2-7 (B).
 - Valencia, G. 1998. Manual de nutrición y fertilización del café. Ed. Instituto de la potasa y el Fosforo. Quito. Ecuador.
 - Valladares, F; Aranda, I; Sanchez, D. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. *La luz como factor ecológico y evolutivo para las plantas y su interacción con el agua*. Madrid España. (en línea). Consultado el 20 de May del 2014. Disponible en <http://www.globimed.net/ficheros/libros/Ecologia/Cap12%20-%20La%20luz%20como%20factor%20ecologico%20y%20evolutivo%20para%20las%20plantas%20y%20su%20interaccion%20con%20el%20agua.pdf>
 - Velasco, F; Moreno, J; Verdecia J. 2002. Características hídricas foliares del cafeto (*Coffea Arabica*) cultivada a plena exposición solar y bajo sombra. Cuba.

(en línea). Consultado el 20 de May del 2014. Disponible en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=ORTON.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=049186>

- Villalobos, Enrique. 2001. Fisiología de la Producción de Cultivos Tropicales. *Absorción, Transporte y Balance Hídrico*. (En línea). San José, Costa Rica. Consultado 15 dic 2013. Disponible en <http://books.google.com.ec/books?id=30uSclaUo94C&pg=PA142&dq=densidad+estomatica&hl=es&sa=X&ei=7KKaUoi9K4iPkAe94IC4DQ&ved=0CDIQ6AEwAQ#v=onepage&q=densidad%20estomatica&f=false>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de altura de plántulas de café, Chaguarpamba, 30 de Agosto de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	7,62	a
50	7,72	a
30	7,52	a
0	7,82	a
Error estándar	0,205305	
Coefficiente de varianza	6,1302	

Anexo 2. Análisis de varianza de diámetro de plántulas de café, Chaguarpamba, 30 de Agosto de 2013.

Tratamiento %	Medias (mm)	Nivel de significancia
80	1,924	ab
50	2,054	a
30	2,0,54	a
0	1,878	b
Error estándar	0,571227	
Coefficiente de varianza	6,4592	

Anexo 3. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas de café, Chaguarpamba, 30 de Agosto de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	12,24	a
50	11,824	a
30	11	a
0	11,48	a
Error estándar	0,62257	
Coefficiente de varianza	11,9638	

Anexo 4. Análisis de varianza de área foliar de plántulas de café, Chaguarpamba, 30 de

Agosto de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm²)	Nivel de significancia
80	16,7112	a
50	15,2853	a
30	13,9548	bc
0	11,9906	c
Error estándar	0,920033	
Coefficiente de varianza	14,2022	

Anexo 5. Análisis de varianza de peso seco de plántulas de café, Chaguarpamba, 30 de

Agosto de 2013.

Tratamiento %	Medias (g)	Nivel de significancia
80	0,28032	a
50	0,30008	a
30	0,28558	a
0	0,29102	a
Error estándar	0,0100353	
Coefficiente de varianza	7,7579	

Anexo 6. Análisis de varianza de altura de plántulas de café, Chaguarpamba, 22 de

Septiembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	9,12	ab
50	8,94	b
30	9,78	a
0	9,22	ab
Error estándar	0,252389	
Coefficiente de varianza	6,0913	

Anexo 7. Análisis de varianza de diámetro de plántulas de café, Chaguarpamba, 22 de Septiembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (mm)	Nivel de significancia
80	49,5606	b
50	51,7034	a
30	42,2979	b
0	33,2662	c
Error estándar	2,25284	
Coefficiente de varianza	11,3953	

Anexo 8. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas de café, Chaguarpamba, 22 de Septiembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	18,32	b
50	19,66	b
30	20,5	a
0	17,06	b
Error estándar	0,924743	
Coefficiente de varianza	10,9494	

Anexo 9. Análisis de varianza de área foliar de plántulas de café, Chaguarpamba, 22 de Septiembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm²)	Nivel de significancia
80	49,5606	B
50	51,7034	A
30	42,2979	bc
0	33,2662	C
Error estándar	2,25284	
Coefficiente de varianza	11,3953	

Anexo 10. Análisis de varianza de peso seco de plántulas de café, Chaguarpamba, 22 de Septiembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (g)	Nivel de significancia
80	0,506	b
50	0,57	b
30	0,62	b
0	0,65	a
Error estándar	0,0306023	
Coefficiente de varianza	11,6673	

Anexo 11. Análisis de varianza de altura de plántulas de café, Chaguarpamba, 15 de Octubre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	12,3	b
50	12,56	a
30	12,34	b
0	11,06	b
Error estándar	0,320468	
Coefficiente de varianza	5,9394	

Anexo 12. Análisis de varianza de diámetro de plántulas de café, Chaguarpamba, 15 de Octubre de 2013.

Tratamiento %	Medias (mm)	Nivel de significancia
80	2,776	a
50	2,922	a
30	2,928	a
0	2,78	a
Error estándar	0,0877268	
Coefficiente de varianza	6,8793	

Anexo 13. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas de café, Chaguarpamba, 15 de Octubre de 2013.

Tratamiento%	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	21,64	b
50	24,6	A
30	20,18	b
0	24,8	a
Error estándar	0,549773	
Coefficiente de varianza	5,3906	

Anexo 14. Análisis de varianza de área foliar de plántulas de café, Chaguarpamba, 15 de Octubre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm²)	Nivel de significancia
80	39,422	a
50	39,114	b
30	33,908	b
0	31,236	b
Error estándar	2,1017	
Coefficiente de varianza	13,0834	

Anexo 15. Análisis de varianza de pares de hojas de plántulas de café, Chaguarpamba, 15 de Octubre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm²)	Nivel de significancia
80	3,8	b
50	4	a
30	3,4	b
0	4	a
Error estándar	0,158114	
Coefficiente de varianza	9,3040	

Anexo 16. Análisis de varianza de peso seco de plántulas de café, Chaguarpamba, 15 de Octubre de 2013.

Tratamiento %	Medias (g)	Nivel de significancia
80	1,12	a
50	1,324	a
30	1,192	a
0	1,146	a
Error estándar	0,0847732	
Coficiente de varianza	15,8560	

Anexo 17. Análisis de varianza de altura de plántulas de café, Chaguarpamba, 09 de Noviembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	18,76	a
50	18,28	a
30	16,76	b
0	17,4	ab
Error estándar	0,511957	
Coficiente de varianza	6,4622	

Anexo 18. Análisis de varianza de diámetro de plántulas de café, Chaguarpamba, 09 de Noviembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (mm)	Nivel de significancia
80	2,992	bc
50	3,476	b
30	3,394	b
0	3,614	a
Error estándar	0,159399	
Coficiente de varianza	10,5796	

Anexo 19. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas de café, Chaguarpamba, 09 de Noviembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	30,64	a
50	28,28	a
30	28,02	a
0	27,54	a
Error estándar	1,30662	
Coefficiente de varianza	10,2085	

Anexo 20. Análisis de varianza de área foliar de plántulas de café, Chaguarpamba, 09 de Noviembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm²)	Nivel de significancia
80	82,1334	a
50	75,686	ab
30	67,818	bc
0	61,218	b
Error estándar	4,12056	
Coefficiente de varianza	12,8481	

Anexo 21. Análisis de varianza de pares de hojas de plántulas de café, Chaguarpamba, 09 de Noviembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm²)	Nivel de significancia
80	5	a
50	5	a
30	4,8	a
0	4,6	a
Error estándar	0,158114	
Coefficiente de varianza	7,2898	

Anexo 22. Análisis de varianza de peso seco de plántulas de café, Chaguarpamba, 09 de
Noviembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (g)	Nivel de significancia
80	2,008	a
50	2,424	b
30	2,066	a
0	2,662	b
Error estándar	0,116006	
Coefficiente de varianza	11,3274	

Anexo 23. Análisis de varianza de altura de plántulas de café, Chaguarpamba, 07 de
Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	25,36	b
50	26,94	a
30	26,14	ab
0	24,76	b
Error estándar	0,695234	
Coefficiente de varianza	6,0255	

Anexo 24. Análisis de varianza de diámetro de plántulas de café, Chaguarpamba, 07 de
Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (mm)	Nivel de significancia
80	3,85	c
50	4,434	ab
30	4,14	bc
0	4,918	a
Error estándar	0,189552	
Coefficiente de varianza	9,7763	

Anexo 24. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas de café, Chaguarpamba, 07 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	32,08	a
50	28,82	a
30	29,16	a
0	29,12	a
Error estándar	1,24457	
Coefficiente de varianza	9,3403	

Anexo 25. Análisis de varianza de área foliar de plántulas de café, Chaguarpamba, 07 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm²)	Nivel de significancia
80	161,659	a
50	151,37	ab
30	135,64	bc
0	122,436	c
Error estándar	8,34477	
Coefficiente de varianza	13,0691	

Anexo 26. Análisis de varianza de pares de hojas de plántulas de café, Chaguarpamba, 07 de Diciembre de 2013.

Tratamiento	Medias	Nivel de significancia
80	6,4	a
50	5,6	b
30	6,2	ab
0	6,4	a
Error estándar	0,234521	
Coefficiente de varianza	8,5269	

Anexo 27. Análisis de varianza de peso seco de plántulas de café, Chaguarpamba, 07 de

Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (g)	Nivel de significancia
80	2,956	c
50	3,748	b
30	3,286	bc
0	4,516	a
Error estándar	0,247185	
Coefficiente de varianza	15,2412	

Anexo 28. Análisis de varianza de altura de plántulas de café, Chaguarpamba, 28 de

Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	32,8	a
50	32,84	a
30	32,84	a
0	26,98	b
Error estándar	0,629206	
Coefficiente de varianza	4,4857	

Anexo 29. Análisis de varianza de diámetro de plántulas de café, Chaguarpamba, 28 de

Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (mm)	Nivel de significancia
80	4,322	a
50	4,852	a
30	4,67	a
0	4,87	a
Error estándar	0,250394	
Coefficiente de varianza	11,9675	

Anexo 30. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas de café, Chaguarpamba, 28 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	29,02	a
50	27,58	a
30	27,84	a
0	24,62	a
Error estándar	1,74927	
Coefficiente de varianza	14,3462	

Anexo 31. Análisis de varianza de área foliar de plántulas de café, Chaguarpamba, 28 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm²)	Nivel de significancia
80	692,922	a
50	676,182	a
30	534,936	b
0	354,576	c
Error estándar	42,6898	
Coefficiente de varianza	15,2415	

Anexo 32. Análisis de varianza pares de hojas de plántulas de café, Chaguarpamba, 28 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm²)	Nivel de significancia
80	7,8	a
50	6,8	b
30	7,6	a
0	6,4	b
Error estándar	0,223607	
Coefficiente de varianza	11,3925	

Anexo 33. Análisis de varianza peso seco de plántulas de café, Chaguarpamba, 28 de

Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (g)	Nivel de significancia
80	5,2554	c
50	5,6762	ab
30	5,1154	b
0	5,9074	a
Error estándar	0,279638	
Coefficiente de varianza	11,3925	

Anexo 34. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Chaguarpamba,

25 de Enero de 2014.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	31,2	a
50	32,24	a
30	35,72	a
0	34,5	a
Error estándar	2,22205	
Coefficiente de varianza	14,8695	

Anexo 35. Análisis de varianza de densidad estomática de plántulas café,

Chaguarpamba, 10 de Octubre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm²)	Nivel de significancia
80	182,947	b
50	195,713	b
30	204,22	b
0	259,528	a
Error estándar	15,6318	
Coefficiente de varianza	20,9938	

Anexo 36. Análisis de varianza de densidad estomática de plántulas café,
Chaguarpamba, 08 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm²)	Nivel de significancia
80	73,25	c
50	82,6667	bc
30	93,4167	ab
0	100,833	a
Error estándar	5,05266	
Coefficiente de varianza	19,9938	

Anexo 37. Análisis de varianza de densidad estomática de plántulas café,
Chaguarpamba, 25 de Enero de 2014.

Tratamiento %	Medias	Nivel de significancia
80	39	c
50	57,25	b
30	81,75	a
0	83,8333	a
Error estándar	1,91691	
Coefficiente de varianza	10,1444	

Anexo 38. Análisis de varianza de altura de plántulas café, Yantzaza, 29 de Agosto de
2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	8,5	a
50	8,66	a
30	8,56	a
0	8,5	a
Error estándar	0,2324	
Coefficiente de varianza	6,0766	

Anexo 39. Análisis de varianza de diámetro de plántulas café, Yantzaza, 29 de Agosto de 2013.

Tratamiento %	Medias (mm)	Nivel de significancia
80	2,224	a
50	2,176	a
30	2,172	a
0	2,182	a
Error estándar	0,0723	
Coefficiente de varianza	7,3891	

Anexo.40. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Yantzaza, 29 de Agosto de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	6,66	b
50	7,22	b
30	6,6	b
0	8,62	c
Error estándar	0,391918	
Coefficiente de varianza	12,0461	

Anexo 41. Análisis de varianza de área foliar de plántulas café, Yantzaza, 29 de Agosto de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm²)	Nivel de significancia
80	18,302	a
50	13,314	b
30	16,226	b
0	12,986	bc
Error estándar	0,730707	
Coefficiente de varianza	10,7445	

Anexo 42. Análisis de varianza de peso seco de plántulas café, Yantzaza, 29 de Agosto de 2013.

Tratamiento %	Medias (g)	Nivel de significancia
80	0,254	b
50	0,288	a
30	0,306	a
0	0,286	bc
Error estándar	0,0112027	
Coefficiente de varianza	8,8360	

Anexo 43. Análisis de varianza de altura de plántulas café, Yantzaza, 23 de Septiembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	9,325	a
50	9,04	a
30	9,32	a
0	9	a
Error estándar	0,350856	
Coefficiente de varianza	8,5555	

Anexo 44. Análisis de varianza de diámetro de plántulas café, Yantzaza, 23 de Septiembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (mm)	Nivel de significancia
80	2,3	a
50	2,268	a
30	2,336	a
0	2,246	a
Error estándar	0,126596	
Coefficiente de varianza	12,3749	

Anexo.45. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Yantzaza, 23 de Septiembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	12,88	b
50	14,14	a
30	12,78	b
0	12,48	b
Error estándar	0,382034	
Coficiente de varianza	6,5360	

Anexo 46. Análisis de varianza de área foliar de plántulas café, Yantzaza, 23 de Septiembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm²)	Nivel de significancia
80	43,882	b
50	39,834	b
30	56,516	a
0	32,6	c
Error estándar	1,8887	
Coficiente de varianza	9,7485	

Anexo 47. Análisis de varianza de peso seco de plántulas café, Yantzaza, 23 de Septiembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (g)	Nivel de significancia
80	0,40202	c
50	0,5142	b
30	0,5851	a
0	0,4856	b
Error estándar	0,021364	
Coficiente de varianza	9,6171	

Anexo 48. Análisis de varianza de altura de plántulas café, Yantzaza, 17 de Octubre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	11,34	a
50	11,74	a
30	12,18	a
0	12,18	a
Error estándar	0,352846	
Coefficiente de varianza	6,6525	

Anexo 49. Análisis de varianza de diámetro de plántulas café, Yantzaza, 17 de Octubre de 2013.

Tratamiento %	Medias (mm)	Nivel de significancia
80	2,008	b
50	2,296	ab
30	2,354	a
0	2,408	a
Error estándar	0,110034	
Coefficiente de varianza	10,8557	

Anexo. 50. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Yantzaza, 17 de Octubre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	16,76	a
50	17	a
30	18	a
0	18,28	a
Error estándar	0,777014	
Coefficiente de varianza	9,9226	

Anexo 51. Análisis de varianza de área foliar de plántulas café, Yantzaza, 17 de Octubre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm2)	Nivel de significancia
80	87,4763	a
50	87,7992	a
30	85,5051	a
0	80,1624	a
Error estándar	4,92228	
Coefficiente de varianza	13,1052	

Anexo 52. Análisis de varianza de pares de hojas de plántulas café, Yantzaza, 17 de Octubre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm2)	Nivel de significancia
80	4,6	a
50	5	a
30	4,8	a
0	4,8	a
Error estándar	0,187083	
Coefficiente de varianza	8,7152	

Anexo 53. Análisis de varianza de peso seco de plántulas café, Yantzaza, 17 de Octubre de 2013.

Tratamiento %	Medias (g)	Nivel de significancia
80	0,6348	c
50	0,912	b
30	0,94614	b
0	1,19662	a
Error estándar	0,0563691	
Coefficiente de varianza	13,6651	

Anexo 54. Análisis de varianza de altura de plántulas café, Yantzaza, 10 de Noviembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	15,1	ab
50	16,46	a
30	16,08	a
0	14,08	b
Error estándar	0,51049	
Coefficiente de varianza	7,3979	

Anexo 55. Análisis de varianza de diámetro de plántulas café, Yantzaza, 10 de Noviembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (mm)	Nivel de significancia
80	2,128	b
50	3,06	a
30	3,078	a
0	2,802	b
Error estándar	0,0974833	
Coefficiente de varianza	7,8778	

Anexo 56. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Yantzaza, 10 de Noviembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	17,14	b
50	19,58	ab
30	21,54	a
0	22,1	a
Error estándar	1,13022	
Coefficiente de varianza	12,5796	

Anexo 57. Análisis de varianza de área foliar de plántulas café, Yantzaza, 10 de Noviembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm2)	Nivel de significancia
80	146,704	a
50	145,596	a
30	149,848	a
0	112,592	b
Error estándar	6,82566	
Coefficiente de varianza	11,0053	

Anexo.58. Análisis de varianza de pares de hojas de plántulas café, Yantzaza, 10 de Noviembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm2)	Nivel de significancia
80	6	a
50	6	a
30	6	a
0	5,8	a
Error estándar	0,1	
Coefficiente de varianza	3,7581	

Anexo 59. Análisis de varianza de peso seco de plántulas café, Yantzaza, 10 de Noviembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (g)	Nivel de significancia
80	1,096	c
50	1,862	b
30	1,87	b
0	2,802	a
Error estándar	0,112776	
Coefficiente de varianza	13,2202	

Anexo 60. Análisis de varianza de altura de plántulas café, Yantzaza, 08 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	20,36	b
50	22,24	a
30	22,9	a
0	15	c
Error estándar	0,577538	
Coefficiente de varianza	6,4170	

Anexo 61. Análisis de varianza de diámetro de plántulas café, Yantzaza, 08 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (mm)	Nivel de significancia
80	2,722	c
50	3,516	b
30	3,884	a
0	3,408	b
Error estándar	0,0820823	
Coefficiente de varianza	5,4262	

Anexo 62. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Yantzaza, 08 de Diciembre de 2013.

Tratamiento \$	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	26,14	a
50	27,64	a
30	27,84	a
0	25,34	a
Error estándar	1,21731	
Coefficiente de varianza	10,1795	

Anexo 63. Análisis de varianza de área foliar de plántulas café, Yantzaza, 08 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm2)	Nivel de significancia
80	237,142	a
50	224,222	a
30	229,546	a
0	177,886	b
Error estándar	8,01646	
Coefficiente de varianza	8,2530	

Anexo 64. Análisis de varianza de pares de hojas de plántulas café, Yantzaza, 08 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm2)	Nivel de significancia
80	6,8	a
50	7,4	a
30	7,2	a
0	6,8	a
Error estándar	0,212132	
Coefficiente de varianza	6,7283	

Anexo 65. Análisis de varianza de peso seco de plántulas café, Yantzaza, 08 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (g)	Nivel de significancia
80	1,694	c
50	2,51	b
30	2,92	a
0	3,638	b
Error estándar	0,185398	
Coefficiente de varianza	15,4084	

Anexo 66. Análisis de varianza de altura de plántulas café, Yantzaza, 29 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	22,62	b
50	27,52	a
30	23,68	b
0	17,12	c
Error estándar	0,596364	
Coefficiente de varianza	5,8655	

Anexo 67. Análisis de varianza de diámetro de plántulas café, Yantzaza, 29 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (mm)	Nivel de significancia
80	3,148	c
50	4,24	a
30	4,018	ab
0	3,73	b
Error estándar	0,144255	
Coefficiente de varianza	8,5244	

Anexo 68. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Yantzaza, 29 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	25,96	ab
50	29,22	a
30	24,56	b
0	27,04	ab
Error estándar	1,1138	
Coefficiente de varianza	9,3296	

Anexo 69. Análisis de varianza de área foliar de plántulas café, Yantzaza, 29 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm2)	Nivel de significancia
80	410,712	a
50	435,896	a
30	391,784	a
0	243,314	b
Error estándar	21,362	
Coefficiente de varianza	12,8951	

Anexo 70. Análisis de varianza de pares de hojas de plántulas café, Yantzaza, 29 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (cm2)	Nivel de significancia
80	8,4	a
50	8	ab
30	7,8	ab
0	7,6	b
Error estándar	0,254951	
Coefficiente de varianza	7,1709	

Anexo 71. Análisis de varianza de peso seco de plántulas café, Yantzaza, 29 de Diciembre de 2013.

Tratamiento %	Medias (g)	Nivel de significancia
80	2,302	b
50	4,314	a
30	3,06	a
0	2,544	b
Error estándar	0,152107	
Coefficiente de varianza	11,1333	

Anexo 72. Análisis de varianza de longitud de la raíz de plántulas café, Yantzaza, 25 de

Enero de 2014.

Tratamiento %	Medias (cm)	Nivel de significancia
80	24,64	a
50	29,7	b
30	25,06	a
0	27,58	ab
Error estándar	1,46027	
Coefficiente de varianza	12,2089	

Anexo 73. Análisis de varianza de densidad estomática de plántulas café, Yantzaza, 15

de Octubre de 2013.

Tratamiento	Medias	Nivel de significancia
80	153	b
50	225,25	a
30	238	a
0	255	a
Error estándar	13,6066	
Coefficiente de varianza	17,6690	

Anexo 74. Análisis de varianza de densidad estomática de plántulas café, Yantzaza, 08

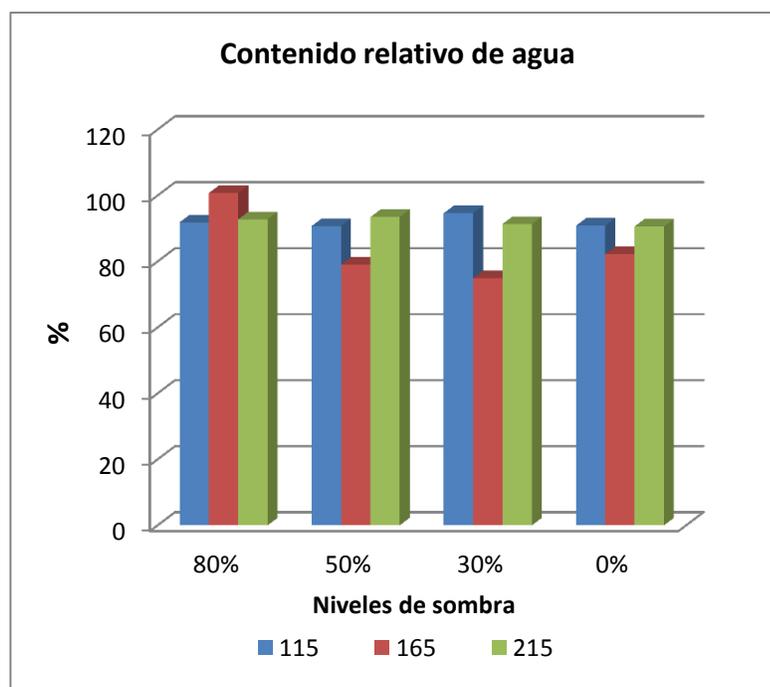
de Diciembre de 2013.

Tratamiento	Medias	Nivel de significancia
80	63,25	c
50	84,8333	b
30	83,5	b
0	112,75	a
Error estándar	3,81861	
Coefficiente de varianza	15,3666	

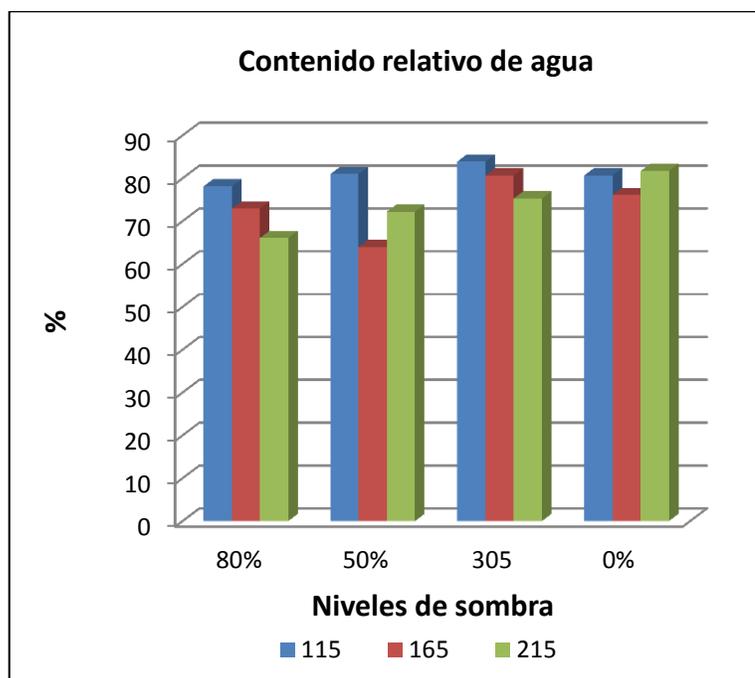
Anexo 75. Análisis de varianza de densidad estomática de plántulas café, Yantzaza, 25 de Enero de 2014.

Tratamiento	Medias	Nivel de significancia
80	80,5	c
50	112,5	a
30	85,1667	b
0	101,833	a
Error estándar	2,11745	
Coefficiente de varianza	7,7211	

Anexo 76. Efecto de los cuatro niveles de sombra para contenido relativo de agua en la plántula de café, a los 115, 165, 215 días DDE, Chaguarpamba, 2014.



Anexo. 77. Efecto de los cuatro niveles de sombra para contenido relativo de agua en la plántula de café, a los 115 días DDE, Yantzaza, 2014.



Anexo 78. Evidencia fotográfica

RESUMEN GRAFICO DE LA INVESTIGACIÓN

Tema: Evaluación de indicadores fisiológicos asociados a tres niveles de sombra en diferentes fases de desarrollo de plántulas de café, en dos condiciones edafoclimáticas.

Autoras: Tania Marilú Cabrera Erreyes y Mayeli Viviana Jaramillo Rojas.

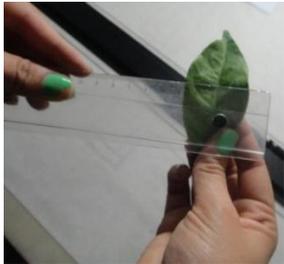
Director: Ing. Max Encalada Córdova.

Periodo: 04 de Mayo del 2013 hasta el 25 de Enero del 2014.

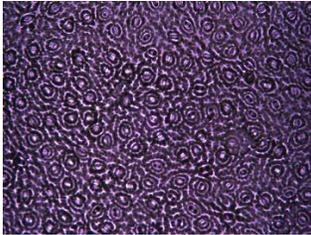
Nº de Imagen	Imagen/Fotografía	Descripción	Fechas
1		Semillero de plántulas de café	29-06-2013
2		Sacado de tierra para elaboración del sustrato	06-08-2013
3		Humus que se utilizó en el sustrato	06-08-2013
4		Cernido de tierra para el sustrato	06-08-2013
5		Colocación de humus para mezclar con la tierra	06-08-2013

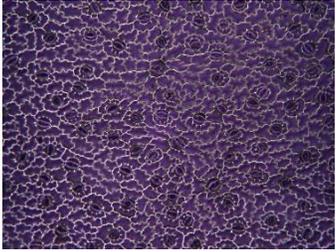
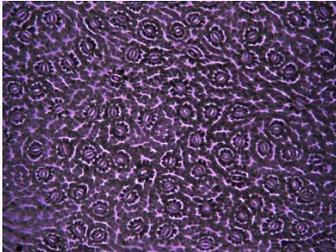
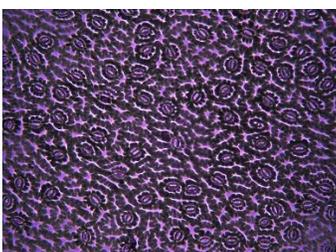
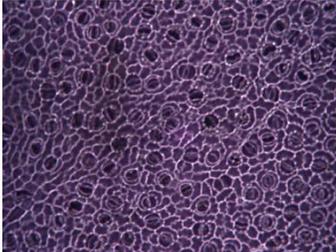
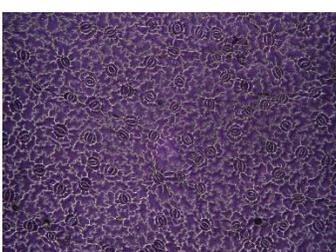
6		Mezclado de tierra con humus	06-08-2013
7		Tapado del sustrato con plástico para desinfección por el método de la solarización	06-08-2013
8		Llenado de fundas	10-08-2013
9		Repique de las plántulas en las fundas	13-08-2013
10		Colocación de las fundas en cada nivel de sombra	13-08-2013

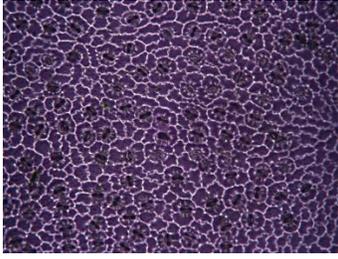
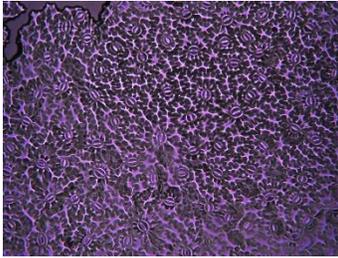
11		Colocación de la polisombra	13-08-2013
12		Tratamientos en Chaguarpamba	13-08-2013
13		Tratamientos en Yantzaza	14-08-2013
14		Medición de la altura de la planta	08-12-2013
15		Medición de la longitud de la raíz	08-12-2013

16		Medición del largo de la hoja	08-12-2013
17		Medición del ancho de la hoja	08-12-2013
18		Colocación de cada muestra en fundas de papel para secar en la estufa	16-10-2013
19		Pesaje de cada muestra en balanza analítica	10-01-2014
20		Triturado de las hojas para clorofila	17-10-2013

21		Macerado de las hojas con acetona	17-10-2013
22		Reposo del macerado durante 24 horas	18-10-2013
22		Filtración del macerado en la bomba de vacío en el laboratorio de suelos.	18-10-2013
23		Colocación del sulfato anhidro en el embudo para la filtración	18-10-2013
24		Colocación de la muestra para su respectiva filtración.	18-10-2013

25		Extracto de la clorofila aforado a 100ml.	18-10-2013
26		Lectura de la clorofila en el espectrofotómetro.	18-10-2013
27		Colocación de muestra de hojas para contenido relativo de agua	16-10-2013
28		Colocación de esmalte en las hojas para realizar la evaluación de densidad estomática	15-10-2013
29		Fotografía tomada en el microscopio de los estomas del 0% de Chaguarpamba	25-01-2014

30		Fotografía tomada en el microscopio de los estomas del 30% de Chaguarpamba	25-01-2014
31		Fotografía tomada en el microscopio de los estomas del 50% de Chaguarpamba	25-01-2014
32		Fotografía tomada en el microscopio de los estomas del 50% de Chaguarpamba	25-01-2014
33		Fotografía tomada en el microscopio de los estomas del 0% de Yantzaza.	25-01-2014
34		Fotografía tomada en el microscopio de los estomas del 30% de Yantzaza.	25-01-2014

35		Fotografía tomada en el microscopio de los estomas del 50% de Yantzaza.	25-01-2014
36		Fotografía tomada en el microscopio de los estomas del 80% de Yantzaza.	25-01-2014
37		Día de campo	25-01-2014
38		Intervención del director de tesis.	25-01-2014
39		Invitados al día de campo	25-01-2014

40		Tratamiento del 80% finalizado el ensayo	25-01-2014
41		Tratamiento del 50% finalizado el ensayo	25-01-2014
42		Tratamiento del 30% finalizado el ensayo	25-01-2014
43		Tratamiento del 0% finalizado el ensayo	25-01-2014